

*SHENBIAN DE JIANZHU*

# 身边的建筑

柏宇



科普教育精选  
青苹果电子图书系列

# 身边的建筑学

柏 宇 等 编著

# 《身边的建筑》编委会

主编 柏宇

编委 贾研宾 徐文慧 陶艺军

周 莉 高英丽 孙云飞

杨 超 闵 涛

# 目 录

第一章 建筑中的力学.....	1
第一节 经典力学的线索.....	2
一、从一个基本问题说起 .....	2
二、伽利略的思考.....	3
三、牛顿定律的诞生.....	4
四、力究竟是什么呢.....	6
第二节 建筑力学中的新知识.....	8
一、建筑力学中的几个概念 .....	8
二、建筑力学中的三大关系 .....	9
三、建筑中的结构形式.....	11
第三节 身边的建筑力学.....	12
一、植物界中的力学.....	12
二、动物界中的力学.....	17
三、建筑中的动力学.....	20
第四节 奇妙的建筑类型.....	24
一、充气建筑 .....	24
二、纸板盖的房子.....	26
三、钢网架建筑.....	30
四、篷布张力建筑.....	32

---

五、因纽特人的冰屋.....	33
第二章 建筑中的声学 .....	35
第一节 建筑声学的起源.....	35
第二节 建筑声学的发展.....	36
第三节 建筑声学的现状.....	45
第四节 建筑声学的特点.....	46
第五节 著名的声学建筑.....	48
一、回音壁.....	48
二、四川石琴.....	49
三、山西莺莺塔.....	50
第三章 建筑中的光学 .....	53
第一节 简单的光学知识介绍.....	53
第二节 我们身边的建筑光学.....	54
一、我们需要的是自然光.....	54
二、形式多样的窗.....	55
三、人工光源必不可少.....	57
第三节 建筑光学的新发展.....	58
一、光的污染及其解决.....	58
二、从一个展览来看光的艺术处理.....	60
第四节 建筑色彩.....	62
一、色彩的基本知识.....	62
二、色彩与个性.....	63
三、色彩与材料.....	65
第四章 建筑材料 .....	67
第一节 建筑材料史话.....	67

---

一、建筑材料演变 .....	67
二、石头的作用 .....	71
三、中国古代建筑防水材料 .....	75
第二节 现代的建筑材料 .....	77
一、现代石材 .....	77
二、绿色建筑材料 .....	79
三、健康住宅 .....	81
四、美伦美奂的新型功能玻璃 .....	82
五、导电混凝土 .....	88
六、聪明混凝土 .....	90
七、高强混凝土 .....	90
八、混凝土木材 .....	92
九、可长草的环保混凝土 .....	93
十、能“吃掉”有害气体的建筑材料 .....	95
十一、建筑节能与保温材料 .....	96
十二、沙漠中的建筑材料 .....	100
十三、绿色陶瓷 .....	103
十四、生活在太阳能城中 .....	104
第五章 水利工程古今谈 .....	107
第一节 河姆渡的大发现——第一口井 .....	107
第二节 变堵为疏巧治水——疏川导滞法 .....	111
第三节 一源分为十二流——漳水十二渠 .....	113
第四节 郑国渠 .....	114
第五节 长江三峡 .....	115
第六节 南水北调 .....	120

---

第七节	小浪底水利枢纽工程.....	122
第六章	中国古代的水利工程和桥.....	124
第一节	一虹横绝海神惊——安济桥.....	124
第二节	洛阳桥.....	132
第三节	西渭桥.....	134
第四节	灞桥.....	136
第五节	大渡桥横铁索寒——泸定桥.....	137
第六节	卧虹千尺渡鳞波——卢沟桥.....	140
第七节	川西第一奇功——都江堰.....	143
第八节	大运河.....	144
第七章	世界著名桥梁.....	147
第一节	桥梁发展简史.....	147
第二节	桥梁构造.....	149
第三节	世界著名桥梁欣赏.....	152
一、	金门大桥.....	152
二、	明石海峡大桥.....	153
三、	麦基那克海峡大桥.....	154
四、	克里夫顿悬索桥.....	154
五、	超现代伊拉斯缪斯大桥.....	155
六、	阳光高架大桥.....	155
七、	诺曼底大桥.....	156
第八章	中国古代建筑掠影.....	157
第一节	长城.....	157
第二节	故宫.....	159
第三节	古代的塔.....	164

---

一、佛光寺祖师塔 .....	165
二、小雁塔 .....	166
三、大雁塔 .....	167
四、释迦木塔 .....	169
五、毗卢塔 .....	170
六、塔湾舍利塔 .....	171
七、阿育王寺舍利塔 .....	172
八、双塔寺双塔 .....	174
九、显通寺铜塔 .....	175
十、琉璃塔 .....	176
第四节 古代的石窟 .....	177
一、莫高窟 .....	177
二、云冈石窟 .....	179
三、龙门石窟 .....	181
四、庆阳石窟 .....	182
五、伯孜克里克石窟 .....	182
六、拜城石窟 .....	183
七、麦积山石窟 .....	184
第五节 古代的陵墓 .....	186
一、黄帝陵 .....	186
二、秦始皇陵 .....	188
三、唐乾陵 .....	193
四、汉代帝陵 .....	195
第九章 世界古代建筑掠影 .....	197
第一节 非洲和中东 .....	197

---

一、 斯芬克司——狮身人面像 .....	197
二、 金字塔 .....	199
三、 巴比伦的通天塔和空中花园 .....	209
四、 卡尔纳克与国王谷 .....	213
五、 佩特拉 .....	214
六、 骑士堡 .....	215
七、 科威特水塔 .....	215
八、 杰内清真寺 .....	216
九、 石殿 .....	216
十、 圣·索菲大教堂 .....	217
十一、 吴哥古城 .....	218
十二、 巴米扬大佛 .....	221
第二节 法 国 .....	226
一、 法国巴黎凡尔赛宫 .....	226
二、 巴黎圣母院 .....	228
三、 艾菲尔铁塔 .....	230
四、 凯旋门 .....	233
第三节 希 腊 .....	234
一、 雅典古卫城 .....	234
二、 奥林匹亚圣地 .....	235
三、 罗得岛上的太阳神像 .....	239
四、 科罗西竞技场 .....	242
五、 希腊建筑的丰碑——帕提依神庙 .....	243
第四节 意大利 .....	246
一、 比萨斜塔 .....	246

---

二、罗马斗兽场.....	251
第十章 中国现代建筑一瞥.....	255
第一节 哈尔滨的特色建筑.....	255
一、精巧玲珑的木构建筑——圣·尼古拉教堂.....	255
二、高贵华美的巴洛克建筑——松浦洋行.....	259
第二节 近期中国最著名建筑.....	263
一、金茂大厦.....	263
二、国家大剧院.....	264
三、东方明珠电视塔.....	267
四、北京中银大厦.....	268
五、上海博物馆.....	270
第三节 香港著名建筑.....	271
一、中环中心.....	271
二、香港会议展览中心新翼.....	273
三、香港新国际机场.....	274
第十一章 世界现代建筑一瞥.....	277
一、纽约帝国大厦.....	277
二、芝加哥的新当代艺术博物馆.....	279
三、纽约世界贸易中心.....	282
四、奥林匹克旅馆.....	284
五、杰斐逊纪念拱.....	285
六、白宫.....	286
七、悉尼歌剧院.....	287
八、千年桥.....	289
九、千年穹顶.....	290

---

十、英法隧道 .....	290
十一、德方斯巨门 .....	292
十二、圣玛尔塔集合住宅 .....	293
十三、圣彼得堡集合住宅 .....	294
十四、琦玉现代美术馆 .....	295
十五、蒙特·西耐幼儿学校 .....	296
十六、乌尔姆大学工学院 .....	297
十七、波恩艺术博物馆 .....	298
十八、明斯特公众图书馆 .....	299
<b>第十二章 20 世纪建筑中的艺术 .....</b>	<b>301</b>
<b>第一节 20 世纪建筑艺术欣赏 .....</b>	<b>302</b>
一、埃菲尔铁塔 .....	302
二、富兰克林路住宅楼 .....	303
三、C.P.S.百货大楼 .....	304
四、万勒尔工厂 .....	305
五、维也纳邮政储蓄银行 .....	305
六、通用电气公司 (AEC) 透平机工厂 .....	306
七、格拉斯哥美术学院 .....	307
八、米拉公寓 .....	308
九、渥尔沃斯大厦 .....	309
十、法格斯工厂 .....	310
十一、赫尔辛基火车站 .....	310
十二、第三国际纪念塔模型方案 .....	311
十三、爱因斯坦天文台 .....	312
十四、林肯纪念堂 .....	313

---

十五、斯德哥尔摩市政厅 .....	314
十六、东京帝国饭店.....	314
十七、施罗德住宅.....	315
十八、包豪斯校舍.....	316
十九、罗梅斯塔居住区.....	317
二十、巴塞罗那博览会德国馆 .....	318
第二节 理性的建筑艺术.....	319

## 第一章 建筑中的力学

力学是一门极其古老的学科，我们可以假设它是从人类有了科学以来的最老的一门学科，曾几何时，它几乎就成了整个人类科学的全部。

我们可以设想有一个完美的侦探故事。这个故事告诉我们科学发展的重要的线索，我们是不是可以把一代继一代地在自然界的书里不断发现秘密的科学家们比作读这样一本侦探小说的人呢？这个比喻是不确切的，并且以后得放弃它。但是，它多少有些比得恰当的地方，它应当加以扩充和修改，使更适合于识破宇宙秘密的科学企图。

这个奥妙的侦探故事，至今还没有作出解答。我们甚至不能肯定它是否有一个最后的答案。但是阅读这本书已使我们得到许多收获。它已教会我们懂得自然界的基本语言，它使我们了解到许多线索。

从柯南道尔写出动人的故事以来，几乎在所有的侦探小说里都是这样开始的：侦探首先搜集他所需要的、至少也是他的问题的某一方面所需要的一切事件，这些事件往往是很奇怪的、不连贯的，并且是毫不相关的。可是这个大侦探知道这时不需要再继续侦察了，现在只要用纯粹的思维把所有搜集起来的事件连贯起来。于是他拉拉小提琴，或者躺在安

乐椅上抽抽烟，突然间，他灵机一动，这个关系找到了。就像传说种牛顿看到苹果落地那一刹那一样。

在下面的叙述中，我们用粗线条的轮廓说明物理学家的的工作必须像侦探那样用纯粹的思维来进行。我们主要是叙述经典力学发展的一些线索。

## 第一节 经典力学的线索

人类自有思想以来，便想读这本奥妙的侦探故事。但是直到 300 多年以前，科学家才开始懂得这个故事的语言。从那个时代。即从伽利略（Galileo）和牛顿（Newton）的时代起，这本书就读得快多了。

### 一、从一个基本问题说起

有一个基本问题，几千年来都因为它太复杂而含糊不清，这就是运动的问题。我们在自然界中所见到的所有各种运动，例如抛到空中的石子的运动，在海上航行的船舶的运动，在街上行驶的车子的运动，事实上都是很复杂的。

为了要了解这些现象，最好由最简单的例子着手，然后逐渐研究更复杂的例子。设想有一个静止的物体，没有任何运动，要改变这样一个物体的位置，必须使它受力，如推它，提它，或由其他的物体如马、蒸汽机作用于它。

我们的直觉认为运动是与推、提、拉等动作相联系的。多次的经验使我们进一步深信，要使一个物体运动得愈快，必须用更大的力推它。结论好像是很自然的：对一个物体的作用愈强，它的速度就愈大。一辆 4 匹马驾的车比一辆 2 匹

马驾的车运动得快一些。这样，直觉告诉我们，速率主要是跟作用有关。

亚里士多德（Aristotle）在原来相当长的一段时期有至高无上的权威，可能是使人们长期相信这一个直觉观念的主要原因，二千年来一直被公认为是他所写的力学中，我们读到：推一个物体的力不再去推它时，原来运动的物体便归于静止。

## 二、伽利略的思考

伽利略的发现以及他所应用的科学的推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一，而且标志着物理学的真正开端。

这个发现告诉我们，根据直接观察所得出的直觉的结论不常常是可靠的，因为它们有时会引到错误的线索上去。但是直觉错在哪里呢？说一辆4匹马驾的车比一辆2匹马驾的车走得快些，难道还会有错吗？

让我们更加严格地来检查运动的基本论据，先从简单的日常的经验检查起，这些经验是人类开化以来就已熟悉了了的，而且是在为了生存而作的剧烈的斗争中得来的。

假如有人推着一辆小车在平路上行走，然后突然停止推那辆小车，小车不会立刻静止，它还会继续运动一段很短的距离。我们问：怎样才能增加这段距离呢？

这有许多办法，例如在车轮上涂油，把路修得很平滑等。车轮转动得愈容易、路愈平滑，车便可以继续运动得愈远。但是在车轮上涂油和把路修平有什么作用呢？只有一种作用：外部的影响减小了。即车轮里以及车轮与路之间的那种所谓摩擦力的影响减小了。这已经是对观察得到的现象的一

种理论解释，实际上，这个解释还是武断的。再往前检查一下，我们便将得到正确的线索。假想路是绝对平滑的，而车轮也毫无摩擦，那么就没有什么东西阻止小车，而它就会永远运动下去。这个结论是从一个理想实验中得来的，而这个实验实际上是永远无法做到的，因为不可能把所有的外界影响都消除掉。这个理想实验指出了真正建立运动的力学基础的线索。

### 三、牛顿定律的诞生

比较一下对待这个问题的两种方法，我们可以说，根据直觉的观念是这样的：作用愈大，速度便愈大。因此速度本身表明着有没有外力作用于物体之上。伽利略所发现的新线索是：一个物体，假如既没有人去推它、拉它，也没有人用旁的方法去作用于它，或者简单些说，假如没有外力作用于它，此物体将均匀地运动，即沿一直线永远以同样速度运动下去。

因此，速度本身并不表明有没有外力作用于物体上。伽利略这个正确的结论隔了一代以后由牛顿把它写成惯性定律。这个定律，通常是我们在学校里开始学习物理学时牢记在心的第一条定律，我们有许多人还能记得它：任何物体，只要没有外力改变它的状态，便会永远保持静止或匀速直线运动的状态。

我们已经知道，这个惯性定律不能直接从实验得出，它只能根据思索和观察得出。理想实验无论什么时候都是不能实现的，但它使我们对实际的实验有深刻的理解。从我们周围各式各样的复杂运动中，我们选匀速直线运动作为第一个

例子。

这是最简单的运动，因为没有外力作用于运动物体之上。可是匀速直线运动是永远不能实现的，从塔上抛下石子，在平路上推动车子都决不能绝对匀速地运动，因为我们不能完全消除外力的影响。

从上面的叙述我们可以发现，即使是在好的侦探故事中，一些最明显的线索往往引导到错误的猜疑上去。在我们力图理解自然规律时，同样地，我们发现，一些最明显的直觉的解释往往也是错的。

人的思维创造出一直在改变的一个宇宙图景。伽利略对科学的贡献就在于毁灭直觉的观点而用新的观点来代替它。这就是伽利略的发现的重要意义。

但是立刻又发生了运动的新问题。假如速度不是表征作用于物体上的外力，那么什么才是呢？伽利略发现了这个根本问题的答案，而牛顿又把这个问题答复得更为精确，它成了我们侦察中的另一个线索。

为了得到一个正确的答案，我们必须更深入一些想想那绝对平滑的道路上的小车。在我们的理想实验中，运动的均匀性是由于没有任何外力。现在我们设想有人把这辆匀速地运动着的车子朝它的运动方向推一下。这时会发生什么呢？很明显，它的速率会增大。同样很明显，如果朝相反于运动的方向推一下，则速率会减小。在前面的例子中，车因被推而加速；在后面的例子中，车因被推而减速。

由此可以立刻得出一个结论：外力的作用改变了速度。因此速度本身不是推和拉的结果，而速度的改变才是它们的

结果。一个力究竟是使速度增加还是使速度减小，完全看它是朝着运动的方向而作用还是相反于运动的方向而作用。

伽利略清楚地看到了这一点，并且在他的著作《两种新科学》中写上了这样的话：一个运动的物体假如有了某种速度以后，只要没有增加或减小速度的外部原因，便会始终保持这种速度——这个条件只有在水平的平面上才有可能。因为假如在沿斜面运动的情况里，朝下运动则已经有了加速的起因，而朝上运动，则已经有了减速的起因，由此可知，只有水平的平面上的运动才是不变的，因为假如速度是不变的，运动既不会减小或减弱，更不会消灭。

沿着这条正确的线索进行研究，我们对力与运动的问题就有了比较深刻的了解。因此牛顿所建立的经典力学是以力与速度改变之间的联系为基础，而不是以人们直觉所想的力与速度本身之间的联系为基础的。

我们已经明白的应用了在经典力学中起主要作用的两个概念：力和速度的改变，在科学的往后发展中，这两个概念都已经被扩充和推广了。因此我们必须更加细致地考查它们。

#### 四、力究竟是什么呢

力是什么呢？在直觉上我们意识到这个名词的意义。这个概念是从推、抛、拉等动作的肌肉感觉而兴起的。

但是这个概念所概括的远远不止这些简单例子。我们可以想想另一些力，它们不能被想象为马拉车那样简单。我们讲的是太阳与地球间、地球与月球间的引力，就是这种力造成了潮汐现象；我们讲的是地球把我们和我们周围所有的物体都限制在它的影响范围内的力，以及产生海浪和吹动树叶

的风力。我们随时随地只要看到了速度的改变，在一般意义上它一定是由于外力所引起的。牛顿在他的《原理》（Principia）中写道：外加力是加在物体上用以改变它的静止或匀速直线运动的状态的一种作用。

这个力只存在于作用中，一旦作用过去了，物体中便再没有力了，因为物体可以保持它所得到的任何一种新的状态，这仅仅依靠它的惯性就可以做到。

作用力有不同的来源：例如打击、压缩和向心力等。

假如一颗石子从塔顶掉下来，它的运动不是等速的：速度随着石子的下降而增加。我们断定：朝向运动的方向上有外力作用着，换句话说，地球在吸引石子。我们再来举个例。把石子往上直抛，会发生什么情况呢？它的速度逐渐减小，等到它到达最高点时就开始往下落。上抛物体的减速和下落物体的加速是由同一个力所引起的。不过在一种情况中是力朝着运动的方向而作用，而在另一种情况中是力相反于运动的方向而作用。

说到这里，我们已经为我们后面的叙述打下了牢固的基础，很多读者也许就觉得所有的已经很精美和完备了。其实在我们这个奥妙的侦探故事中，没有一个已经完全解决的问题，也没有一个永远不变的问题。300年之后，我们又要回到最初的运动问题上来修改侦查的程序和寻求过去被忽视的线索，因而又会得到了我们周围宇宙的另一个不同的图景。

## 第二节 建筑力学中的新知识

力学则在工程技术的推动下按自身逻辑进一步演化，逐步从物理学中独立出来。

力学和数学是整个自然科学中发展最早的两个学科，他们在发展中始终相互推动，相互促进，这种紧密的联系特别表现在力学理论和微分方程理论的同步发展方面。应当指出力学有一个重要特点是有别于数学的，它和物理一样，还需要实验作为基础，任何一种力学模型和理论总是源出于实际现象，并在实践和应用中受到检验。

力学同物理学、数学等学科一样，是一门基础科学，它所阐明的规律带有普遍的性质；力学又是一门技术科学，它是许多工程技术的理论基础，又在广泛的应用过程中不断的发展。

### 一、建筑力学中的几个概念

建筑物和工程设施中有着许许多多部分承受、传递着荷载，这些部件在专业中称之为结构，通常只要理解为一些部件就可以了，比如说像楼房中的楼梯，还有抬头即可见的天花板等等；荷载，通俗一点说就是能施加力的物体，像人走在楼梯上，对楼梯而言，人就是荷载，由于人是可以移动的，所以我们把他叫做活荷载，其他不能自由移动的荷载，像楼梯上的栏杆，可以叫做静荷载。明白了这些基本概念，对于以后介绍建筑中的力学就方便多了。

建筑中的力学主要是静力学，就是牛顿经典力学，大家在初中和高中学的都是牛顿经典力学，也就是建立在牛顿三大定律基础上的力学。

当然建筑中也牵涉到了不少动力学的问题，主要是在分析建筑的地震反应中。

## 二、建筑力学中的三大关系

平衡在建筑力学中无处不在，关于平衡的概念大家都已经非常熟悉了。明白了力的平衡，也就可以算得上掌握了建筑中的静力学的三分之一，也许你会觉得这话讲的有些夸张，其实不然。在建筑力学的方程中，主要利用了三种关系，第一个就是平衡关系，通过已知力去求未知的力；第二就是几何关系；第三叫本构关系。后面两个听起来比较玄乎，下面就一个一个介绍。

### 1. 平衡关系

建筑力学中力的平衡和我们学过的本质上是一致的，但是在运用过程中又有一些差别。当我们分析一个结构的受力的时候，除了分析结构所受的外力之外，还要注意分析结构所受的内力。

外力就是外界施加于物体上的力，对于一个建筑物来说，外力的平衡就是荷载于地基作用于建筑物上的力的平衡。通过使用功能的要求设计建筑物需要承受的荷载，然后由荷载的大小，计算地基的承载力，必要时还要挖得很深或是往地底下打入很粗的桩；内力顾名思义就是指物体内部的力，很多人这个时候会提出问题了，物体内部怎么会有力呢？

在这里举一个很简单的例子，听过之后大家就会明白了，

一根木杆左边有一个力往左拉,右边有一个相同的力往右拉,物体保持平衡,如图 1.1 所示,然过你假想用一把刀子将木杆从中间切成两半,在这个截面上一定存在着力,使得木杆不至于被拉成两半,所以在这个截面存在着和两端拉力大小相等的力。

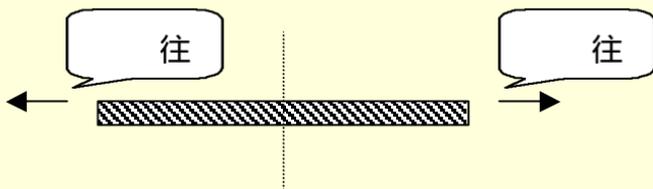


图 1.1 拉伸的木杆

聪明的读者同理也可以分析得到,在木杆的每个截面上都存在着同样大小的力。这种方法在分析建筑结构的时候,还有一个专门的名字,叫做截面法,大家是不是觉得很简单呀。

## 2. 几何关系

第二个关系是几何关系。这个关系解释起来比上一个要稍微复杂一点,不过只要大家稍微的发挥一下空间想象能力就可以了。举一个比较简单的例子,两根弹簧串联在一起,一号弹簧的左端固定在左边,右端连着二号弹簧的左端,然后二号弹簧的右端也固定于右边,弹簧全部处于自然伸长状态,两个弹簧的几何关系就是一号弹簧的伸长就等于二号弹簧的缩短,这下大家明白了吧,也是很简单的。

应用于建筑物中,也要把钢筋呀,木杆呀等等,看成弹簧一样,在外力的作用下也会有相应的伸长和缩短,只不过

它们的变形都很微小，不像弹簧那么显而易见罢了。实际中几何关系远不像上面举例的那么简单，几何关系有时候表现得相当隐秘，需要聪明的读者耐心细致地去发现。

### 3. 本构关系

第三个关系叫本构关系，千万不要被这个玄玄乎乎的词吓倒了，还是举那个弹簧的例子吧，弹簧的本构关系就是大家所熟悉的胡克定律，弹簧的伸长和作用于弹簧上的力成正比。在建筑物中，像钢筋、木材、混凝土等都有其本身的本构关系，本构关系其实就是指材料单位面积上作用的力和力引起的单位面积上的变形之间的关系，这里面还有着很深的学问，远远不像弹簧那么简单，但是道理都是一样的。

不论是弹簧，还是混凝土，或是土壤，在力的作用下都会发生变形，物体材料本身的属性决定了力和力引起的变形之间的关系。

好了，建筑结构力学的三大关系已经解释完了，现在摆在我们面前的是如何去使用这三大关系来解决我们实际建筑物中的问题呢。

## 三、建筑中的结构形式

人们常用大兴土木来表示建造房屋不是一件轻而易举的事情，它意味着要消耗大量的材料、人力，并需要一定的技术。

建筑的物质技术条件，主要是指房屋用什么建筑材料和怎样去建造的问题，它一般包括建筑的材料、结构、施工的技术和建筑中的各种设备的等。

结构是建筑物的骨架，它为建筑提供合乎使用的空间并

承受建筑物的全部重量，抵抗由于风雪、地震、土壤沉陷、温度引起的热胀冷缩变形等可能对建筑物产生的破坏。所以结构的坚固程度直接影响着建筑物的安全和寿命。

柱、梁板和拱结构是人类最早采用的两种结构形式，由于天然材料的限制，当时不可能取得很大的空间。利用钢和钢筋混凝土可以使梁和拱的跨度大大增加，它们仍然是近百年来所常用的结构形式。

随着科学技术的进步，人们能够对结构的受力情况进行分析和计算，基础就是前面介绍的三个关系，因此相继出现了桁架、刚架和悬挑结构。

### 第三节 身边的建筑力学

如果细心的读者观察一下大自然，会发现许多科学合理的结构。生物要保持自己的形态，就需要一定的强度、刚度和稳定性：它们往往是既坚固的，又是最省材料的。钢材的高强度、混凝土的可塑性以及多种多样的塑胶合成材料，使人们从大自然的启示中，创造出诸如壳体、折板、悬索、充气等多种多样的新型结构，为建筑取得灵活多样的空间提供了条件。

#### 一、植物界中的力学

在沙漠里生长着一种非常坚硬的植物，名叫梭梭，树干用斧头砍了不易砍断。然而，科学家却并没有将“植物界的钢铁”这顶桂冠授予它，而是奉献给了“岁寒三友”之一的竹子，这是什么道理呢？原来竹子具有三种“力学美”，这在

植物中是谁也比不过的。

其美之一：体轻，质坚，是很好的材料。据近代力学家的测定，竹材的收缩量很小，而弹性和韧性却很高，顺纹抗拉强度为 1800 千克/厘米<sup>2</sup>，相当于杉木的 2.5 倍；顺纹抗拉强度也能达到 8000 千克/厘米<sup>2</sup>，约等于杉木的 1.5 倍。特别是浙江石门地区出产的刚竹，其顺纹抗拉强度竟然高达 2800 千克/厘米<sup>2</sup> 以上，几乎等于同样直径的普通钢材的一半。

一般竹材的密度只有  $(0.6-0.8) \times 10^3$  千克/米<sup>3</sup>，而钢材的密度则为  $7.8 \times 10^3$  千克/米<sup>3</sup> 左右。因此，虽然钢材的抗拉强度为一般竹材的 2.5—3 倍，但若按单位重量计算抗拉能力，则竹材单位重量的抗拉能力就比钢材强 2—3 倍，故誉之为“植物界的钢铁”并非夸张。

我国南方因为盛产竹子，所以到处都可以看到竹房、竹家具、竹船、竹车、竹绳、竹桥；而且一些现代化的大建筑也居然采用竹筋代替钢筋来浇筑水泥柱、墙和管道等。竹材也是制造高级特种工业用纸和人造丝的优质原料。此外，一些科学家还利用竹子纤维制成碳质灯丝，来充当某些特型电灯中的发光元件。

其美之二：皮厚，腹空，能抗弯。也许有人认为，“腹中空”是竹子的一种先天性缺陷。殊不知，这“腹中空”恰恰是竹子赖以“适者生存”的一中力学美。

强度科学的奠基人伽利略最早预言道：“人类的技术和大自然都在尽情地利用这种空心的固体。这种物体可以不增加重量而大大增加它的强度，这一点不难在鸟的肢干骨上和芦苇上看到，它们的密度很小，但是有极大的抗弯和抗断能

力。”根据近代材料力学的弯曲理论，可以精确地推算出，空心杆的抗弯能力要比同样截面积的实心杆大得多；而且空心度（内、外径之比）越大，其抗弯能力也就增加得越慢悠悠。

例如，太湖流域大毛竹的空心度为 0.5，它的抗弯（风吹雨打）能力要比同样重量的实心杆大 2 倍多。这是因为，杆体受弯时，是其外缘部分的材料变形大，一侧受拉，另一侧受压（图 16），因而抗力也大，而中心部分几乎不变形，因此不受力或抗力很小。所以，要充分发挥材料的潜力，使之全部用在刀刃上，惟空心圆断面为佳，由此可见，竹子岂不是很有“力学头脑”吗？

机械设计师从中得到启示，研制成很有经济价值的空心传动轴。例如，一根空心度为 0.87 的传动轴，在不降低承载能力的条件下可以节约钢材一半。此外，由于竹子在反复弯曲变形下的疲劳寿命大大高于木材，所以一些科学家断言，完全可以将竹子用作轻型飞机的材料。最近的大量试验充分地证明了这一诊断的正确性。

其美之三：下粗上细，随风摆动，高而不折。李贺诗云：“箨落长竿削玉开，君看母笋是龙材。更容一夜抽千尺，别却池园数寸埃”。虽说这是文学夸张，但竹子的长势毕竟是很惊人的。在生长盛期，有些竹子一昼夜可长高 40 厘米（国外报道，世界上长得最快的竹子每天可长高 91 厘米），而且具有一种独特的生长方式。

到出土前母笋的节数就已确定，出土后不再增加新节，而只是增加节与节之间的距离，一节比一节高，且一节比一节细，形成一种阶梯状的近似“等强度杆”，如图 1.2 所示。

首先，下粗上细的形状，可以确保各段在受弯时抗力均匀，因为在岁载作用下竹子的根部总是弯得最厉害，故要求断面最粗，而沿着竿的高度由下至上逐渐减少弯曲变形直至竹梢降为零，因而也就越长越细。显然，这是一种最为经济材料分配方式。



图 1.2 普普通通的竹子

其次，竹节还可起“补强作用”。实验测定，有节整竹比无节竹段，其抗弯强度足可提高 20%。所以，一般的大毛竹（节数为 70 天左右）尽管高达 20 米开外，却仍能摆动自如，真所谓“千磨万击还坚劲，任尔东西南北风”。

世界著名建筑大师贝聿铭设计 315 米的 70 层香港中国银行大厦（于 1985 年初动工，1988 年竣工），居然敢在多台风的香港建造，主要得益于竹子的启示。据贝氏自己讲，此项“仿竹杰作”在他心中已酝酿很久，煞费了苦心，最后还是受到郑板桥的“兰竹图”的启发后，才一锤定音的。整座大厦看上去就像竹子一样，下粗上细，到一定高度变细一节。

严格地说，等强度杆的外形轮廓是一条曲线，就像巴黎埃菲尔铁塔的轮廓曲线那样。但在楼房的施工中，为了经济简便起见，通常采用的都是阶梯状的近似等强度杆。从力学的角度来看，超级摩天大楼在设计中最为棘手的问题，并不是大楼自身的高度，而是大楼本身的纵横比，即高度与其基础宽度的合理比值。鉴于宽大的基础可以分散建筑物的重量和增加其稳定性，目前世界上绝大部分的高层楼房，其每层的高度与其宽度之比都不大于 8。

综上所述，对于竹子的合理力学结构，就连最优秀的建筑师也不得不甘拜下风。例如，人类造的最细最高的烟囱，平均直径是 5.5 米，高度达 140 米。但如果烟囱也是具有竹子的“力学头脑”，则高 140 米的烟囱，直径只要 3 米多就够了！

有人说，在宇宙间，力学的法则构成了审美法则的基础，看来些话颇有道理。

未来的建筑业是仿生力学的一大乐园，此话颇有见地。因为生物体在长期自然力的作用下具备了出色的强度、刚度和稳定性等优点，甚至超出了人们所能想象的地步。可以毫不夸大地说，在 21 世纪的建筑业中，仿生建筑学将会得到蓬勃发展，并占有统治地位。

一种名叫“筒形叶桥”的仿生建筑，就是一个典型例子，它具有很高的强调节、刚度和稳定性，而且用材经济，真是一项仿生建筑的杰作。它的独特造型是从羽茅草和禾本科植物的长叶子那里借鉴来的。因为这种植物叶子往往卷成筒形状，以其弯曲了的表面来增加强度和稳定性，能经受强风暴

雨的摧残而不易折断。

## 二、动物界中的力学

此外，各种形态的贝壳，也为高强度轻型建筑结构提供了借鉴。国外所流行的贝壳式餐厅、杂技场、超级市场和顶盖，就是仿贝壳建筑的杰作。还有山上的高大云杉，由于具备了得天独厚的等强度（从树根到顶端强度均匀，没有明显的薄弱处）结构，在长年累月的狂风大雨和暴雪的袭击下仍然昂首挺拔。国外一种矮圆锥形的电视塔就是云杉的仿制品，它可建筑在风速到 80 米/秒的山顶上。

越来越多的事实表明，建筑仿生学有着广阔的发展前景，它不仅能促进建筑方法的最优化，而且还将人类征服深海、地下和宇宙空间的伟大工程中发挥巨大的作用。

鸡蛋是人们常见而极普通的食物，然而，建筑师们却从这么普通的鸡蛋中得到启发，设计出轻便、省料、优美、大方的薄壳建筑结构。

鸡蛋和其他蛋类的外壳虽然很薄，但却能耐受相当大是因为这类结构具有弯曲的表面，壳体在外力作用下，内力是沿着整个表面扩散和分布，因而壳体单位面积上所受的力就小了许多。

模仿鸡蛋，在建筑上出现了薄壳结构的屋顶。例如，北京的火车站大厅、天文馆、网球馆和农业展览馆的屋顶，有的像圆球、鹅卵，有的如同锯齿、半球，形式多样。现在，我国已能用薄壳结构建造 200 米以上的大跨度建筑。

更有趣的是，不久前国外有人模仿鸡蛋设计了一种特殊的抗震房屋，“蛋壳”是用钢铁制造的，“蛋白”用耐高温玻

璃、石棉等建造，人住在相当于“蛋黄”的部分。这种房屋能抵抗强烈的地震，即使震翻了，也能像“鸡蛋”一样滚过来复原。屋内储有空气、水和食物，在与外界完全隔绝的情况下，7个人可在里面生活1星期。

建筑师对壳体结构的模仿和创造，并不只限于蛋类，他们还模仿海生动物的外壳，设计了许多构思新奇、造型美观的餐厅、商场、旅馆等建筑。这些建筑有的像撑开的花伞；有的像小巧玲珑的贝壳；有的像惟妙惟肖的海螺，个个轻巧别致。

人体骨架形态结构之精巧、合理和美妙，往往使建筑师赞叹不已。人体堂堂七尺之躯，全靠骨骼支撑，这与高耸入云的摩天大楼凭借着钢架支撑，几乎一模一样。

人坐着的时候，体重是依靠从骨盆侧面延伸出来的骨头来支撑的。这种简单而有效的结构，启发了建筑师。建筑由此设计了一种空间支架模型，建筑物的重量由斜柱支撑着，在传到几个支持点，所有与重量负担无关的材料，一概省去。这就为建筑物提供了一种既强有力又经济合理的支撑结构。人体的大腿骨既要支撑全身的重量，又要前后，又要前后左右摆动，因此，它“选用”了一种最合理的结构形式——空心管柱式，既轻又坚固。一般成年人的大腿骨要承受260~400公斤的压力，小腿骨“吃力”更大，比相同断面的花岗岩还要坚固几十倍，它的刚度可以和熟铁相比，但比重却只有熟铁的1/5。

巴黎著名的建筑——埃菲尔铁塔，高327.7米，这座建筑物犹如巨人般耸入云天，使前来旅游观光的人们赞叹不已。

一些建筑师们研究了这座铁塔以后，竟作出了一个出人意料的结论：这座铁塔的结构并不新颖，只是一座重复着人体小腿骨的建筑，甚至两者的表面角度都相符。埃菲尔呕心沥血创造出来的建筑，原来就是人体自身所固有的东西。

此外，建筑师们在对蜘蛛、恐龙（一种巨大而笨重的远古动物）等动物和蜂窝的研究中，也受到启发，创造了悬索结构、拱形结构、筒形结构、蜂窝结构等等。这些建筑结构跨度大、节省材料、成型容易、造型美观。

生物汲取自然界的物质元素构成自身，并不像人类研制材料那样大动干戈，采用很多种元素，把成分和配比弄得很复杂，效果还不一定理想。生物仅仅动用了自然界一百多种元素里的几十种，就组成了仪态万千、性能优异的材料。

例如，贝壳的抗张强度高达每平方厘米一吨之巨，其实并非特殊材料组成。它的化学成分中，百分之九十五是石灰石，百分之五是蛋白质，后者把前者粘结成一整体。光泽绚丽的珍珠同样由石灰石和少量蛋白质构成。而以磷石灰为主要成分的牛大腿骨，在每平方厘米上竟可经受住两吨载荷的重压。

在电子显微镜下观察贝壳和珍珠，它们结构精细，层次分明，这么多石灰石粉用极少量的蛋白质，竟能组合成坚硬非凡的贝壳和珍珠，这怎能不使人们去探索它们的奥秘呢？

无论采用哪一种结构形式建造房屋，根据我们的平衡关系，最终都要把重量传给土地。一般情况下，房屋重量的传递形式有两种方式，即通过墙传给基础或通过梁和柱传给基础，这就是大家经常听到的承重墙体系和框架体系。

承重墙结构一般由砖、石砌成。各种混凝土的大型砌块和墙板则是比较先进的承重墙材料。现在现场浇筑的承重墙体系也越来越多了。

我国古代建筑的木构架是世界上比较成熟的框架体系。目前较为理想的框架材料是钢筋混凝土、钢和铝合金，它们能够建造几十层乃至上百层的高楼大厦。

### 三、建筑中的动力学

随着科学的一步步发展，人们不仅仅满足于研究恒定不变的力作用下的建筑物的反应了，尤其是地震作用导致的破坏极其严重和惨烈，因此人们致力于研究建筑物的防震抗震。这些都是建筑物动力学所研究的内容。

在人类还无法准确的做出临震预报的今天，类似东京大地震、唐山大地震的悲剧还会不会重演呢？这是大家都很关注的事情。大地震时房屋倒塌，人畜伤亡，血的教训使我们懂得：建筑工程必须考虑抗震问题。

由于地震像一条恶龙，人们很难驾驭。为此，国内外在十分重视地震预报的同时，开始提出综合防御减轻地震灾害的策略。地震专家认为，就是能准确的预报强烈地震的发生，也只能减少人员的伤亡和可动财产的损失，而房屋和其他建筑照样倒塌、城市照样毁灭。因此，建筑物的抗震设防是最有实效的，所以这是受到国内外普遍重视的地震对策。

地震专家认为，一座大城市，因为不同区域地下地质状况有很大差别，地震的危险程度也不同，因此在工程建设中选择相对安全的场址和采用较合理的抗震设防标准是十分重要的。唐山地震给了我们很深刻的教训。震前，唐山基本上

是一个不设防的城市，各类建筑都没有考虑抗震设防，从而导致震时人亡瓦碎的严重后果。

在桥梁史上出现过许多灾难性事故，其中最严重的三次惨剧都发生在欧洲。

一次是在 1907 年建造魁北克城横跨圣罗士河上跨度为 548 米的大桥时，桥突然倒塌，有 74 人蒙难。事后检查的结果表明，它是由桥下弦压杆稳定性不足所造成（图 95）。

之后不久，又在瑞士的孟汉希坦因桥上发生了类似的灾祸，当两列机车通过时，巨大的载荷作用使桥梁桁架的压杆失去了稳定而断毁，大约有 200 人丧生。

伤亡最重的一次塌桥事故，发生于是世纪中叶。在法国昂热市郊有一座 102 米长的桥，在一次军事操练中，当一排士兵整齐地正步通过该桥时，恰好正步走的频率与该桥的自振频率相同，引起共振，结果使桥倒塌，死了 226 人。

不过，这三次惨剧也从反面促进了科学家对“稳定性计算”和“振动与振动测量”深入研究，从而防止了更多的事故发生。

为了弄清楚什么叫“失稳”，我们可以做一个小实验。取一根细长的薄木条和一段截面积与其相等的短木，对于后者，即使你使浑身之劲也很难将它折断；但对前者，你只须用不很大的力往下压，这根细长的薄木条很快就会被压弯，而且增加压力到一定程度，它就会折断。杆件越细长，就越容易被压弯，材料力学中将这类构件称之为“压杆”或简称“柱”。它们在压力作用下，不是由于强度不够，而是由于伴随轴向力所产生的横向变曲变形过大导致毁坏或失效，这种现象称

为“失稳”。

《中国大百科全书——力学》对这种现象的阐述最为精辟：“承受轴向压力作用的直杆，又称压杆。建筑物或桥梁中的支柱、各种桁架中的受压杆件、机器中的连杆、起重机械的撑杆都是柱。柱是结构中重要的构件，它的失效往往导致整个结构的破坏。柱的失效形式主要是丧失稳定性，有时也可能是由于强度不足面对而破坏。

关于柱的稳定性可简述如下：当压力  $P$  较小时，柱能保持其直线平衡状态。在微小侧向干扰力  $F$  作用下，虽可发生微弯变形，但干扰力解除后，它仍然恢复原先的直线平衡状态。这表明柱的直线平衡状态是稳定的。

当压力增加到某一极限值  $P_c$ （称为临界压力）时，柱的平衡状态将变为不稳定的。这时，若再作用一微小侧向干扰力，使柱弯曲变形，则在干扰力解除后，柱会继续保持曲线形状的平衡。柱丧失其直线平衡而过渡到曲线平衡的现象称为丧失稳定性，简称为失稳或屈曲”。

为了消除振动（特别是共振）的不良影响和破坏作用，除了进行振动的理论分析之外，还必须要科学的测量方法和可靠而精密的测振仪器。

振动测量仪器一般由传感器、前置放大器、指示仪表和分析、记录等部分组成，惯性测振仪就是其中的一种，最为通用。使用时，将其壳体固定于被测物体并与其一起振。被测物的振动位移  $y$  将会激起壳体内重物  $m$  的强迫振动，而重物对壳体的相对运动的位移量  $x$  则可通过仪器准确地记录下来，从而说明被测物的振动情况，包括振幅、频率和相位等

振动参数。

写到这里，我们不能忘记在生物力学界功勋卓著的“测振专家”——蜘蛛。它虽然有 8 只眼睛，但却是个高度近视，捕食和求爱完全是靠它那敏感异常的大腿。《蜘蛛大腿的特异功能》一文揭示了个中奥秘：生物学家通过电子显微镜发现，在蜘蛛的肢体骨质层组织内存在着一种弹性感觉器官，每个器官上具有排列形式不同的细微间隙（宽约 1.5 微米，长 8—200 微米），而器官周围包有一层连接着感觉细胞终端的薄膜。一旦大腿感受到一个轻微的有力的作用，这种间隙组织就会极其敏感地发生变形，从而牵动薄膜，使连接其上的感觉细胞得到信号。蜘蛛就是依靠这种敏感元件，哪怕是只有几毫克重的昆虫落网，也能迅速判明方向将其捕杀”。

蜘蛛的“测振”精密度，与当今最先进的“激光测振仪”相比，也毫不逊色。生物力学家多次观察到一种奇妙现象；只要当苍蝇一落到蛛网上，网就会发生共振并达到最大振幅。后来，通过激光测振仪揭开了这个谜。原来，苍蝇触网后翅膀扑打的频率与蛛网的自振频率恰好相同，均为 200 赫兹。蜘蛛正是凭这一“共振信息”来分辨是否猎物送上门来的。

此外，蜘蛛还是位“投丝求爱”的高手。一旦雄蜘蛛吐出一根丝，挂在雌蜘蛛的网上就会发出一种特殊的振动信号，此时雌蜘蛛就会马上根据振动频率来判断是否为同类而作出反应：通婚还是拒婚。

## 第四节 奇妙的建筑类型

### 一、充气建筑

英国小说家威尔斯在《沉睡甫醒》一书中，描写书中主人公长期沉睡后醒过来，发现伦敦被一个用钢缆加强的透明薄膜所笼罩。威尔斯的幻想，由于充气建筑技术的发展，逐步变成现实。

充气建筑，顾名思义是用薄膜材料做成一定形状的封闭的构件，加以锚固，充气后，成为能御风、霜、雨、雪的建筑，如图 1.3 所示。



图 1.3 充气建筑

它大体上可以分为两类：一类是用充气气囊构成墙、柱、顶盖等构件，犹如充气塑料膜玩具那样，充气后矗立地面，放气后可折叠贮存。这类充气建筑的架设、拆收、搬运很方便，适用于跨度很小的野外临时建筑。

另一类是将薄膜做成顶盖，用风扇向室内鼓风，使其顶盖隆起来保持固定形状，形成一个封闭的可供使用的空间。其特点是跨度可以做得很大，自重很轻，造价低，国外在一些大型公共建筑上已采用这种类型。如美国纽约 1979 年修建的能容 5 万人的卡里阿体育场，由于采用钢筋混凝土预制梁、柱和气承薄膜顶盖，只用了十几个月的时间，就建成使用。

以往作为室内网球场、游泳池等大跨度充气建筑都为外形高耸的半圆球形，底部通常直接锚固在地上。这种顶盖虽然只需很小的气压就可以保持其外形，但是为了抵御风力，则必须提高气压，否则就不可能获得必要的刚度。

为了减少风压对充气建筑的影响，美国工程师研究设计了一种低矢高的气承顶盖。气流掠过这种扁平的穹顶时，就像掠过飞机机翼的弧形上缘那样，产生升力，吸引顶盖向上，这样就消除了风压的影响。

大卫·盖格成功地设计一系列大跨度的充气建筑，上面提到的叙拉古大学的卡里阿体育场就是一例。体育场的屋顶就是涂上聚四氟乙烯的玻璃纤维织物幕布，以钢缆对其加固，穹顶底部安装了 16 台鼓风机，其中两台作为屋顶充气用，其余的用作体育场的室内通风。

这种充气顶在使用时是相当可靠的。屋顶幕布采用的新型高强织物，质地坚韧不易燃烧，即使被烧穿了，逸出的气流也将会扑灭火焰，而且在这种情况下要使一个巨大的球顶瘪掉，也需要几小时以至几天的时间，内部人员完全可以安全撤出。

充气建筑还具有良好的节约能源的性能。美国总务管理局的一个工程师小组，计划用一个巨大的充气球顶来保护整个丹佛地区的办公楼和私人居住区。据计算，在被保护的建筑物中可省 30% 的供热和空调费用。此外，由于玻璃纤维织物能透过大量柔和的自然光，还可降低白天的照明费用。

科学家正在设想，有朝一日用巨大的气承屋顶来保护人类，以免遭受空气污染和宇宙辐射的干扰。

## 二、纸板盖的房子

纸能作画，也能折叠成各种几何形玩具，但是，你可知道，特殊处理的纸板却可以造出建筑物来。用纸板建造房屋，是近年来国外展现的新颖建筑的一种，人们称它为纸板建筑。

纸板建筑的主要材料是各种类型的波纹纸、夹层纸或蜂窝状夹层纸板，纸板外表有覆盖层和保护层，一层层，很有点像夹心饼干。其厚度在 50 毫米左右，经过特殊处理的纸板，具有相当的强度和刚度。

纸板建筑中通常不再用土木砖石和钢筋水泥等建筑材料，其纸板房屋的形式一般采用各种折板拱顶或球壳形式，这样可使纸板支撑自重，充分发挥材料的性能。

不过，纸板建筑的缺点也很突出，主要是容易燃烧和不耐潮湿而且隔音和保温性能不稳定，纸板材料的先天不足使其坚固程度和砖石混凝土相比，因此目前还比较难以把纸板建筑作为永久性房屋来使用。

为了克服纸板的易燃易潮的毛病，国外科学家进行了多种试验研究，终于找到了不少有效措施，例如在纸板表面附加一层玻璃纤维与树脂复合涂层，使其更坚韧并能防水。

纸板建筑的历史虽然较短，但是作为抗灾紧急用房、临时性工棚住房、短期的展览馆陈列室、简易仓库、市场售货亭等，起到了应有的作用，发挥出独特的功能。

1944年，美国造纸化工研究院建造了一间比较像样的试验性纸板房，研究人员由于在职拌中加入了硫，使房间的强度和耐水性能明显提高。这所临时性纸板建筑用了8年才被拆掉。作为临时展览厅之用的纸板建筑，比较有代表性的是1968年英国伦敦用经过抗燃塑料涂液处理过的三波纹夹层纸板搭建成的一座半球壳拱形建筑。

随着材料的改进，纸板房也盖得大起来。1985年，荷兰农业研究所建造了一幢折板形牛舍，屋顶跨度13米，覆盖面积达1700平方米。由于纸板材料组合比较厚，中间夹有空气层的外围墙体，其热工性能比砖墙还要好一些。这座荷兰牛棚的纸板外层采用聚氨脂基的涂料作保护，如果细心使用，精心保养、适时维修，这间牛棚还能继续使用下去。

美国加利福尼亚州为农忙季节临时居住建造的纸板房屋，用的是一种聚氨脂作夹心的牛皮纸，其壳体结构的预先折叠成型，然后到现场把他像拉手风琴一样徐徐拉开，建筑物大小自如，随时随地可乔迁搬走。

随着材料科学和建筑科学的发展，纸板建筑将会更加完善，向人们显示出独特的用处和前景。落脚河特大桥新颖独特的悬索结构悬索，如图1.4所示，人们对它并不陌生。红军长征时渡过大渡河铁索桥就是一例。但是，用悬索结构来建造大跨度、大空间的建筑，还是近年来的事。



图 1.4 悬索结构的桥

早在 1952 年，美国先后建成了北卡罗里纳州博览会大厅和拉索城的马鞍性贸易馆。这两座早期的悬索建筑表明，它的结构受力合理，材料利用充分，屋面轻，用料省，每平方米面积钢索耗量仅 10 公斤左右。在同样的条件下，比其他结构形式用料省，而且建造速度快，不需要大型起重设备和大量模板，建筑平面则可以做成圆形、椭圆形、三角形、菱形等多种形状，是一种良好的结构形式。

尤其是 60 年代以来，电子计算机在建筑科学中的广泛应用，解决了结构计算中的复杂数字运算，悬索结构犹如插上翅膀，获得了突飞猛进的发展，跨度越来越大，用材料来越省。

前苏联 1976 年建成的列宁格勒体育馆，其直径达 160 米，是世界上较大的双层悬索建筑。悬索结构有不同的组合形式。按结构受力情况分类，大致可分为单向、双向和混合式三种类型，悬索结构的受力部分在外力的作用下，能够

承受巨大的拉力，具有良好的刚性和稳定性，使结构保持平衡，并在抗风和抗震性能上也比较好。因此，悬索结构在大跨度建筑中得到广泛的运用。

我国早在 50 年代就开始试验研究悬索结构。1961 年建成的北京工人体育馆，是规模宏大的体育建筑，能容纳 15000 名观众，它是我国首次采用悬索结构的大型公共建筑。它的屋盖采用了辐射状双层悬索结构，就像是一个水平放置的自行车轮子，有内环汐卜环和上下两层钢索，调节这两层钢索的紧张度，就可以防止屋盖系统在大风中产生的共振，上索承受屋面荷重并起稳定悬索的作用，下索主要是承重索，将直径为 94 米的圆形环索悬挂于空中，上下钢索各 144 根，形成了上下起伏的轮状的顶棚装饰效果。

1969 年建成的杭州市浙江人民体育馆，是马鞍形悬索结构建筑，比赛观众大厅是 80 米 X60 米椭圆形平面，能容纳 5400 名观众，马鞍形悬索屋盖，由两组弯曲不同的钢索系统组成，呈双曲抛物线形状。建筑造型新颖舒展，别具一格。

1964 年建成的日本东京代代木体育馆，由两个建筑物组成。游泳馆由两根桅杆柱支承的悬索构成贝壳状屋顶，覆盖着设有 16000 个座位的比赛厅，圆弧顶的两侧伸出两个尖角，好似一对蜷缩的蜗牛；篮球馆的悬索屋顶，则是围绕着一根高高耸的桅杆柱渐渐盘旋舒展，好像一只弯弯的海螺，静卧在沙滩。该体育馆建筑造型美观，从空间到形体，仿佛蕴蓄着无穷的能量，能增进运动员的搏击意识，给人以强烈的竞赛激励感，充分表达了体育运动向高峰冲击，焕发青春活力的气势。

1957 年在西柏林世界博览会上美国建造的牡蛎形的会堂，是马鞍形悬索结构的又一表现形式。

综上所述，悬索结构建筑的出现与推广，象征着建筑科学技术的进步，悬索结构建筑的外观已逐渐打破了人们的传统习见，给人耳目一新的感觉。

### 三、钢网架建筑

北京的中国国际展览中心是一组庞大的建筑群，它一共有 6 个室内展馆和两个室外展场，其中 4 个展馆均为边长 63 米的正方形建筑，尽管屋盖较高，跨度很大，犹如凌空飞架，但是为什么中间没有任何支撑呢？原因是使用了钢网架结构，如图 1.5 所示。钢网架结构非常适用于体育馆、展览馆、大会堂等宏伟高大的建筑。这种结构在世界上获得较广泛的应用。



图 1.5 钢网架结构顶棚

钢网架是由许多杆件按照一定规律组成的网状结构，改变了一般平面桁架的受力状态，具有各向受力的性能。由于各个杆件之间互相支撑，所以整体性能强，稳定性好，空间

刚度大。因此，它不仅在跨度长的建筑中显示出巨大的优越性而且是一种良好的抗震结构形式。钢网架结构的本身高度小，而且能够利用规格较小、类型划一的杆件，这些杆件多采用钢管或角钢等材料，交接点为空心球结点或钢板焊接点，很适合工厂生产、地面拼装和整体吊装。

钢网架形式很多，常采用两向正交斜放网架、三向交叉网架和角锥体系网架。钢网架结构按其外形分平板型和壳型，平板网架是双层的；壳型网架有单层、双层、单曲、双曲等多种形状。钢网架结构采用较小的杆件，而使跨度越来越大，其优点很明显。

我国有很多建筑采用钢网架结构。首都体育馆是方形的建筑，建筑面积4万平方米，能容纳18000名观众。上海体育馆是圆形建筑，直径为114米，建筑面积47000平方米，容纳观众18000人。整个建筑立面新颖活泼，轮廓完整，具有一定的民族特色。南京的江苏体育馆建筑面积为18000平方米，容纳观众10000人，建筑平面呈八角型，很有体育建筑的特色。除此之外，上海的文化广场，屋盖采用了扇形的网架结构，它是目前我国跨度最大的网架建筑。这些建筑都有一个它们造型雄伟壮观，轻巧大方。

在国外，网架结构应用也很广泛。墨西哥马达莱纳体育馆，是圆形建筑，直径170米，馆内可容纳15000人。加上活动座位，最多能容纳23000人。屋盖为铝合金网架，支撑在四个混凝土拱架的“V”型柱上，造型奇特，很像是一个圆形的硬壳虫。美国休敦市建造的圆形体育馆，直径达193米，可进行室内足球比赛，有6层观众席，可坐52000人。美国

新奥尔良市体育馆，圆形平面直径达 207 米，可容纳观众 90000 多人，是世界上最大的网架结构体育场。

建筑的规模如此巨大，用传统的建筑形式是难以想象的。在外观造型上，以崭新的面貌展现在人们的眼前，充分显示出技术的魅力。

#### 四、篷布张力建筑

帐篷建筑，学名叫篷布张力建筑。它是利用撑杆、撑架、钢索和篷布构成薄膜层顶，加上围护结构。这种建筑便于现代化生产，易于运输安装，施工简便。

篷布张力建筑要经过仔细地设计和计算，甚至要借助于电子计算机，来掌握了解篷布缆索张力的分析情况，并采取相应的措施使建筑保持稳定。由于结构组合形式的多样化，其造型也是极为丰富的，它具有一般建筑无法比拟的奇妙表现力，加上纤维篷布的颜色可以任意选择，这就更加强了这种建筑的艺术感染力。

1967 年建造的加拿大蒙特利尔国际博览会联邦德国馆，为了使该馆与自然环境协调，其设计采用了自由式平面布局，用篷布张力结构来建造。

麦加，它是伊斯兰教的第一圣地，位于沙特阿拉伯西部山地。创始人穆罕默德（公元 570 — 52 年）诞生于此。1000 多年来，前往麦加朝圣的穆斯林逐年增多，1979 年多达 190 万人次。

为了解决往返麦加的交通问题，沙特阿拉伯在吉达以北 35 公里处，投资 50 亿美元建造了新的国际机场。它的候机大厅就占地 1.5 平方公里，上面覆盖 210 个圆锥形玻璃纤维

的薄膜顶。侯机厅分两片，每片长 686 米，宽 320 米，加上两端的辅助建筑，合计有 51 万平方米。这是一片比天安门广场还大的建筑群，这片篷布建筑与周围的环境十分协调，并使阿拉伯人民感到亲切，是比较理想的结构形式。

联邦德国的慕尼黑奥林匹克运动会体育场、体育馆、游泳馆的屋顶也采用了篷布张力结构，使整个体育设施在较短的时间里用较少的投资建成并投入使用，保证了奥运会的正常进行。

### 五、因纽特人的冰屋

冰是冷的象征，一提到它，人们就会不寒而栗。但是，在冰雪凛冽的冬天，生活在北极圈里的因纽特人，却凭着用冰垒成的房屋，熬过严寒的冬天。

在北极圈内，有取之不尽的冰，又有用之不竭的水。每当冬天到来之前，因纽特人都要建造冰屋。他们就地取材，先把冰加工成一块块规则的长方体，这就是“砖”；用水作为“泥”。材料准备好以后，他们在选择好的地方，泼上一些水，垒上一些冰快，再泼一些水，再垒一些冰快；前边不断地垒着，后边不断地冻结着，垒完的房屋就成为一个冻结成整体的冰屋。这种房屋很结实，被誉为因纽特人的令人羡慕的艺术杰作。

因纽特人的冰屋是怎样起到保暖防寒作用的呢？

首先，由于冰屋结实不透风，能够把寒风拒之屋外，所以住在冰屋里的人，可以免受寒风的袭击。

其次，冰是热的不良导体，能很好地隔热，屋里的热量几乎不能通过冰墙传导到屋外。

再次，冻结成一体的冰屋，没有窗子，门口挂着兽皮门帘，这样可以大大减少屋内外空气的对流。

正因为如此，冰屋内的温度可以保持在零下几度到十几度，这相对于零下 50 多度的屋外，要暖和多了。因纽特人穿上皮衣，在这样的冰屋里完全可以安全过冬了。当然，冰屋里的温度比起我们冬天的室内温度要低得多，而且冰屋里也不允许生火取暖，因为冰在 0 摄氏度以上就会融解成水。

## 第二章 建筑中的声学

声学作为一门古老的科学，在中国可追述到公元前六世纪。自古以来，祭祀鬼神，喜庆丰收，必伴以歌舞音乐。相传殷代(公元前一千多年)，人们已经会利用有利的自然地形方便的观看倾听表演了。诗经中就有描述人们在四周高中央低的“宛丘”中手持羽毛舞蹈，古希腊的露天剧场也颇为类似，看来这是解决视听的最原始的措施，也是比较科学的布置。

而近代的建筑声学却是从赛宾提出的混响的时间概念的计算公式才开始的。

### 第一节 建筑声学的起源

自古以来，人们就渴望在安静舒适的居住环境中进行彼此间的交流，这对于人类最早期的文明肯定具有重要的意义。考古学家在远至 8000 年以前的遗址中就发现了织物。织物是极易腐烂和自我分解的物品，由此而言，它们可能在此之前就已经长期存在。当人们开始在洞穴、帐篷或者棚屋之中居住的时候，他们就已经注意到织物使得空间的回音减少而令人感觉更加舒适。于是，在这史前的时代，人们凭着直觉发

现了最简单的声学原理：多孔材料可以吸声。

在一段相当长的时期中，包括埃及法老们的精细时代之前的长远历史，以及庞贝和罗马帝国时代，工匠们就建议业主采用添加织物、毯子或者叠加的干草的方法来改善居住环境。

## 第二节 建筑声学的发展

作为罗马早期的建筑教育者，维特鲁威是记录声学资料的第一人。他写道：“建筑师应当掌握经典的数学理论以便能够取得正确的频率共振；封闭房间内应当调整直至在熟练的工人耳中听起来舒服。”

此外，他还说道：“为了配合经数学推算的音阶，应当在座位底下安装铜罐。”，他相信，当演员的声音和铜罐的固有频率一致时，声音的能量会被加强，并且“它会更清晰、更甜美地传递到观众耳中”。他还论及木制的剧场可以无需安放铜罐，“必然产生回声”。他显然还没有意识到铜罐的吸声作用，而将其描述为增加了回音。

对于剧场“从最高点和最低点的座位画一道线可以得到座位升高的角度，如此可使声音不被遮挡地到达观众”。他认为座位应当逐排升高，以便于声音的能量能从水平和竖直两个角度都更加完全地呈献给观众。这对于没有任何天棚反射声音的露天剧场来说是一个非常好的设计规则。

在维特鲁威之后，一直到塞宾之前的近两千年的时间里，声学研究的进展似乎极为缓慢，但也并非空白。这一点等到

有足够的相关资料时再进一步论述。下面是塞宾及其以后的声学。

华莱士·塞宾在其 1900 年发表的题为“混响”的论文中的引言部分总结了当时的声学状况可以称为“贫瘠、矛盾”，他说：“最常被引用的观点是房间比例应该为  $2:3:5$ ，或者也有人说  $1:1:2$ ，还有人说是  $2:3:4$ ，这些观点可能是从音乐上的和谐音得来，但是如此转用是毫无根据的”。

他又说过：“一位到过摩门礼拜堂的作者建议所有的剧场都做成椭圆型。圣德剧场是堪布里奇最好的剧场，但它是半圆形的，还带了一个凹入的部分。另一方面，福格艺术学院的演讲厅是效果奇差，却同样是半圆形。圣德剧场采用了木材，福格演讲厅则用砖瓦的材料，于是马上有人抓住这一点说普罗文登斯的塞尔斯厅也是木材的，但是效果就很差？每一种意见都是只抓一点，不及其余”。总之当时的建筑声学状况是十分落后和令人担忧的。

塞宾在他的第一篇论文（发表于美国建筑师年刊 1898 年 11 月 2 日，未收入论文集）中阐述了声音的三个重要因素：响度、干扰度、清晰度。

塞宾发现，由于巨大的振幅范围用光学仪器来测量声压是根本行不通的。他研究耳朵聆听声源关闭之后的声音衰减并判断出其持续时间长度的过程，发现即使是在 12 个不同的房间之中，不同的人的判断也非常相近。

他指出，对于不同用处的大厅（比如演讲、钢琴演奏或者是室内乐演奏），所要求的混响时间是不一样的。塞宾还观察了建筑上的不规则形对声音的反射作用，发现当这种不规则

则形的尺度在超过一个波长时最为明显。

一年半之后，塞宾发表了著名的《建筑声学》，其中有著名的塞宾公式。从 1902 年直至 1919 年 1 月逝世的这段时间里，塞宾以他的混响时间公式为主要工具，还有哈佛实验室中得到的建材料的声学数据以及在哈佛的一个剧场中测得的观众吸声系数，在全美国范围内进行剧场和教堂的声学咨询。

他的文件中只有业主的满意之词。除了波士顿交响乐厅以及建成之后的新英格兰音乐学院的音乐练习室的混响时间控制和房间传声之外，没有资料表明他对其余的音乐厅进行过咨询。他咨询过波士顿歌剧院，效果令人满意，但不如欧洲那些老歌剧院好。

塞宾的理论包括以下几方面。

混响。为了控制混响时间，他推荐使用一到两寸厚的毛状物外包多孔的织物。大约是 1911 年，他为一家公司咨询，建议他们开发一种声学石膏。1910 年到 1915 年，他与另一家公司合作，先是开发了一种多孔的陶制品，后来是一种多孔的砖，最先使用于圣托马斯教堂，其后又用于河畔教堂（两者均位于纽约）。

他还建议小房间中使用厚重的窗帘；为了“最大限度地使风琴的声音柔软和丰富”，他建议在音乐室中用 1 寸厚的毡子和后面的丝板隔开四分之一寸的距离；为吸收低频，他建议用极薄的木板内包 1 寸厚的空间；“厚木板和坚硬的石膏没有什么两样”。

反射声。塞宾认识到了不规则形状的好处。他写道，“为使声音在更大的范围内反射，最好让反射体表面是不规

则的”。

聚焦。他的理论就是认为“拱形会把声音聚焦到一点上”。

散射。“柱子的表面应该开槽，而不要弄得平整而光滑”。

通风系统是可以降低噪声的。

费用。塞宾为其咨询所定的收费标准是每项任务\$200（他在1915年作为全职教授的年薪是\$5000）。

塞宾出版《建筑声学》时，弗氏23岁。他第一次跟厅堂声学打交道是在1908年，系主任让他进行哈佛伊利诺斯礼堂的声环境改造工程。这项工作一直持续到1916年。当时没有别的重要的声学著作，他将自己在文献所学与实践结合起来，在1923年出版了《建筑物声学——包括礼堂声学和房间隔声》这一本书。这本小册子简直就是建筑师的圣经，在1930年至1941年之间一版再版。

该书的1930版中，弗氏解释了他的“理想厅堂声学”的理论，该理论几乎与塞宾以及贝尔电话实验室乃至欧洲当时的专家们都完全背道而驰。他认为：

给舞台提供一个合适的反射面，这样就能让表演者能够“听见他们自己”；设计厅堂的时候要设法将反射声减少到与室外条件一致。

弗氏用了一章的篇幅来论证其观点。他举的一个极端的例子就是华盛顿市政厅。

华盛顿市政厅是方形平面，座位布置犹如足球体育馆，围绕中心的舞台以两度的倾角升起。座位与后墙之间隔以一

排包厢。“后墙反射声完全消除，声音直达观众或者仅被天花反射一次，二次反射非常微弱，天花作为吸声材料”，最后他以一句话作为结论：自从作者建立该理论以来的十年的声学发展证明了该理论是正确的。

在 1971 年肯尼迪中心建成以前，华盛顿市政厅是本州唯一的音乐厅，它被认为是国内音质效果最差的音乐厅。在华盛顿咨询过的众多项目中，还有三个音乐厅。这些音乐厅都属于传统型，适合于歌剧，而交响乐则稍差。

斯旺可能是塞宾在声学领域里唯一的学生。在和他和一家公司建立合作关系之后，塞宾受托寻找一位能够负责咨询工作的工程师，他找了斯旺。斯旺后来回忆说，此公司在 1935 年之前完成了 800 项声学工程。

斯旺的成就是马萨诸塞州的沃斯特纪念堂，该厅堂没有任何反射面，包括天花和墙面。无论是歌剧还是音乐会，纪念堂音质效果均不理想，但是直到七十年代建成的沃斯特机械馆最近做了修复之前，其使用频率相当高。

巴氏从大约 1922 年至 1960 年期间是英国声学界的领头人。他是建筑研究所的老伙伴，其成就尤其值得一提的是 1951 年建成的三个厅堂：伦敦的皇家节日厅；曼彻斯特的自由贸易大厅（Free Trade Hall）和布里斯托尔的考斯顿厅。他总结出来的经验如下：

混响。巴氏认为，根据塞宾公式，一个好的音乐厅在满座时的中频混响时间应该介于 1.6 秒和 2 秒之间。对于合唱，2 秒是最低限，而较小体量的弦乐或者索罗的音乐厅，则要求稍短。

他总结低频的吸收采用木衬垫或者木板上粘贴石膏，而中频则利用观众本身或者具有类似尺度的毛毯、床垫以及室内装修等物体，有轻微褶皱的窗帘适合于吸收中高频。

至于高频，由于空气吸收，最好用光滑面提高反射率。考虑到频率特性，他总结出：“在 500 赫兹到 4000 赫兹之间，混响时间的曲线是一道低频高起的斜线”。

早期反射。必须有足够的一次反射声，这样的建筑声学效果才好。

散射。巴氏在书中用两句话描述散射：“散射可能提高偶然的混响时间”，“散射对于提高响度和避免回声非常有好处”。

巴氏与 A.B.Wood 合著的《Planning for Good Acoustics》（Methuen,London,1931），对于进行各种建筑空间设计（包括音乐厅和歌剧厅）的建筑师与声学专家来说，是一本重要的著作。他们强调声学设计与人的听觉的紧密结合。

在“为音乐的设计要求”一章中，他们列出了一系列影响音质的因素。他们特别强调木材的使用，“置于声源近处将增加响度”，“改善音质”，“使声音更加活跃”。实际的情形是降低了低频声，这在没有繁重装修的座位的较小的厅堂中是必不可少的。

保罗是华莱士·塞宾的远房侄子，他不但以声学专家著称，还是伊利诺斯日内瓦的河畔声学实验室的负责人，该实验室是美国政府的建筑物吸声与传声测试站。他也为一些音乐咨询，并且在 1932 年出版了颇受当时的建筑师们所喜爱的《声学建筑》一书。

书中的“ ”厅堂声学设计“一章，保罗用了相当的篇幅来讨论如何避免乐队席周围的曲面声聚焦问题。在分析纽约的卡耐基厅堂时，他说道，“这里几乎没有任何声学设计的迹象”。这一章的结束句是：“归根到底，对于设计人而言，回避困难更多于积极地创造优点。”

在评论 Watson 关于音乐厅中观众部分应该被视为有如门外死物的理论时，保罗说道：“在一两个实例当中，导致了室内的前部声音质量不太理想，而后面的声音质量则由于座位的存在而有所改善”。他建议使用一种轻质的木板结构做地板，并在木板下面隔一层空气，以改善大提琴和低音的效果。

Knudsen 生于 1893 年，1922 年进入加州大学。普林斯顿大学的博士 Emily A.Thompson 在 1992 年写道：“Knudsen 于 1932 年出版了《建筑的声学》( Architectural Acoustics ) 一书。正如 Watson、Bagenal 以及 Wood 所说，(这本书)被认为是建筑师和工程师的指引手册，它涵盖了从 Watson 的著作出版以后十年来所有的研究”。Knudsen 参加了许多讲演室和厅堂的音质改善工程，尤其是在西海岸。他的书中“音乐室声学”一章只用了 18 页的篇幅，其中列举了当时被认为最重要的因素：

房间的边界应该与舞台的形状一致，有利于表现音乐。

合适的混响时间（后来他有列举了对于不同尺度的房间的最适宜的混响时间）。

不能有声聚焦、回声以及噪声。

音质不应该受观众多少的影响（用厚重装饰的椅子）。  
该书出版一年后，Knudsen 又为声学做出了巨大的贡献。

他在一篇关于空气本身的吸声的论文中,他指出 1000 赫兹以上的声音很容易被空气吸收,尤其是在空气湿度较低的时候。

Knudsen 为洛杉矶的 Dorothy Chandler Pavilion 音乐厅以及美国其他各个地区的厅堂做声学咨询,并因此而名扬遐迩。1950 年,Knudsen 和 UCLA 的同事 Cyril Harris 合著《建筑中的声学设计》一书,从宏观上探讨音乐厅的设计问题。

Cremer 先后在慕尼黑和柏林工大担任声学教授,是德国声学界的权威之一。在德国大城市的房屋和公建遭到破坏之后,他参加了所有的国家计划会议,并多年担任国际标准协会 7 的德国大学代表。Cremer 在慕尼黑开了一家咨询事务所,他的第一个合伙人是 Helmut Mueller。1962 年,为了适应不断增长的业务,成立 Mueller-BBM 公司以取代原来的事务所。

Cremer 有一系列的著作,其中第一本在慕尼黑出版于 1948 年,Cremer 说这本书是献给他的老师 Edwin Meyer 的,因为后者十几年来一直鼓励他完成这部著作。该书的开篇以相当的篇幅来论述伦敦的皇家阿尔伯特厅(Royal Albert Hall,有一个光秃秃的穹顶)、慕尼黑的 Prinzregententheater 以及 Freiburg 的一个礼堂和 Hoersales 的希腊型封闭露天剧场的回声与共振问题。他也讨论了平行墙面之间的驻波现象。

一个有实践意义的设计是围绕一个讲坛的反射面(有部分围合),其作用是使说话者的声音更多地反射给听众而减少反射到教堂上空的声音。由此,他引至关于演讲厅和好莱坞室外广场的反射面的讨论。

接下来他又讨论了巴黎的 Saal Pleyel(音乐厅),说明抛物线形状的厅堂有利于将音乐传到包厢,但同时也使得观众

的噪音全部集中到焦点位置影响乐手而观众们却听不到自己的噪声。另外，他认为吸声可以减少反射到乐队席的回声和观众噪声。最后，他总结道，Saal Pleyel 的经验表明乐队席和观众头上的天花板应该尽可能的低，而且形状要利于将一次反射声传给观众，同时不管距离多远，墙面都要用吸声材料，所有延迟的反射声都应该减少。从某种意义上说，他的概念接近于 Watson，后者则认为声源必须活泼而接受声音的物体应该象在室外一样。

Cremer 举了一个他认为设计得很好的议会厅作为例子。倾斜的后墙，将声音反射给讲演者和观众的天花板。他讨论了好的和坏的挑台形式：坏的形式是入口较低，阻碍声音传给挑台下面的观众；而好的形式则是有一个带反射面天花的开口将声音反射给挑台下面的观众。他还推荐了一个观众座位升起的角度，这个角度既不阻挡视线又能产生交好的听觉环境。

Cremer 最著名的作品是与建筑师汉斯·夏隆合作、于 1963 年建成的柏林交响乐厅，它在建筑形式和声学处理上均得到了很高的评价。有趣的是合作的过程，夏隆想建一个观众围绕乐队席的厅堂；座位在不规则的剖面上陡峭的环绕升起，夏隆形象地称之为‘葡萄园’，他们就象散布于山上的一块块形状不规矩的小种植园。（夏隆说）它改变了观众的本质，观众变得较少压抑而较多兴趣，不管是对音乐还是对他们自己”，R.S.Lanier 在 1964 年第 120 期的建筑论坛上说。

Cremer 反对这一打破传统的矩形厅堂的冒险，他甚至把我找去跟他一起试图说服建筑师不要做此冒险。但是夏隆坚

持己见，于是 Cremer 想尽一切办法来改善这一境况：侧面的反射墙、不规则的散射体、调整低频吸收的共振体、舞台侧面和后面的反射面和顶部十个梯形反射面等等。

Meyer 就职于哥廷根大学，与 Cremer 是同代人，曾在许多建筑项目上做过咨询。他最著名的成就是在其实验室中所做的研究，这些研究在出版界大量刊行，影响了所有当代的声学专家。最能反映其音乐厅设计思想的实例是波恩的贝多芬厅（建于 1964 年，1400 座）。他接受了建筑师弧形屋顶（分段的圆弧）的设计，用了 1760 个反射体来散射声音同时吸收 125 赫兹左右的声音以降低声聚焦；垂直的柱状散射体布满侧墙，上面散布着吸声材料，使混响时间具有平直的频率特性。

### 第三节 建筑声学的现状

展望未来，五十年代，有人曾尝试通过研究位于欧洲、英国以及西半球的大量的音乐厅来取得音乐厅声学设计的一系列标准。

今天，至少有十项有关音质的标准可以用计算机来精确计量，当然，这是建立在人的听觉感受可以用精密的仪器和严格的观察来度量的假设上；国际间的声学交流研讨会也频频举行，而活跃于世界范围内的声学协会也如雨后春笋般涌现。

发达国家的大型实验室对声学研究表现得非常踊跃。国际交流一定会使将来的声学设计更加密切的和科学与艺术结

合起来，从而能够更为精确地预测声学设计的质量。

原来有人认为音乐厅就像一件大的乐器，其形状与材质决定其声学效果。乐器不是由经科学训练的声学家制造的，而是由经长期的实践而具备实际经验的人制造的。因此乐器的制造并不是科学或技术，而是技艺或称艺术。

然而不容否认的是乐器的发声是纯物理过程，因此并非是不可知的，而是可以用科学来解释的，只不过人们当前的认识水平还不能够完全揭示其中的奥秘，在不久的将来一定可以用科学来指导乐器的制造。

同样，当前的室内声学只是纯粹依赖经验，而无法通过科学计算进行可靠的预测，在这种情况下，室内声学的研究被看作是艺术而不是科学。这只是因为人们还没有了解在各种声学现象背后隐藏的规律性。

与乐器的制造不同的是，建筑的根本原则在于创新，因此无法象乐器的制造那样通过对同一形式的反复实践来积累经验；而且一旦失败，不象乐器那样可以随意丢弃。所以，纯粹依赖经验可以制造出好的乐器，而室内声学设计如果只依赖经验却不一定成功。所以声学家们不得不认真研究室内声学，使其成为一门科学。

## 第四节 建筑声学的特点

建筑声学作为一门科学与其他的科学有一些区别。首先在于它的实践性。在建筑实践的多分支中，原理永远无法替代在运用原理时的机智、判断力、技巧、经验以及直觉。他

认为建筑声学的实践同医学实践极相似，理论的获取都是为了实践的应用，而应用技巧的获得需通过长期的观察、思考与实践。

建筑声学作为科学的另一个独特之处在于结果的不唯一性。当然，最佳声学指标是唯一的，但对应的建筑解决方案却可以有多种，涉及到建筑师的个人风格、品位等。

总之，在建筑声学的实践中，原理是必不可少的，但是只知道原理是远远不够的。

建筑声学(Architectural Acoustics)是一门科学，但如何将其原理运用于声学设计的实践中却是艺术。

艺术的法则也许是永远无法用科学来解释的；一件好的乐器其中的奥妙也是无法揭示的。意大利最著名的世界名琴斯特拉迪瓦里，后人的仿制品其音质无论如何也达不到原品质十分之一，及使用最先进的手段进行复制，所测得的物理指标完全一致，但仍感相差甚远。

就如同家里的钢琴，音不准了需要调，如果自己有标准音叉，可以把每一根弦调得很准，但演奏出来的曲子会非常难听，必须要找调琴师来调，调琴师是一个收入颇丰的职业，他的工作是在把每根弦调准的前提下，再稍加调整，使每根弦的音不是那么准，与所谓的“科学”略有出入，这样钢琴就能发出美妙的音响了！

还有一个例子就是激光唱片的出现，后来的 24 比特取样虽然在技术上已经趋于完美，但仍有很多发烧友热衷于收藏以前的 LP 密纹唱片，你可以从早期的音质极差的录音中分辨出哪一把小提琴是斯特拉迪瓦里，但激光唱片却也许做不

到！

建筑声学也一样，所谓的最佳声学指标既不是好的音响效果的充分条件，建筑艺术也一样，其本身是无法度量的！

## 第五节 著名的声学建筑

### 一、回音壁



图 2.1 天坛回音壁

回音壁，也叫皇穹宇，是天坛的一座重要建筑物建于明嘉靖九年（1530年），如图 2.1 所示。初为重檐圆形建筑，名“泰神殿”。是圜丘坛的正殿。用于平日供奉祀天大典所供神版的殿宇。嘉靖十七年（1538年）改名为“皇穹宇”。清乾隆十七年（1752年）改建为今式。皇穹宇殿高 19.5 米，直径 15.6 米，木拱结构，严谨、精致，上覆蓝瓦金顶，精巧而庄重，远远望去，像是一把金顶的蓝伞高撑云空。殿内开花藻井为青绿基调的金龙藻井，中心为大金团龙图案，是古代建筑杰作。

周围的围墙呈圆形，起到传音的作用，因此也叫回音壁。

在皇穹宇的外面，有一道圆形磨砖对缝的围墙，门向南开，这就是人们熟悉的回音壁。由于内侧墙面平整光洁，声音可沿内弧传递，两人分站东西墙根，一人靠墙低声说话，另一人能清晰听到。游客至此，莫不一试为乐。

天坛还有一座重要建筑物是圆丘。这是一座露天的三层圆形石坛，石坛每层周围都有汉白玉栏杆和栏板。这座建筑物在造型上为几何图形，整个结构上是对数学的巧妙运用，坛面、台阶、栏杆所用石块全是九的倍数，据说，这是象征九重天的意思，九重天为天帝居住的地方。

## 二、四川石琴

四川石琴和天坛回音壁、山西莺莺塔，以及河南蛤蟆塔一起被称为我国“四大回音建筑”。它们以其奇妙的回音现象成为我国宝贵的文化遗产，在世界建筑史、物理学史、声学史上亦属罕见，成为人类建筑艺术上不可多得的瑰宝。

四川石琴原来回声宏亮，音阶呈高低变化，在石琴两边石壁上历代名士题咏，碑刻林立。石琴附近又有丰富的人文景观可供人们研究、游览。四川石琴建造于1464年以前，比天坛回音壁早一个世纪，故它有较高的文物、旅游价值。

位于四川省潼南县西15公里的大像阁右侧25米的石琴是一个人工修凿而成的登山石阶。大像阁俗称大佛寺，又名南禅寺。该寺初建于唐咸通年间（860~873年），始称定明院。今存有大佛阁、观音殿、玉皇殿、鉴亭等四座木结构古建筑。由此可见它是佛、道合璧的一座建筑群。大佛阁系一座飞檐翘角、雕梁画栋、雄伟壮丽的七重檐佛阁护卫着一尊巨大摩岩佛像，人们通常称之为潼南大佛。

我国四大回音建筑的四川石琴位于大佛阁右侧 25 米的一条上山石道中。石琴背山面水，与涪江边鉴亭对峙。该上山石阶系凿自江边一完整无缝岩壁中，俯视呈 7 字形。为说明方便，我们把下半部 1 字形石阶称为主洞，上半部一字形石阶称为侧洞。主洞中共有石阶 24 级，由此可自江边直达半山腰。经主洞左转又有 12 级石阶组成的侧洞，由此直达南禅寺。

主洞外面另有 19 级石阶砌成的踏道与涪江边古纤道相通。从这 19 级石阶与四川石琴全貌的规格严格一致，可知是近年新修的建筑。从主洞口自下而上的第四级石阶，直到第十九级石阶，凡步履所触，就能发出悠扬婉转，音色颇似古琴声在主洞中久久回荡。其中以四至十级的石阶，即两侧岩壁最高处的七级石阶发声最响，古人称为“七步弹琴”并题“石磴琴声”四个大字于主洞石壁之上。

这一则 500 年前的题刻表明石琴的声学现象在此石阶开凿后不久已广为人知，而且其发声效果尤如奏云和弹琴瑟，格外悦耳动听。

### 三、山西莺莺塔

普救寺，位于山西省西南永济市蒲州古城东 3 公里的峨嵋塬头上。这里塬高 29 米~31 米，南、北、西三面临壑，惟东北向依塬平展。原有范围，东西宽 200 米，南北长 350 米，总面积约 7 万平方米；这里地势高敞，视野宽阔，寺院坐北朝南，居高临下，依塬而建。这是一座千年古刹，我国古典戏剧名著《西厢记》故事就发生在这里。

从 1986 年以来，新修复的普救寺，寺院建筑布局为上中

下三层台，东中西三轴线（西轴为唐代，中轴为宋金两代，东轴为明清形制），规模恢宏，别具一格。从塬上到塬下，殿宇楼阁，廊榭佛塔，依塬托势，逐级升高，给人以雄浑庄严，挺拔俊逸之感。

加之和《西厢记》故事密切关联的建筑：张生借宿的“西轩”，崔莺莺一家寄居的“梨花深院”，白马解围之后张生移居的“书斋院”穿插其间。寺后是一地势高低起伏，形式活泼的园林花园。园内叠石假山悬险如削，莺语双亭飞檐翘角。荷花池塘上横架曲径鹊桥，亭桥相接、湖山相衔。莺莺的“拜月台”掩映在青松翠柏、千竿修竹之中。

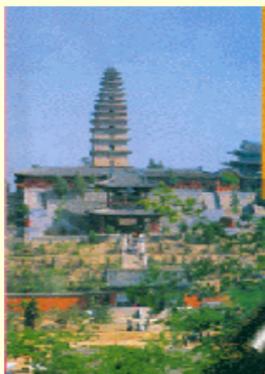


图 2.2 山西莺莺塔

屹立在寺中的莺莺塔，如图 2.2 所示，不仅形制古朴、蔚为壮观，而且以奇特的结构，明显的音效应著称于世。游人在塔侧以石扣击，塔上会发出清脆悦耳的“咯哇 - - ”“咯哇 - - ”的蛤蟆叫声，令游人连连称奇。据方志中称之“普救蟾声”，为古时永济八景之一。

由于《西厢记》的问世，使得这个“普天下佛寺无过”的普救寺名声大噪，寺内的舍利塔也被更名为“莺莺塔”而闻名遐迩。而美丽动人的爱情故事，千百年来一直撼动着人们的心灵，使它成为蜚声著誉的游览胜地。

莺莺塔为世界奇塔之一。她和我国北京天坛回音壁、四川石琴、河南蛤蟆塔同属四大回音建筑，以莺莺塔声学效应最为显著，其回声机制主要在三方面：

塔内是中空的。站在塔的中层听上面人说话，由于声学反射效应，声音好像从下面传来。

塔檐上的复杂结构有反射作用

墙壁反射。而天坛回音壁主要就是通过墙壁反射。所以在塔的四周击石拍手，均可听到清晰的旺音回声；随着位置的变换，这蛙音回声也可以发生从空中或地面传来的变化。

## 第三章 建筑中的光学

良好的光照环境是保证人们进行正常工作、学习、生活和玩耍的必要条件，现在对视力健康问题尤其重视，所以在我们的建筑物中应对采光和照明问题给予充分的重视。除了在建筑物中，现在像节日的彩灯布置、歌舞厅的灯光设计等等，都在很大程度上运用了光学知识。现在有一门专门的职业就叫照明工程师，很有前途的哟。

### 第一节 简单的光学知识介绍

现在的观点认为光是以电磁波的形式传播，可以说光是一种能量，而人眼所能感觉到的光其实就是人眼所感觉到的那一部分辐射的能量，其波长的范围是 380—780 纳米，长于 780 纳米的红外线、无线电波等，以及短于 380 纳米的紫外线、x 射线等，都是人眼所不能感觉到的。

我们把看物体的清楚程度称为视度，就像我们把物体的冷热程度称作温度一样。视度受很多因素的影响：

首先是亮度。在黑暗中，我们如同盲人一样，只有当物体发光，或者是反光，我们才会看到它，它越亮，我们看得越清楚。当然若是亮度过大，超出眼睛的适应范围，则灵敏

度下降，反而看不清楚。这一点大家都有切身体会。

还有就是物体的尺寸。物件的尺寸、眼睛至物件的距离都影响人们观看物体的清楚程度，即视度。日常生活中就是物体越远越小越看得不清楚，越近越大看得越清楚。

还有需要指出的一点就是物体和她背景之间的亮度差异。若差异越大，视度就越大，差异越小，物体就越难被看清。这就是变色龙为什么很难被发现的原因了，因为它自身的颜色和周围环境的颜色差异太小的缘故了。

明白了视度及其影响的因素之后，我们在建筑的设计中就要特别注意这些因素了。

## 第二节 我们身边的建筑光学

我们在日常的生活当中所看到的光，大多数是经过物体反射或透射的光。比如在窗扇中装上不同的玻璃，就可以产生不同的光效果。装上透明的玻璃，从室内可以清楚的看到室外的景色。换上磨砂玻璃后，就只能看到白茫茫的一块玻璃。

穿过普通的透明玻璃，阳光直射到室内，在眼光照射处很亮，而其余地方暗得多；穿过普通的磨砂玻璃，它会使光线分散射向四方，从而使整个房间都较明亮。由此可见，我们应对材料的光学性质有所了解，根据它们的不同特点，合理的用于不同的场合，才能达到预期的目的。

### 一、我们需要的是自然光

从上面的介绍我们可以知道，人眼只有在良好的光照条

件下才能有效的进行视觉工作。现在大多工作都是在室内进行，所以我们在室内创造良好的光照。

在环保概念日益重要的今天，建筑光学的目的是为了获得更多的自然光。

在专家的试验中我们了解到，人眼在天然光下比在人工光下有更高的灵敏度，这一点聪敏的读者可以联想到这是因为人类在长期的发展过程中，由于长时期是呆在室外，所以根据生物的适应性，眼睛已习惯于天然光。在工厂工作的工人们有感受，他们认为“哪怕是窗子小一点，也比没有的好”。这都说明室内采用天然光是很重要的。

## 二、形式多样的窗

为了取得天然光，人们在房屋的外围结构上，比如说墙和屋顶，开了各种形式的洞，再在上面装上各种透明的材料，如玻璃、乳白或磨砂玻璃等作的窗扇，以防护自然界的各种侵袭，比如说风、雨、雪等，这些装上窗扇的透明洞口我们可以称之为采光口。按照采光口的位置，又可分为侧窗和天窗两种。侧窗就是安装在侧面的墙上的窗扇；天窗就是安装在屋顶上的窗扇。

侧窗。侧窗由于构造简单、布置方便、造价低廉，光线又具有明确的方向性，有利于形成阴影，所以对于观看立体物件特别适宜，并可通过它看到外界景物，扩大视野，使用的非常普遍。

它一般放置在一米左右的高度。有时候为了获得更多的可用的墙面，或者为了提高房间深处的照明程度，可以将窗台高度提高到两米以上。

侧窗通常做成长方形，不知道好奇的读者有没有想过为什么。因为从采光量来说，在采光口面积相等，并且窗台高度一致的前提下，正方形窗口采光量最高，竖长方形第二，横长方形最少；从照明程度的均匀性来看，竖长方形在房间进深方向均匀性好，横长方形在房间宽度方向较均匀，正方形的在中间。所以说窗口的形状应该结合房间的形状来选择，大家没想到在窗口的形状上海会有这么大的学问在里面吧。

侧窗采光的变化比较剧烈，在房间的深处照明程度不足，为了解决这个矛盾，工程师们采用了乳白玻璃、玻璃砖等扩散透光材料，或者采用将光线折射至天棚的折射玻璃。

近年来，国内外办公室内还常采用一种表面镀上金属铝的塑料薄片做成的微型百叶窗，百叶的宽度只有 80 毫米可以放在双层窗扇间的空隙内。百叶片的倾斜角度可以根据需要随意调整，以避免阳光直接射入室内。在需要的时候又可以将整个百叶收叠在一起，让窗洞完全敞开。在夜间没有光照射的时候，可以将百叶片全部打开，是窗洞完全被遮住，以减少光线和热量的外泄。

天窗。在现在的居室中，大家可能很少看到天窗了。不过要是大家去过博物馆或者是大一点的殿堂，就可以见到天窗的样子了。在一部美国电影《碟中碟》中，男主角就是利用建筑物的天窗开启的短暂时间，潜入到建筑物内部的。

矩形的天窗是最常见的，窗扇可以做成垂直或是倾斜的，它的窗扇一般是可以开启的，又可起到通风作用，一举两得。

为了避免直射的阳光透过矩形天窗进入到房间内，天窗的玻璃最好是朝向南北，这样太阳射入房间的时间最少，而

且便于遮挡。

还有一种形式叫平天窗，就是在屋面上直接开窗，在铺上透光材料，比如说钢化玻璃，玻璃钢等。平天窗采光的效率高，而且布置很灵活，容易达到均匀照明的效果。

窗的布置问题。在一些展览馆建筑的采光设计中，除了要求在展出区有充足而均匀的照明之外，还应该特别注意防止一、二次反射和高亮度对观者产生的眩光。因此，在这种展览馆的采光设计中，不仅要注意选择合适的采光口形式，而且还要注意和它们与展品、观众之间的相对位置。

现在的科学已经可以很好的解决上面的问题了。为了保证室内天然光的照明程度保持一个较稳定的水平，国外采用光电自动控制手段，使室外百叶窗能随室外的照射程度而改变其倾角，从而改变百叶窗的透光率，从而使室内天然光照射程度变的稳定。英国的泰得展览馆新馆就采用了这种控光技术。

### 三、人工光源必不可少

由于利用天然光受到时间和地点的限制，比如说晚上就不可能利用天然光了。所以建筑物必须在夜间采用人工照明，另外在某些场合，白天也要用人工照明。

随着生产的发展，人们又利用篝火照明，逐渐发展到油灯、蜡烛、煤气灯，直至现在使用的电光源。

电光源的种类多种多样，比如说常见的白炽灯，还有卤钨灯、荧光灯、荧光、高压汞灯、高压钠灯、低压钠灯、金属卤化物灯等等。

我们常见的精美造型的灯叫做灯具，它是光源、灯罩及

其附件的总称，它以造型美观美化室内环境为主，适当的照顾效率和限制眩光灯要求。

在建筑物的内外，灯具不仅是一种技术装备，它还起到一定的装饰作用。这种作用不仅通过本身的造型和装饰表现出来，而且在一些艺术要求高的建筑物里，还与建筑物的装修和构造密切的结合起来，利用不同光的分布，形成特有的艺术氛围。

### 第三节 建筑光学的新发展

#### 一、光的污染及其解决

现代建筑摆脱了厚重的外壳，变得越来越轻巧，越来越透明。玻璃幕墙也越来越成为国内建筑师的偏爱。

就同其他领域一样，在向西方看齐时，我们却往往只得到了个表面。漫步在中国现代建筑创作最集中的上海，这点体现得尤为明显。那些看来十分时髦的玻璃立面以及闪耀着金属光泽的百叶给人以高技术的幻想，好象我们已经进入了技术时代。但就其本质而言，它们却有些象南方郊区农户家的不锈钢楼梯扶手一样，在城市里装腔做势，并且极其容易造成光污染。

以日光设计为例，来说明大面积玻璃立面建筑应当考虑，而被忽略的方面。现代办公方式离不开电脑。电脑屏幕的亮度一般为 300lm，据此，在屏幕周围的环境光亮度最好控制 400lm，否则就会有眩光。但在一个大面积采光窗边上的亮度为 8000lm ~ 10000lm。因而我们要将 95% 的光线除去，以达

到 400lm 的要求。方法是加百叶或放窗帘。因而在整年里，5-10 月份的大部时间和秋冬的日光天气里，日光都被挡在窗外。换句话讲，为了解放视线而采用的大面积采光装置如玻璃幕墙，反而阻碍人们得到阳光和向外眺望。

另一项统计表明，人们在室内有 25% 的垂直采光面积时感觉最为合适。这对那些支持通透，明亮的立面效果的建筑师来讲，可能有点失望。现代化的百叶窗可以解决部分问题，其中比如有贝聿宁先生在日本那个博物馆里用的双百叶系统，可消除 90% 的日光，并避免眩光的出现，同时又不妨碍向外眺望。

较为直观的办法还有利用细小棱镜组成的玻璃片制作的百叶，可将光线向天花板反射，或直接反射回去，但不妨碍漫射光进入。某些棱镜还可以专门反射一定的波长的日光，起到防热的作用。

先进的智能控制系统也可帮助调节百叶对日光的角度，以确保直射光被反射回去。但简单的办法是将百叶的一面镀反射膜，并做成凹面，当凹面向上，则射入的光线被反射向天花板，如果在天花板上再设反光板，可大大改善室内的照明分布。

如前所说，眩光对使用电脑的人来讲是极为不利的，而我们也可以在靠近眼睛高度的窗玻璃前将百叶加密，或采用别的办法。

比如以瑞士一个银行办公楼为例，设计者在上部采光处约 1.8 米以上，利用微棱镜片将光线向天花板反射，以改善室内光分布。在以下部位用了透明玻璃，使人可以向外观望。

但在每个窗前又设了下拉式的卷帘防 UV 薄膜。另外还有利用顶部采光的办法，这里不一以介绍了。

## 二、从一个展览来看光的艺术处理

曾经有一个光源设计展览，它是一个关于“光的处理”的展览，并且要求观众对“光的安排与布置”作出评论的展览，从而对“光源控制适宜与否”而提出种种疑问，从而成为新纪元时代建筑师、设计师、艺术家们作为参考的“经典”光源设计与艺术作品密切关系的展览。

展览透过十六个精心选出来自世界不同的现代及当代一极艺术雕塑，展览有趣地探讨光源控制及设计如何可以帮助艺术作品的表达能力发挥得淋漓尽致，甚至有时候，更能成为作品主要的“灵魂”。

展览室分为五个空间，在半透着光的银色铁线屏风前，展出有着显著材料分别的作品，目的是要藉此而深入地研究“光线”如何对不同材料作折射或吸收的各种反应。所用的材料包括：黑白或涂上色的大理石，透光度奇高的雪花石膏石，不同颜色及质地的铜，生了锈的铁，传统的木或陶瓷，以氖光管作构图的作品及使灯光设计师头痛非常的一些玻璃材料。

进入第一个展览空间，我们立刻被那如在作品中间“生着光彩”的雪花石膏雕塑所吸引，那是雕塑师心爱的雕塑作品。灯光设计师从高空以三颗柔和的颜色的灯照在作品上，使底部的雪花石膏沾上金黄色，衬托着从后面突然照来雪白的光源，一刹那间还误会以为是作品的心在发着“热”，正要吐出一一种不可掩盖的“喜悦感情”。

著名的意大利雕塑家 A.POMODORO 的“ SFERA N.4 ”（雕塑名称），所爱的灯光安排却完全不同。首先，作品出奇地放置在离地面不高的灰石平台上，一只灯光从高处射在铜球凹片，反射出来的效果是无数曲折模糊的金古铜色光线，满布在平台上的银类的铁线编织屏风上，这个出色的安排能使熟悉这类作品的专家对作品有更深一层的认识。

而在另一角的黑色大理石的雕塑在黑石上，给人一个似在黑夜里圆月下偶然发现那美丽石雕的感觉，这灯光的巧妙安排能充分表达作者在月光下发现大自然美的雕塑灵感。

另外一个有戏剧性而又极其自然的灯光处理方法是设计师的作品——水盆。这个用粗陶造的粗糙水盆，被从高处射下来的光曙照明得像播着喜庆式的交交声乐，从远处望着作品，使人立刻体会到作者所欲表达的思想——洗涤碟子可以变成生活的“神圣一刻”。

但展览最高峰的部份是展中最后的一个空间，其中最被吸引的是日籍艺术家作品——凯撒皇帝。这个白色的大理石雕塑有着一种东方含蓄的美，我们有幸看到四个一模一样的凯撒皇帝雕塑，如在四种不同的灯光安排下改变了面貌，有趣的是，观众不需要参考资料便一眼能分别出哪一个是“真”的凯撒皇帝：即由艺术家亲自安排灯光的那个作品，选用的光线处理使人立刻留意到这个大理石雕的前面底部竟是含蓄地轻轻离开地面，就如一块自然的禅园里的“石头”，在“悟出真理”时进入的一刹那玄妙境界。

光源，在新纪元的美学设计里，已达到作为“艺术灵魂”的境界。为了使观众能活跃地参加这种光源处理的创作，展

览中还设有一个控制光源的箱子，观众可在一些作品前，自由选择控制四种不同的光线，积极地参与及批评光源处理的问题。

## 第四节 建筑色彩

建筑的色彩是树立建筑形象的关键之一，色彩的搭配也是建筑师们特别关注的问题。

### 一、色彩的基本知识

首先我们先来了解一些色彩的基本知识：

颜色是因为光的折射而产生的。红、黄、蓝是三原色，其他的色彩都可以用这三种色彩调和而成。颜色分非彩色和彩色两类。非彩色是指黑、白、灰系统色，彩色是指除了非彩色以外的所有色彩。任何色彩都有饱和度和透明度的属性，属性的变化产生不同的色相，所以至少可以制作几百万种色彩。

根据专业的研究机构研究表明：彩色的记忆效果是黑白的 3.5 倍。也就是说，在一般情况下，彩色页面较完全黑白页面更加吸引人彩色的搭配色彩千变万化，彩色的搭配是我们研究的重点。我们依然需要进一步介绍一些色彩的知识。

#### 1. 色环

我们将色彩按“红—>黄—>绿—>蓝—>红”依次过度渐变，就可以得到一个色彩环。

色环的两端是暖色和寒色，当中是中型色。

#### 2. 色彩的心理感觉。

不同的颜色会给浏览者不同的心理感受。

红色是一种激奋的色彩。刺激效果能使人产生冲动、愤怒、热情、活力的感觉。

绿色是介于冷暖两中色彩的中间，显得和睦、宁静、健康、安全的感觉。它和金黄、淡白搭配，可以产生优雅舒适的气氛。

橙色也是一种激奋的色彩，具有轻快、欢欣、热烈、温馨、时尚的效果。

黄色具有快乐、希望、智慧和轻快的个性，它的明度最高。

蓝色是最具凉爽、清新、专业的色彩。它和白色混合，能体现柔顺、淡雅、浪漫的气氛，像天空的色彩。

白色具有洁白、明快、纯真、清洁的感受。

黑色具有深沉、神秘、寂静、悲哀或压抑的感受。

灰色具有中庸、平凡、温和、谦让、中立和高雅的感觉。

每种色彩在饱和度，透明度上略微变化就会产生不同的感觉。以绿色为例，黄绿色有青春、旺盛的视觉意境，而蓝绿色则显得幽宁、阴深。

## 二、色彩与个性

有人说，色彩是最廉价的奢侈品，可以尽情地享受。

确实，我们现在所处的环境，建筑不再是几十年前那一片灰色的，满街的服装也不再是蓝、绿、灰的天下，而是到处可见光怪陆离、五花八门的玻璃幕墙、彩色外墙、霓虹灯广告；同时，时装的革命，也将这世界装点得精彩纷呈。这一切的一切，既使人兴奋，又使人烦躁，对人的影响是不言

而喻的，我们的室内设计师很快注意到了这一问题。

室内设计中的用色没有固定的模式，不是千篇一律的，它受到人的年龄、性别、文化、修养、宗教等各种因素及内部环境的影响，因人而异，所以它也能尽情地表现个性。

现代的设计以人为本。试想，儿童有儿童的天真，青年人有青年人的朝气，老年人有老年人的深度和含蓄，且每个人的职业不同、性格不一及色彩元素所表达的含义各异，你能将一套配色、一种模式用于每家每户吗？

对室内设计来说，形式简单、色彩中性的返朴归真的主题已得到了许多人的认同。同时，我们也不可否认地球村给我们带来的交流及对室内设计中用色的影响，还有诸如朋友们在一起探讨时所提出的，人们对未来的憧憬和对未知的恐惧所造成对色彩的感悟。

流行的未必都是永恒的，而永恒的必定是经过流行的。我们在进行居家装潢用色时，既要保留那些永恒的主题，诸如餐厅的用色能增进食欲，如图 3.1 所示，客厅的用色宜于交流，书房的用色宜于工作和学习，卧室的用色利于休息等，又要创造一种适宜自己和家人的尽显个性的配色。图为摆件艺术同样能在室内起到极强的视觉效果。



图 3.1 餐厅的色彩搭配

### 三、色彩与材料

大家喜欢的家居容不下斑斓色彩。祥和宁谧的泛白、奶白、象牙、灰和淡褐却是最佳配搭。这淡雅的色系不会挑起情绪或是刺激神经，如图 3.2 所示。如果添点暖意、茼黄、椒红或是松紧辣黄都是首选。要营造自然情调，配上中性色彩系列的墨绿、卡其和橄榄绿就最相宜。



图 3.2 经典家居材料的颜色搭配

返璞归真也可以华丽奢侈，就像陶渊明的诗中所说：“采菊东篱下，悠然见南山”。然而华丽奢侈需不忘储蓄细致。只是于一幅幅如丝若棉的布料纺织上，我们也可触手成诗。我们如坚持非自然不用，大可选择由植物纤维如棉、亚麻、帆布、縲布和荷兰亚麻布。我们也可用假皮革、雀鸟脱掉的羽毛和仿鹿皮添上一点狂野兽性。

纺织品应舍平滑而取有糙粒条纹的，或是有浮突花纹的，让手指摸出不同感受。同样，未经处理的布料带点粗糙质感，较已处理的平滑细布更为合适。

地席的选择也基于同一道理。回归自然就该用椰子思维、波罗麻、大麻或是黄麻织造的地席。若要褪色大可加上麻布

细边。

原木地板是自然家居的最佳配搭。昂贵的硬木如枫木、橡木、桦木或非洲胡桃木是物有所值的长期投资，但如预算有限，夹板也是不错的选择。

室内墙壁可以是砖墙或石墙上阵，配以未上漆的灰泥墙，做成将外墙变内墙的颠倒效果。灰泥墙可淡淡地涂上粉彩或中性色系的颜料，使看来带点质感。预算充裕的大可用植绒墙纸。然而植绒跟家具接触过多或抚摸过多，很易磨平，失去质感。水松木既富质感又有泥土气息，是很好的墙面材料。如房间需要隔音或隔热就更合适。

## 第四章 建筑材料

自从有了建筑，就自然而然地离不开建筑材料了。在最远就的年代，人们只能来自于大自然的材料，比如说石头、木头和泥土。直到现在，这三种材料也还在建筑中频频出现，不过现在我们却很少看到的是它们单独在某座建筑物中出现了。

### 第一节 建筑材料史话

#### 一、建筑材料演变

人类的祖先结成群体，靠渔猎和采摘野生植物果实生存，过着茹毛饮血、漂泊不定的生活。为了躲避风雨侵袭和毒蛇猛兽的伤害，他们在为寻找食物而劳累一天之后，只能在树上或天然洞穴里栖身。这就是人类居住发展史早期的“穴居野处”阶段。

人类从什么年代才开始自己动手解决住的问题，现在还难以确定。从我国古代文献中某些片断的记载来看，应该可以肯定是在有文字记载的历史以前很久远的事。如《韩非子五蠹》就曾记述：“上古之世，人民少而禽兽，人民不胜虫蛇，有圣人作，构彬彬为巢，以避群害。”这里所说的发明

构木为巢的圣人，可能就是指被尊称为有巢氏的那位传说中的古代伟人。

虽然由于年代久远，今天难以找到构木为巢的原始遗迹，但构木为巢的活动记载毕竟说明，人类开始学会自己动手为自己营造住所了。这导致脱离穴居野处的开端。无疑，标志着人类在认识自然界和改造自然界的漫长征途上，迈出了新的一步。传说中的有巢氏也可以说是我国远古历史上最早的建筑师了。

到了距今约 5000—7000 年以前的新石器时代，人类进入母系氏族社会的发达时期，农业和畜牧生产发展起来。为适应生产和生活的需要，人们的住所也从巢穴进展到用木材做构架，以树枝、茅草做屋盖和围护墙的房屋。陕西西安发现的半坡遗址就是由这种大小不同的原始房屋组成的建筑群，考古学和人类学者认为，可能是一个个氏族的住所，这种原始房屋就是后世木结构房屋的雏形。

后来，人类进化到能够利用石块、木棒、兽骨制造原始工具的阶段，会自己动手挖掘洞窟，或者构木为巢，尽管还没有脱离穴居野处的状态，但营窟和构巢的活动已是为了自己的生存而改造自然的自觉行为。他们已经懂得把洞窟的地址选在向阳避风的地方，或把几棵树木联接起来，在上部结成顶盖，以避雨淋日晒。

考古发掘的古文化遗址表明，在新石器时代（距今约 7000—4000 年前）早期，穴居曾是黄河流域中上游黄土地带的主要居住形式。穴有横竖两种。横穴出现早于竖穴，是利用黄土阶地断崖的地形，横向掘进，掏挖成的居住空间，具

有很好的挡风避雨和保温隔热功能。现在我国西北黄土高原居民广泛使用的窑洞，就是以这种横洞为原型不断改进发展而来的。

由于出入不便和穴内潮湿等原因，竖穴逐渐变浅，成为具有屋盖的半穴居，并进而发展成为完全建造在地面上既有屋顶又有围护墙壁的房屋，使居住条件进一步得到改善。陕西西安的半坡遗址为新石器时期房屋建造技术的进步，提供了比较典型的例证。

大量圆桩、方桩和梁、板、柱等木建筑构件，可以推断这里曾盛行一种干阑式建筑，即在地面竖立木桩，桩上架板，然后在上面建造房屋，使房屋地面和天然地平之间保持一定空间，以避地下潮湿。这种建筑形式出现在长江中下游潮湿多雨、地下水位高的地带，这再一次表明人类认识自然、改造自然的能力有了提高。

到公元前 11 世纪中叶，即距今约 3050 多年以前，周朝取代商朝，经西周，东周的春秋、战国，至周亡，在持续 800 余年期间，中国从青铜时代逐步进入铁器时代，生产力有了很大的发展。

表现在建筑方面，就是建筑规模的扩大，技术水平的提高和功能的增多。人们制造出砖、瓦、石灰等建筑材料，建筑技术也发展到新的水平。在陕西西安市西南发现地丰镐遗址，考古学界认定为西周的都城，发掘出来的有夯土基址，陶制排水管，板瓦和白灰墙皮等遗迹。

在湖北省蕲春县发现的毛家嘴遗址，是西周在长江中游的建筑遗迹，和黄河流域的显著不同，是采用干阑式木构建

筑。建筑遗址范围为 5000 平方米，房屋多在水塘中立柱建造。从发掘出来的较完整的房屋遗迹的柱网可知，平面为长方形，排架由前后柱和中柱组成，圆木柱直径在 20 厘米左右，直接埋入塘底泥土中。面宽 4—5 间，进深两间，朝向西南。木柱周围还残存有排列整齐的木板墙，板宽 20—30 厘米，厚 2—3 厘米，此外还有木楼板和大量木板与方木残迹。据此推测，当属下面架空、上面铺设地板的干阑式木构建筑。同类型的遗迹在附近其他地区也有发现，说明可能是适合于长江中游地带自然条件的常见建筑形式。同时也反映了当时木材加工和建筑技术的发展水平。

春秋战国时期的建筑技术和建筑材料有较快的发展，除木构建筑得到普及外，在一些宫廷建筑中还使用了青铜构件，斗拱、栏杆、门窗等的形式和色彩也日渐丰富多样。陶制材料如空心砖、下水管及饰有各种花纹的陶瓦得到大量应用，无疑会有助于建筑功能的改进和建筑艺术水平的提高。

两晋南北朝时期，即从公元 265—589 年的 300 多年间，中国处于民族大融合的历史时期，虽然群强割据，战乱不止，朝代更替频繁，但城市规划、宫殿园林、宗教建筑以及居住建筑，都有一定的发展。

例如，从洛阳等地发现的北魏和东魏石刻可以看出，当时一些贵族官僚的住宅是由若干大型厅堂和庭院回廊等所组成的。住宅的正门往往用庑殿式屋顶和鸱尾，围墙上有成排的直棂窗，墙内可能建有围绕庭院的走廊。有些房屋，人在室内地面铺席而从坐。也有在台基上施短柱与枋构成木架，然后在上面铺板和席的。墙上多数装有直棂窗，悬挂竹帘与

帷幕。

扩大疆域的隋唐两代。尤其是唐朝，由于政局稳定，经济繁荣，开展对外贸易与文化交流，成为中国古代文化的灿烂时期。长安、洛阳两座都城的规划建设，长江流域和东南沿海商业城市的兴起，许多寺庙和佛塔的建筑，以及石窟的开凿和雕塑，使建筑的发展也达到了我国古代建筑史上的一个新高潮。由于手工业的进步，竹、木、砖、瓦、石等建筑材料都已能大量生产，甚至连琉璃之类的装饰材料也使用得相当广泛。建筑技术方面，已解决了大体量、大面积的木构建筑技术问题，并走向定型化；砖石建筑的设计、施工水平也进一步提高。

到了科学技术迅速发展的今天，建筑材料的生产，从传统的砖、木、灰、砂、石发展到水泥、钢材、玻璃、塑料等上万个品种，以机械化施工为主要内容的建筑工业化取代了传统的手工操作方法。

现在又出现了一座座多层和高层住宅楼，一座楼就可容纳几十个、上百个家庭居住，而且各不相忧。高效的保温隔热材料和空调技术，可以提供舒适的室内热环境，在炎热的夏天凉爽如秋，即使在冰天雪地的南极，室外气温在零下数十摄氏度的条件下，室内也能温暖如春。住宅建筑技术的进步，标志着社会生产力发展达到的新水平。

## 二、石头的作用

保存至今的古代工程建筑经受住了时间的荡涤，在原始社会时期，出现了农耕和养殖的部落，人们定居下来，就需要居室和祭祀场所，于是以粗糙石块、石柱为主体的巨石建

筑出现了，建筑学的雏形也就随之诞生了。如果说，在巨石块下掩藏的通常是墓室，那么石柱便代表着聚会的地方。

无论是象在卡尔奈克那样的长方形还是象在英国的石圈那样的环形遗迹，都是社会组织和宗教仪式场所。把这些巨大的石料搬运、砌放到位，无可辩驳地说明了当时已有了比较专门的技术。但是，毕竟石块只能就地取材，黏土才是那个时代最基本、最具可塑性的材料。它使建筑学产生了巨大的演变。泥土掺和上能使泥巴更坚固的植物在太阳下晒成砖就是最好的例证。

在美索不达米亚和埃及，中央集权的出现，得以召集具有专门技术的工人并驱使奴隶大军，从而开拓了实现更巨大更豪华的道路。因为这些最早的建筑是为了庇护过世的权威们的不朽灵魂的神圣墓地。石料的选择也适应了建筑长久屹立不倒的需要。

狄戎赛法老时代，在身为内阁大臣的建筑师因海特普的领导下，第一批金字塔是用事先修凿好的石块砌成的。它们代表了旧时的皇家陵墓和马斯塔巴。这一不太大胆的新技术仍避免不了模仿者，因为建筑物的立柱都砌进了墙中。从第四王朝开始，萨卡拉式的金字塔逐渐过渡到凯欧普斯式的金字塔，其间建筑与宗教、技术与祭祀紧紧地结合在一起皇家坟墓上地巨大金字塔就是例证。

如同在克里特岛和迈锡尼，前希腊文明用装饰墓地的技术继续发展着砌石工艺。公元前五世纪，希腊人希望用极其考究的建筑群表达他们城市的独立和繁荣。于是，他们有组织地进行纪念性建筑、宗教建筑、公共建筑的设计活动。自

此，设计规划便以设计模型的形式出现，设计大赛也时而有所组织。爱奥尼亚式的、萄里克石柱式的、考斯林式的建筑风格为以后的建筑树立了和谐与坚固的楷模。

希腊的社会文明对整个地中海盆地产生了巨大的影响，而罗马文明在聪明地吸取其精华的同时，孕育产生了自己的发明。最突出的特点是他们发展了公共建筑设计如：渡槽、檐沟、公共浴池等。坚固石料砌成的阶梯式建筑是他们巨大工程技术的顶峰，如罗马环形竞技场。罗马的建筑师对技术持之以恒的研究，及迅速的运用于实践，极大地促进了罗马地经济发展。

古时候，石头主要是用来作为承重材料的，也就是说建筑物主要是有石头支撑自身的重量和其他重量建成的，所有的砌块就是一块一块的石头为了使它们能够联结成一个整体而不至于垮掉，古时候的劳动人们在石头和石头之间铺刷了一层泥浆，等到泥浆失去水分干燥之后，石头和石头也就能够结合在一起，共同承受力的作用了。

而且，在竖直向下的力的作用下，石头和石头之间也只会越压越紧，从而趋向于坚固。因此，直到今天，还有许许多多全部是石头的古代建筑物保留了下来。

炎黄子孙开发石材的历史始于 80 万年前，经过历朝历代的积累，形成了灿烂的中华石文化宝库。

石头可以说是最原始的建筑材料，我国劳动人民仅用石头就建造除了许多美妙的建筑物。

### 1. 最早的石磬

磬是玉石制造的打击乐器，有着悠久的历史。1976 年，

在山西夏县东发掘出的一枚石磬，经考古测定为中国现存的最早石磬。这是一件打制的石磬，长 0.8 米，表面都遗留有打制的疤痕。据放射性碳素测定，该磬的制作时间距今 4000 年以上，很可能是夏代的遗物。

## 2. 最早的石刻文字

中国最早的石刻文字是“石鼓文”，它被分别刻在 10 个鼓形石墩上，记述秦王游猎的 10 首四言诗文，故又称为《猎碣》、《猎碣文字》或《秦刻十碣》。石鼓文制成的时代，历代诸说纷纭，各持一词。经考证，该石鼓文确是战国留存下来的文物。

## 3. 现存最早的碑刻

中国现存最早的碑刻是泰山刻石，又称“封泰山碑”。相传是秦朝丞相李斯为歌颂秦始皇统一中国时所刻。泰山刻石共有 222 字。

## 4. 最早的石人雕塑

1986 年，在陕西凤翔县秦宫大墓及其陵园出土的一对“秦俑”，大概是中国迄今发现的最早的石雕。考古学家认为，这对“秦俑”可能是不同性别的秦人形象。

## 5. 最早的石经幢

石经幢是雕刻有佛经的大石柱。现存最早最高的石经幢，是河北赵县城内刻有佛教经文的大石柱，又叫陀罗尼经幢，高为 18 米，距今已有 9000 多年的历史。

## 6. 最大的石地基工程

中国的长城是有史以来最了不起的建筑工程之一。长城顶宽 5.5 米，它的平均高度为 9 米，瞭望台高达 12 米。土

制的墙以石头为地基，表面用砖块贴饰，其总长度约 6700 公里。

### 三、中国古代建筑防水材料

中国建筑防水历史可追溯到上万年前，成为灿烂的华夏建筑文化的重要组成部分。我们的祖先在实践中积累了丰富的建筑防水经验，比如，“以排为主，以防为辅”，“多道设防，刚柔并济”等等建筑防水设计理念，直到今天仍被世界各国的建筑师们所采用。这不仅是中华民族奉献给人类的宝贵财富，也是我们今天要认真汲取和发扬光大的历史精华。

古代劳动人民采用以排为主的方法。房屋渗漏，水为患根，屋面存水，地下水被困，必然致漏，尽快排出就减少 80% 的渗漏率。所以创造坡屋面，并加大坡度以利排水。靠近屋脊两侧的坡度超过  $60^\circ$ ，而在檐部的坡度不足  $30^\circ$ ，利用陡坡使水急下，再巧用惯性冲出檐外。地下建筑的设计也是注重排水，地宫财边设盲沟通向远方更低的沟壑，不使积水围困地宫，仅是防潮而已。

石器时期的茅草屋顶不能杜绝渗漏，更不能小坡大跨度，必须创造新的防水材料。瓦的诞生使屋面发生巨大的变革，建筑跨入新时代。但是，早期的瓦吸水率很高，沍湿严重，于是加强对瓦质的研究。使其擗密如石，敲击如磬，吸水率降到 3%，优于现代的瓷器。与此同时在瓦上上釉烧成完全不吸水的琉璃，古人还研制了铜瓦、铁瓦。以瓦作屋面防水，17 世纪欧洲才有。

瓦是构造防水，瓦瓦搭接是有缝的，总有搭接不当的地方，雨水易渗入，为此创制全封闭的卷材——铅锡背。如果

说沥青油毡于 18 世纪末诞生，我国在 500 年前就有了金属卷材。全封闭卷材的出现为构造防水跨入材料防水提供条件，是防水技术的革命，也为平屋顶诞生。

小块的瓦上下左右搭接，若作到滴水不漏，百年不渗是很困难的，单靠一层瓦防水是不够的，必须多道防线。瓦下增加青灰背，类似现在的水泥砂浆，青灰背上铺灰背，灰背厚约 10 厘米，由磨细石灰与细黏土混合拌匀，掺水，拍实，犹如现在的混凝土刚性防水层。现在我们防水原则是刚柔结合、多道设防亦很相似。

木柱防水并非涂一道漆，而是 7 层作法，要达到柱内水分出得来，又要雨水浸不进。

我国地域辽阔，南北气候不同，东西降雨量大小悬殊。在少雨地区，民房采用泥土囤顶，坡度仅二三度。在草原地区，牧民不定居，建造易搬迁的活动房屋——毡包或毡帐，使用牛羊毡作屋面材料，防水保温一体化，效果很好。在南方多雨地区，屋面用小青瓦防水，上下接压约  $3/4$ ，形成很厚的瓦层，夏天有隔热的功能。因地制宜，就地选材是古代建筑防水的经验。

古代对施工质量要求非常严格，以至于到苛刻的程度。如制灰背，石灰膏与细黏土掺均匀，肉眼看不出白灰点来。铺平拍打后密实度可达到永不渗水。给皇家施工，稍不合格遭杀身之祸。对于瓦的检测，先敲击听，一块一块地验，然后再试水观察吸水情况。铺砌瓦不仅放线，每丈长铺砌块数严格控制。正是对施工质量严格控制，竣工后的屋面数百年不漏。唐、宋、辽建筑千年未翻修亦不漏，简直是奇迹。

## 第二节 现代的建筑材料

### 一、现代石材

前面说了古代的头主要用于承重，到现在石材主要用于装修。用精美的石头装饰出来的建筑美伦美奂。

与其他装修材料相比，其最大的差异在于石材是天然矿产，在许多方面如色彩、质感、施工以及材料的取得等各方面均有其独特的条件；因此在选用时亦有其应用之道。

石材的颜色、花纹与质感等因素在选用上属于较主观的层面，常因业主于设计师的喜好而有所不同，但若能对天然石材有较深入的认识，在设计意匠的表达上将更出色灵活。

矿石形成的分类主要有火成岩、沉积岩和变质岩三种，常用的营造建筑石材主要则以大理石类（变质岩）和花岗石类（火成岩）为主；一般而言，大理石类的石材具有较丰富的颜色与花纹，质感上的表现以光滑与柔和为主，而花岗石类虽然在色彩与花纹上变化较少，但在质感等方面却有较灵活的表现。另外，花岗石在整体的感觉上显得较为庄严而古典，如图 5.2 和 5.3 所示。

采用石材作为装修材料时，一般均希望石材能与结构体具有相同的生命力，尤其是作为外墙与地坪装修时，其耐久性更形重要，因为具有良好耐久性的石材，不仅可以永保建筑外装的美观，更可以确保石材的牢固与安全性，以免掉落后伤及行人。然而，建筑外墙与地坪以石材安装，对石材本

身具有很大的考验：



图 5.2 大理石图



### 5.3 花岗岩

就物理方面而言：石材必须承受诸多外力之破坏，此外力包括重力、震动、风力、温度变化、磨损、荷重……等。

就化学方面而言：包括有水化、溶解、脱水、酸化、还原以及碳酸盐……等化学作用侵蚀。

本来分子结构稳定的石材，裸露于大气后，助长了构成石材不同矿物质间的配合不良，如石灰石遇酸（亚硫酸气体与雨水）溶解后形硫酸钙，导致砂岩的崩塌等。

因此，选用石材时应尽量选择孔隙分布均匀、孔径小、吸水率低、硬度及抗压强度高者，才能达到耐久的要求。

## 二、绿色建筑材料

人们在面对崭新的居住空间时，是否意识到来自许多建筑和装饰材料对人体健康的危害呢？人的一生约有一半以上的时间是在建筑物中度过的，正是基于这点，装潢除了关注外在的美观，而更应注重“绿色”环保健康的要求。

首先要了解什么是“绿色建材”，“绿色建材”是指对人体、周边环境无害的健康、环保、安全型的建筑材料。从广义是讲，“绿色建材”不是单独的建材品种，而是对建材“健康、环保、安全”属性的评价，应该对生产原料和生产过程、施工过程、使用过程及废弃物处理五大环节作为分项评价和综合评价。

“绿色建材”的测试与评价指标一般可分为两类。第一类为单项理化指标即卫生类评价指标，包括放射性强度和甲醛含量等，在这类指标中，有一项不合格就不符合绿色建材的标准。第二类为复合类评价指标，包括挥发物总含量、人类感觉试验、耐燃等等级、氧指数、废物利用率、木材取代性和节能效果等综合利用指标。在这类指标中，如果有一项指标不好，并不一定排出“绿色建材”范围。

大量研究表明，除了人类活动影响外，造成室内空气污染有两个素：通风和建筑装饰材料。由于大量使用空调设备，导致室内外空气交换量大幅度减少，从而建筑装饰材料中释放的VOC（挥发性有机化合物）被大量浓缩，对人体健康产生更大的威胁。VOC包括甲醛、苯、甲苯、二甲苯和芳类化

合物等，普遍存在于室内建筑装饰材料中，如：地板漆、上光剂、粘合剂、某些地板覆盖物、刨花板等。

医学研究证明：长期生活、工作于含有 VOC 气体的环境中，在感官、感情、认知功能、运动功能等诸多方面都有不同程度的损害、比如视、听觉下降、神经质、压抑症，记忆混淆，运动不协调等。

然而建筑装饰材料对环境的不利影响还有许多方面如污染物，从建材中散发出的污染物分为三类：

一是游离和未化合的污染物 如人造板中散发出的甲醛、溶剂型涂料中的溶剂等；

二是已部分化合的污染物，如某些隔墙矿棉纤维；

三是通过吸收和积累形成的污染物，如房间的地毯，通过吸收沉淀与重散发形成的两次污染。因此室内装修时应有意识地选用那些对人无害和少危害的装饰材料，如复合地板（欧式贴面耐磨复合地板）软木等绿色再生资源。

在我国天然石材中，花岗岩放射性较强，大理石较弱；从颜色上看，放射性按红色、肉红色、灰色、白色、黑色系列的顺序依次递减。

### 1. 物理安全

建筑空间的物理环境一般指室内的声环境、光环境和热环境。然而这些环境要素也影响建筑空间的生态系统。居住环境的生态系统是指居住者和居室环境中的植物、动物、微生物相互之间的状态。这些系统始终也处在交互作用的状态。居者的人体差异，各自的本能要求，使他们之间既关联又独立，在平衡中保持和谐。故条件许可时应人均一室。“人均一

室”就是个体差异的要求。

## 2. 交叉污染

居住者与室中的动物、植物、微生物也处于交互作用状态。养宠物可以转移情感，但动物对居者的作用也不可忽视，哺乳动物的气息会作用于人体，有的会影响人的健康。故居室内不宜养宠物。

室内设置植物，可以调节室内气候，有利于改善物理环境，但不宜选择有害的花卉，以免影响健康。微生物是肉眼看不见的，有害微生物过多，也会影响健康，故要经常打开门窗，吸收室外新鲜空气。适宜的室内环境是健康建筑最重要的条件，它包括环境温度、相对湿度、空气流速和空气质量。

## 三、健康住宅

什么为健康住宅，据世界卫生组织（WHO）的定义，所谓“健康”就是在身体上、精神上、社会上完全处于良好的状态；而并不是单纯地指疾病或病弱。那么同样“健康住宅”也应该指能使居住者“在身体上、精神上、社会上完全处于良好状态的住宅”。具体来说：“健康住宅”的最低要求有以下几方面：

会引起过敏症状的化学物质的浓度很低，尽可能不使用容易散发出化学物质的胶合板、墙体装修材料等；

应设有性能良好的换气设备，能将室内污染物质排至室外。特别是对高气密性、高隔热性住宅，在厨房灶具或吸烟处，要设局部排气设备。

起居室、卧室、厨房、厕所、走廊、浴室等房间内的

温度，要力求常年保持在 17~27 摄氏度之间；室内的湿度，要常年保持在百分之 40~70 之间；

悬浮粉尘浓度要低 0.15 毫克/立方米；

噪声要小于 50 分贝；

一天的日照要确保 3 小时以上；

设有足够亮度的照明设备；

住宅具有足够的抗自然灾害能力。这些灾害涉及；火灾、坠物、煤气中毒、跌倒、砸伤、触电、公害、污染（电脑、电视机、吸尘器的使用）等；

具有足够的人均建筑面积，并确保私密性；

住宅要便于护理老龄者和残疾人等等。

#### 四、美伦美奂的新型功能玻璃

随着科学技术的发展和社会的进步，人们对玻璃的要求越来越趋于多样化、功能化，所谓功能化是指通过改变其化学成分或采取适当的工艺和加工方法，将一定的物理性质、化学性质、生物学性质等赋予玻璃体，使其获得所需的功能。

众多的功能玻璃按其功能或主要使用性能来分类的话，可大致分为七类。这就是：光功能玻璃、电功能玻璃、磁功能玻璃、机械功能玻璃、生物功能玻璃、化学功能玻璃、热功能玻璃。

##### 1. 光功能玻璃

光功能玻璃在所有功能玻璃中占的比例最大，其中包括光导玻璃纤维、激光玻璃、光致变色玻璃、光的选择透过和反射玻璃和非线性光学玻璃等。

光在玻璃中传输会有光损失。为避免长距离传输中的中

继站问题，人们正在研究开发传输损耗低的卤化物玻璃，以期实现万公里无中继超远距离通信。

光功能玻璃在光学仪器中起着核心作用。可做成各种特殊要求的透镜、棱镜、反射镜等，以扩展光学仪器的用途或改善其性能。用离子交换法和光刻蚀技术，可以做出具有折射率梯度分布的平面微透镜。这种透镜在复印机中作图转换，可使复印机体积大幅度缩小。在磷酸盐玻璃中添加稀土类金属，开发出可遮挡近红外线的玻璃，供影像照相机和自动焦点照相机使用。

激光玻璃广泛用于工业、自然科学、医学、军事等方面。在工业领域用于激光打孔、焊接、切割、测距等，自然科学领域用于喇曼光谱、布里渊散射的研究等，医学领域用于治疗皮肤病，切除肿瘤等，军事领域用于制导、导航等。

非线性光学玻璃是近几年新出现的光功能玻璃。现在社会正由电子时代向光量子时代转化，在光量子时代对光信号的处理（包括波长变换，信号放大，光学倍频，光记录，光开关等）也要用到光学元件。随着信息科学的发展及光学计算机的研制，非线性光学玻璃必将具有光明的前景。

## 2. 电功能玻璃

电功能玻璃一般指快离子导体玻璃、电子导体玻璃、（离子、电子）混合导体玻璃（如电致变色玻璃）和延迟线玻璃等。

普通玻璃是不导电的，常温下的电导率极低，但玻璃体中含有银、铜、钛、锂、钠等一价离子时，电导率却高出许多倍，这种玻璃叫离子导体玻璃。这些一价离子在电位梯度

的作用下,通过间隙或空位发生迁移,从而达到导电的目的。

当然,离子除带有电荷外,还具有一定的大小和质量,在固体中移动困难。因此,必须要求固体中存在有利于离子移动的特殊结构,并且空位的数目要大于导电离子的数目。非晶态的玻璃恰好能满足上述要求。快离子导体玻璃可做成离子选择性电极、超薄型全固体二次电池、各种敏感传感器等。

硫化物玻璃属于电子导体玻璃,它具有半导体性质、红外透过性、低熔点等特性,可用于制造开关及存储元件、红外光纤、低熔封材料等。

电致变色玻璃也是玻璃家族的一个新成员。在复层玻璃表面镀上透明导电膜电极,膜电极间涂上作为发色层的变价金属氧化物,其颜色随价态不同而变化。通过含有电子和离子的电解质层加上电压时,金属的价态会发生变化,从而导致玻璃的颜色变化。

这种玻璃用于汽车或建筑物上,会发挥天然空调的功能,同时也会使汽车或建筑物增加美感。德国一家公司研制出一种建筑用电致变色玻璃,玻璃表面镀了一层氧化钨,通过电压控制,可使玻璃产生由完全透明到深蓝色等各种颜色变化。室外阳光强时,玻璃颜色变深,阳光弱时,玻璃颜色随之变透明,改善室内光线。

延迟线玻璃可使电信号延迟一定时间,即将电信号转变为超声波通过玻璃,可使信号延迟数十微秒,因此可用于电视机,录象机的画面处理。这种玻璃一般为铅硅酸盐玻璃。

### 3. 磁功能玻璃

法拉第旋转玻璃(磁光玻璃)、计算机磁盘玻璃等属磁功能玻璃。

将玻璃放入磁场中,光通过玻璃时,光的偏振面会发生正向或反向旋转,这种玻璃叫法拉第旋转玻璃。这种玻璃一般含有铈、铅、碲、铽等,可用来做偏光或检偏光元件、光开关、光隔离器等。

玻璃作为计算机磁盘的基板与铝合金相比,其中间层、磁性层、保护层等基本一样。铝合金的硬度较小,而玻璃由于其硬度足够,无需外加类似涂层,也不会产生塑性形变,因此玻璃作为磁记录盘的基板材料优于其他软性材料,但玻璃板一定要做到表面光滑,不能有疙瘩缺陷,以免与磁头相碰。玻璃基板要平坦,不能弯曲变形,以免磁头与磁盘表面相撞。基板表面也不得有坑,槽,划伤之类的缺陷。随着计算机事业的发展和普及,玻璃磁盘会有很好的市场前景。

#### 4. 机械功能玻璃

高硬度、高强度、高韧性玻璃等均属于机械功能玻璃。

玻璃在使用过程中,难免要与其他物质发生接触,容易造成划伤。为避免划伤,就要增加玻璃的硬度,含氧化钇、氧化镧的铝硅酸盐玻璃,其硬度显著高于钠钙硅玻璃。在氧化物玻璃中导入氮原子的玻璃,其硬度更高。高硬度玻璃可用作汽车前风挡玻璃及钟表的表蒙等。

微晶玻璃是一种高强度,高韧性的可切削玻璃。微晶玻璃是玻璃在加热过程中控制晶化而制得的一种含有大量微晶体的多晶材料,其晶体大小一般为几个微米。

#### 5. 生物功能玻璃

生物功能玻璃主要是指能够满足和达到生理和生物功能的玻璃。近年来开发出一些具有生物活性、机械强度高的生物功能玻璃。它具有与周围骨质结合牢固(生物活性),植入骨内没有排斥反应,对人体无害、无毒(生物亲和性),机械强度较自然骨骼高,且在人体内无强度疲劳现象,容易灭菌,成型加工容易等特点。

生物功能玻璃多为含钙和磷的微晶玻璃。将这样的玻璃植入骨骼后,自玻璃表面溶出的钙离子与体液中存在的磷酸根离子结合生成磷酸钙层,借此与骨头表面新生骨的磷酸钙层牢固地结合在一起。生物玻璃主要用在人造骨、人造牙、人造关节等方面。这种玻璃的临床使用将会为人类生活带来更多快乐和幸福,大提高人们的生活质量。

#### 6. 化学功能玻璃

可进行气体或液体分离、放射性废弃物固化处理、作为催化剂和酶载体的多孔玻璃憎水(油)防污染、杀菌玻璃,混凝土增强玻璃缝绉等属于化学功能玻璃。

多孔玻璃可用于高温、高压下化学反应产物的分离,以提高反应产率;可望在环保方面用作烟囱气中二氧化碳、二氧化硫的分离去除,放射性废弃物的固化处理;用于污水处理,海水淡化;用于色谱柱的填充剂;用于催化剂载体,在食品、饮料、医学领域用作酶载体等。

无机玻璃作为分离膜尽管价格比有机分离膜高,但无机玻璃具有耐水、耐油、耐微生物污染等特性,并具有耐高温等无机材料的特性,将会弥补有机材料的缺点,与有机材料互补,为人类提供更多的实用性材料。

在玻璃表面涂上一层含氟硅烷偶联剂，使玻璃表面能降低，从而达到憎水憎油防污染的目的。这种玻璃适用做汽车等交通工具的挡风玻璃，也可做建筑物的窗用玻璃。

将二氧化钛光催化剂涂于玻璃表面，受阳光紫外线照射，发生光化学反应，反应产生的活性物质具有极强的氧化能力，可杀死玻璃表面的有机物降解而脱离玻璃表面。因此，这种玻璃不需要专门清洗就可保持自身的清洁，所以有人称这种玻璃为自洁玻璃。这种玻璃可用作饮具，医院手术室器材，汽车后视镜等。

### 7. 热功能玻璃

热功能玻璃主要是指热膨胀系数小(或可变)，经骤冷骤热而不破坏的低膨胀耐热玻璃。

低膨胀微晶玻璃具有很高的热稳定性，是制造炊具、餐具的理想材料。微晶玻璃的膨胀系数可以在一定范围内调节，因此可用于和多种金属封接，也可作为金属和陶瓷，金属和玻璃的焊料。另外还有在低温下就能软化，用于玻璃、金属及电子元件的熔封或粘接的含铅低熔点玻璃。这些玻璃主要用于电子工业。

气凝胶玻璃从外观和透明度来看，与普通玻璃类似，但它具有保温性好、耐热性高、吸音性强、阻燃等特点。可用作耐热玻璃，防火门构件，太阳聚光镜屋面，节能建筑窗隔热玻璃等。

功能玻璃既继承了普通玻璃的特点，又展现出自身的优良性能，这就奠定了它在国民经济和科学技术中的地位。它那魔术般功能性，在材料领域内所民挥的重要性等特点，吸

引了很多科学工作者和制造商的兴趣。

由于制造工艺和技术以及原材料等诸多方面的因素，致使某些品种的功能玻璃价格偏高，难以商品化，某些功能玻璃方面的理论还不成熟，还有的功能玻璃的用途尚待开发。可以肯定的是，伴随着尖端技术的出现，还会对玻璃提出新的功能要求，新型功能玻璃的前景是十分广阔的。

## 五、导电混凝土

混凝土以其优越的机械性能和良好的耐久性多年来一直被广泛应用在建筑行业。不过，混凝土的导电性能很差，这点在干燥的环境下尤为突出。在电力、电子、军事等建筑工业中，机械性能和导电性能都优越的混凝土可以发挥很大的用途。例如除路面结冰，传统的方法虽然能通过加热路面从而达到除冰的目的，但是其安装成本高，工艺也过于复杂，而使用导电混凝土就会大不一样。

加拿大开发出一种新型的既有良好的机械性能，又有很强的导电性能的混凝土。这种导电混凝土的制作原理是：制作混凝土时，在水泥中掺入一些导电材料，诸如碳纤维、石墨和焦炭渣等构成一个连续的导电网络。

其制作公式是根据电流过滤原理当合成电路中的电流量增大到某一临界点时，其导电性能突然提高，这种设计使导电性将一下子增加好几倍。而超过此临界点，电流量即使继续增加，合成材料的导电性也增加不多。因此求电流量必须刚好超过临界点，这样才能保证混凝土同时具备优越的导电性和机械性能以及其良好的混合性能。

将导电混凝土微粒和纤维等材料加入传统的水泥合成物

中来制作导电混凝土，可以通过两种方法进行。一种是传统的混合方法，这样制作出来的混凝土的抗压性和抵抗力相对强一些。另一种方法是采用泥浆渗透法，这种制作方法可增强混凝土的抗压性和弹性，而且阻力较低。

导电混凝土既可以作为结构建材使用，也可和常规混凝土混合使用。导电混凝土比常规混凝土轻，其重量是常规混凝土的 70%，而且导电混凝土的恒温性比常规混凝土强；不过其制造过程只需用传统的混合法和制造设备即可，且其用法和常规混凝土基本类似。

导电混凝土可和经过特殊布局的电线以及电动装置一起使用来给马路、人行道、桥道以及飞机跑道除冰。作为覆盖层使用时，因为低阻力，它可被用作保护系统的阳极辅助材料，这样可助宽大路面上电流均匀流过，且减小阳极电流密度。同时，它的承载能力和强度还提供了极佳的机械稳定性。而且由于导电混凝土能削弱电磁波和无线电波的干扰，它还可以用来防止计算机技术被窃，保护电气设备和电子装置免受干扰。

导电混凝土不但具有极佳的机械性能和导电性，而且重量比常规混凝土轻得多，并且易于生产，且不需任何特殊设备便可进行生产。用导电混凝土来除路面结冰和积雪时，不必再撒盐。导电混凝土还可以使建筑物免受静电和闪电的威胁，并能加固钢筋层，保护混凝土结构里的钢材免受腐蚀。并且可以可吸收 90% 以上的的电磁能，而且比现行的任何一种抗阻电磁能的方法都要便宜方便。

## 六、聪明混凝土

公路上的货车重量测量站相信在不久将来便可以被子新发明的聪明混凝土所取代。

美国同研究和发明了一种新的聪明混凝土，可以用来建筑道路、桥梁和楼宇。用这种混凝土建造的公路，当车辆走过後，便可以知道车辆在那个位置，以及其重量和速度。

聪明混凝土是把混凝土用短的碳纤维强化，使混凝土的电阻因应紧力和压力而改变。由於碳纤维的电导能力较普通混凝土高，因此强化后的混凝土有高度感应作用，只要量度电阻，便可以探测由压力所引起的紧力。在聪明混凝土测试之前事先作出标定，便能确定电阻和重量的关系。

聪明混凝土的其他用途包括用来感应桥梁、公路结构或楼宇的震动。制造这种混凝土的成本会比普通的高百分之三十，但这仍比在道路中埋藏感应器较为便宜。

## 七、高强混凝土

我国在 20 世纪 60 年代初开始研制高强混凝土，并已试点应用在一些预制构件中。那时的高强混凝土多为干硬混凝土，密实成型时需强力振捣，故推广比较困难。

20 世纪 80 年代后期，高强混凝土在现浇工程中采用，主要在北京、上海、辽宁、广东等一些高层和大跨桥梁工程中应用，强度等级相当于 C60（C60 是混凝土的强度标号，数字越大表示混凝土的强度越高）。

20 世纪 90 年代以来，C80 以上等级的高强混凝土也越来越多地用在了建筑工程当中。

高强混凝土有以下三大优越性：

首先，在一般情况下，混凝土强度等级从 C30 提高到 C60，对受压构件可节省混凝土 30 - 40%；受弯构件可节省混凝土 10 - 20%。虽然高强混凝土比普通混凝土成本上要高一些，但由于减少了截面，结构自重减轻，这对自重占荷载主要部分的建筑物具有特别重要意义。

其次，由于梁柱截面缩小，不但在建筑上改变了钢筋混凝土笨重不美观的问题，而且可增加使用面积。

第三，由于高强混凝土的密实性能好，抗渗、抗冻性能均优于普通混凝土，因此，国外高强混凝土除高层和大跨度工程外，还大量用于海洋和港口工程。它们耐海水侵蚀和海浪冲刷的能力大大优于普通混凝土，可以提高工程使用寿命。

高强混凝土变形小，从而使构件的刚度得以提高，大大改善了建筑物的变形性能。

以前高强混凝土一般是指强度等级在 C45 级以上的混凝土。随着科学技术的发展，高强混凝土是指强度等级在 C60 级以上的混凝土。

现代高强混凝土在施工中要解决许多技术问题，高强混凝土一般要求低水灰比（水灰比就是指混凝土中水分和水泥的比值），这种低水灰比的混凝土早在 60 年代末，我国就有过研究与应用。但由于混凝土在低水灰比的情况下，坍落度很小，甚至没有坍落度，其成型和捣实都很困难，无法在现浇混凝土施工中应用。

现代城市混凝土施工，一般采用预搅或商品混凝土。施工工地往往与搅拌站相距很远，要把混凝土从搅拌站运到工地需用较长的时间。混凝土在运输的过程中，其坍落度随时

间的增加而减小，这对高强混凝土来说无疑又增加了难度。

泵送混凝土几乎是高层建筑施工的唯一方法，高强和泵送几乎是不可分割的，所以对高强混凝土要解决混凝土可泵送的要求，要解决着一系列技术难题，关键是研制一种高性能的外加剂。

对高强混凝土，设计时所留的强度富余度又不可能太大，可供调节的余量较小，这就要求在整个施工过程中必须注意各种条件、因素的变化，并且要根据这些变化随时调整配合比和各种工艺参数。

混凝土强度达到一定极限后就不可能再增加了，因为混凝土强度在水化时不可避免地会在其内部形成一些细微的毛细孔。如果要使其强度进一步提高，就必须采取措施把这些毛细孔填满，进一步增加混凝土的密实性。

最常用的方法是用极细（微米级）的活性颗粒掺入混凝土，使它们在水浆中的细微孔隙中水化，减少和填充混凝土中的毛细孔，其到增密和增强的作用。但是这些极细的颗粒需水量很大，就需要大量高效减水剂加以塑化，否则难以施工。再者，超细活性颗粒在混凝土搅拌时，到处飞扬，很难加入混凝土中，故必须对超细活性颗粒进行增密处理后才能使用。

## 八、混凝土木材

美国的许多建筑通常都是以木材作为主要材料或是辅助材料，在楼房建筑上尤为突出。墙壁和地板的构架制造在美国经济中占据了相当大的比例，仅个人住宅建设一项每年就能达到 80 亿美元以上。但是，随着经济的发展，森林资源的

不断减少以及诸如温室效应之类的环境问题的日益突出，人们有必要重新审视木制建筑以及木材加工品的前景。

现在科学家研制的新型水泥材料——混凝土木材，结构坚固，耐久性好，普通的螺丝、钉子、手动锯或电动锯都能对其进行加工。而且使用这种材料作建筑物的构架，基本上无须替换原有的适用于木制构架的建筑方法、生产流程、生产设备及技术，并且对原有管道，电路，绝缘流程、材料和设备所需的改变是最小的，这些都是其他任何木材替代材料所办不到的。

混凝土木材分为两种基本的类别——构架性的和非构架性的，每种类别下面又有一系列的小类别。占少数部分的构架性类产品可承受的压力达到甚至超过了建筑上普遍采用的木材所能承受的压力。使用这种新型水泥材料替代木材制作建筑物构架无需替换原有的生产方法和生产工具，而且有利于环保。

它具有无比优越性，可制成各种颜色、形状和大小，没有一般木材的缺陷，如树节，弯曲等等。防虫防腐性能好。受力性能好，可用作构架材料，也可作为轻型混凝土使用。手动锯或电动锯对其都有效，也可钻孔。利用这种材料，可在森林资源匮乏的地方（如沙漠）建造优质的木制构架房屋。并且极有利于环保。使得向建筑工地提供预制板成为可能。它用途极为广泛，可用于建造构架，围栏，运动场看台，制作夹板、相框、铁路上的枕木等。

## 九、可长草的环保混凝土

伴随着一幢幢高楼拔地而起，柏油路和水泥路也在不断

地向社区的各个角落延伸。“鱼与熊掌，不可兼得”，人们似乎已习惯于花草与混凝土难以共存的状态了。但近年来，科研人员在研究中发现，在被改善特性的混凝土上也能栽花种草。

科研人员为了降低混凝土的碱性浓度和它本身固有的硬度，针对草种在土壤里生长的特性与混凝土的特性进行多次的比较、试验，研制出了一种既能改善混凝土的碱性程度和硬度，又能促进草种发育的营养剂。草种营养剂中含有大量的酸性稀释元素，在播种草坪的时候，将草种和草种营养剂一起搅拌到混凝土当中，营养剂快速地和混凝土中碱性成份进行化学中合反应，能够使混凝土局部塑化而且中合了碱性的浓度。同时，研究人员还发现，这种酸性的营养剂还能避免水泥遇水发生水化热的现象，避免了因水泥温度升高而把草种烫死在混凝土内。除了塑化混凝土，还要考虑到如何使其草根在混凝土里有着发育生根的空间，使路面达到既坚硬又能长满草。

为了解决这一问题，科研人员从材料的结构原理上进行研究，发现混凝土中的每一小石块都是不规则的，所以科研人员利用这个不规则，将特制的水泥、石块、营养剂的比例做了精密的调整，使压好的混凝土地面经塑化后形成自然微小的缝隙。草种在营养剂的促进下快速发芽生根，三到五天便能长出地面。由于混凝土的局部被营养剂塑化，草根可以顺着缝隙伸展到混凝土底的土壤内。为了让草坪生长得更茂盛，在铺混凝土之前可以在地面上先适当地铺一些普通的有机肥有助于草根的吸收。由于草种是在混凝土里萌芽、发育

生长的，因此，当人踩、车轧时，只是踩轧在草叶上，而伤不到混凝土里的根茎。

“人在草上嬉，鱼在水中游”。当城市里一幢幢高楼都披上了漂亮的衣裳时，当人行道、停车场、阳台、屋顶花园等等都被绿色的草覆盖时，人们可以自在地生活在这种人造的绿色环境中。

### 十、能“吃掉”有害气体的建筑材料

现在在日本发明了一种清除大气污染新招。大气污染一直是各国最为头痛的事之一。最近，日本科学家发明了一种“有特殊胃口”的物质，这种物质可以将空气中的烟雾全部“吃掉”。

据悉，这种物质是由用于制造化妆品和染料的二氧化钛与活性石墨混合而成，这种混合物加到建筑材料中，再由这种建筑材料建起高楼大厦、护路墙和桥梁，这些建筑物就可以在全天候条件下吃掉大气中的污染物，这种发明可以说是清除大气污染的一个绝招。

但仅仅将污染空气吸入还是不够的，还要将其最终变成无害物质。为此研究人员用紫外线照射这些吸收了污染物的物质，因为即使是最弱的紫外线光也可以激活二氧化钛，使其将空气中的氧化氮和二氧化硫转化为氮酸和硫酸物，这些物质是不会蒸发到空气中的。研究人员说，将二氧化钛和活性石墨混合在一起的粉末加入到建筑材料当中去，建成的建筑物无形中就成了一座座或一道道“海绵体”，可以吸收掉污染空气的有害气体，即使是污染最严重的城市，也可以使天空变得干净起来。晴天、阴天都对这种物质的工作没有妨碍，

而建筑物的表面也不会因吸收了有害气体而变黑。

现在，研究人员和开发小组正在日本东京进行大规模的试验，如果一切如愿，希望这种物质不久就可以在建筑业普遍推广。专业人士特别指出这种建筑板不需要维护，只要每周有点阳光，下一点雨即可清除大气中的污染物。初步试验表明，这些建筑板可以将大气污染严重的东京市的空气有害物质减少三成。他们还指出，采用这种办法来消除污染比简单地制定更加严格的条例或者是控制车流的办法要好得多。

### 十一、建筑节能与保温材料

面对着全球能源的日益紧张，世界各国特别是欧美发达国家对节能技术给予了充分的重视。近 30 年来，各国在建筑设计和施工、新型建筑保温材料的开发和应用、建筑节能法规的制定和实施、建筑节能产品的认证和管理等方面做了很多的工作，不但节省了大量的能源，取得了可观的经济效益，同时改善了环境，降低了对大气臭氧层的破坏。

#### 1. 保温材料在墙体及围护结构中的应用

建筑保温材料是实现建筑节能的最基本的条件，各国在建筑中采用了大量的新型建材和保温材料。实心砖已普遍被空心砌块和多孔砖所替代，在空心砌块的墙体中，为了提高墙体的保温性能，隔断在砌块之间形成的空心通道的气流，还要各空隙中填加膨胀珍珠岩、散状玻璃棉或散状矿物棉等松散填充绝热保温材料。

在建筑物的围护结构中，不论是商用建筑还是民用建筑，一部采用轻质高效的玻璃棉、岩棉、泡沫塑料等保温材料。墙体的保温基本上有三种形式：保温、外保温和夹心保温。

居民建筑的墙体结构基本旧最外面一层为木质或塑料质的墙板，然后是一层硬质的泡沫塑料，里面就是墙的标准主体、木框结构等。另外一种典型墙的结构是在空心砌块或空心砌筑好的墙体的空腔中，填充密实，同样能起到很好的保温作用。

国外的民用建筑屋顶一般采用尖顶的较多，在尖顶的阁楼空间紧接屋顶的下面都装有供空气流通的通道，既能解决空气的流通，又可起到一定的保温隔热作用。同时在天花板的上面，一般都要铺设玻璃棉或矿物棉毡、垫，或在此空间直接吹入松散的保温棉，有的直接吊装由玻璃棉或岩棉等保温材料和装饰贴面复合而成的天花板。

## 2. 保温材料在地面中的应用

国外大部分建筑都有地上室和地下空间，居住和活动空间的地板并不是直接暴露在外界环境中，这就为生活空间的保温创造了有力条件。但是如果地下室和地下空间不是采暖空间时，尤其是在冬季，仍会有相当多的热量，通过一楼的地板传出。因此，在建筑物的一楼地板下面，仍然需要填充高密度的保温材料，同时，在地下室的混泥土地坪和地基与土壤之间铺设一定厚度的刚性和半刚性保温材料。

自 80 年代起，铝合金窗在国内大举淘汰木窗、钢窗，短短数年间成为了新建楼宇事实上的外窗标准，然而自 90 年代后，经塑料窗改良强度而成的塑钢窗展露头脚，国家在部分地区推广使用，于是有人鼓吹塑钢窗作为“绿色材料”，将成为新的主流，进而挤占包括各类合金窗在内的所有其他型窗的市场份额。

塑钢窗真的会成为新的霸主吗？（事实上，在欧、美、日各国，塑钢包括塑料窗的分额基本不超过 20%）让我们拿它与目前的主流——铝合金窗作一全面比较。

从耐久性来看，窗体材料普遍存在着老化的问题。众所周知，塑料是一种会自然老化的合成物质，而铝合金材料的表面是二氧化二铝（就是蓝宝石的成分，硬度仅次于金刚石），经过几十年的研究，塑料的抗老化性能有了长足的提高。但提高了不等于停止老化，只要比较一下几年前所装的塑料与铝合金的窗体表面，不难发现塑料在老化与抗磨损方面的缺陷。当然，这种缺陷的程度目前已经比较小了。

从密闭性来看，也就是材料的隔热与隔音效果。仅就密闭而言，同样采用推拉式的塑刚窗与合金窗由于工艺的成熟，基本一样。然而老是有人拿出两者的导热系数作比较，由此指出合金窗的隔热性能差。由于铝在金属里出色的导热导电性能，如此一来难免吃亏。不过事实真的如此吗？

让我们看看房间与外界热交换的具体情况。首先，绝大多数的热交换由空气对流完成，无论冬、夏，窗子的开与闭对室内气温起决定性作用（同时，因为人对冷、热的感觉缘于热量自皮肤散失的速率而非具体气温，窗户的密闭性更成为“冷热”的关键）；其次，热辐射也是热传递的重要途径，在这点上银色反光的铝材将比任何颜色的塑料更能发挥辐射作用，而房间向光与否也至关重要；最后才是窗体的热传导。

在热传导时，窗框的作用很重要吗？恰恰相反，由于铝合金或塑料的截面面积仅占房间外墙的 5—7%、房间表面积的 1%，对热传导的总量影响可谓微不足道。而两者在此的

差距比之热对流的决定性作用，更可忽略不计，大可不必担心铝合金窗会让您多付出多少多少空调电费。

与隔热类似，如果要获得最好的隔音效果，最好安装双层玻璃窗：夹层里空气的隔音效果远好于窗框上那一点点塑料（里面还藏着钢）。

从环保的角度来看，谁究竟是“绿色”材料呢？

在盲目听从关于“绿色”材料的鼓吹之前，让我们比较一下两种窗的生命历程。

原材料的获得：二者都产生于工业区里的大型企业，一是生产铝锭的冶炼厂，一是生产塑料的化工厂及生产型钢的钢厂。在这里，有一些污染目前都是难免的。不过离城市都还比较远。（另关于能耗，实际是我国电力不足造成。以四川为例，由于二滩的建成，政府已鼓励高能耗企业用电。）

窗体生产：塑料件的拼装与铝型材的挤压成型，基本没有污染。

窗体使用：也基本没有污染。

窗体拆卸与改装：正如那些塑料饭盒的“白色”污染一样，同样是塑料并且难于老化的塑钢窗将成为“永恒”的污染百年不化；而铝合金是可以重复加工使用的，甚至还有回收的。

经济价值：如果你要改变窗的形状，例如为一房间加装换气设备、纱窗或窗式空调，铝合金窗也可现场实施而塑钢窗不得不扔掉重来，并且增添污染。

这样一来，塑钢窗的“绿色”之称似乎有些名不符实。总体来看，使用塑钢窗将比铝合金窗多出 50—100 元/平方

米。

在外表面上，塑料有它特殊的质感及艳丽的色彩；而铝合金的光亮、磨砂、仿不锈钢及钛金等独特质感也是塑料无法达到的。此外，相比之下，塑料窗更显轻巧和便于制作特殊的异型窗体；而铝合金窗能分别兼顾轻盈与厚重，并且利于小批量的灵活施工。

由此看来，在今后的相当长时期里，铝合金窗仍将占据主流，并形成同目前欧、美一样以合金窗为主，塑料、塑钢、钢、木窗各有所用的均衡局面。

## 十二、沙漠中的建筑材料

我国现有沙漠面积 130 万平方公里，受沙漠化影响的土地面积为 332.7 万平方公里，占国土总面积的 34.6%，其中沙质荒漠化面积已达 153.3 万平方公里。我国已成为世界上沙漠化土地面积大、危害严重的国家。制止沙漠扩张、绿化沙漠已成为 21 世纪人类争取生存环境、扩大生存空间的首要问题。

目前，国内外对于防治和开发沙漠都十分关注，我国采取了多种固沙办法，取得了良好的效果。如植树固沙。在兰包线两侧，在横贯腾格里沙漠东南端，种植了绵延 50 公里、宽约 800 米的绿化林带。生物固沙。如塔里木石油勘探开发指挥部、中科院兰州沙漠研究所、新疆生物土壤沙漠研究所，利用以氯盐为主，矿化度达 4~5 克/升的流河下面的矿化水进行生物固沙。草方格固沙。人们利用约 1 米见方的草方格作为沙障，与固沙植物相结合来固定沙丘。土工网固沙。铁道部第一勘察设计院在兰包铁路，用土工网与植物相结合防

治风沙。

经过治沙战线全体职工几十年来不懈努力，我国有 10% 的沙漠化土地得到了初步治理。

国外已采用的治沙措施也值得借鉴。

如阿联酋，他们用水管将海水输送到 160 公里外，在沙漠中建造了 5 个人工湖，建成了阿季班绿洲。埃及则是修建了底宽 100 英尺、顶宽 175 英尺、深 20 英尺的“和平”号水渠。它是埃及一项巨大的引水工程，将阿斯旺水库的水引入西奈半岛的沙漠地区，营造了 100 万英亩的农田。该引水工程的部分地段采用的是巨型输水管道。

印度采用海水灌溉农田，在古吉拉特邦的卡奇地区，用海水灌溉一种名为“萨利库尼亚”的农作物获得成功。以色列利用咸水资源，大力发展地下咸水淡化技术，发展滴灌技术，在内格夫大沙漠地区应用效果显著。建立污水处理厂，将净化后的水引向南部沙漠进行灌溉。

四周环海的日本拟在撒哈拉大沙漠利用海水造几个东京湾那样大的人工湖。湖面直径 30 千米，湖深 20~30 米，可以发展海洋养殖。日本研制的高性能吸水树脂，可以吸收超过自身重量几百倍的水，可保持肥料、水分，适合沙漠地区培育植物和农作物，研究人员种植适应沙漠的红树，被列入了“联合国红树计划”。

设想的 21 世纪的巨大工程是改造撒哈拉大沙漠的跨洋引水工程。计划把南美洲丰富的淡水引入北非沙漠。将直径 80 米、长 4300 公里的巨型管道，漂浮在大西洋水面下，每秒输水量 1 万立方米。预期可让 30 万平方公里的沙漠得到充

分灌溉，可把 100 万平方公里的沙漠变成绿洲。

由上可见，国内防沙、治沙，属于阻止沙漠化扩展和沙区小区域的经济开发，不能根治沙漠，而国外阿联酋、埃及、日本等国家的治沙，属于根治沙漠，使沙漠变成绿洲。

我国是人口大国，可耕地少，沙区面积大，历史时期形成的大沙漠就有塔克拉玛干沙漠、腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠、克尔班通古特沙漠、毛乌素沙漠以及面积较小的库布其沙漠、库鲁克姆沙漠等，总面积达 130 万平方公里，超过了我国的可耕地。为了我们的子孙后代，我们不但要阻止沙漠化，保持现有的可耕地，更应把根治历史时期形成的沙漠列为 21 世纪议程，从现在开始抓沙漠绿化，开展沙漠建材的研究，大量开发用于沙漠的建材及其制品。

利用沙漠资源生产建筑材料是根治沙漠的基本思路之一。沙漠的特点是水少干旱、风多沙动和阳光充足。因此，要根据沙漠必须以水治沙，有了充足的水资源才能根治沙漠，开发沙漠、变沙漠为绿洲。

有人在 10 多年前曾提出过研制大型预应力混凝土输水管道，利用海水在沙漠建人造海(称人造湖更确切)的设想。无独有偶，阿联酋、埃及、日本等国家已经实现或正在实现人造湖工程的宏伟计划。建人造湖必须研究开发巨型水泵、巨型输水管道、中间水库、人造湖坝、湖间水渠、人造湖养殖以及湖区居住、生活、环境绿化、工业民用建筑等配套工程。建议采取“水固、围固、压固、植固、掺固”等各种防沙、治沙的技术方案。必须研究开发相应的沙漠用建材、适应沙漠环境的建材和利用沙及阳光资源的建材，统称为沙漠

建材。

### 十三、绿色陶瓷

随着人们环保观念的进一步提高和节水意识的增强，“环保、抗菌保健、节能、节水”的建陶产品受到人们欢迎，有专家将这统称为“绿色陶瓷”，这一新概念的提出，集中体现了科技可以改变人们的生活，同时也成了未来建陶消费时尚，预示着一场新的“革命”已经开始。

在西方发达国家，这种“绿色陶瓷”的发展已达到了一定的水平。德国、比利时、意大利等国家早在 80 年代就提出环保、健康、追求自然的发展目标。他们在墙地砖及卫浴材料的研究开发和生产过程中较早地引入这一理念，在生产工艺方面积累了丰富的经验，产品在国际市场上有着很好的市场前景。目前，国外部分厂家已经通过进出口和在中国投资建厂的方式，将产品打入中国市场，并占有了一定的市场份额，特别是中高档陶瓷。

在国内，研制成功的抗菌保洁陶瓷产品引起各界人士和国内外陶瓷界的广泛关注和浓厚兴趣，被誉为中国陶瓷业的一次革命性突破。从此，抗菌保健陶瓷产品以其耐热性好、安全性高的优点，应用范围不断扩大。其产品在研制中以添加陶瓷抗菌剂为主，主要是指以沸石、磷酸钙、硅藻土等陶瓷材料为基体，浸渍或被覆银、铜、锌等金属离子而制成的抗菌剂及二氧化钛等光催化抗菌剂。由于该陶瓷抗菌剂具有杀死细胞、阻止细菌繁殖、抑制各种微生物生长等功能，目前已获得广泛应用。这类“生态保健瓷砖”如抗菌内墙砖，抗菌地砖和卫生陶瓷已得到市场的认可。

应该说，福建省德化县除了是中国三大瓷都之一外，称得上是中国环保陶瓷的“一国”。为顺应世界环境保护意识不断增强的趋势，满足国际市场对环保产品需求的增长，德化县经过多年的研究，开发生产出系列的保健陶瓷。据资料显示，这种环保陶瓷是通过低温（即比传统陶瓷低 100 到 200）烧成，这种产品打碎后弃之大自然，经过半年到一年的时间，便会风化成泥土，不会污染环境，除了红壤陶外，还有轻质陶瓷、釉下精彩陶、稀土生态陶瓷等环保新瓷种。据悉这种环保陶瓷在德化县每天就有 200 多个环保新产品问世，产品已出口 150 多个国家和地区。

其实，“绿色陶瓷”这一概念是随着消费者消费观念的不断成熟和环保意识的不断增强而被广泛推广。我们都知道，我国的建陶产品无论从质量还是综合配套能力都无法与国外先进国家相提并论。可以看到，“绿色陶瓷”概念旋风蕴藏着一种强烈的使命感和紧迫感，这是一种新的理念与新的国际潮流接轨的碰撞。它预示着，“绿色陶瓷”将会在不久的将来引爆一场更大的革命。

#### 十四、生活在太阳能城中

说到太阳能或许每个人对它并不陌生，从高原山区那形如大锅的太阳能集热器到电视上频繁亮相造型怪异的太阳能汽车，太阳能似乎离我们很近，但细想想，除了平日感受太阳恩赐的阳光外，太阳能好像又离我们很远。如果你还存有这种困惑的话，建于德国弗莱堡的一片新兴住宅区或许会改变你对太阳能的印象。

弗莱堡施利尔伯格山边那一座座漂亮的木房子都是向阳

的，那些能屏蔽高温的大窗户上镶嵌着明亮的玻璃。依照太阳能的惰性原则，冬天低垂的太阳有助于供暖，夏天的阳光有阳台和屋顶遮蔽，射不到房间里来。住宅的卧室在南面，北面是厨房和作为热缓冲区的附属房间。房子的外墙非常绝缘，密不透风。然而房间也要呼吸，因此，安装通风设备可将房间中的废气排放到室外。同时用一个热交换器将废气中热量传递到从室外输入的清新鲜空气中。这种能量盈余住房，一年中只有几周需进行供暖，它消耗的能量只相当于所谓的低能耗住房的七分之一。因为它的热量有一半来自太阳能集流器，另一半则来自单元式热电站，或者来自分散在各个房间的现代化火炉，这种火炉用木屑，即生物做燃料。

向阳的房间可以节约能源，现代的高科技也可将太阳能住宅区的住房改造成最低能耗的住房。近来德国的一种技术渐趋流行，它就是光电技术。这种技术可使太阳光转换成电能，从而使能量达到盈余。

专家们计算：一个四口人之家平均年耗 34000 千瓦小时的能源用于供暖、电力和热水。如果在能量盈余住宅上装备这样的光电设备，就可在满足住宅需求之后，还盈余 5700 千瓦小时的能量。到目前为止，这种效果还只能在实验时达到，而在建成的标准化住房中还没有达到。

还有一种算法，即一座能量盈余住宅 50 年所盈余的能量相当于 20 万公斤燃料油的燃烧值。鉴于目前燃料油价格过高，使用这种住宅可获取利润的前景一致看好。居住在能量盈余住宅的居民不用担心石油危机和能源价格上涨，以前要额外付电费，现在却可获得一笔不小的额外收入。

视太阳能设备的大小，比较理想的情况是，能量盈余住房每月都能赚到 300 至 600 马克。去年 4 月，德国联邦政府出台的可更新能源法使这种设想有了实施的可能。根据这项法律，能源供应商有义务对输送到电网中的太阳能进行补偿，补偿标准为每千瓦小时 99 芬尼，时间为 20 年。用这笔收入，再通过各种促进措施，住户就可购买光电设备，其价格按规格大小在 4.8 万到 12 万马克之间。这样的话，再利用社区成熟的公共设施：夏天时将盈余的电量输送到电网中，以此来减轻发电厂的负荷；冬天时再从电网中获取所需电量，会取得更好的效果。

目前，太阳能住宅的价格还过高，而且这其中还不包括太阳能设备，这使绝大多数人对太阳能住宅望而却步，但也有人认为在自家的住宅中成为能源的生产者是个不错的主意。设想一下，居民们生活在一个没有高大烟囱的绿色社区中，在通风良好而明亮的房间里享受充足的阳光，那将是一种多么惬意的感觉。相信在不远的将来，太阳能建筑必将成为可更新能源经济的不可缺少的组成部分，因为太阳能建筑和天然建材将会为我们营造一个更加舒适的生活空间。

## 第五章 水利工程古今谈

孕育我们祖先的母亲河亿万年在不停地流淌着。天然形成的河道间，浩浩江水又与它衍生出来的湖泊水系息息相通，就像氤氲的古云梦泽，它们游刃有余地吞吐着或因天体运行、或因四时更迭而时涨时落的江水。

渐渐地，人们依水而居，先是挖石，后是筑堤——以人对自然的敬畏去改变自然界神秘的力量，建起了一座又一座闪耀着人类智慧之光的伟大建筑物。这些又仿佛在诉说着金木水火土这五行相生相息神秘莫测的道理。

### 第一节 河姆渡的大发现——第一口井

如果说水井是最简单的水利工程的话，你知道咱们中国最早的一口水井在什么地方吗？

1973年，考古工作者在浙江省余姚县河姆渡新石器文化遗址中，发现了一口水井，这口水井是中国目前发现最早的水井。它表明，咱们的祖先早在7000多年前，就已开始利用地下水了。

最初的时候，那里是一个小水坑，周围住的人，每天都到那儿去打水。谁知，有一年遇上了干旱，水坑的水慢慢地

变少了，不够用了。怎么办呢，前来打水的人犯了愁。

这时，有位聪明人对大家说：“我看这样吧，咱们往下挖，或许能挖出够用的水来。”大家都说：“这主意不错，咱们试试看吧！总不能等着渴死吧！”于是，人们便拿来工具，动手干了起来。挖了没多久，人们又发现了新的问题，这井壁上的泥老往下掉，特别影响进度。

为了解决这一问题，挖井人坐在井边商量开了。有人说这样好，有人说那样准行。一个一个的建议提了出来，一个又一个的建议被否定了。最后，大家一致认为，有一个主意不错，就是先往坑的四边各打入一排木桩，形成一个方形的木桩墙，然后再把木桩墙里的泥土挖出来。这样，井就能很容易地挖出来了。拿这办法一试验，还果然不错，水井终于挖成了。

看着那深深的碧绿井水，挖井人别提有多高兴了。他们手拉着手，围着水井跳起了欢快的舞蹈，唱起了动听的歌。因为他们再也不怕天旱，再也不必为吃水发愁了。

人们就这样用着他们自己挖的水井。可是，用着用着，大家明显地看出，那水井的木桩墙受后面泥土的压力，渐渐地朝水井里倾斜，眼看就要倒塌了。人们开始恐慌起来：这木桩墙一倒，水井不就彻底完了吗？我们白费力气不说，吃水又会成问题了。于是，大家又聚在了一块，商量对策。结果，还真的商量出了个好方法：他们做了个方木框，把它套在方林墙顶端的里面。木排又站直了，而且再也不向里倾斜了。

这方法现在看来再简单不过了，但简单并不一定不科学，

尤其是在 7000 多年前，人们能想出这个主意，不能不说是一项重大的发明创造。直到现在，有些地区打井，还采用这种方法。

为了防止井水被弄脏，古人还在井边围上栏杆，在井上建了个亭子。可以想见，当时这井水还是挺符合卫生标准的。

到春秋战国时，凿井的技术有了更大的发展。人们不仅发明了陶井，还开始用砖石砌井。这陶井的建筑过程挺有趣：凿井时，先挖一个土井，当快挖到水时，就把一节预先烧制好的陶井圈放到井里，然后逐渐下挖，井圈也随之慢慢下沉，上面再接着加放井圈，直到水深满足需要为止。

随着凿井技术的提高，用水需要的增加，有些井是越打越深，这就要求有良好的提水工具。起初的时候，人们用绳子或竹竿绑上水罐到井里提水。这方法虽然可行，但挺费劲，而且井一深，困难就更大了。于是，大约在春秋的时候，聪明的古人便发明了一种简单而省力适用的提水器械，他们给这种器械取名叫“桔槔”。

这桔槔的制作挺简单，但用起来却特别方便：先在井旁竖一个木架，然后用绳子在木架上吊一根长杆子。杆子的一头系上汲水工具，另一头坠上重物。打水时，拉下有汲水工具的这一头。等水灌满后，由于坠有重物的另一头自然往下垂，水罐便就势被轻松地提了上来。

可以看出，桔槔是利用杠杆的原理制造出来的。在两千多年前，古人就能有这种科学实践，这是相当了不起的。关于桔槔，先秦的一些书籍多有记载，《庄子·天地》篇还借用桔槔打水的事来说明事理。

说是有一天，孔子的学生子贡路过汉阴。他看见一个老农正在菜园子里劳动。老农挖了个地道到井口，然后抱着个罐子取水来浇地。老农累得气喘吁吁，满头大汗，也没浇罐多少菜。见此情形，子贡走到他的面前对他说：“现在有一种机械，用它来灌溉，一天能浇灌一百畦菜地呢！真是用力少而见效多，先生不想用吗？”

老农抬起头来，看了看子贡说：“是什么样的机械？”子贡向他介绍说：“这种机械是用木头做成的。它前轻后重，用它取水，就像抽引一样，特别快，快得如同热水涌溢，它的名字叫桔槔。”

子贡本以为老农对这桔槔能感兴趣。谁知，他竟先是恼怒后又淡然地笑着说：“我听我的老师说，有机械的，必定有机事，有机事的，必定有机心。有机心存在胸中，就不能保全纯洁清白的品质；不能保全纯洁清白的品质，便会心神不定；心神不定，就不能载道。我不是不知道有桔槔这种取水的机械，而是不能这样去做。”

听了老农这番话，子贡满面羞愧，低着头说不出一句话来。原来老农是说自己不愿做投机取巧的事。

用桔槔取水，显然是科学的进步。庄子在这里无非是想借用它来否定人们对功利机巧的追求，我们断不可因此而看低桔槔的先进性。

在发明了桔槔之后，大约是在战国初期，我国古代劳动人民又创造出了一种比桔槔更先进、更省力的汲水工具，这就是“辘轳”。辘轳是利用轮轴原理制成的一种提水工具。它把系有汲水器的长绳盘绕在轮轴上，轮轴上装有一个摇把。

使用时，先把系有长绳的汲器放下井，等汲水器灌满水后，摇动摇把，就把水提上来了。这种汲水工具自问世以来，深受人们喜欢，直到现在，有些农村还使用这种工具从井里打水。

科学技术总是在不断地进步，地下水的利用也不例外。唐朝时，人们又制造出“立井式水车”。这是一种通过机械连续提取井水的装置，用它汲水，不仅省力，而且水量也大。

现在，自来水已经遍及城里的千家万户，许多农村也用了它。但不知你想过没有，这现代化的水源应该来自于第一口井。没有第一口井的挖掘，没有各种不断进步的汲水工具的创造发明，地下水的利用便只是一句空话，自来水也不过是幻想。所以，我们不应该忘记古代劳动人民的开创之功。

## 第二节 变堵为疏巧治水——疏川导滞法

在前面我们看到了简单的水利工程——水井的来由，其实这还不算是真正的工程，接下来我们将看到炎黄子孙最早的水利工程——大禹治水。

据说，尧帝的时候，咱们中国的天底下，曾发生过一场可怕的洪水灾难。狂风暴雨过后，混浊的洪水像久居困笼突然被放出的猛兽，疯狂地冲了出来。淹没了庄稼，冲毁了房屋，吞噬了人群。整个天下，好像世界末日来临。尧看到眼里，急在心上，忙起用鲧去治理洪水。

鲧是位有能力的人，但他的脾气不大好，还有点刚愎自用，从来听不进去别人的意见。他接到尧帝的命令后，召集

来部下对他们说：“大王如此看重我们，我们一定要干出个样来。从现在开始，你们带上工具，跟我去‘堙障’洪水！”

鯀所说的“堙障”是一种什么方法呢？所谓堙障，就是用泥土来填塞洪水。

鯀带着他的部下和一些黎民百姓，用这种方法整整治了9年的洪水，可是，一点效果也没有。相反，倒越填水越涨，越塞水越猛，尧一怒之下，在羽山把鯀杀死了。

不久，舜即位做了国君。舜上任后，天下的洪水仍不见小，还是照样横行无忌。舜把鯀的儿子禹找了来治水，希望能使水患得到控制。

禹对前来跟他治水的人们说：“治水，堙障的方法行不通，当用疏川导滞法才行。水越堵，便会越泛滥，不如疏通河道，将它引走。”

方案既定，禹便率领着人们开始了新的治水工程。

那时候，大多数地方还是荒无人烟的。禹靠着坚忍不拔的毅力，爬荒山，攀野岭，涉激流，越险滩，进行实地观察。他左手拿准绳，右手执规矩，一丝不苟地测量着山川地形，然后制定出规划，组织人们施工。

相传禹三次路过自家的门口，同行的人都劝他进去看看，但他总是摇摇头说：“等治好洪水再说吧！”他竟一次也没走进家门。

禹踏遍了九州大地，历尽了千辛万苦，终于战胜了洪水，使天下百姓重建了家园，人们感念他的功德，都希望他能做天子。舜帝顺应民意，心甘情愿地把天子的位置禅让给了他。

历史上是否真有禹这么个英雄人物，我们无从考证，但

我们可以说，禹这个神话传说中的英雄，是我国远古勤劳智慧的劳动者的化身，他创造的“疏川导滞法”，是广大劳动者治水经验的总结。

### 第三节 一源分为十二流——漳水十二渠

大家都听过“河伯娶女”的故事吧！这个故事还跟我国古代专为灌溉农田而开凿的大型渠道——漳水十二渠有关呢！

春秋战国时，如今的河北省临漳县为魏国邺地。邺地位于太行山东部的冲积平原上。那儿有一条从西流向东的大河，名叫“漳河”。漳河水源充足，既能行船，又能捕鱼捉虾，给百姓们的生活带来了许多方便。可一到雨季时，这漳河水就收起往日的温柔面孔，变成了乱发淫威的暴徒，疯狂地残害着沿岸的百姓。黎民苍生深为所苦，但又无可奈何。

魏文侯时，西门豹被朝廷派到邺地做县令。西门豹足智多谋，又刚下廉直。在朝中做官时，做了许多有益百姓的事，深受百姓们的拥戴。

西门豹一说要开渠治理漳河，百姓们便争先恐后地跑到治河工地，忘我地干起来。没多久，十二条大水渠就凿通了，而且各渠都有调节控制水量的闸门。《水经注·浊漳水注》中记叙这件事时说：“一源分为十二流，皆悬水门。”

这十二条大水渠修成之后，可给邺地的人们带来了益处。旱能灌，涝能排，再也不受老天爷的控制欺负了。现在，河北临漳地区还有一条“西门渠”，据说就是当年西门豹领人开

凿的。

漳水十二渠与芍陵、都江堰和郑国渠堪称春秋战国时的四大水利工程。这些工程的兴建，标志着中国古代水利技术达到了新水平。

## 第四节 郑国渠

郑国渠首位于泾阳县王桥乡上然村北的仲山西麓，如图 6.1 所示，其东有仲山，巍峨地形特点是西北微高，东南略低。渠首充分利用这一地形，使干渠沿北山南麓居于最高地带向东伸展，分支灌溉。



图 6.1 郑国渠远景

郑国渠首的两个渠口相距很近，很可能是为了便于引水分先后期开凿。郑国渠是我国战国时期继西门豹治邺建成漳水十二渠、秦蜀郡守李冰建成都江堰之后的又一大型水利工程，它从规划、设计、施工以及用洪用沙方面都有许多独到之处，是我国古代水利史上的首创。

郑国渠布渠合理，规模宏大，使用泥水灌溉，淤田压碱，扩大水源，“横绝”河川，开创了引泾先例，历代争相沿袭。

2000 多年来，郑国渠为促进关中农业生产发挥了巨大作

用。战国郑国渠开引泾灌溉的先河，历经汉代白公渠、宋代丰利渠、元代王御史渠、明代广惠渠和通济渠、清代龙洞渠，及至民国时李先生主持修建的泾惠渠，反映了引泾工程两千多年的沧桑巨变。

## 第五节 长江三峡

建设中的长江三峡工程位于西陵峡的三斗坪，距长江干流上第一座水利枢纽——葛洲坝工程三十八公里，是一座具有防洪，发电，航运和供水等巨大综合效益的特大型水利工程。这项工程由拦江大坝，泄洪建筑物等部分组成，将采用“一级开发，一次建成分期蓄水，连续移民”的方案。

三峡大坝坝顶高 115 米，正常蓄水位 150 米，总库容 393 亿立方米，电站装机二十六台，总容量 1768 万千瓦，年发电 840 亿度。通航建筑物年单向通过能力 5 千万吨，水库水位抬高后，改善航道 650 公里。

这项工程分三期施工，总工期十八年。开工后第十二年，第一台机组发电，移民安置将用二十年完成。

三峡工程由来已久，在上世纪初就已经在有识之士的脑海里初步形成了。

1919 年，孙中山先生在《实业计画》一文中，率先提出了开发三峡水力发电的设想。

1932 年 10 月，国民党政府建设委员会组织了长江上游总力发电勘测队，勘察后提出在葛洲坝或黄陵庙浇低坝的方案。1944 年美国有关专家到三峡查勘后，建议在南浇关至石

碑间选定坝址。1945年，三峡水力发电计划技术研究委员会组成讨论过关于三峡计划涉及的多项问题。1947年国民党政府在内战中节节败退，三峡工程的设计工作终止。

1954年长江中下游出现了本世纪以来最大的洪灾，灾情严重。洪水过后，湖北、湖南两省积极要求兴建三峡工程。1956年长江流域规划办公室经过对三峡进行勘察、规划，提出有关三峡工程的具体方案，认为三斗坪坝址较为有利。

1960年三峡工程开始在即之时，中苏关系转坏，苏联撤走专家。“大跃进”也令中国出现经济困难，毛泽东指示对三峡工程不作考虑。

1974年三峡工程工作再被提上日程。1979年5月在三峡水利枢纽选址会议中建议按三斗坪坝址开展初步设计工作。

1982年长江流域规划办公室编写可行性研究报告。1984年国务院批准了这个方案的可行性报告，决定于1986年动工兴建三峡工程。

1984年9月重庆市向国务院提出报告，建议把三峡工程蓄水位提高到180米，便于万吨级船队能直达重庆。建议引起了争论。1986年6月中共中央、国务院下发通知，要求对三峡工程的可行性报告重组论证。

1989年5月重新编制的可行性研究报告建议采用坝顶高程为一百八十五米，正常蓄水位为175米的方案。

1992年1月国务院常务会议原则同意建设三峡工程。

1992年4月七届人大五次会议上，以67%的票数通过了兴建三峡工程的决议。1994年12月三峡工程正式动工。

毛主席在他的名作《水调歌头》中有诗说“高峡出平湖，

神女应无恙，极目楚天舒。”就已经展示了三峡工程建成的宏伟景象。

三峡工程是当今世界最大的水利枢纽工程。它的许多指标都突破了我国和世界水利工程的纪录。

三峡工程从提倡到正式开工有 75 年，是世界上历时最长的水利工程。三峡工程从四十年代初勘测和五十年代至八十年代全面系统的设计研究，历时半个世纪，积累了浩瀚的基本资料和研究成果，是世界上前期准备工作最为充分的水利工程。

三峡水库总库容 393 亿立方米，防洪库容 221.5 亿立方米，水库调洪可消减洪峰流量达每秒 2.7~3.3 万立方米，是世界上防洪效益最为显著的水利工程。

三峡水电站总装机 1820 万千瓦，年发电量 864.8 亿千瓦时，是世界上最大的电站。

三峡水库回水可改善川江 650 公里的航道，使宜渝船队吨位由现在的 3000 吨级提高到万吨级，年单向通过能力由 1000 万吨增加到 5000 万吨；宜昌以下长江枯水航深通过水库调节也有所增加，是世界上航运效益最为显著的水利工程。

三峡工程主体建筑物土石方挖填量约 1.25 亿立方米，混凝土浇筑量 2643 万立方米，钢材 59.3 万吨。三峡工程包括两岸非溢流坝在内，总长 2335 米。泄流坝段 483 米，水电站机组 70 万千瓦×26 台，双线 5 级船闸+升船机，无论单项、总体都是世界上工程量和建筑规模最大的水利工程。

三峡工程深水围堰最大水深 60 米、土石方月填筑量 170 万立方米，混凝土月灌筑量 45 万立方米，碾压混凝土最

大月浇筑量 38 万立方米，月工程量都突破世界纪录，是水利施工强度最大的工程。

三峡工程截流流量 9010 立方米/秒，施工导流最大洪峰流量 79000 立方米/秒，是世界水利工程施工期流量最大的工程。三峡工程泄洪闸最大泄洪能力 10 万立方米/秒，是世界上泄洪能力最大的泄洪闸。

三峡工程的双线五级、总水头 113 米的船闸，是世界上级数最多、总水头最高的内河船闸。

三峡升船机的有效尺寸为 120×保浮 3.5 米，总重 11800 吨，最大升程 113 米，过船吨位 3000 吨，是世界上规模最大、难度最高的升船机。

三峡工程水库移民最终可达百万，是世界上水库移民最多、工作最为艰巨的移民建设工程。

在 21 世纪初叶三峡工程建成时，你在三斗坪的高处或者是升船机建筑的顶层俯视大坝，一种民族自豪感将会油然而生。

三峡工程由拦河大坝、电站厂房、通航建筑物三个主要部分组成。

三峡大坝为混凝土重力坝总长 2335 米，坝顶高 185 米，坝址最低处海拔 10 米，最大坝高 175 米，相当于 60 层摩天高楼，大坝底宽 115 米，顶宽 40 米总混凝土方量 2643 万立方米。

泄洪建筑物位于河床中部，长 483 米，相间布置了 23 个宽 7 米、高 9 米的深孔和 22 个宽 8 米的表孔，最大泄水能力可达 10 万立方米/秒，加上排沙孔和电站、船闸的出水孔

道，最大泄水能力可达到 11 万立方米/秒。这些泄水孔将根据水库调蓄和电厂用水需要启闭，或只开深孔，或深孔、表孔都开。

如果长江上游出现特大洪水，对川江干支流沿岸构成威胁，或者战时大坝有可能成为敌国轰炸目标时，打开闸孔即可迅速将洪水泄入下游。反之，当长江中下游发生特大洪水，不能再承受上游来水时，关闭闸孔，又可以有效地发挥拦洪、滞洪的调蓄作用。

电站厂房布置在泄水坝段两侧，总长 120 米：左厂房长 643 米，装机 14 台；右厂房长 576 米，装机 12 台。这 26 台水机组的单机容量均为 70 万千瓦，总计 1820 万千瓦，年发电 846.9 亿千瓦时。无论是单机容量、总装机容量，三峡水电站都是当今世界水电站之最。

通航建筑物包括船闸、临时船闸、升船机三个部分，都在左岸。因大坝下游最低水位为 62 米，而坝上最高水位可达 175 米，上下相差 113 米，只修一级船闸过船，无论是闸室的修筑，闸门的制造、安装、启闭和所承受的水压力，都存在问题，技术难度很大，所以化整为零，采用双线 5 级双向船闸，分上行、下行两线运行，以降低船闸规模。这样每级闸室都是长 280 米，宽 34 米，水深 5 米，与葛洲坝 1 号、2 号船闸相同；闸门的高度略高于葛洲坝船闸的闸门。船队通过 5 级船闸的时间大约 2.5 小时。

三峡工程是一个效益较高、条件比较优越的建设项目，如与金沙江上的向家坝、溪落渡等水电站相比，三峡工程的防洪效益较大，输电到华中、华东的距离较短，能改善川江

航运条件，能增加下游供水，优点十分突出。

世界上所有的人都期待着这项举世瞩目的工程早日按质按量建成。

## 第六节 南水北调

在中国，公元前 486 年修建了引长江水入淮河的环沟工程；公元前 361 年，开始修建引黄河水入淮河的鸿沟工程；公元前 256 年修建了都江堰引水工程；公元前 246 年起兴建引任水入洛水灌溉关中地区的郑白渠；公元前 219 年建成了灵渠，引湘江水入珠江水系的漓江。

1293 年京杭大运河全线贯通。京杭运河的南段为杭州至镇江的江南运河和邻沟，它们早在春秋末年已经建成，元朝相继开通了济州河、会通河和通惠河。京杭运河全长近 1800 公里，贯穿钱塘江、长江、淮河、黄河、海河五大流域，是南来北往的重要交通线。

20 世纪初到世纪中叶，跨流域调水工程发展较快并向着多目标综合利用方向发展，调水不仅服务于农业灌溉和航运，而且兼有防洪、发电、城市供水、旅游、娱乐等多种功能。

中华人民共和国成立以后，江苏修建了江水北调工程，广东修建了东深工程（向香港供水），河北与天津修建了引滦工程，山东建了引黄济青工程，甘肃修建成了引大入秦工程等等。

以上所述，跨流域调水都要兴建相当规模的工程，而在有利的自然条件下，有的跨流域调水却很简易。如我国黄河

下游为地上河，其大堤即流域的分水岭，从北岸引水可进入海河流域，南岸引水可进入淮河流域，由此可见黄河下游两岸供水都具有跨流域引水性质，现在年引水量约 200 亿立方米。这也说明跨流域引水早已存在，现在南水北调需要面对困难大，也需要付出大代价的工程。

1952 年 10 月，毛主席视察了黄河，在听取黄河水利委员会主任王化云关于从长江引水科济黄河没想汇报后说：“南方水多，北方水少，如有可能，借点水来也是可以的。”这是中国领导人第一次提出南水北调的设想。黄河水利委员会在向毛主席汇报前后，为解决黄河流域水资源不足的问题，进行了黄河源查勘并研究了从长江通天河色吾曲至黄河多曲的引水线路。这是研究从长江上游引水济黄的开端。

1953 年 2 月，毛主席乘“长江舰”，从武汉至南京视察长江，在 2 月 19 日听取长江水利委员会主任林一山汇报长江治理工作时说：“南方水多，北方水少，能不能从南方借点水给北方？”毛主席边说边用铅笔指向地图上的腊子口、白龙江、西汉水，最后指到汉江丹江口，每指一处都问到引水的可能性，并指示要对汉江引水方案作进一步的研究，组织人员查勘。向长江水利委员会布置了南水北调的研究任务。

20 世纪 50 年代，我国有关部门围绕南水北调这一课题展开了广泛的研究工作。

长江干流及其主要支流，是南水北调解决我国北方水资源严重短缺的主要水源，因此要做好不同时期水资源的供需计划安排。

在明确了南水北调的适宜调配范围的基础上，再按照地

势、山、水的地理位置和走向，由此来选择和论证引水线路及其适宜供水范围，相互衔接，最后形成合理的总体布局。

西线高位水区宜用于黄河上中游，中线全部供水华北平原，东线供水华北平原东部。

各线并行不悖，西、中、东三条引水线路各有主要供水范围，是相容互补的关系。西线供西北沿黄各省区，由于是通过黄河洪水，总可惠及下游的河南、山东，只是西线距实施尚远，这一关系如何利用尚未作系统的研究。

中线和东线共同供水华北平原，关系十分密切。尤其黄河以北，没有可作为中东线供水分界的“鸿沟”。一般只能作出中线供平原西部和中部、东线供平原东部的一般界定。

现在举世瞩目的南水北调东、中、西三条调水线路的总体规划布局已经确定，东线南水北调工程方案将经研究论证后确定，并率先实施。南水北调东线工程，从长江下游的江都抽水，利用京杭大运河逐线抽水北送山东省东平湖，分别向华北东部平原和胶东半岛供水，总干渠长 1164.2 公里。

## 第七节 小浪底水利枢纽工程

小浪底水利枢纽工程位于洛阳市北 40 公里的黄河上，坝址上距三门峡。

水利枢纽 130 公里，下距郑州花园口 128 公里，是黄河干流在三门峡以下唯一能够取得较大库容的控制性工程。

改工程建成后可有效地控制黄河水沙，使黄河下游防洪标准从目前的六十年一遇，提高到千年一遇，基本可以解除

游洪水及凌汛的威胁，减缓下游河道淤积，每年还可以增加 20 亿立方米左右的供水量，改善下游农村城市供水条件。

小浪底水利枢纽的开发目标是防洪、防凌和减淤兼顾供水、灌溉和发电小浪底水利枢纽大坝是壤土心墙堆石坝，坝高 154 米，坝顶长 1667 米；库容 127.5 亿立方米（是密云水库的 3 倍多），装机 6 台 30 万千瓦发电机组平均发电量前十年是 46 亿千瓦每小时，后十年预计是 59 亿千瓦每小时。

## 第六章 中国古代的水利工程和桥

中国作为四大文明古国之一，在达到了古代许多文明的高峰。中国古代的水利工程和各种各样的桥自今还在被人们所传颂。它们不但在建筑领域闪耀着人类智慧的光芒，甚至有些建筑物本身直到现在还坚守着自己的岗位，发挥了重要的作用。

在后面的叙述中，我们将逐步领略的我国古代水利工程和桥的代表作，我们将为我们的祖先而自豪。

### 第一节 一虹横绝海神惊——安济桥

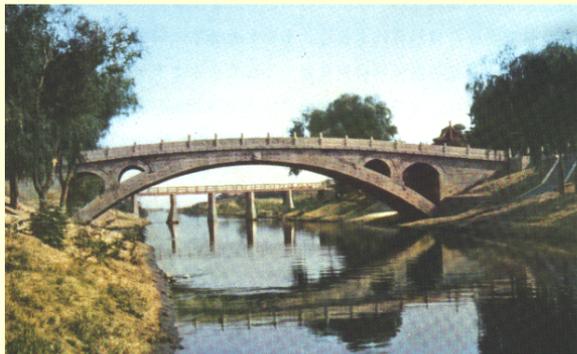


图 7.1 安济桥

对于河北省邢台地区的人们来说，1966年3月8日，是一个黑色的日子。这一天的凌晨5时29分，是这里发生了历史上罕见的大地震，震中烈度竟为9级。刹那间，房倒屋塌，人伤物毁，河水倒流，道路隐踪。人们遭受了前所未有的灾祸。

地震的余波刚过，从死亡的恐怖中招脱出来的人们，便不约而同地想到了离震中不到100公里的安济桥，恐怕它也难逃厄运吧！在这强烈地震的震撼下，有什么东西能够幸免呢？

然而，令人们震惊的是，这座建于1300多年前的石拱桥，如图7.1所示，居然皮毛无损，安钱无恙，还好端端地“活”在那儿，舒舒服服地让车辆行人从它那健壮的身躯上来往通过。人们不禁惊叹道：“这真是不可思议呀，这简直是桥梁建筑史上的奇迹！”

那么，这奇迹是怎样创造出来的呢？这不能不归功于设计得独特的科学设计。

安济桥座落在河北省赵县城南2.5公里处的洺河之上。赵县古称赵州，所以，安济桥又称“赵州桥”；又由于它全部用石料砌成，因而，当地俗称“大石桥”。安济桥是隋朝著名的工匠李春在隋开皇、大业年间（公元509—608年）的杰作。

安济桥全长50.82米，宽9.6米，是世界上现存最石老的一座石拱桥。这座石老的石拱桥，在建筑设计上，有许多创造性的特点。

全桥只有一个扁弧形的桥洞。为什么这桥用“独孔”，而不用“多孔”呢？在李春之前，人们建桥都建多孔桥，因为

孔多则每孔“跨度”小，每一跨度的桥梁也不需要多大，容易选材和建筑。但李春认为，孔多水中桥墩便会随之增多，势必使河道缩窄、上游水位抬高，不利于水流的排泄，而且水中的桥墩终年被水流冲击，也容易坍塌。因而，他一改当时营建多孔桥的造桥传统，筑造了这座“跨度”长达 37.02 米的独孔桥。

石拱的外形为“扁弧”形。当时，人们建桥，石拱多用半圆形。而李春，却首创了“扁弧形”。为什么他用“扁弧”，而不用半圆呢？采用半圆形，高度往往是长度的一半。它济桥桥洞跨度很大，长达 37.02 米，如果也这样修，桥洞就要高达 18.67 米。试想，这样高的桥洞，车马行人怎么过桥，一过桥就像爬一座小山，有多不方便。于是，李春大胆创新，让“扁弧”替代了半圆，使桥洞的高度降为 7.23 米。这样一来，坡度变得很平缓，方便了车马行人。

大石拱的两肩上，各有两个小拱。一般石桥石拱的两肩，都是用石料砌实的，而李春则在它的两肩上，各开了两个小拱，从而首创了“敞肩拱”这一桥梁技术。为什么李春要在大石拱的两肩上开小拱呢？很显然，他的设计非常合乎科学原理。他不把拱肩砌实，而是砌成 4 个小拱，这样大约可以节省 180 立方米的石料，而桥的重量也因此减轻了大约 500 吨，另外，洪水上涨时，一部分水可以从小拱往下流，这既可使水流畅通，又减轻了洪水对桥的冲击，使桥的安全又多了一层保障。

安济桥不仅向世界展示出我国古代劳动人民超一流的科学技术，还给人以美的享受。可以说，它是一座高度的科学

性和完美的艺术性相结合的建筑。

它的弧形扁拱和敞肩小拱本身就是个难得的艺术佳作。它“线条柔和，构造空灵，既稳重，又轻盈，寓雄伟于秀逸”。现代著名桥梁专家茅以升先生的这几句话，是对它的最好评价。

至于桥上 42 块栏板上的蛟龙浮雕和 44 根望柱顶上的狮首石像、竹节、花饰等，更是当时的艺术精品。它们雕刻得栩栩如生，美妙异常。尤其是那些鳞甲披身的蛟龙，有的盘踞戏游，有的腾云驾雾，有的登陆潜水，变幻多端，让人难辨真假。

据说，在唐朝武则天当政的时候，赵州曾经历过一场很大的战争，当时战败的一方准备离州城南逃。可是，当跑到桥头时，战马突然齐刷刷地跪在了地上，怎么也不肯朝前走了。马上的人觉得很奇怪。谁知，他们抬头往前一看，也惊得翻身落马，跪在地上便拜。原来条条蛟龙卧游桥上，正怒目注视着他们。败兵们不敢停留，拜完便掉转马头，择其他路逃窜而去。

这个故事是否真有其事，我们不得而知，但它至少可以说明一点，就是这些石雕不仅形似，而且神似，乃至以假乱真。正因为如此，安济桥建成之后，便吸引了四方的名人雅士、专家学者，并博得了他们的赞誉。

元代的刘百熙途经安济桥时，立即为它的建筑风格所倾倒。曾徘徊桥头，流连忘返，并赋诗赞道：

谁知千古娲皇石，解补人间地不平。

半夜移来山鬼泣，一虹横绝海神惊。

水从碧玉环中过，人在苍龙背上行。

日暮凭栏望河朔，不须击楫壮心生。

赵州桥不仅在国内享有盛誉，也赢得了外国专家的赞美。英国科学技术史专家李约瑟便说，赵州桥“使我认为在全世界没有比中国人更好的工匠了”。美国建筑专家伊丽莎白·莫斯克，在他的《桥梁建筑艺术》一书中也赞道：“赵州桥结构如此合乎逻辑和美丽，使大部分西方古桥，在对照之下，显得笨重而不明确。”

李春为人类桥梁建筑史贡献了一份珍贵的礼物，但遗憾的是，历史上关于他的生平，却没有什麼记载。而在民间，则把他的功绩归之于人们一向熟知并且崇奉的鲁班。

传说鲁班有个妹妹名叫鲁姜。这鲁姜不但长得漂亮，人也特聪明。她见哥哥的手艺备受人们的推崇，很有点不服气。一天，她向哥哥挑战说：“人们都说您的技艺巧夺天工，我想跟你赛一赛，也好看看我的技巧如何？”

鲁班看了看妹妹，笑着说：“当然可以，不过，比输了可别哭鼻子哟！”“我才不会哭鼻子呢！”鲁姜充满自信地说：“再说，谁输了还不一定呢！”

“好！那咱俩就比比看。”鲁班见妹妹执意要比，就爽快地答应道：“你说咱们比什么吧！”

“您是兄长，您说。”鲁姜好像还很尊重她的哥哥，坚持让哥哥说出比赛的项目。“那好，咱们就比赛造桥吧！”鲁班说，“前些天，我去赵州，见那汶河波涛翻滚，两岸的百姓望河兴叹，就是没法渡过河去，要是有座桥的话，百姓们就方便多了。”“兄长所言极是。”鲁姜赞同说，“咱们这是一举两

得，既比了本领，又为赵州的百姓造了福。”

兄妹俩商量妥当，便坐上鲁班造的木鹰，从他们的所住地甘肃敦煌，飞到了赵州。当他们到赵州的时候，太阳刚刚落山。兄妹俩到河边转了转，然后约定：鲁班修建城南的大石桥，鲁姜修建城西的小石桥。天黑的时候动手，鸡叫的时候把桥修好。

半夜刚过，鲁姜的桥便修得差不多了。她很想知道兄长鲁班的修桥进度，就抽空到鲁班的工地来看了看。令她奇怪的是，这大石桥桥墩倒是建好了，可桥墩上光秃秃的什么也没有，而鲁班也不知到哪里去了。鲁姜看着看着，心里得意起来：“看来，我是胜券在握了，就他现在这种速度，怎么能跟我比呢？再说啦，他就是马上建成了，也未也有我的桥好。我那桥上的栏杆雕刻的‘牛郎织女’、‘丹凤朝阳’图案，虽然不是仙人所绘，也赛过仙人。”

鲁姜正想得高兴，突然看见兄长鲁班赶着一大群绵羊沿着河岸远远走来，鲁姜乐了：“我这兄长可真逗，八成是桥建不起来了，请绵羊来帮忙。我先不惊动他，看他要干什么。”想到这儿，鲁姜便躲到暗影里，偷偷地朝桥上看去。

也就是那么一眨眼的功夫，羊群来到了桥头。不知怎么的，它们竟全变成了各种各样洁白细润的石构件。什么望柱、栏板，还有什么钩石、帽石，应有尽有。再一细看，鲁姜就更惊奇了。桥的石栏板上雕刻的蛟龙，活灵活现，有的相互缠绕，有的回首相望，有的口吐水花，有的成戏珠之状。它们的尾巴都绕过后爪向上翘起，好像正在凌空腾飞。

鲁姜看得呆了。等她回过神来，鲁班的大石桥已经建好

了。这时，雄鸡啼叫起来，不用说，妹妹输给了哥哥。第二天一早，赵州百姓发现了奇迹：怎么一夜之间，城南的洺河上突然架起了一座大石桥。它像初出云层的一弯新月，入河饮水的一曲长虹，英姿勃发地呈现在人们的面前。

一时间，桥头两岸聚集了成百上千的百姓，大家奔走相告，纷纷传诵着这一惊人的喜讯。

消息也惊动了八仙。张果老有些不大相信，他对铁拐李说：“我就不信鲁班有那么大的本事，一夜之间就能造一座大桥。我去看看真假，若是他真的修成了，我从他的桥上过过，试试它能不能载得住我。”

铁拐李赞同说：“这话没错，一夜的功夫建一座桥，这也太玄了点。要不是我这两天腿脚不舒服，我也跟你去看看。”

“你先在家里好好歇着吧！”张果老说，“我已经约了五代时后周的皇帝世宗柴荣，还有宋太祖赵匡胤，我们一起去看看就来，你不用着急，用不了多久，你就会知道真实情况的。”

张果老说完，就牵着驮着搭褙的毛驴，同推着小车的柴荣、赵匡胤一道朝赵州走来。

人们一看是张果老来了，忙闪开了一条道，让他们一行人走到了桥头。

张果老见了鲁班，问道：“听说你一夜的功夫就建了一座桥，这话还真不假。不过，你这桥也不知是不是绣花枕头，外面好看，里面是草包。”

鲁班说：“这话怎么讲，我造桥是为了百姓们过河方便，哪能用绣花枕头坑人呢！”“那桥能经得起我们一起走吗？”

张果老仍不相信地问。

“当然能！”鲁班胸有成竹地答道：“这么坚固的石桥，怎么会经不住你们走？再来几个也无妨！”

张果老听了这话，心里暗自发笑：“傻鲁班，你知道我这搭裤里装的是啥吗？那里面装的是太阳、月亮和星星；你知道柴荣的小车里载的是啥吗？它载的是泰山、衡山、华山、恒山和嵩山。这么重的东西压上去不把你的桥压成碎粉才怪呢。”

张果老想着，便牵着毛驴和柴荣、赵匡胤一道，朝桥上走去。鲁班充满信心地看着他们。突然，他大叫一声：“不好！”便一个箭步跃入水中，用双手托住了拱腹。

原来，张果老等一上桥，桥身负载过重，竟开始摇晃起来。鲁班怕出意外，就跳到水里紧紧把桥托住。这才稳住了大桥。

结果，大桥经这一折腾，更坚固了。只是桥面上留下了张果老的毛驴七八个蹄印，柴荣的一道车辙；拱腹上则留下了鲁班的两只大手印。

这个神奇的故事虽然是虚构的，但民间却非常喜爱它。人们不仅口头世代相传，还把它编成戏剧演唱。著名歌舞剧《小放牛》中，便有一段脍炙人口的唱词：

赵州桥什么人儿修？

玉石栏杆什么人儿留？

什么人骑驴桥上走？

什么人推车轧了一道沟？

赵州桥鲁班爷修，

玉石栏杆圣人留；  
张果老骑驴桥上走，  
柴荣推车轧了一道沟。

最后，有一点还要补充说一下：上述故事中传说鲁姜造的那座小石桥，其实是建造在赵县西门外清水河上的永通桥。它是在安济桥之后建成的，不过，与安济桥的结构形式几乎完全相同，只是小一些，因而，人们称安济桥为“大石桥”，称永通桥为“小石桥”，并演绎出一段神奇的故事。由此可见，小石桥也是巧夺天工的，无怪乎，宋代诗人杜德源赞道：

并驾南桥具体微，  
石材工迹世传稀；  
洞开夜月轮初转，  
蜃启春龙势欲飞。

## 第二节 洛阳桥

洛阳桥建于江海汇合处，这种地段水急浪高，地形复杂。在此造桥，绝不是一件简单的事。

但蔡襄等人却以他们的聪明才智，在这里创造了前所未有的奇迹，并为建桥技术做出了重大的贡献。

在蔡襄之前，人们建桥一直沿用“砦石为浮桥”的筑基技术。所谓“砦石”，就是砌石为基。但洛阳桥所处的地理位置，再使用这种方法，显然不合适。于是，蔡襄他们便在江底沿着桥梁中线，抛辅大石块，并向两侧展开至相当的宽度，

成一条整体的横过江底的矮石堤，作为桥墩的基址。这种方法，就是被现代桥梁界称为“筏形基础”的技术。洛阳桥的筏形桥基，如图 7.2 所示，宽度大约为 25 米，长度为 500 余米，高度平均在 3 米以上，总石方量多达 3 万余立方米。



图 7.2 洛阳桥

基址铺好了，但洛阳江水深流急，所抛石块，小的自然存留不住，大的平时尚能稳定，但遇有狂潮，也会漂流入海。如何把这些松散的江底石堤和横直相叠的条石桥墩结合成一个整体呢？

这一问题很令蔡襄等人头痛，他们知道前人建桥，梁石之间是采用腰铁或铸移等方法来连接。但在海水中，铸铁连接件会很快被腐蚀断。再说，即使不被腐蚀坏，那松散的江底石堤，也是没法子固定的。当然，现在有速凝水泥，解决这一问题是不费吹灰之力的，而当时，却没有这东西，只能探寻其他的粘合材料。

用什么材料好呢？一天，蔡襄他们偶然发现，海生动物牡蛎的石灰质贝壳具有很强的附着力。于是，他们便利用牡

蛎的这种特性，在桥基和桥墩上种植了许多牡蛎。还甬说，这牡蛎不仅附着力强，繁殖得也特快，没多久，就使桥基和桥墩的石块粘合成一个坚固的整体了。

有趣的是，自打建桥者在桥基下种植了牡蛎之后，当地官府便制定了一条土法律，严格禁止人们在桥下及附近捕捉牡蛎，以维护桥的安全。

洛阳桥在建造的过程中，除了创造出“筏形基础”和“种蛎固石”这两种新技术外，还发明了“浮运架梁法”。所谓浮运架梁，就是利用潮水涨落，控制运石船只或木排的高低位置来架设桥梁。

洛阳桥的石梁共有 300 余块，每条石梁约 12 米长，半米以上宽厚，七八吨重。在没有现代吊装设备的情况下，要在水面上架调设如此巨大的石梁，又是一大难事。他们采用的就是这“浮运架梁法”。

工人们把沿岸开采的石梁，事先放在木浮排上，等到两邻近桥墩完成后，就趁涨潮的时候，划入两桥墩间，等到潮水一退，木排下降，石梁就落到了石墩上，架梁工作就告成功。

如今，“浮运架梁法”在国内外已被广泛应用，并能架设三四千吨重的整孔钢桥，超过洛阳桥的石梁数百倍。但不管怎样，洛阳桥的首创之功是不能湮没的。

### 第三节 西渭桥

西渭桥在今西安市西北三桥镇西北沣河入渭处，今咸阳

市南。始建于汉武帝建元三年，其直接目的是为了便利京城与新建的茂陵（汉武帝预修的陵墓）之间的往来交通。桥与长安城西面的便门相对，故又称便桥或便门桥，如图 7.3 所示，距长安城 20 余公里。唐代，西渭桥也称为咸阳桥。在汉唐时期这里一直是长安通往西域巴蜀各地的交通要道。



图 7.3 西渭桥

唐高祖时，突厥入侵，直逼长安，刚即帝位的唐太宗，挺身而出，亲率 6 人，驰马直奔便桥（西渭桥），大声斥责突厥颉利可汗违背盟约的行为，颉利及突厥将士“大惊，皆下马罗拜”，并当场请和。隔了一天，太宗“又幸城西，斩白马，与颉利盟于便桥之上。突厥引兵退。”

到唐玄宗晚年，边疆民族乘唐朝政治腐败大肆袭扰，而玄宗不肯悔过，一味穷兵黩武，连年征兵出战，弄得民不聊生，怨声载道。当时出征大军跨过西渭桥之际，满是亲人生离死别，哭声震天的悲惨可怖的场面，西渭桥和灞桥一样，也是古代长安人送客惜别的名所。王维《渭城曲》“渭城朝雨浥轻尘，客舍青青柳色新。劝君更尽一杯酒，西出阳关无故人。”至今读之，尤令人发思古之幽情。

## 第四节 灞桥

两千多年来，霸陵是汉文帝的陵墓，位于汉都长安(今西安市)东面的霸陵县，县境有号称“关中八川”之一的灞水(霸水)，为渭水一大支流。横跨灞水的灞桥，如图 7.4 所示，位于长安东连潼关的交通要道上，是联系关中与关东地区的纽带。自古以来，东出长安，西来长安都必过灞桥，是亲友们送别，相迎之地。



图 7.4 灞桥

古灞桥堪称中国古代木、石梁桥的光辉典范，历史可追溯 2000 多年前的春秋时代，春秋早期，曾攻灭十二国，称霸西方的秦穆公为显示其创立霸业之功而改滋水为霸水。当时秦国为与晋国争霸及进攻灞水以东的小国，经常出兵作战，也需要在灞水上建桥，于是早期的灞桥便应运而生了。

由此直至战国末年，秦国连年出兵东攻六国而灭之，秦军大多是渡灞桥出入的。秦末农民战争及楚汉相争时，灞桥

及其周围地区仍是兵要之地。汉王元年（前 206 年）冬，刘邦率军大破秦兵，秦二世侄公子婴前往投降，就在霸桥西。

西汉立都于长安，灞桥在长安城东 10 余公里，地位尤为显要。西汉的灞桥，长时间以石为梁，后来改为木梁。到了隋文帝时，重修灞桥，仍用古梁。此后约 500 年间，灞桥声名日隆，附近遍植翠柳，遂有“灞柳风雪”的美称，被列为关中八景之一。

唐之后，历经元、明、清几代多次修护，1957 年改建古灞桥时，经鉴定认为原墩完好，不必更换，改建后的灞桥全桥 64 孔，总长 389 米，当年“灞桥柳色”和“灞桥风雪”的古景又再现人间。

两千多年来，灞桥不断更新，生机盎然。作为唯一存世的秦汉大型古桥，作为诗情画意的文物桥和运载繁忙的交通桥，将永世长存，万古流芳。不断更新，生机盎然。作为唯一存世的秦汉大型古桥，作为诗情画意的文物桥和运载繁忙的交通桥，将永世长存，万古流芳。

## 第五节 大渡桥横铁索寒——泸定桥

中国是世界上最早建造铁索桥的国家。据说，在汉明帝时，就有铁索桥横跨在云南的澜沧江上。自此以后，尤其是明、清时代，急流峡谷间，更多有铁索桥问世。

泸定桥飞跨在四川省甘孜藏族自治州泸定县城西的大渡河上，如图 7.5 所示。桥东是高达 3000 多米的二郎山，泸定城的一部分就坐落在山坡上，另一部分则紧挨大渡河，桥西

是峰峦起伏的海子山。所谓“泸定桥边万重山，高峰入云千里长”，是此地的真实写照。



图 7.5 大渡桥

明代以前，这里没有桥梁，两岸的百姓要渡河的话，只能乘“皮船”或通过藤索、竹索“援索悬渡”。大渡河水流湍急，尤其是在雨季，呈褐红色的流水像逃出樊笼的困兽，从上游山峡间狂泻下来，冲击着河底参差耸立的恶石，腾起滔天的浊浪。渡河者渡河，每每要冒着生命危险。因而，百姓们只能望河兴叹。

直到清朝康熙四十四年（公元 1705 年），才由大臣熊泰奏请，康熙恩准，开始建造，第二年竣工。这建桥的工期并不算太长，但建桥的难度却令人难以想象。凡是见过泸定桥的人，都禁不住会问，这么粗，这么重的铁链，是怎样从这边拉到对岸的呢？

是啊，在近 300 年前那设备缺乏的条件下，要把每根重达 2 吨，粗如碗口的铁链拉过漩涡、礁石密布的大渡河，的

确不是一件容易的事。那么，我们聪明的祖先，是运用什么样的科技手段完成这一艰巨任务的呢？让我们把时间的“镜头”对准公元1706年初的一天。

那是个晴朗的日子，泸定城内的百姓们早早地来到了建桥的工地。他们高兴地议论着：“听说今天就要运铁链过河，这铁链一达对岸，我们就再也不用为过河发愁了！”也有人担心地说：“这么重的铁链怎么运过去呢？可千万别出事呀！”

在人们的议论声中，桥工们在东岸系绕好了铁链，然后，用小船载着余下的铁链向西岸驶去船在风浪里颠簸着，岸上人们的心也随着小船一沉一浮，大家都在默默地祈祷着，希望小船能顺利到达对岸。然而，不幸的事情还是发生了。由于铁链重，流水急，小船刚驶到河中心，便被波涛卷入到浑浊的水里。

这可怎么办呢？不仅负责建桥的官员着急，桥工和百姓也心急如焚。这时，一位年过半百的和尚来到桥头，对人们说：“老衲有个办法，不知是否可行？”

听和尚说有主意，人们纷纷围上前来，请他赶快献计。老和尚摸着念珠，念了声“阿弥陀佛”后说道：“依老衲之见，这样为好。你们可以先找几根钓鱼线粗细的绳子，在绳子的一头系上铁锤，把它甩过河去。接着，再拿来粗麻绳，通过细绳把穿有十几个短竹筒的粗麻绳牵引到河对岸，并在两岸将粗麻绳系牢。然后，把铁链送入竹筒里，让人在对岸拉动长绳，牵拽竹筒，筒达铁链也至矣！”

“这主意太棒了！”人们为老和尚叫起好来。结果，用这办法一试，铁链真的顺利抵达了西岸。

就这样，泸定桥终于横跨在大渡河之上，从此，“天堑变通途”。古人迷信，在桥建成后，工匠们还在桥东和桥西分别铸造了一头铁牛和一条铁蜈蚣，希望它们能镇住“水妖”，使桥悠久长存。

## 第六节 卧虹千尺渡鳞波——卢沟桥

在世界桥梁建筑史上，卢沟桥称得上是稀世奇珍。它以造型优美、雕刻精致、艺术精湛而闻名于世，如图 7.6 所示。



图 7.6 卢沟桥

早在元朝，意大利的著名旅行家马可·波罗，就用诗一般的语言描述称颂过它。马可·波罗说：“离开大汗的都城，西行十五公里，抵达一条名叫永定河的大河。这条河东流入海，商人利用河流运输货物的颇多，可以说是舟楫似梭，船帆如织。

尤其值得称道的是，河上飞跨着的那座美丽壮观的大石桥，它的建筑特色，在世界上是绝无仅有的。桥长三百‘步’，

宽八‘步’，即使是十个人骑马并肩而行，也不觉得狭窄不便。桥有二十四拱门，由二十五个桥墩支立水中，支撑着桥身；拱门用弧形的石头堆砌而成，显示出造桥技术的高超。”

“桥两旁各有一个用大理石石板和石柱建成的栏杆；桥身引桥部分较桥顶为宽。两栏整齐，与用墨线规划者无异在桥顶。在桥顶，有一个高大的石柱，耸立在石龟上，柱底附近有一个大石狮，狮上面另有一狮。由此向桥堍每隔一‘步’半，即有一根极其雅观的石柱，上面都有狮子。在全桥的各石柱之间，都有精工雕刻的栏板，共同构成美丽的奇观。

不独马可·波罗，我国的文人雅士，对卢沟桥也多有赞誉。元朝文学家张桢，在过卢沟桥所作的一道《满江红》词中写道：“凡几度，马蹄平踏，卧虹千尺。”元朝诗人蒲道源则云：“卢沟石桥天下雄，正当京师往来冲。”

大家也许要问：世上的桥数不清，马可·波罗为什么独钟卢沟桥呢？答案是：卢沟桥的建筑技术高超。数百年来，人们一直在传诵着卢沟桥上有“斩龙剑”的故事。

说是有一天的傍晚，卢沟桥一带，突然狂风大作，电闪雷鸣。霎时间，天昏地暗，暴雨倾盆。只见卢沟桥的上游，有十条凶猛的恶龙，裹挟着滔天的浊浪顺流而下。人们惊呆了，继而高叫道：“完了，卢沟桥这下可完了，咱们的田地房屋也完了！”谁知，事情的结果并不像人们所预料的那样。恶龙到了桥下，却忽然不见了踪影，而浊浪竟也乖乖地收敛了淫威，从桥洞中缓缓地流走了。

事后，人们获知，卢沟桥上有“斩龙剑”，是它斩杀了恶龙，降伏了洪水，才使卢沟桥安然无恙，卢沟桥两岸的田地

房屋完好无损。

这故事当然是神话，大家不会信以为真。其实，这传说的“斩龙剑”，就是桥墩分水尖上安设的十根三角形铁柱。

永定河发源于山西马邑县的雷山，途经高山峡谷，水流十分湍急，经常横决泛滥。尤其是春夏之交，上游冰雪融化，巨大的冰块，随着暴涨的洪水，如刚出囚笼的猛兽，狂冲而下。聪明细心的建桥者们，早在建桥前，便摸清了永定河这变化无定的水情。为了防止洪水夹冰块的巨大力量对桥墩的冲撞，设计者们别出心裁地把桥墩筑成船形，并在分水尖头装上三角铁柱，用它的锐角迎水破冰，使洪水或冰块冲到桥前时，势能顿减，从而减轻了桥洞内水的压力。

除这特殊的桥墩和三角铁柱外，卢沟桥在建筑艺术上，还另有独到之处。我国建桥，向来注意对称，而卢沟桥却根据具体情况，适当作了些调整：桥南的望柱是 140 根，桥北的望柱则为 141 根，多了一根；望柱之间的栏板，长的 1.8 米至 1.9 米，短的仅有 1.3 至 1.4 米；高度也略有差别，桥西起第二孔计算跨径 19 米，第三孔应该以 1.1 的比率递增，谁料，实际上，它不但没增，还反倒小了 0.7 米。这种技术上的调整，很可能是为了适应建筑石料的需要。

更有意义的是，卢沟桥在建造时，对桥基的技术处理十分得当。据《图书集成·考工典》记载，卢沟桥“明昌初建，插柏为基”，就是在桥墩下打柏木木桩，来增加河床泥沙的抗压力，从而防止桥基的沉路。

高超的建筑艺术，确保了卢沟桥的经久性和牢固性。卢沟桥的金大定二十九年（公元 1189 年）六月开始兴建，到明

昌三年（公元 1192 年）三月建成，于今已年高八百余岁了。在这漫长的历史岁月中，它经历了洪水的冲刷，地震的摇撼，却依旧巍然屹立在永定河上。而这期间，仅大修过一次。当然，进行过多次小修，但这小修只不过是修修桥面，补补石栏而已，并没做脱胎换骨的更动。

## 第七节 川西第一奇功——都江堰

在中华民族悠久的历史文化和宏富的智慧宝藏中，为人类留下了一个又一个光圆灿烂的发明与创造奇迹——都江堰即是其中一大杰作。

公元前 256 年前，秦昭王任命李冰为蜀郡守。李冰到任后，见岷江水患剧烈，乃率民在大江之上“壅江作堤”（分水堤），把滔滔岷江一分为二；“凿离堆”引江水入成都平原；“穿二江成都之中”以之“溉田万顷”，建成了举世闻名的都江堰。从此，蜀地“水旱从人，不知饥馑，时无荒年，天下谓之天府也”。

都江堰建成后，历时二千二百余年运行不辍，造福蜀地人民，被后世誉为“川西第一奇功”。

建国以后，古老的都江堰步入了辉煌的发展时期。在共和国倡政的四十多年中，都江堰工程建设规模宏大，新建项目犹如雨后春笋，输水渠道向东、向南、向北不断延伸，遍布成都平原，穿越了绵延不绝的龙泉峻岭，把岷江水源源不断地送到“十年九旱”的川中丘陵区。

在平原灌区，渠系纵横，流水欢歌，田畦弥望，年年五

谷丰登。在川中丘陵区，隧道成串，渡槽凌空，渠水绕山，大中小水库塘堰星罗棋布；坡地上，林果繁茂，稼苗茁壮；水库中，烟波浩渺，鸢飞鱼跃。

## 第八节 大运河

在我们赞颂我国古代宏伟壮观的水利工程的时候，不该忘记那静静流淌的京杭大运河。它虽然不如万里长城那样显赫，但它却是沟通南北经济文化的大动脉，它拖着时代的沉重脚步一直朝前走着。

京杭大运河北起北京，南至杭州，中间由南到北，流经浙江省、江苏省、山东省、河北省和天津市，全长 1794 公里。比苏伊士运河长 10 倍，比巴拿马运河长 20 倍，是世界上人工挖掘的一条最长的河流。有意思的是，人们常说“水有源，树有根”，“百川东到海”，而京杭大运河却跟公路、铁路一样，不存在源头，是两端互为首尾，并且是我国为数不多的一条南北走向的长河。

万里长城和京杭大运河虽然都是中国人的骄傲，中华民族的丰碑，人类历史上由中国人设计并施工的两项最大的建筑工程，但筑长城和挖运河的用意却完全不是一回事。筑长城是为了设置难以逾越的障碍，而挖运河则是为了最大限度的沟通。

京杭大运河横穿海河、黄河、淮河、长江和钱塘江，使这五大水系联成了一个水道网。在铁路、公路没有出现之前，这一水道网，不仅担负着运送兵员粮草的职责，还承载着运

送往来客商、柴米油盐的重任。正如《旧唐书·崔融传》中所说：“天下诸津，控制河洛，兼包淮海。弘舸巨舰，千轴万艘，交贸往还，昧旦永日”。

历史已经翻过了新的一页，如今从北京到杭州，不但有铁路、公路，而且还有航空线路，然而“不废江河万古流”，京杭大运河依然是那样的忙碌，为南北的思想、南北的感情、南北的科技、南北的文化、南北的物质。

巍峨的长城，是我们的祖先用自己的骨和肉堆砌的，深沉的运河，是我们的祖先用自己的血和汗灌注的，我们的祖先为什么要以如此巨大的代价，挖掘这绵延的大运河呢？是哪个年代开挖的，又是什么人发起挖掘的呢？

说起挖运河，人们自然会想起隋炀帝，连历史教科书里都写着，隋炀帝修运河。其实，古运河的历史，远比隋炀帝修的运河要早得多。

开挖运河，并不是有人工去挖一条全新的大河，而是将天然的河道湖泊连涌，或取直，或加宽，或挖深。这工程说起来轻松，但实际干起来，即不是一件简单容易的事。在中国运河史上，第一个组织这项工程的人，是春秋时期吴国的大王夫差。他下令开凿的沟通长江和淮河的邗沟，则是中国最早挖掘的一条大型运河。

邗沟南起扬州，北至淮安的末日，是夫差为攻打齐国而开的一条水路。这条水路为后来的京杭大运河奠定了基础。

一千多年后的公元605年，隋炀帝在修建东都洛阳的同时，又在邗沟和隋文帝开凿的广通渠的基础上，发起了挖掘以洛阳为中心的大运河工程，为他乘龙舟去江南巡游享乐开

辟道路。

正如人们所说，“任何伟大的古代文明，都伴随着统治者的野蛮的暴力，都浇铸着奴隶们的血汗”。邗沟是这样，隋炀帝开运河也不例外。当时，隋炀帝统治下的中国，人口不足5000万，而强令征召的民工竟达200万人。那阵子，运河工地上，血流成河，尸骨成山，村村寨寨到处是哭声，家家户户不断有亡人。唐朝诗人李敬芳在《汴河直进船》中描述道：

汴水通淮利最多，生人为害亦相和。

东南四十三州地，取尽脂膏是此河。

从诗中不难看出，运河的开凿，给当时的百姓带来的灾难是多么的深重。挖运河取尽了民脂民膏，也加速了隋王朝的灭亡。运河开通后没几年，隋炀帝便在农民起义的烈火中化为了灰烬，与夫差走上了同一条道。

然而，人类的文明史，总是蕴藏着深刻的历史辩证法。开挖运河，劳动者流血流汗，灾难无穷；运河挖通，后世的经济文化因此而走向繁荣。唐朝诗人皮日休早已洞察此事，他在《汴河怀古》诗中这样写道：

尽管隋亡为此河，至今千里赖通波。

若无水殿龙舟事，共禹论功不较多。

是啊，如果隋炀帝开挖运河不是为了泛舟享乐，不是为了了一己之贪欲，那他就可以和治水的大禹论功了。尽管如此，我们仍然要说，开凿运河是害在一时，而利在后代，利在民族。

## 第七章 世界著名桥梁

本世纪以来，人类社会先后经历了工业革命、以及各种高新技术为主体的产业革命浪潮的冲击，使社会的各个领域发生了深刻的变革，我们所关注的桥梁工程领域也因此获得了重大发展。而今我们正处在世纪之交的十字路口上，有必要对桥梁工程的发展历程及其结构形式做一回顾。

在第一节我们主要介绍世界桥梁发展的过程，第二节我们将着重来了解世界上各种主要形式的桥梁构造，在第三节我们将欣赏到世界上最著名的桥梁。

### 第一节 桥梁发展简史

18世纪以前，曾涌现了一大批以石料、铁为建材的桥梁建筑，其中以赵州桥（跨度 37.02 米，公元 605 年）、大渡河铁索桥（跨度约 100 米，1803 年）等为标志体现了古代桥梁的伟大成就，也显示了古代中国的强盛。

18世纪以后，欧洲率先进入工业社会，从根本上改变了 200 年西方文明的历史，促进了大规模的铁路桥梁建设。迄今，以英国不列颠尼亚箱梁桥（跨度 141 米，1850 年）、美国布鲁克林悬索桥（跨度 486 米，1883 年）及英国福斯悬臂

桁架桥（跨度 520 米，1890 年）为标志的桥梁建筑仍散发着西方工业文明的气息。

20 世纪初期，西方工业社会获得空前发展，日趋发达。于 30 年代掀起了第 1 个大跨度悬索桥建设高峰，以美国纽约华盛顿桥（跨度 1067 米，1931 年）、旧金山金门大桥（跨度 1280 米，1937 年）为代表显示出其桥梁领域的垄断实力。二战后，德国、日本再度崛起。50 年代起，德国经济的复苏推动了德国桥梁工程的发展，斜拉桥结构得以初现光芒，并很快波及世界桥梁工程界。60 年代，日本、丹麦开辟了兴建跨海工程的先河。

20 世纪 80 年代初，我国迎来了改革开放的新时期。经过近 20 年来的经济建设，综合国力显著增强，以杨浦大桥、南浦大桥为标志重新确立了我国桥梁界的世界地位，以汕头海湾大桥、虎门大桥、丰都长江大桥、西陵长江大桥及江阴长江大桥为代表充分展示了东方文明的魅力。

当今，世界桥梁工程的格局如同国际政局的多极化局面，不再是美、英垄断的天下，呈现了以日、美、英、中、德、法及其他国家共同发展的新局面。展望下一世纪，崛起的中国定会有再现东方文明的辉煌时刻。

本世纪以来，以悬索桥、斜拉桥为主的大跨度桥梁技术获得飞速发展。悬索桥跨度从威廉斯堡桥（主跨 488 米，美国，1903 年）至明石海峡大桥（主跨 1991 米，日本，1998 年）增加了 4 倍，斜拉桥从斯特伦松德桥（主跨 183 米，瑞典，1955 年）至多多罗大桥（主跨 890 米，日本 1998 年）上升近 5 倍。可见后者具有很强的生命力，是大跨度领域内

唯一能与前者抗衡的桥型。

## 第二节 桥梁构造

以梁式桥为例，一般由以下几部分构成，如图 8.1 所示。

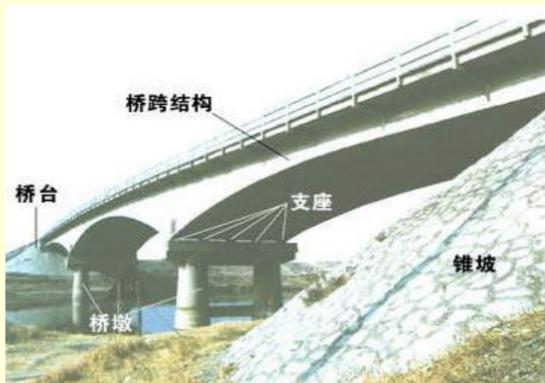


图 8.1 梁式桥的结构

桥跨结构是在线路中断时跨越障碍的主要承载结构。当需要跨越的幅度比较大时，并且除恒载外要求安全地承受很大车辆荷载的情况下，桥跨结构的构造就比较复杂，施工也相当困难。

桥墩和桥台是支承桥跨结构并将恒载和车辆等活载传至地基的建筑物。通常设置在桥两端的称为桥台，它除了上述作用外，还与路堤相衔接，以抵御路堤土压力，防止路堤填土的滑坡和坍落。

桥墩和桥台中使全部荷载传至地基的底部奠基部分，通常称为基础。它是确保桥梁能安全使用的关键。由于基础往

往深埋于土层之中，并且需在水下施工，故也是桥梁建筑中比较困难的一个部分。

一座桥梁中在桥跨结构与桥墩或桥台的支承处所设置的传力装置，称为支座，它不仅传递很大的荷载，并且要保证桥跨结构能产生一定的变位。

为了保证桥跨结构在气温变化、活载作用、混凝土收缩与徐变等影响下按静力图式自由地变形，需要使桥面在两梁端之间以及在梁端与桥台背墙之间设置横向的伸缩缝。

在路堤与桥台衔接处，一般还在桥台两侧设置石砌的锥形护坡（简称锥坡），以保证迎水部分路堤边坡的稳定。

在桥梁建筑工程中，除了上述基本结构外，根据需要还常常修筑护岸、导流结构物等附属工程。

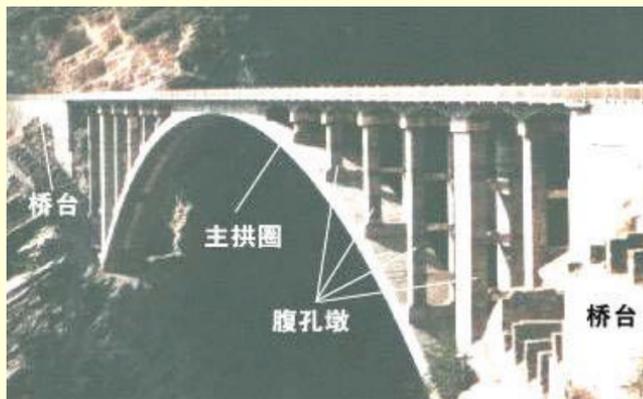


图 8.2 拱式桥的结构

拱式桥的主要受力构件是主拱圈，它主要承受压力，同时在拱脚处存在着巨大的水平推力，这是拱式桥的典型力学特点。为了桥梁的美观和减小结构自重，拱式桥一般还设有

腹孔，如图 8.2 所示。

斜拉桥是由从索塔往两边伸出的斜拉索将主梁拉起，主梁就象支承在多个弹性支承上的连续梁一样工作，减小了主梁跨度，内力减小，从而增加桥梁跨越能力，如图 8.3 所示。



图 8.3 斜拉桥的结构

悬索桥（又称吊桥）是由两个桥塔将主缆架起，成为主要承力构件，而两端的锚碇则是主缆的锚固体，它将主缆中的拉力传递给地基基础，如图 8.4 所示。

固定在主缆上的将主梁悬吊，这样每个吊索处就相当于一个弹性支承，这类似于斜拉桥，但悬索桥可以获得比斜拉桥更大的跨径。目前在世界上各种桥型中，悬索桥保持着跨径最大的记录。



图 8.4 悬索桥的结构

## 第三节 世界著名桥梁欣赏

### 一、金门大桥

1579 年英国探险家 Francis Drake 发现了连结太平洋和旧金山的一个海峡，这就是后来的金门。

尽管这个名字在 1849 年的淘金潮以前早就使用,但淘金潮使得金门（进入北加利佛利亚 Galifom 的入口）成了加尼福尼亚神秘魅力不可缺少的一部分。

早在 1872 年就讨论过要在金门海峡修建一座大桥的想法，但是直到 1937 年才在海峡上修了一座悬索桥。

金门大桥横跨南北，将旧金山市与 Marin 县连结起来。花费四年多时间修建的这座桥是世界上最漂亮的结构之一，它已不是世界上最长的悬索桥,但它却是最著名的，如图 8.5

所示。



图 8.5 金门大桥

金门大桥的巨大桥塔高 227 米，每根钢索重 6412 吨，由 27000 根钢丝绞成。1933 年 1 月始建，1937 年 5 月首次建成通车。

## 二、明石海峡大桥

日本的明石海峡大桥，连接四国和本州岛，是世界上最长的双层桥，也是联结内陆工业中的重要纽带，如图 8.6 所示。



图 8.6 明石海峡大桥

### 三、 基那克海峡大桥



图 8.7 麦基那克海峡大桥

座落于美国密执安州的麦基那克海峡大桥是工程师戴维·斯坦曼的杰作,如图 8.7 所示。悬索跨 1158 米,总跨 2626 米,共用 49500 吨建筑钢材。仅钢索就重达 9900 吨。

### 四、 克里夫顿悬索桥



图 8.8 克里夫顿悬索桥

跨越布里斯托尔的 Avon 峡谷的克里夫顿悬索桥如图 8.8 所示,也是该桥天才的设计师维多利亚时代工程师布鲁耐尔

的永久纪念碑。

## 五、超现代伊拉斯缪斯大桥



图 8.9 超现代伊拉斯缪斯大桥

1996 年建于鹿特丹的超现代伊拉斯缪斯大桥，如图 8.9 所示，得名于著名的人文主义者和神学家 D·伊拉斯缪斯。

## 六、阳光高架大桥



图 8.10 阳光高架大桥

佛罗里达州的阳光高架大桥的支撑缆索让人回忆起抽象派的雕塑作品，如图 8.10 所示。

## 七、诺曼底大桥



图 8.11 诺曼底大桥

法国哈佛尔附近塞那河上的诺曼底大桥,如图 8.11 所示,该图片摄于 1994 年,未完工的桥跨悬索于河上,象跳水运动员的跳水板一样。

## 第八章 中国古代建筑掠影

中国古代建筑以其特具的丰姿，在世界建筑体系中独树一帜。中华民族五千年的文明史，蕴涵着建筑艺术的光辉成就。不论是城池乡镇的总体规划、建筑组群的设计布局、单幢房屋的结构造型、细部处理、内部陈设，无不呈现出深厚的民族风格。

中国古代建筑活动在七千年有实物可考的发展过程中，在大体可分为五个阶段，即新石器时代、夏商周、秦汉至南北朝、隋唐至金、元明清。

在这五个阶段中，中国古代建筑体系经历了萌芽、初步成型、基本定型、成熟盛期、持续发展渐趋衰落的过程。而后三个阶段中的汉、唐、明三代是中国历史上统一强盛有巨大发展的时期、与之同步，汉、唐、明三代建筑也成为各该阶段中的发展高潮，在建筑规模、建筑技术、建筑艺术风貌是都取得了巨大成就。

### 第一节 长城

万里长城，如图 9.1 所示，是两千多年前我国古代的一项空前雄伟浩大的军事防御工程，是人类建筑史上举世罕见

的伟大奇迹。千百年来，万里长城一直令华夏儿女自豪，令国际友人赞叹。长城的雄姿、长城的精神，是我们中华民族奉献给人类的珍贵文化遗产。



图 9.1 长城远景图

悠悠岁月，挡不住长城的万古雄风；浩瀚空间，也隔不断长城的不朽魅力。“横空出世莽昆仑”。两千多年前，一条土石身躯的巨龙在中华大地上跨崇山，越峻岭，穿草原，过沙漠，骤然崛起，因她纵横交错绵延起伏万余里，故称之“万里长城”。

由于万里长城气势雄伟、工程艰巨、历史悠久，不仅在我国建筑工程中少有，即使在世界建筑工程史上也很罕见。因此早在几百年前万里长城就被列入了世界中古七大奇迹之一，1961年被我国定为第一批全国重点保护文物，1987年又被列入了世界文化遗产名录。

据第一个登上月球的美国宇航员阿姆斯特报道：在太空和月球上，只能辨认地球上两项特大工程，一项是中国的长

城，另一项是荷兰的围海大堤。”有人曾做过粗略统计，若用修筑长城的砖石上方修一道高5米宽1米的大墙，或是铺一条宽5米厚30厘米的马路，那么这道大墙可环绕地球十几圈，这条马路可环绕地球三四十圈。这还只是城墙的本身，如果再加上各种关城、卫、所、烽火台、城堡、墩台、营程等工程用量，这大墙和马路就更长得不得了。

## 第二节 故宫



图 9.2 故宫俯瞰图

在中国现存的宫殿建筑中，曾经是明、清两代皇宫的北京故宫是最完整、最宏伟、而且最有代表性，且至今保存的最完好的宫殿建筑，如图 9.2 所示。它的设计者之一是人称“蒯鲁班”的蒯祥。

虽然明、清两代曾对故宫不断修建和扩建，现存的大部

分建筑为清代所建,但在总体布局上仍然保持着原来的面貌。整个故宫是个庞大的建筑群,纵深 961 米、宽 753 米,拥有 9900 多间房屋,分成中、东、西三路和几十个院落,目的是为了表现封建的等级观念和皇权至上的威严气势。

故宫的中路也是旧北京城的纵穿南北的中轴线。故宫的主要建筑,如皇帝举行大典、发号施令的主要地方,即被称为“前朝三大殿”的太和殿、中和殿、保和殿,以及皇帝处理日常政务和供帝后、妃子、皇太子等生活游乐的被称为“后朝三大殿”的乾清宫、交泰殿、坤宁宫以及御花园等,都布置在这条中轴线上,从而形成了以南北纵向排列的中路的建筑群。

这些建筑体量雄伟,外形壮丽,主次分明,建筑形象统一而又有变化。如前朝三大殿,体量不同,且分别采用不同的屋顶形式:太和殿是重檐庑殿顶,如图 9.3 所示;中和殿为四面坡但檐攒尖顶,如图 9.4 所示;保和殿是重檐歇山顶,如图 9.5 所示。



图 9.3 太和殿(庑殿顶)



图 9.4 保和殿(歇山顶)



图 9.5 中和殿(攒尖顶)

这些不仅仅是受到封建等级观念的影响，如重檐庑殿顶只能用于最高等级的宫殿建筑上，而且是为了使这三座紧密相联的宫殿在建筑形象上有明显的区别，使它们在相互对比中显得更鲜明。所以，丰富多姿的屋顶形式是中国古代建筑外观上极显著的特征之一。

我国古代封建社会，自辽灭宋以后，金、元各朝均建都北京，明、清两朝又大力发展都城建筑，使一个以帝王宫殿帝王权力至高无上、气势非凡的城市紫禁城出现了。

故宫是明清两朝皇帝的宫殿，也是北京城中最宏伟的建筑群。它位于皇城的正中，前有社稷坛、太庙、午门、天安门、正阳门，后有景山，左有皇史宬，右有西苑的北海、中海、故宫是北京城的核心。

故宫又称紫禁城。那是取紫微星象征帝居之意，它建于明永乐五年（即公元 1407 年）。明成祖朱棣为完成这一宏伟工程，调集了国内所有著名的匠师，征集了二三十万民夫，连续干了 14 年。明朝灭亡后，清朝皇帝对局部区域和建筑做了修建和重建，形成了我们现在所见到的模样。

故宫的建筑一共有 9000 余间，主要由两部分组成；一是前外朝，二是后内廷。总占地 72 万平方米，南北长 960 米，东西宽 760 米，四面建有高大的城门，城的四角还耸立着四座平座高大的城门，城的四周还耸立着四座平面呈十字型，形状复杂而美丽的角楼。城墙外面是一条很深的护城河。

外朝包括三殿：太和殿、中和殿、保和殿。三殿都仿照南京的奉天殿、华盖殿、谨身殿建造。其中要算太和殿（俗称金銮殿），重檐庑殿的屋顶，黄瓦、红柱、青绿的额枋，殿前还有一个占地 3.6 万平方米的方形广场，两侧以高低错落、大小不同的建筑群衬托着北侧汉白玉台基上的大殿。整个大殿看起来十分宽阔壮丽。

太和殿是皇帝发号施令的地方，皇朝中任何重大的典礼仪式都在这里举行，如皇帝即位、大朝、颁发诏书等。

中和殿位于太和殿之后，四角攒尖的屋顶纵横各三间，周围有廊。它是皇帝举行大朝前的准备殿。

保和殿小于太和殿，面阔（横向）九间，进深（纵向）5 间，是皇帝举行宴会及亲自举行朝考的地方。

太和殿的方形广场两侧还有文华、武英两个小殿，广场前有一座太和门。整个外朝占地 6 万平方米。

内廷也有三殿：即乾清宫、交泰殿、坤宁宫。它们是及其皇后的居所。三殿两侧是东西六宫，那是妃嫔的居所。东西六宫后还有更小的乾东五所和乾西五所，那是皇太子的居所。它们如同众星拱月一般围绕着乾坤两宫，人的尊卑从建筑上得以显现。

外朝和内廷后面则是帝皇妃嫔们散心娱乐的御花园。

与我国封建社会历代皇宫一样，明、清故宫绝对体现帝王权威，无论是总体规划还是建筑形状都围绕“崇高”的主题。因此，这类宫殿建筑主次分明、整齐严肃，又很强的感染力。

故宫建筑群是中国古代建筑的代表作，也是大古代建筑最伟大、最完整的精品。从这个建筑群中，可以看到中国古代建筑许多表现手法和特点。

首先，等级森严是一个显著的特点。故宫这种等级见于开间的多少、屋顶的形式、台基的高度、层次及装修繁简和室外建筑小品的陈设上。

以最尊的太和殿为例，它面阔 11 间，室内净高度达 14 米。层顶为最高级的重檐庑殿顶，屋顶上的各类走兽的数目和屋顶下斗拱挑出的数目也最多。柱上的内外沿上还装了不少斗拱。台基分三层，无论是台基、御路还是大殿本身，装修雕刻都非常精细，并绘制了大量龙凤图案。室外还陈设了日晷、铜龟、铜鹤等。

第二，故宫建筑的色彩是宫殿建筑专用色彩，黄色琉璃瓦只有帝王居所才能使用，大殿内正中一开间的主要柱子还要“盘龙贴金”，如太和殿。墙柱则用较深的朱红色，基座是晶莹白的汉白玉，屋檐下则用青绿的冷色。这不仅在色调上与屋面的暖色形成对比，而且在视觉上也增加了出檐的深度，使整个建筑群的色彩非常鲜艳。

第三，台梁式木结构是故宫的主要建筑结构形式。这种结构的特点是：墙体不承重；建筑物内部空间布置灵活；结构受力平均合理；取材施工方便。

第四，各大殿下一般设台基，台基除本身的结构功能外，又与柱的侧脚、墙的收分相配合，增加了房屋的稳定感。

第五，各殿的家具、装修、隔断、藻井、天花板等更是名目繁多。

故宫的建筑和重修经历了明、清两个朝代，有 24 位皇帝使用了它，延续达 500 年之久。故宫是中国古典建筑的一颗明珠。至今，它仍以其特有的风姿，展现在世人面前。

目前，这一“宫殿之海”已被辟为“故宫博物院”，每年都吸引着大批的海内外游客前来观光，向各国游客展现着它的建筑文化。

### 第三节 古代的塔

古塔是中国五千年文明史的载体之一，古塔为祖国城市山林增光添彩，塔被佛教界人士尊为佛塔，矗立在大江南北的古塔被誉为中国古代杰出的高层建筑。

塔，源于古印度兴建的年代，有一种说法是佛陀在世时王舍城有一位孤独长者就已开始建造，用以供养佛陀的头发、指甲来表达人们对佛陀的崇敬。

也有一种说法说是佛陀涅槃后才建造，用作安置佛骨舍利的塔，梵文音译“施堵坡”(Stupa)，巴利文音译“塔婆”(Thupo)，别音“兜婆”或称“浮屠”汉文意译为“聚”、“高显”、“方坟”、“圆冢”、“灵庙”等，另有“舍利塔”、“七宝塔”等异称。

## 一、佛光寺祖师塔

佛光寺祖师塔在山西省五台县东北 32 公里佛光山佛光寺内，如图 9.6 所示。塔建于北魏孝文帝时期（公元 471-499 年），是创建佛光寺的初祖禅师的墓塔，属于砖结构，平面呈六角形，一共有二层，高约 8 米，式样非常古朴。

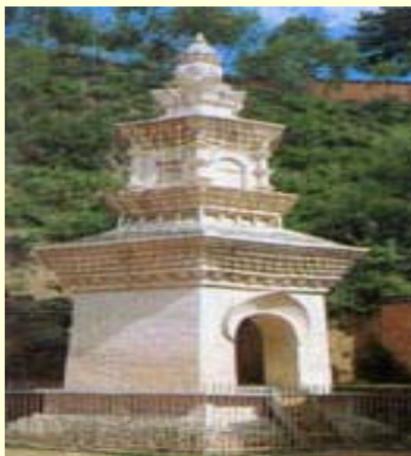


图 9.6 佛光寺祖师塔

塔身由青砖砌筑而成，表面涂以白色，以示清净纯洁。下层的内部是六角形小室，西面开了券门。上层是实心的，西面作圆券假门，西南、西北作假直棂窗，下层塔身十分平素，没有任何装饰，门的券面用莲瓣形或火焰形作装饰。

塔身上部微出迭涩一层，涩面砌出斗拱，每面九枚，其上又迭涩一层，上层密布排列莲瓣三层，莲瓣上又出迭涩六层，构成第一层檐部，下层檐的背上，用反迭涩仿木制胡状的形式，每角立瓶形的角柱，每面作壶门四间，剔透凌空与

内部塔体脱离。束腰上下收分甚紧束腰上涩之上，又出仰莲瓣三重，以承托上层塔身。

上层塔身的六个角上都立倚柱，柱头柱脚，柱中都用仰莲花捆束着，富有印度风格。西面假券门券面也作火焰形，近券顶处并用施纹装饰，券下两扇假门左扇微起错缝，仿佛开着一些，这层塔身表面用土朱画作一部分结构作装饰。

西北直棂窗以上，在柱头间画额两层，额内画五个短椽，额以上画人字形的寂间铺作。上层塔身以上六角柱上，作出角梁头的形状，梁头之间出涩一层，其上出三层莲瓣，成为上檐。

塔顶的砖刹，用仰覆莲作座，其上又安仰莲一层仰莲上安六瓣的覆钵，其上又出莲瓣两重，以承托最上之宝珠。塔的形制是国内仅见的孤例，也是全国仅存的两座北魏石塔之一。

## 二、小雁塔



图 9.7 小雁塔

小雁塔位于唐长安城安仁坊荐福寺内，与大雁塔东西向，是古都唐长安保留至今的重要标志，如图 9.7 所示。因其体量比大雁塔小，修建时间也晚，故称小雁塔。但从古建筑角度看，它保存了唐代建筑的原貌，比明代包了一层厚砖的大雁塔更有文物价值。

荐福寺建于唐睿宗文明元年(公元 684 年)，是唐高宗死后百日，宗室皇族为他荐福修建的。武则天证圣元年，前往印度求佛法，游历了 30 多国的唐高僧义净回国，武则天亲至洛阳东门外迎接。神龙二年，义净入居荐福寺主持译经事务，唐中宗时为保存义净从印度带回的佛经、佛像，才建造了这座小雁塔。

小雁塔为四方形砖构密檐式塔，原为 15 层，高 46 米。塔下为方形砖砌基座，座上置第 1 层塔身，每边长 11.38 米。第 1 层塔身特别高大，南北辟门，以供出入。2 层以上的高和宽都逐层递减，塔的外形逐层收小，6 层以上，急剧收杀，使塔上部呈现圆和流畅的外轮廓线。在底层的青石门楣上，用线刻方法刻出供养天人和蔓草图案，刻工精细，线条流畅，反映了初唐的艺术风格。塔身内部为空洞式结构，有楼梯盘旋而上。

### 三、大雁塔

大雁塔昔日位于唐长安城内，今在西安市城南慈恩寺大殿之北，如图 9.8 所示。它与小雁塔一起，同为我国盛唐时期的佛教胜迹，并成为古城西安的显著标志。



图 9.8 大雁塔

慈恩寺本是隋代创立的无漏寺，唐贞观二十二年太子李治将其扩建为大慈恩寺。玄奘从印度取经归来，移住慈恩寺，主持译经事务，并创立了法相宗。大雁塔建于永徽三年，用以存放从印度带回的梵文经藏和唐太宗、高宗亲自撰写的《圣教序》和《圣教序记》。

大雁塔始建时只有 5 层，武则天扩建成 10 层，五代时又重加修葺，即成现在的规模。唐朝时，人们十分崇尚大雁，于是就把为贮藏佛教经典而修建的塔称为雁塔了。后来与小雁塔区别，故称大雁塔。

现有的大雁塔是一座典型的楼阁式方形锥状砖塔，塔分七层，通高 64 米。平面呈方形，全部用青砖磨砖对缝砌成，十分坚固，每层四壁之中，均辟券门，层与层之间有梯道相通。

塔身底层有唐代精美的刻线画，其中西门楣的阿弥陀佛说法图最为生动，相传出自唐代大画家阎立本的手笔。塔南

门两侧龕内有两块石碑，一是唐太宗李世民书写的《大唐三藏圣教序》，另一块是唐高宗、李治所写《大唐三藏圣教序记》，碑文皆由唐初著名书法家褚遂良书写，是我国现有的有很高历史价值的唐代文物。

#### 四、释迦木塔

是中国现今绝无仅有的最高、最古老的重楼式纯木结构塔，全塔高 67.3 米，比有名的北京白塔还要高 16.4 米。塔身共分五层六檐，如果加上内里四层暗层，也可以算是九层。

此塔建于辽代清宁二年（公元 1056 年），至今已历 940 多年，虽历经了狂风暴雨、强烈地震、炮弹轰击（塔身上弹痕累累，可以看见嵌进去的弹头），仍然屹立。它全靠斗拱、柱梁镶嵌穿插吻合，不用钉不用铆，以 50 多种斗拱的垫托接联砌建而成。

古人解决建筑问题的技术之高，连现代人也觉得不可思议，如塔底层回廊外檐由 24 根木柱支撑，在静止时下层每根柱负荷 120 吨，可是柱下石础根本没有巢臼，木柱断面直接平立于石础之上。据说有好奇者，曾经用两手执一根细绳，把它从石础和木柱间横过。所以，民间就有 24 根木柱轮流间歇的传说。



图 9.9 释迦塔

全塔装有木质楼梯，可逐级攀登至各层，每登上一层楼，都有不同的景观。在第三层的一副银槛联写得好：“放眼欲穷千里目，扞衣试上六层来”；三层外槽东面西侧木联上书“俯瞩桑乾滚滚波涛萦似带，遥临恒岳苍苍岫嶂屹如屏”，道出了周围令人心旷神怡的山川林木景色。

最特别的是，这座塔内供奉的佛像非常大，造像技艺很高。第一层的释迦牟尼佛像，高达 11 公尺，在塔内仰望，更觉雄伟无比。周围是金刚、天王、弟子、供养人的壁画，笔法细腻传神，为辽代特有的绘画风格。

第二层由于八面来光，豁然开朗，一主佛、两位菩萨和两位协从排列，姿态生动。第三、四、五层也都供有佛像的菩萨像，层层的造像不同，构筑各异。这座佛塔在中国的无数宝塔中，无论建筑技术、内部装饰和造像技艺，都是出类拔萃的。

## 五、毗卢塔



图 9.10 毗卢塔

毗卢塔又名慈云塔、真身塔。在湖北省黄梅县西 15 公里处的西山（即破额山）四祖寺西侧山坡上，山坡平缓如平台，塔建造在它的上面，如图 9.10 所示。塔建于唐永徽二年（公元 651 年）。四祖道信真身安放塔内；砖石结构。

毗卢塔高约 15 米，仿木结构，重檐亭式塔。塔台基近似正方形，宽 10 米，深 9.5 米。台基上砌筑高大的须弥座，雕刻粗线条的莲瓣花饰。塔身东、西、南三面砌筑高大敞

开的弧门，游人由此入塔。斗拱、塔檐等全为砖砌，四面墙头的砖上，雕刻有诸佛的法号。塔顶为四注式。塔东侧的四祖寺是佛教胜地，风景优美。

唐代诗人柳宗元赋诗曰：

破额山前碧玉流，  
骚人遥驻木兰舟。  
春风无限潇汀意，  
欲采萍花不自由。

在四祖寺岩泉溪上的灵润桥下，岩石上刻有“碧玉流”，也是柳宗元所题。此塔体态稳重，气势轩昂。

## 七、塔湾舍利塔

塔湾舍利塔在辽宁省沈阳市皇姑区塔湾街，如图 9.11 所示。塔建于辽重熙十三年（公元 1044 年），在清崇德五年（公元 1640 年）的时候又重修了一次。

塔为砖结构，平面八角形，十三层密檐式，高度大约为 50 多米。

塔由地宫、基座、塔身、塔檐、塔刹五部分组成。塔基座为仰覆莲须弥平座，上有以青砖雕刻成的樽，中间缠以两

层莲花瓣式花纹的带子，下有壶门，内有浮雕兽头。

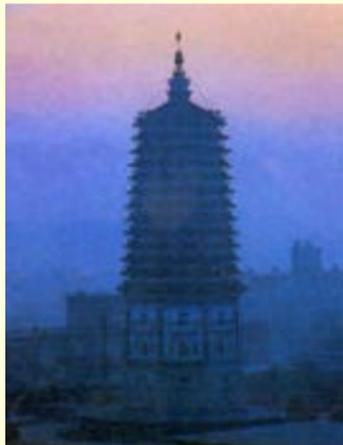


图 9.11 塔湾舍利塔

第一层塔身，八面建造有佛龕，在佛龕中有佛像，两侧立着侍者，上面有宝盖、飞天、铜镜。正南龕中是座着宝生佛，西南龕中座着等观佛，正西龕中是座着平等佛，西北龕中是座着惠华佛，正北龕中是座着大悲佛，东北龕中是座着普济佛，正东龕中是座着慈悲佛，东南龕中是座着阿众佛。各佛还有题额字迹，佛像为陶制。

塔檐十三层，每面檐悬挂着五个风铃。塔身第二层以上，每侧塔壁原挂三面铜镜，最上层南面的三面铜镜形体巨大，可惜已经残缺不全。地宫中藏有石函、舍利子、铁盒、铜钱等文物。

### 七、阿育王寺舍利塔

阿育王寺舍利塔在浙江省鄞县宝幢镇，如图 9.12 所示。传说在晋太康三年（公元 282 年），有一个异人叫刘萨诃

在这个地方得到塔基一座，高度约有 0.46 米，宽度 0.23 米，内悬宝髻，中缀舍利。

此物传为阿育王所造 8.4 万塔之一，内藏舍利传是释牟尼涅槃后的遗骨，为中外佛教所崇敬。

据说目前全世界仅存 18 座舍利（佛骨）塔，我国拥有两座一座在北京的西山；另一座就在阿育王寺塔中。在东晋义熙元年（公元 405 年）建造了亭子供奉这座塔，南朝宋元嘉二年（公元 425 年）又全面整修了一次。



图 9.12 阿育王寺舍利塔

舍利殿在中轴线上，殿高 15.3 米，重檐琉璃顶。金碧辉煌的舍利殿上，有宋高宗御书“佛顶光明之塔”和宋孝宗书写的“妙胜之殿”匾额。

殿中放置着石舍利塔一座，里面放置着七宝镶嵌的木塔一座，高仅几十厘米，木塔内置有传为刘萨诃当年拾来之塔。塔呈紫黑色，塔身四方形，每面刻着一佛本生的故事，上面

还有露盘。据说从塔孔中可窥见舍利子是一个暗红色小珠。因为所窥视角度不同，所见色彩有红、黄、灰等。传说还有一些佛教徒以此来占吉凶。

石塔后面有释迦牟尼涅槃时卧像。阿育王寺现为浙江省文物保护单位。

## 八、双塔寺双塔

双塔寺双塔原名文宣塔，如图 9.13 所示。在山西省太原市东南部郝庄村。寺原名永祚寺，因为寺内建造有双塔，所以改名为双塔寺



图 9.13 双塔寺双塔

双塔系明万历年间（公元 1573--1619）年高僧佛登敕建造。两座塔形状相似，属于砖结构，平面呈八角形，一共有十三层，高度约 54.7 米，属于密檐式。塔檐下雕刻斗拱，檐上饰有琉璃脊兽，绚丽壮观。塔内有阶梯踏道可登顶层，凭窗远眺，太原风光历历在目。

明末李自成《咏双塔》中有：“郝庄两座塔，就把天来穿。”极言塔之高耸。人们出入太原，双塔首先映入眼帘，成为太原的标志。

### 九、显通寺铜塔

显通寺铜塔在山西省五台县五台山台怀镇北侧显通寺大殿前，如图 9.14 所示。

显通寺是五台山佛寺的元老，传说筑于东汉，北魏扩建，寺内现存的建筑群诸多是明代作品。铜塔铸于明代（元 1368-1644 年），原有五座，象征着五个台顶，人们至此朝拜，犹如登上了五台山。现在只保存两座完好无损。

据考证，大殿西边的铜塔是明代四川重庆府的陈挺杰等人在云南捐资，于万历二十四年（公元 1596 年）七月初九日铸成，取名“多宝如意宝塔”。



图 9.14 显通寺铜塔

东边和的铜塔是显通寺僧人胜洪等出钱，于万历三十八

年（公元 1610 年）铸成，取名“南无阿弥陀佛无量宝塔”。

双塔形制栅，十三层，均高 8 米，须弥座塔基。塔基上铸有精致的小殿、佛像，塔身内置佛像，外部镌刻着经文，中有四大金刚托塔像。西塔下层西南角有大如拇指的小铜庙，内坐小指大的土地像。相传康熙帝见其特别小而感叹道：“好大的土地！”谁知话音刚落，土地公公连忙叩头，感谢皇上的赐封，从此便以“山西大土地”自居了。

两铜塔造型特异，是由楼阁、亭阁、覆钵三种形式组合而成。亭亭玉立，玲珑剔透，为明代铜铸艺术中的佳品。精致秀美，巧夺天工。

### 十、琉璃塔

在砖砌塔身的外面贴上琉璃瓦件，就成了琉璃塔，这是宋代佛塔建筑的新意。到了明清时代，相沿成风，烧造技艺高超，五彩缤纷，美不胜收。

山西洪洞县广胜寺飞虹塔华丽异常，堪称代表之作。河南开封佑国寺铁塔虽然名为铁塔，实际却是因为外壁贴上红褐色的琉璃砖，色泽似铁，所以号称铁塔。此塔建于北宋仁宗庆历年间（1041~1048），是我国现存最早、最大的琉璃塔。



飞虹寺塔



佑国寺铁塔

## 第四节 古代的石窟

### 一、莫高窟

甘肃地处中国大陆腹地，它有浩瀚无垠的戈壁沙碛，绵延起伏的祁连雪峰，咆哮奔涌的黄河，绮丽秀美的山川。甘肃是我国新疆以东的北方地区石窟艺术兴起最早也最集中的地域，从地理形势上划分，石窟主要集中在河西、陇中、陇南和陇东几处，其中尤以河西石窟数量最众、时代最早。

莫高窟保留有从十六国、北魏、西魏、北周、隋、唐、五代、宋、西夏、元等十个朝代的洞 492 个，壁画四万五千多平方米，彩塑像两千身，是世界现存佛教艺术最伟大的宝库。若把壁画排列，能伸展 30 多公里，是世界上最长、规模最大、内容最丰富的一个画廊。近几十年来，国内外学着对敦煌艺术极感兴趣，不断进行研究，形成了一个专门学科“敦煌学”。

莫高窟位于敦煌东南 25 公里的大泉沟西岸、鸣沙山东麓的断崖上，如图 9.15 和 9.16 所示。至于敦煌莫高的正式开窟建寺，大体要到公元 420 年北凉灭掉西凉尽有敦煌之地时。莫高窟依南北走势的崖体而建，洞窟皆呈坐西朝东方向。在南北长约 1600 米的断崖上，大体可分为南北两区。北区洞窟约 200 余，大多无编号无壁画，南区为精华所在，现编号的 492 窟绝大部分集中在这里。



图 9.15 莫高窟外景



图 9.16 莫高窟正景

敦煌莫高窟是甘肃省敦煌市境内的莫高窟、西千佛洞的总称，是我国著名的四大石窟之一，也是世界上现存规模最大，保存最完好的佛教艺术宝库。莫高窟位于敦煌市东南 25 公里处，开凿在鸣沙山东麓断崖上。

前秦苻坚建元二年(公元 366 年)有沙门乐尊者行至此处，见鸣沙山上金光万道，状有千佛，于是萌发开凿之心，后历建不断，遂成佛门圣地，号为敦煌莫高窟，俗称千佛洞。

中国石窟艺术源于印度，印度传统的石窟造像乃以石雕

为主，而敦煌莫高窟因岩质不适雕刻，故造像以泥塑壁画为主。整个洞窟一般前为圆塑，而后逐渐淡化为高塑、影塑、壁塑，最后则以壁画为背景，把塑、画两种艺术融为一体。莫高窟唐时有窟千余洞，现存石窟 492 洞，其中魏窟 32 洞，隋窟 110 洞，唐窟 247 洞，五代窟 36 洞，宋窟 45 洞，元窟 8 洞。

北朝时期洞窟中主像一般是释迦牟尼或弥勒，主像两侧多为二胁侍菩萨或一佛、二弟子、二菩萨。塑像背部多与壁画相连。窟内顶部和四壁满绘壁画，顶及上部多为天宫伎乐；下部为夜叉或装饰花纹；中部壁画除千佛外，主要画佛传故事、本生故事和因缘故事，其中本生故事有割肉求鸽、舍身饲虎、九色鹿舍己救人等。

隋唐为莫高窟全盛时期，隋代百窟样式由北朝的中央塔式改为中心佛坛，组像同前。唐出现一佛、二弟子、二天王或二力士的组合。塑像亦由早期的“瘦骨清秀”造型，重返“丰硕壮实”之貌。

窟中壁画主要是大场面的说法图和简单的经变图。莫高窟最大塑像皆塑于唐，第 96 窟大佛是莫高窟中最大的塑像。唐代壁画是多种经变图，其规模极为宏伟，表现出天国的壮丽图景。石窟造像五代时已丧失生命力，宋代起步入衰退。

## 二、云冈石窟

云冈石窟位于山西省大同市西郊武周山北崖，石窟依山开凿，东西绵延 1000 米，现存主要洞窟 45 个，大小窟龕 252 个，石雕造像 51000 余躯，是我国规模最大的古代石窟群之一，如图 9.17 所示。



图 9.17 云冈石窟

据文献记载，北魏和平年间（公元 460 年至 465 年）由一个著名的和尚昙曜主持，在京城（平城，今大同市）西郊武周塞，开凿石窟五所，现存云冈第 16 窟至 20 窟，就是当时开凿最早的所谓“昙曜五窟”。其他主要洞窟，也大多完成于北魏太和十八年（公元 494 年）孝文帝迁都洛阳之前。

从石窟所保存的纪年铭刻和艺术风格上看，此处宏伟的艺术工程基本上都是北魏的遗物，距今已有 1500 多年的历史。现存洞窟 53 个，石雕造像 5 万 1 千余尊。大佛最高者 17 米，最小者仅几厘米。

云冈石窟以气势宏伟，内容丰富，雕刻精细著称于世。古代地理学家郦道元这样描述它：“凿石开山，因岩结构，真容巨壮，世法所稀，山堂水殿，烟寺相望”。这是当时石窟盛景的真实写照。

云冈石窟雕刻在吸收和借鉴印度犍陀罗佛教艺术的同时，有机地融合了中国传统艺术风格，在世界雕塑艺术史上有十分重要的地位。今天，它已成为中外游人倾慕和向往的

旅游胜地云冈石窟(国家级重点文物保护单位)是中国三大石窟群之一,也是世界闻名的艺术宝库。

云冈几十个洞窟中以昙曜五窟开凿最早,气魄最为宏伟。第五、六窟和五华洞内容丰富多采,富丽瑰奇,是云冈艺术的精华。

### 三、龙门石窟

位于洛阳南郊伊河岸边的龙门石窟是全国重点文物保护单位,我国佛教四大石窟之一,如图 9.18 所示。



图 9.18 龙门石窟

龙门石窟的著名洞窟是宾阳洞。这个窟前后用了 24 年才完成,是开凿时间最长的洞窟。洞内有 11 尊大佛像。主像释迦牟尼像,高鼻大眼、体态端祥,是北魏中期石雕艺术的杰作。

洞中原有两幅大型浮雕《皇帝礼佛图》、《太后礼佛图》,画面上分别以魏孝文帝和文明皇太后为中心,前簇后拥,组成礼佛行列,构图精美,雕刻细致,艺术价值很高,是一幅反映当时帝王生活的图画。可惜在解放前被美国人勾结我国奸商盗运到美国,现分藏于美国堪萨斯城纳尔逊艺术馆和纽

约市艺术博物馆。

另外有古阳洞也很出名。这里有丰富的造像题记，为人称道的龙门十二品，大部分集中在这里。清代学者康有为盛赞这里的书法之美为：魄力雄强、气象浑穆、笔法跳越、点画峻厚、意态奇逸、精神飞动、骨法洞达、结构天成、血肉丰美。还有一个药方洞，刻有 140 个药方，反映了我国古代医学的成就。把一些药方刻在石碑上或洞窟中，在别的地方也有发现，这是古代医学成就传之后世的一个重要方法

#### 四、庆阳石窟

庆阳地处甘肃东北部，塬地肥沃、物产丰饶，民间历有“八百里秦川，不如半个董志塬边”的说法。

西部平凉崆峒山，当西北要冲，在金代六盘山道未开前，崆峒山前是丝绸之路的主要通道，史称笄头道。经济的富足、便利的交通给这里带来了文化的发展，沿丝路而来的石窟艺术在此兴盛就是一例。

从对陇东现存石窟遗迹考察的情况看，境内石窟至少包括西峰北石窟寺、华池保全寺和莲花寺、泾川南石窟寺和王母宫石窟、华亭石拱寺、庄浪云崖寺等 20 余处，由此构成陇东庞大的石窟群系。这些石窟多始凿于我国第一次开窟高潮的北魏晚期，其中西峰北石窟寺历时最久、规模最大，成为陇东最大的石窟圣地。

#### 五、伯孜克里克石窟

伯孜克里克是古代高昌的又一重要石窟，它初创于鞠氏高昌时期，在唐《古州图经》中称“宁戎窟”，因地处火焰山主峰北坡山腰地带，维语称伯孜克里克（意为“山腰”）石窟。

这里西南距吐鲁番市大约 5 公里，南距高昌故城 10 余公里，来往便利，故自回鹘高昌起，伯孜克里克逐渐成为王室贵族发愿造像礼佛之地，并在王室的支持下，于 10~11 世纪发展到顶峰，12 世纪以后，随着回鹘统治的衰弱，伯孜克里克渐渐衰落，到元代已近尾声了。

伯孜克里克石窟依木头沟西岸戈壁断崖而建，窟群自北而南成弯月形布列，由于洞窟高踞峭壁之上，洞前平地又相对狭窄，故顺石窟排列之势，由此形成廊道、窟群、火焰山三重优美又壮阔的层次，而俯瞰脚下是绿荫掩映的木头沟谷，对岸是辽阔的天空和排列有序的缓缓红岗。站在这里，令人不禁赞叹：火焰深处掩绿洲，茫茫戈壁好佛国。

## 六、拜城石窟

在新疆拜城南境，有一条自西向东然后又从北而南流动的木扎提河（当其转为自北而南时又另称做渭干河）。相对于龟兹境内的众多石窟而言，这条河可以说是条母亲河，因为它首先蕴育了龟兹境内最悠久古老、最恢宏浩大的石窟——克孜乐石窟。

从拜城出发，循河东行约 5 公里，便可到达克孜尔小镇和明屋达格（维语“达格”即山的意思）山。克孜尔石窟与其他沙漠石窟比，有着较为优越的环境条件。它不仅由木扎提河和苏格特沟溪水滋润人们的生活，而且还有沟谷四周的开阔崖面供人凿室营窟。

公元 2 世纪末，当西域大国龟兹与疏勒（新疆喀什）、于阗（新疆和田）等国并入中亚贵霜帝国版图后，受中亚、犍小乘教因崖开窟传统熏染，也开始在域内营建石窟。经过数

百年的层累积淀，在今天克孜尔石窟的谷西、谷内、谷东和后山诸区中，留下了众多的石窟，仅列入主编号的就有 236 座之多，居龟兹石窟之首。

## 七、麦积山石窟

天水地处甘肃省东南部的渭水流域，它水源充足，物产丰富，素有甘肃“小江南”之称。上古时代，它地属雍州，至秦为陇西部，汉武帝时因“天河注水”之传说，改名天水郡，西晋时称秦州。直到 1924 年才再改称天水。

由于这里是陕、甘、南通巴蜀和东西交往咽喉地带，历来为兵家必争之地，也是汉晋以来东西南北文化传播的交汇站。天水地区石窟艺术的较早兴起与不断发展凡是这种文化传播的结果之一。

据统计，天水地区的石窟遗址至少包括天水麦积山、甘谷大像山、武山水帘洞和木梯寺等数处，由此构成陇东南石窟造像群。这里主要介绍与敦煌、云冈并称我国四大石窟，以“中国最大的泥塑艺术博物馆”而享誉国内外的麦积山石窟，如图 9.19 所示。



图 9.19 麦积山石窟雕像

麦积山位于甘肃省天水市东南约 45 公里处,是我国秦岭山脉西端小陇山中的一座奇峰,山高只 142 米,但山的形状奇特,孤峰崛起,犹如麦垛,人们便称之为麦积山。

山峰的西南面为悬崖峭壁,石窟就开凿在峭壁上,有的距山基二三十米,有的达七八十米。在如此陡峻的悬崖上开凿成百上千的洞窟和佛像,在我国的石窟中是罕见的。

麦积山周围风景秀丽,山峦上密布着翠柏苍松,野花茂草。攀上山顶,极目远望,四面全是郁郁葱葱的青山,只见千山万壑,重峦叠嶂,青松似海,云雾阵阵,远景近物交织在一起,构成了一幅美丽的图景,这图景被称为天水八景之首的“麦积烟雨”。在我国的著名石窟中,自然景色以麦积山为最佳。

麦积山石窟建自公元 384 年,后来经过十多个朝代的不断开凿、重修,遂成为我国著名的大型石窟之一,也是闻名世界的艺术宝库。现存洞窟 194 个,其中有从 4 世纪到 19 世纪以来的历代泥塑、石雕 7200 余件,壁画 1300 多平方米。

麦积山石窟的一个显著特点是洞窟所处位置极其惊险,大都开凿在悬崖峭壁之上,洞窟之间全靠架设在崖面上的凌空栈道通达。游人攀登上这些蜿蜒曲折凌空栈道,不禁惊心动魄。麦积山石窟艺术,以其精美的泥塑艺术闻名中外。历史学家范文澜曾誉麦积山为“陈列塑像的大展览馆”。

这里的雕像,大的高达 15 米多,小的仅 20 多厘米,体现了千余年来各个时代塑像的特点,系统地反映了我国泥塑艺术发展和演变过程。

这里的泥塑大致可以分为突出墙面的高浮塑,完全离开

墙面的圆塑，粘贴在墙面上的模制旅游网站推荐影塑和壁塑四类。其中数以千计的与真人大小相仿的圆塑，极富生活情趣，被视为珍品。

麦积山的塑像有两大明显的特点：强烈的民族意识和世俗化的趋向。除早期作品外，从北魏塑像开始，差不多所有的佛像都是俯首下视的体态，都有和蔼可亲的面容，虽是天堂的神，却象世俗的人，成为人们美好愿望的化身。从塑像的体形和服饰看，也逐渐在摆脱外来艺术的影响，体现出汉民族的特点来。

## 第五节 古代的陵墓

### 一、黄帝陵

每个中国人都为自己是炎黄子孙而感到自豪。黄帝被尊为中国各族的共同祖先。

黄帝相传姓公孙，出生于轩辕之丘，故号轩辕氏，在姬水生长成人，所以又以姬为姓，后来在有熊建立国家，故又称有熊氏。他以土德为王，土是黄色，所以叫黄帝。

黄帝是古史传说中的人物，关于他的传说中最精彩的就要数与炎帝、蚩尤的战争了。最终黄帝取得了胜利，被各部落拥戴为部落联盟领袖。在黄帝时期，养蚕、舟车、文字、音律、医学、算数都先行发明，并得到发展，他的功劳为后世所称赞，被誉为华夏的“人文初祖”。



图 9.20 黄皇陵

在全国许多地方，都有据说与黄帝有关的遗迹，黄皇陵也有多处，但今陕西省陵县的黄帝陵和黄帝庙已逐渐成为人们拜祭黄帝的中心。《史记》上说“黄帝崩，葬桥山”。黄帝陵掩映在参天古柏之中，肃穆幽深，如图 9.20 所示。

“桥山龙驭”四字碑立于陵前。这里还有一个故事，《史记·封禅书》上说，黄帝从首山采了铜，在荆山湖边铸了一口大鼎，这时有天龙下界，垂下胡须迎请黄帝上天。黄帝跨上龙背后，许多大臣和宫女也爬了上去，没有爬上去的便死抓住龙须，结果龙须被拔掉了，而且还把黄帝的一只弓也晃落下来。

这样，此处被称作鼎湖，上了天的黄帝被叫作鼎湖龙，落下的弓叫乌号。有诗云“当年龙髯攀无计，此日桥山景更清”，说的就是这回事。

虽然黄帝是传说中的人物，但从古至今所有华夏子孙都

把他当作华夏文明的始祖来对待。

## 二、秦始皇陵



图 9.21 秦始皇陵

陕西省临潼县城东骊山脚下，巨大的封土堆下埋葬着中国历史上第一个皇帝——秦始皇。秦始皇嬴政即位后，依靠由秦穆公霸西戎和商鞅变法带来的强大国力，远交近攻，横扫东方六国，统一中原，于公元前 221 年建立了中国历史上统一的多民族封建国家。

这个巨大的历史功绩与他焚书坑儒等暴行苛政一起，使他成为后人纷争不休的历史人物。而巨大的秦始皇陵兵马俑坑的发现，更使他声震中外，名扬四海。

秦始皇即位不久就开始为自己修建陵墓，前后共用了 37 年，陵墓封土呈四方锥形，顶部略平，原高 115 米。因两千多年的风吹雨打，现高 76 米，周长 1250 米，远远看去犹如山峰屹立，如图 9.21 所示。

墓中建宫殿及百官位次，奇珍异宝不计其数，又以水银为百川江河大海，机械转动，以人鱼膏为烛，以期长明。令工匠特制机关弩矢，若有人穿坟于内，弓弩便自动发射，极

尽豪华之能事。

陵园为土筑长方形重城，分外城和内城。都是南北向的长方形夯筑，大部分已埋入地下。陵寝位于秦始皇陵陵冢封土北，其大型建筑基址于 1995 年被发掘，它是由几组形制不同的建筑构成的，其布局纵横交错，设计独特，风格有别，保存较为完好。

近年来，秦始皇陵周围不断有珍贵文物出土，其中最著名当数被誉为世界第八大奇迹的秦始皇兵马俑。

在秦始皇陵东侧约 1.5 公里处是兵马俑丛葬坑，目前已发掘出四个坑，一号、二号、三号坑内共葬有与当时秦军人马大小相同的陶俑艺术品近万件，且形成威武雄壮的军阵，被誉为与埃及金字塔齐名的世界第八大奇迹。

一号坑为 1974 年 3 月临潼晏寨农民打井偶然先发现的，从此开始考古发掘，并在一号坑上，1979 年建成了秦始皇兵马俑博物馆。一号坑，东西长 230 米，南北宽 62 米，深 5 米左右，总的面积达 14260 平方米。坑内埋有六千陶俑，为武士俑和拖战车的陶马，目前已清理出一千多个。

武士俑身高均 1.80 米以上，栩栩如生。一类身穿短褐、免冠束发、系带扎腿、挽弓挎箭，另一类是头戴武冠、身披铠甲、足登黑靴、执矛秉戈，如图 9.22 所示。弓箭矛戈均为实战武器。他们面容不同，神态各异，可辨出分属步、弩、车、骑四个兵种。陶马 32 匹，4 匹一组拖着战车，匹匹膘肥体壮，造型逼真。



图 9.22 秦始皇陵兵马俑

进展览厅登检阅台，即可俯视气势雄伟的秦军阵。军阵前锋是由 210 个武士俑组成的面东、每列 70 人的三列横队，军阵两侧的侧翼部队是骑兵和四马一乘相间排列的 38 路纵队，军阵最后一列是面西的横队，为后卫部队。这是仿秦宿卫军制作的。

陶俑坑下有大批青铜兵器、车马器出土，多达万余件。兵器有矢钩、戟、殳、钺、剑、戈、矛、刀、弓、箭、弩机等，青铜宝剑、箭镞还十分锋利，据测定，剑成分含有多种金属元素，有抗腐防锈能力。

在一号坑东端北侧 20 米处的二号坑约有陶人陶马千件，为四个兵种混编阵列；在一号坑西北侧 25 米处的三号小坑有陶人陶马数十件。四号坑未及置俑。四坑相距不远，据析，它们共组一个完整的军阵，一号坑为右军，二号坑为左军。四号坑为中军，三号坑为三军指挥部。

秦始皇陵是古代帝王陵墓中规模最大、保存最好的陵园。

陵区以陵墓为主体，地面上有高大的封土，呈覆斗形，中腰部有一缓坡状阶梯，园有内外两城，平面呈回字形。

南边的内外城墙尚有局部残存于地表外，其余只在地下保留了墙基。内城中部有一条隔墙，把内城分为南北两区，北区又有一条南北向夹墙把北区隔成东西两部分。

内城的南区，主要为陵墓的封土所占，封土的北侧西部有一大型寝殿建筑基址，封土两侧是铜车马坑。封土西侧和南侧各有两个大型附葬坑，内城北区西半部建筑基址密集，是寝殿侧的便殿，北区东部挖出了 20 多座墓葬。内外城之间，西区由南向北依次为马厩坑、珍禽异兽坑、陪葬墓三处建筑基址。

外城墙南区靠近骊山，有防洪堤遗址，北区有鱼池遗址，还有宫殿建筑遗址，东区有一批兵马俑坑、马厩、陪葬墓群，西区为修陵人员墓地、窑址。

秦始皇陵园的建制，继承了前代陵园制度又加以发展，初步奠定了中国封建帝王陵园的建筑格局，它是君王专制集权的反映，是封建帝王权威至高无上的象征。

1987 年 12 月联合国教科文组织将秦始皇陵列入“世界遗产清单”，1991 年 7 月 25 日，在北京举行了《世界遗产》证书颁发仪式。证书的颁布，打破了时间和地域的界限，使秦始皇陵不仅属于陕西，属于中华民族，同时属于全世界，是世界人民的文化宝贵财富。

两千多年来，秦始皇陵像一个巨大的迷团，吸引着世人关注的目光，面对这空前绝后的杰作时，定会有一种强烈的民族自豪感。

秦始皇地宫现在还是疑团重重。秦陵地宫内部结构情况，司马迁在《史记·秦始皇本纪》中作了详细记载。

秦始皇即位后就开始修建陵墓，统一六国后，从各郡县征来 70 余万人，在骊山挖成既大又深的地宫，令工匠做了防盗的机弩矢，以水银为百川江河大海，用机械相互灌输，上具天文，下具地理，以人鱼膏为烛，让它永久不灭。秦二世胡亥下令后宫有子者从死，一群嫔妃宫女就这样为秦始皇殉葬了，秦始皇尸体下葬和陪葬一切安置之后，所有工匠葬于墓道内，无一幸免。

1981~1982 年，中国地质科学院物探所两次测试，发现封土中心部位有汞异常反映。经 1988 年以来 10 余年的仔细勘探，发现了地宫周围的地下宫墙，系用未经烧制的砖坯砌成，四面有斜坡门道，东边五个，北边西边各一个，宫墙之内平面近方形的地宫，面积 18 万平方米。

著名考古学家夏鼎先生生前曾推断，当时在墓室顶部绘画或线刻日、月、星像图，可能保存在始皇陵。

近年西安交大西汉壁画墓的发现为我们提供了更加直接的资料，该墓壁画内容分为上下两部分，上部分代表天空，下部分代表山川，主室顶部绘有日、月、流云和各种姿态的仙鹤，最引人注目的就是青莲色、白色和黑色三色勾勒的两大同心圆圈，在这两个圆圈之间绘有星辰八十颗，这就是我国古代天文中的二十八星宿图。

据此我们推断秦陵地宫顶部可能绘有代表天体的二十八星宿图，地宫中部安排着百官次位、宫观台阁，下部是以水银做成的百川江河、大海。

### 三、唐乾陵



图 9.23 唐代乾陵

乾陵是唐高宗李治和女皇武则天的合葬陵墓，位于今乾县城北 6 公里的梁山上，如图 9.23 所示。陵园内城为夯筑城垣，四面各开一门，东、南两门外的石狮至今保存完好。

墓道位于梁山南波山顶，由南向北呈斜坡状，以条石封砌，用铁栓板和锡铁钎铸如固，石条上刻有工匠的名字和编号。原封的夯土层证明乾陵未被盗过。武则天去世前要求自己的碑上不刻一个文字，一生事迹只由后人评说，因此乾陵有一座与众不同的“无字碑”。

乾陵陪葬墓主要有永泰公主墓、懿德太子墓和章怀太子墓。1960 年至 1971 年对其进行了发掘，出土文物 4000 余件。

章怀太子墓位于乾陵东南 3 公里。章怀太子李贤，安明允，是唐高宗李治和武则天的次子（高宗第六子）。据《旧唐书·高宗·中宗诸子传》载，李贤通晓《尚书》、《礼记》、《论语》，聪明好学。后历任雍州牧、幽州都督、扬州大都督、左武卫大将军、凉州大都督、右卫大将军等职。

上元二年（公元 675 年）六月，立为太子。此后除留心

于朝政外，还召集当时的学者张大安、格希元、许叔牙等注《后汉书》。后以反叛之罪被废为庶人。永淳元年（公元 682 年）被流放至巴州（今四川省巴中县），文明元年（公元 684 年）年被逼自杀，时年 32 岁，葬于巴州之华成县（今巴中县），此后武则天追封其为雍王。

唐中宗复位后，于神龙二年（公元 706 年）又追封为章怀太子，重开墓室，与其妃房氏合葬。这座墓，位于陕西省乾县陵东南约 3 公里的乾陵乡杨家洼村北面的高地上，为乾陵陪葬墓之一。

章怀太子墓最负盛名的是其精美的壁画，这些壁画分别绘制在墓道、甬道和墓室的壁画上，共有 50 余组，保存基本完好，为该墓的重要组成部分。

从所绘题材和内容看，除青龙、白虎、日月星辰这些祥瑞图案外，其作的绝大部分如出行、客使、仪仗、马球、歌舞以及宫廷侍女、陪臣等，都具有浓厚的宫廷生活气息。墓道两壁的《客使图》中有唐代外交官员和少数民族、外国的使者。墓室内的壁画表现了唐代的宫廷生活。

懿德太子李重润是唐中宗的长子。大足元年（公元 701 年）与其妹永泰公主被武则天杖杀。中宗复位后，将其墓从洛阳迁至乾陵陪葬。墓内壁画描绘了规模宏大的太子出行仪仗。最前排是整齐的步行仪仗，中间是成队的骑马仪仗，最后是三辆马车。从甬道到墓室，绘有手持生活用品的侍女。墓中还出土了俑人仪仗队，三彩俑 69 件，木俑 162 件，陶俑 834 件，是研究当时礼乐制度的重要依据。

永泰公主名李仙蕙，是唐中宗第 7 女，于大足元年被武

则天杖杀。中宗复位后，于神龙二年与其夫武延基合葬，陪葬乾陵。永泰公主墓外观为覆斗形封土堆，砖砌甬道和墓室。墓室内绘满壁画，多为侍女形象，线条生动流畅代表了唐墓壁画的较高水平。

#### 四、汉代帝陵

西汉王朝共经历了 11 位皇帝，除文帝霸陵和宣帝杜陵在渭河以南外，其作 9 个皇帝的陵墓都分布在咸阳原上，构成了“一”字长蛇阵。它们以汉高祖刘邦的长陵为中心，自西向东依次为：武帝茂陵、昭帝平陵、成帝延陵、平帝康陵、元帝渭陵、哀帝义陵、惠帝安陵、高祖长陵、景帝阳陵。

西汉帝陵规模巨大，除霸陵的以山为陵外，其余均用黄土夯筑成高大的坟丘，略呈方形，顶部平整，汉代人称“方上”，现在人们则形象地称为“覆斗”。陵园平面方形，四周有夯土筑造的围墙，每边各有一门，门道两侧各有一土阙。陵园之旁建初殿和庙，汉代帝后合葬同茔而不同陵，后陵一般在帝陵之东，坟丘也较帝陵为小。

西汉诸陵的陪葬墓都在帝陵之东，是陵园的重要组成部分。长陵的陪葬墓最多，规模最大，现今地面上仍有 60 余个坟丘，纵横整齐排列。

西汉从长陵开始置陵邑，实行陵邑制，即依陵设县制度，因陵移民置县者七陵（高惠文景武昭宣）。长陵、茂陵各万户，其余 500 户。所迁之民多为高官富豪之家，造成陵墓附近繁华一时，成为富豪特别集中的地区，当时人称渭北纨绔子弟了“五陵公子”。

在汉代帝陵中尤以汉武帝茂陵最为出名。汉武帝刘彻是

西汉王朝第五代皇帝，其文治武功在中国历史上赫赫有名，在历代帝王中也出类拔萃。他在政治、经济、军事、文化等方面采取了一系列有力措施，加强了封建主义的中央集权制度。汉武帝从即位后的第二年就开始为自己营建陵墓，前后长达 53 年，最终建成了一个在西汉帝陵中规模最大的陵墓，这就是举世闻名的茂陵。

西汉王朝建立了一系列的封建制度，包括皇帝陵寝制度。陵墓的形状、规格都有统一而严格的规定。其他皇帝墓冢都遵循制度，覆斗形墓冢高度均在 30 米左右。唯独茂陵超出这一高度，这是汉武帝好大喜功性格的自然表现。在茂陵西北 500 米处是那位据称是“倾国倾城”的李夫人的墓。

茂陵东南约 1 公里处，有大面积的汉代建筑遗址，出土很多有四神图案的空心砖、青玉铺首和带有谷纹的琉璃壁、有字瓦当等，可能是茂陵的陵寝所在。

茂陵的陪葬墓在茂陵之东，今尚存 12 座，其中便有西汉著名将领霍去病的墓，该墓起冢象祁连山，冢上立石，置石人石兽，以表示生前的武功。霍去病墓位于茂陵东北 1000 米，其石刻有“人与熊斗”“马踏匈奴”等 16 件，是中国现存最早而又保存完整的成组石刻。

距史料记载茂陵的殉葬品极为丰富，到武帝入葬时，墓中随葬品早已塞满，这一文物宝库将随着科学技术的发展，重见天日。

## 第九章 世界古代建筑掠影

### 第一节 非洲和中东

#### 一、 斯芬克司——狮身人面像

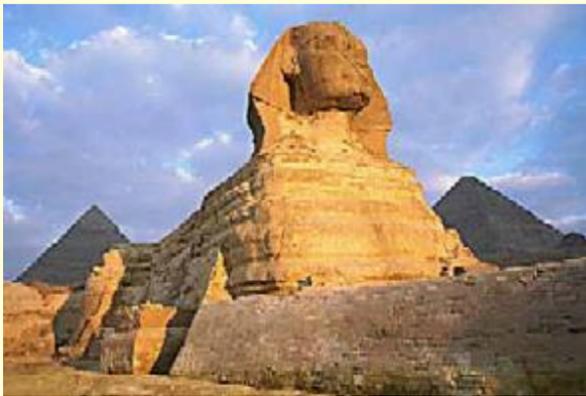


图 11.1 斯芬克司——狮身人面像

最古老、最震撼人心的斯芬克司位于吉萨。这就是用一整块巨石雕凿而成的人面狮身像，如图 11.1 所示。

它面对太阳升起的方向，昂首远望，稳如磐石般地屹立在凯欧普斯金字塔旁，好象哨兵为他站岗放哨。他的头部是依照凯佛兰法老（约公元前 2620 年，凯欧普斯国王的儿子）的面孔雕凿而成的，酷似天神赫鲁斯——盘在牛背上的眼镜蛇，

又被视作法老的保护神。

源于埃及说话，斯芬克司是传说中的怪兽，长着狮子的身体，人的脑袋。斯芬克斯是代表力量与安定的太阳神的转世化身，同时是墓地的守护者。

在埃及的影响下，斯芬克司也融入了其他国家的传说中，有的还给它加上了翅膀和女人的乳房。在希腊说话中，斯芬克司拦住旅行者，强迫他们猜谜，猜不中者便被它吞吃掉。直到有一天，一个勇士叫俄狄蒲斯来了，他回答并猜中了如下谜语：“什么动物早上有四条腿；中午两条腿；晚上三条腿？”勇士回答说：“是人”。于是斯芬克司羞愧地跳崖自杀了。

当年建造金字塔时，这里是采石场。采石工们把场内上等坚硬的石块开采来建造金字塔，但中间一片岩石含有贝壳之类的杂质，结构松散，故弃之不用。金字塔竣工后，采石场上便留下一座小山。

相传，公元前 2610 年，哈夫拉国王前来工地巡视自己未来的陵墓，见此山挡在塔前，颇不雅观，龙颜顿时不悦。摆在建筑师面前有两种选择：或拆除运走，或利用它改为陵墓的组成部分。

天才的设计师从古代的神话和山的外形中汲取了灵感。远古时，负责保护本部落安全、抵御外来之敌的酋长常常被比作勇猛的狮子，而在神话故事里，狮子又是陵墓和庙宇等圣地的卫士。或许设计师意识到狮子还有残忍的兽性一面吧，于是别出心裁地把小山雕琢成哈夫拉的头像和狮子的身躯，把象征人的智慧与狮子的勇猛集合于一身。于是，一件千古

不朽的造型艺术品就这样诞生了，它是世界上最古老和最大的一座狮身人面像。

4000 多年来，狮身人面像象一名忠于职守的卫士，匍匐在哈夫拉金字塔前，天天凝视着旭日东升，默默无语地观察着人间的忧患沧桑。

由于漫长的无情岁月的洗礼，像脸仍似哈夫拉国王，但它面上道道皱纹，昔日外层的红色胶泥大部分已剥落，皇冠、圣蛇、长须也都不翼而飞。

它的鼻子深陷，胸部和全身“肌肉”松弛，斑斑驳驳，遍体鳞伤。项圈和彩绘无影无踪，只剩下头顶上一个四方形固定皇冠的深洞，关于它的鼻子，有人说，它是法国拿破仑进攻埃及时，用炮轰坏的。其实并非如此，因为早在拿破仑之前，就已经有狮身人面像缺鼻子的记载了。

## 二、 金字塔



图 11.2 金字塔

金字塔是古埃及及法老巨大的陵墓建筑物，其起源毫无

疑问地可追溯到马斯塔巴式坟墓，如图 11.2 所示。

马斯塔巴是一种低矮的长方形坟丘，它四壁倾斜，设有祭台，在它状似斜井的底部修整出墓室。最早的金字塔就是马斯塔巴逐渐扩大演变而成的，萨卡拉的金字塔足以表现出这一点。这一金字塔是于公元前 2800 年，为狄戎赛法老修建的，也是迄今为止我们发现的最古老的金字塔。这种墓地的工程建筑逐步变化、改进，最终采用金字塔形状，象吉萨金字塔那样，其规模和技术都达到了完美的程度。

狄戎赛（公元前第三王朝二世法老）是享有金字塔的第一人。他派人在萨卡拉汉（古代孟菲斯最大的坟场）在一个马斯塔巴的基础上建起来第一座金字塔。它高达 61 米，有一个用长砖砌成的六级台阶。在宽阔的长方形围墙中央有一系列的院落和大厅。这一建筑是建筑师因海特普的杰作。是他发明了修凿墓石的艺术，他是个令人吃惊的人物，因为他不仅是建筑师，还集帝国大臣、医生及赫利俄普斯大教堂的主教等职于一身。

在距吉萨城 8 公里的地方，在一片高原上，从东北向西南一列排开，耸立着世界上最著名的三座金字塔，各个塔壁十分光滑。他们是：凯欧普斯（最高，137 米，世界七大奇迹之一）；凯佛兰（136 米）；马凯内努斯（66 米）。和谐的比例、雕凿的科学及巨大的石块的砌筑都充分表达出对墓葬建筑的深入研究。

国王凯欧普斯的宏伟金字塔，建于公元前 2650 年，稳固地屹立在一片大平原上，它高 137 米，底座长 230 米。这一人类历史上最壮观的建筑，总共使用了六百万吨的原材料；

每块巨石体积约 2 立方米，重 3—4 吨！为了搬运如此巨大的石料，埃及人在金字塔工程周围用土堆起斜坡，在上面铺以圆木栈道。随着工程不断升高，土坡也越堆越高，直到金字塔工程竣工，再把土坡栈道清理干净。

凯佛兰和马凯内斯金字塔内部都有两个墓室。与之不同的是凯欧普斯金字塔内有三个各不相邻的墓室：一个在地底下，另一个在金字塔基部，最后一个在金字塔重心坐标的位置上。尽管设计师们为了保证陵墓的神圣的不可侵犯性而发挥了极其丰富的想象力：用巨石制的狼牙山门堵住狭窄的过道；为掩人耳目把金字塔的人口用白灰砌抹得天衣无缝。但是，各石棺中的木乃伊已是所剩无几。

埃及的金字塔已经成了世界上七大谜之一了。为什么它当中充满了如此浓厚的神秘气氛呢？

在埃及首都开罗西南 10 公里的吉萨郊外、尼罗河西岸的沙漠上，这三座金字塔直插蓝天。它们体现出永恒、稳定、简洁、雄伟、庄严之美，被列为西方古代七大奇观之首。

金字塔是帝王的陵墓，四边呈三角锥形，如汉文的“金”字，故称金字塔。远古埃及王法老（国王的称号）一登基，便开始建造自己的陵墓。吉萨三塔即公元前 2600—前 2500 年间，古代埃及第四王朝法老胡夫（齐阿普斯）祖孙三代的陵墓。吉萨三金字塔以、胡夫金字塔最大，塔基占地 5.29 万平方米，正四边形，每边各长 230.6 米，因长期风蚀，今仅剩 227 米。金字塔斜面正对东西南北四方，倾角  $51^{\circ}52'$ ，组成四个等边三角形，成为立锥形的庞然大物。塔表面原有一层磨光的石灰岩贴面，今已剥落。塔原高 146.6 米，今沉

陷剥蚀余 137 米，相当于 40 层摩天楼之高。

胡夫金字塔用于平均重 2.5 吨的 230 万块巨石垒成，总重 600 万吨。石块之间合缝严密，不用任何粘合物。塔内建墓室，以一块 400 吨重的石块覆顶。墓室出入口开在北坡离地 17 米处，并有几个通气孔打穿塔身直通野外。塔外配有祭庙和同时代理葬的王室、贵族、将相的小金字塔，现多以坍塌。根据计算，此金字塔必须有 10 万名劳力连续工作 30 年，才能完成如此浩大的工程。

塔侧祭庙前耸立一尊狮身人面像，就是前面所说的“斯芬克斯”，利用露出的岩石就地凿成。它原长 73.3 米，高 22 米，脸部直径 4.1 米，耳长 2 米，鼻长 1.7 米，胡须长 75 厘米。

胡夫的孙子齐夫林的金字塔，一称哈夫拉金字塔，比胡夫金字塔略小，塔基边长 216 米，原高 143.5 米，今蚀余 129 米。胡夫的曾孙迈塞里努斯的金字塔更小，一称孟卡拉金字塔，塔基边长 109 米，高 66.5 米。

人们在开罗遥望，三大金字塔耸于晴空之下，好像是群山的高峰，令人叹为观止。站在塔下，那巨大的形体和重量，给人一种精神上的压力，直感到挺不起腰来，顿时被帝王的绝对权威所折服。

如此规模的巨型金字塔，仅限于古王国第四、五、六王朝时期（公元前 2613—前 2181 年），前后共有 20 多代法老。此外，还有许多微型的贵族金字塔，大大小小至少有 500 座吧。埃及至今已发现金字塔 85 座，其中经过严格考证的 47 座中有 20 多座在吉萨沙漠中，多从沙底挖出，残破颓朽，墓

中财宝被盗窃一空。包括吉萨三大塔在内，塔周的祭庙、陵道、回廊等附属建筑多已荡然无存。

早在公元前 2890 年，埃及国王就开始大规模营建陵墓。最初是平顶长方形的大坟堆，公元前 2686 年发展为 6 级、70 余米高的梯形高坛，公元前 2600 年前后已臻于完美，出现锥形的金字塔。

公元前 2181 年埃及各地方贵族崛起，中央集权制瓦解，法老再也无力建造大陵墓，只好将就栖后生于低矮的弯形、四方立锥形的小塔内。公元前 1991 年，埃及政治中心转到尼罗河中游山区的底比斯，为防盗掘出，王陵逐渐改建于深山岩穴中，金字塔终被淘汰。

在世界其他地方，如苏丹、埃塞俄比亚、希腊、意大利、印度、泰国、中国和西亚、拉丁美洲也有似金字塔的建筑，有的是陵墓，有的是宗教建筑，惟规模较小，多为阶梯形，只有墨西哥的金字塔可与胡夫金字塔相媲美。

四五千年前，进入早期奴隶社会青铜时代的埃及，全国人口不过二三百万，劳动工具十分简陋，一点点可怜的农业收成，哪有力量建造如此规模的巨塔？后人多方探究，迄今尚未作出令人满意、信服的答案。

风行于西方的《众神之车》《太空生灵的生活》等书的作者，索性将人类建筑的奇迹归功于天外来客，认为只有域外“神仙”，才能造出金字塔来。

古希腊历史学家希罗德于公元前 5 世纪访问埃及，在其名著《历史》一书中记载：胡夫下令全国劳动力每 10 万人组成一个班，每班无偿服役 3 个月，轮流替换，前后历时 30

年建成金字塔。希罗德时代距建塔年月已有 2000 年，所述难以佐证。这么大的工程，必须有一大批固定工常驻工地，从事设计、管理、后勤、材料生产供应等事务，单靠临时工轮换是不可能建成的。

后来，考古学家在金字塔周围发现许多平民坟墓，其中白骨累累，还有妇女、小孩的骸骨，显然是有许多奴隶拖家带小，终身劳役，葬身于斯。

胡夫金字塔所用石块，若以现代火车装运，也要 60 万辆车皮才能运完。有人认为，造塔巨石一般在尼罗河西岸就地开采，只有铺面白色石灰岩板才从东岸山头取来。

美国学者贝斯 70 年代认为，古埃及人巧妙地利用了地形，在原有天然小丘外包上石块，砌成金字塔，省去一大半的工程量。近的法、美化学家分析了塔石成份，断定金字塔是石灰石和贝壳粉混凝成的人造石注入木框成型的，用 20—30 磅的筐子装运，可以就地工厂化生产，用不着远地采石、打磨、运输。话说得如此轻巧，只还没有足够的证据认同上述奇谈。

现代工程学这样分析：远古采石是用铜钎，在石块预定部位打眼，再插入硬木楔，灌水。木楔遇水膨胀，撑出裂纹，然后撬开整平，用沙子加水磨光，成为石材。运输工具是人拉或牛拉的木橇。建塔过程是先砌成阶梯形金字塔，然后在塔外铺施斜坡，往上运石；在往外砌斜面时，以短木杠杆上拉下撬，将石运到塔顶，再自上往下装修。另一种方法是在塔外筑土坡，顺土坡逐层砌上去，塔成移走土坡便告竣工。

胡夫塔的斜锥面是  $51^{\circ}52'$ ，这是一个最朴素的力学原

理。取一定量的沙土作实验，从上到下慢慢倒在地上，直至沙土不能堆积为止，必成一个圆形土堆，此时若丈量便正是  $51^{\circ}52'$  倾角。埃及金字塔不过是四面削平为等边三角形而已。以此倾角向东西南北四方的建筑物，具有最大的稳固性，四面来风都被均匀分散掉，连特大地震也不会崩解。吉萨三塔长存于世，原来是古埃及先民早就掌握了力学原理。

胡夫金字塔建成以后，传说塔内藏有数不清的金银财宝，但后人慑于法老咒语，未敢贸然盗陵。公元 9 世纪，冒险家终于舍命攻塔，找到入口石门。可是，怎样捣弄都不能破门而入。后先以火烤，再往上泼醋，石门才崩裂坍塌。

强盗入门后转喜为忧，通道里又有一块巨石挡住去路，破开巨石又有迷宫般的隔墙，左绕右转都走不到尽头，差点葬身塔内。在这之后，是否再有冒险家潜入塔中盗宝，不得而知。

近代最早研究金字塔的法国探险家桌波里昂于 1828 年率队考察胡夫塔，历经万难，终在塔的腹心、离地面 40 米处发现一个大厅，厅角安置着一口巨大的花岗石棺，棺碑上铭刻如下咒语：“不论是谁骚扰了法老的安宁，死神之翼将在他的头上降临。”卓波里昂不以为然，四年后却突然中风麻痹，42 岁死于非命。

闯入过胡夫塔甬道、遍访埃及各地墓穴、接触过不少木乃伊的意大利考古学家贝沙尼，也在 1923 年春患了“疯颠”怪病，年底身亡。1850 年开始担任埃及总督私人医生的德国人哈兹于 1862 年带领贵宾参观金字塔墓室，回开罗途中突然抽筋昏迷，十多天后暴卒，年仅 37 岁。研究金字塔蜚声全球

的英国考古学家皮屈爵士，1942年突然发病死于归国途中。上埃及古物部督察长哥尼姆博士，多年患抑郁症，1959年自杀身亡。曾观察掘墓现场的贡国人威士伯夫妇，也是“发疯”而双双自杀。1974年为《滚石》杂志写稿而实地采访金字塔的甘凯塞，在穴里呆了几分钟，出来后一病不起。几十名大学生进入金字塔墓穴参观，返回住地后如闪电般先后“中邪”死去。

死于法老墓穴咒语的名人的学者，可以列出一长串，凡夫俗子看过墓穴而暴卒的，更是不可计数。咒语果然应验？真是令人不寒而栗。

开罗大学生物学博士塔亚医生经多年研究后，1962年11月3日宣布了富有说服力的结论。他发现，接触墓穴者暴卒的元凶是曲霉菌。曲霉菌生命力极强，可以金字塔穴内或木乃伊体中生存几千年。曲霉菌可引起人呼吸系统发炎，皮肤起红斑，肺肿堵塞，高烧，震颤，最终不治身亡。法国女医生菲利普进一步发挥道，曲霉菌并非法老有意放置，而是墓内久置水果、蔬菜、食物等供品腐败滋生的。由此确认，法老咒语只是恐吓人的花招。

许多人不敢苟同这两位医生的论断，提出不同的死因：

法老木乃伊和汞和氰化物防腐，接触空气后蒸发，熏死了接触者。

古埃及僧侣深谙动植物提取毒物之术，在墓室预置毒物，使偷入穴者在劫难逃。

古埃及是个矿业大国，石英脉中含有铀、钍等放射性物质，许多矿工死于非命，法老从中得到启发，在墓穴内铺

上放射性石头，使入穴者受辐射而死。

锥形金字塔聚集光能、磁力、射线于腹心，使墓穴成了死亡的陷阱。

金字塔的“报复”是个复杂的科学问题，不是三言两语说得清的，科学界势必继续争论下去。

读者看到的宣传材料都说狮身人面像是胡夫的化身，是他自喻为太阳神的象征，至于石像断掉的胡须和鼻子，则是1798年拿破仑远征边炮击石像所为。事实果真这样吗？

狮身人面像是古埃及人崇拜的偶像。它屹立在吉萨金字塔的前方，好像一名卫陵的勇士。胡夫4500年前建造自己的陵墓时，并无自命为太阳神的设想。那时的工匠就地采石时，在祭庙前的采石场掘出一个“U”形大坑，预留出一块巨大基岩不采，工程收尾时就粗粗雕出“斯芬克斯”的粗坯，一尊狮身人面像的雏形就这样形成了。

过了1000年，约公元前1430年间，埃及十八王朝王子图特摩西斯四世在荒漠上狩猎，队伍停在斯芬克斯石像下小憩，他靠在石像下处睡着了，做了一个美梦。梦中的斯芬克斯自称是太阳神和埃及神，预言图氏将会成为统一埃及的法老。

公元前1425年预言果然实现了，图氏登上了王位，他立即命令重修石像，进行细部雕刻，表面用石灰浆保护，涂上颜料，并在石像胸前放置一尊先父的雕像，以此象征他由神而来，并受到神的保护。同时在祭庙石壁上，雕刻他在石像小憩遇神的故事。

从此以后，斯芬克斯的地位才登至历史的巅峰，成为埃

及全民膜拜的神灵。至于脸型仿自哪位法老，并无记载。

1978年，学者马克·列耐尔采用复杂的电子计算机立体摄影法，重现了公元前1250年间斯芬克斯的原貌，与今日所见面目全非。除了天然风化剥蚀之外，不能排除后人再加工和破坏的可能性。石像的胡须碎片（现藏于大英博物馆），是意大利船长卡非戈利亚于1818年清理祭庙时发现的，并非拿破仑炮击后窃取的。1926年，法国工程师巴莱斯用灰浆和石料支撑、固定风化了了的像头部，确保石像免致塌落。

斯芬克斯还有许多疑问待解，最迫切的是如何把它保护起来。有人建议用巨大的透明玻璃金字塔，将石像整个儿罩起来。有人建议在它周围砌起大墙以阻挡风沙的袭击。

1953年在胡夫金字塔以南一个密封的石窖内，发现了一堆木板。窖深3.6米，长31米，2.6米，上覆苇席，下面整齐堆着1244块木板，长度从10厘米到23米不等，板上有许多圆洞，不知其用途。经25年的细心发掘、研究和拼装，人们发现原来这是一艘4500年前的“太阳船”，其长43.4米，最宽处5.9米，船头高6米，船尾高7.5米，两侧各配船桨各6支，载重量可达50吨。

这是吉萨金字塔群近百来最重要的发现，它为古埃及祭祀、民俗、造船工艺提供了许多研究线索。原来，古埃及人信奉太阳神，认为人死后能够复活，但必须乘船才能升天。这条船就是为运送胡夫尸体而特制的。胡夫木乃伊运入金字塔墓穴下葬后，木船即拆散，埋于塔旁，供胡夫“复活”升天时乘用。1980年，这条世界最古老的木船被密封于玻璃罩里，并在原址建立起太阳船展览馆向游人开放。

### 三、巴比伦的通天塔和空中花园

巴比伦位于现今伊拉克首都巴格达以南 88 公里处的幼发拉底河畔，曾是河流域的中心城市，为人类古文明的发源地之一。它的城墙、通天塔、空中花园，被西方史学界列为世界七大奇观之一。

今天的游人所见到的巴比伦城只不过是一片废墟。断垣残壁旁边复原了一座城门、一座希腊式七级圆形剧场、一座神庙，新建了一座博物馆，同时又建起了若干旅馆、商店以接待游客，至于千古传颂的通天塔、空中花园，那只能在博物馆的展览模型上一见了。

首先让我们来看看宏大的巴比伦城。

公元前 19 世纪，这里崛起了强盛的巴比伦帝国，前 13 世纪，巴比伦被亚述帝国征服后，都城数度被毁。公元前 7 世纪末，新巴比伦王国再度兴起，尼布甲尼撒二世在位时，王国进入鼎盛期，不仅垫高了旧城洼地，而且重建了更大规模的巴比伦新城。公元前 539 年，新巴比伦王国落入波斯帝国手中，公元 2 世纪古都终于沦为废墟。

巴比伦城究竟有多大，是个什么模样？1899 年，德国建筑师科尔德韦率民工 200 多人，前后发掘了 15 年，总共清除掉 11.6—23.5 米厚的瓦砾覆盖层，终于找到了 6.8—7.6 米厚的砖砌城墙。由此证实，史书记载的数据是可信的。

巴比伦城占地 100 平方公里，是当时中东最大的城市：外城墙全长 17.7 公里，内外包砖，中间夯土，宽可供四驾马车奔驰；城门 9 座，塔楼 250 座，青铜大门 100 个，其中北门（伊什塔门）为正门，高 14 米，表面装饰由彩色琉璃砖拼

砌成的浮雕，共有图像 500 余幅；内城墙周长 8 公里，内外墙之间为花园和民居，犹太俘虏就囚禁在这里服劳役，外墙有城壕环绕，危急时放水注满；9 条主街以城门为起点，街面铺石板；幼发拉底河上跨有石桥，条条大街通向马尔杜克神庙（巴比伦守护神），其中中央大道宽达 22.43 米，两侧是 6.83 米高的石墙，墙面装饰着张牙舞爪的狮子浮雕，实际上这是膜拜马尔杜克神的神道。

读者也许会有疑问，年代更为久远的埃及古建筑都能留到今天，而巴比伦城何以荡然无存：其实，埃及古建筑多为厂质结构，可长久保留，而巴比伦被地下水浸蚀，盐碱严重，洪水泛滥，再加四野无石，建筑多用土坯垒成，极易软塌。

古巴比伦用太阳晒干的“砖”造屋，实际是生土坯。新巴比伦虽略有必进，重点工程采用经火适当焙干的砖，特级建筑用琉璃釉面的砖，然而，人为的毁灭性破坏要比自然侵蚀惨重得多，每一次战乱，入侵者总是肆意捣毁。今日巴比伦附近的村镇，用的砖多是古城的材料，砖上国王的印记隐约可辨。

巴比伦的通天塔是人类最早的摩天大楼。《圣经·创世纪》提到巴比伦的通天塔。16 世纪比利时画家布鲁吉尔画了一幅想象图，状如密布蜂巢的山堡。德国人科尔德韦带队发掘，终在城南东北角发现一座拱形建筑基址，墙拱以石料、砖块砌成，当中有一口三眼井，这是他在古巴比伦城遗址上发现的唯一古建筑。他翻阅所有古代资料，认为这些拱是“空中花园”的支撑物，并是专为花园的浇灌开凿的。

后人在发掘马尔杜克神庙遗址时，发现一方刻有希腊学

者希罗多德于公元前 460 年游览巴比伦留下的碑文，上面载明了通天塔的尺寸的层数。人们循此找去，原来那就是科尔德韦所指的“空中花园”遗址。

科尔德韦指鹿为马，将通天塔和空中花园的遗址搞混了。这个通天塔基址，是个长宽各 90 米的正方形大坑，底下积着地下水。科尔德韦将积水误认为“三眼井”。2000 多年来，当地居民挖砖建房，一层层扒下去，终于形成如今这么大的一个深坑。

通天塔始建于公元前 17 世纪汉谟拉比时代，为的是供奉马尔杜克神。塔基每边长 87.78 米，总高度也是 87.78 米，共 7 层，往上逐层缩小，成梯形金字塔形，最高层盖有神庙，外墙包着金箔，饰以蓝色的釉砖。纯金造的马尔杜克神半人半兽，端坐在金桌边的宝座上，面前放着纯金脚凳。此塔全部耗金量达 26.07 吨！用砖 5800 万块。祭祀时，成千上万人在国王的带领下，沿着宽阔的神道来到塔下，向神膜拜。

公元前 13 世纪以后，通天塔随城毁灭。公元前 6 世纪，尼布甲尼撒二世重建通天塔。前 539 年波斯王灭巴比伦时，被这座雄伟的建筑所倾倒，不仅禁止部下毁塔，还下令在自己陵墓上造了一个类似的小塔。公元前 484 年前后，另一波斯王薛西斯还是把它捣毁了。公元前 331 年马其顿帝国亚历山大大帝远征印度时，曾凭吊过通天塔遗址，为表示敬仰，他曾令 10000 名士兵清理废墟，费时两个月，终于显露出塔基。

今人描绘的通天塔想象图可能已相当接近于历史原貌了，但这毕竟是一个谜。特别是塔内结构，登塔楼梯造型，

至今未见记载。现代人有必要重造这样一座塔吗？

比起通天塔来，空中花园才是一个千古之谜，它没有墙基，也没有遗址可寻，连其占地面积和高度都没法估算。史书只有零碎的记载，一份史料称，空中花园高达 110 米，超过通天塔，两头连接内外城墙，仿通天塔成阶梯状层层升高，逐层种种植花草树木，用人力引河水上山浇灌花木，并构筑人造溪流、瀑布等奇景。

根据另一种记载，空中花园附筑于王宫旁边，是个占地 1260 平方米的四层土坛，高仅 25 米，层层栽植花草树木。可以肯定的一点是，空中花园是一座人造假山，靠人工引水上山，遍植奇花异草，用以美化巴比伦平原单调的景色。

人们所以相信空中花园的存在，是因为历史上确实有过波斯公主远配巴比伦王，国王建了一座空中花园来抚慰爱妻的故事。

公元前 626 年，长期受亚述帝国统治的巴比伦人民起义，新巴比伦王国宣告独立，并同伊朗高原上新兴的米堤亚国结盟，共同讨伐亚述帝国。公元前 614 年，两国军队会师于亚述城下，米堤亚国王将有闭花羞月之貌的公主许嫁给新巴比伦国王，进而两国结成更紧密的同盟关系。

公元前 612 年，联军攻陷亚述首都尼尼微，纵火放水予以彻底毁灭，亚述帝国从此灭亡。米堤亚是个碧绿的山国，公主乍来一望无际的巴比伦平原，周围没有山峦起伏，树木又不多，沙漠热浪更是迫人，所以一直郁郁寡欢。

巴比伦王下建筑空中花园，意在仿造伊朗高原有山、有水、有树、有瀑布的景色，让公主一入花园如回故国，消释

思乡之愁。这一着果然见效，公主从此乐不思故国，与巴比伦王恩爱一生。

按照合理的想象，空中花园不可能高过通天塔，因塔顶供奉的是至高无上的马尔杜克神，花园岂许超过神庙？空中花园肯定建在宫旁边，张眼可见，出入方便，随时可供公主赏玩。然而，谁又能撩去千年谜纱一入空中花园呢？哪怕仅仅是一睹它的风韵？

#### 四、卡尔纳克与国王谷

卡尔纳克的大规模的遗址是世界上最广阔的考古胜地之一。它坐落在狄比斯古老坍塌的遗址上。它是曾有“百门之城”美誉的恢复建筑，于公元前 665 年惨遭阿塞利亚人的破坏和掠夺。时至今天，还仅存三座著名建筑，每一建筑都有围墙环绕：可汉索围墙（月亮神）、阿蒙围墙（天神）和姆特围墙（阿蒙的妻子）。不幸的是，由于修建了许多堤坝，卡尔纳克胜地正受到不断上涨的尼罗河水的威胁。

阿蒙庙位于尼罗河畔，与国王谷隔岸相望。它包括不同时代修建的一系列建筑物。现存的建筑大部分建成于公元前十六和二十世纪。第二座塔门里荫护这世界上最大的多柱式建筑厅堂：134 根高达 23 米的柱子拔地而起！但是卡尔纳克的宝物之一白色祭台却是在阿蒙庙第三座塔门里被发现的。发现时它已被拆了下来。圣船式的祭台是赛色司特立斯一世于公元前 1950 年建造的。它那精致的浮雕，简朴的风格深深地打动着每一个参观者。

鲁克色尔神庙距卡尔纳克 3 公里，是阿美诺菲斯三世于公元前 1400 年开始兴建的。现仅存两座巨大石雕，是美农法

老的坐像，高不少于 15 米，安放在入口处。巨如磐石般的雕像用于庆典时君王们的祭祀朝拜。图坦卡蒙法老又添加了一些建筑。最后，拉姆赛斯二世在原来的多柱式巨大建筑中又修建了一个新院落，竖起来 6 座庞大雕像、两座方尖形纪念碑（其中一块于 1831 年被法国掠走，现放在协和广场上）。此庙宇经由斯芬克司小路与卡尔纳克相通。

国王谷位于尼罗河左岸，与卡尔纳克和鲁克尔隔岸相望。这可称为一座真正的城市：许多人负责整理、看管陵墓，还有专门的管理委员会和专职祭司及特护卫队。陵墓的入口一般都是开凿在山上，可以掩人耳目，很难被发现。但不幸的是一系列的保护措施全都无效，因为所有的国王及王后的陵墓都被洗劫一空。只有 1922 年被赫·卡尔特发现的图坦卡蒙陵墓免遭一劫，使人有幸一睹他那举世闻名的镶嵌了玉石的纯金面具和其他陪葬品。

## 五、佩特拉

这个古城市位于红海与死海之间，座落在悬崖峭壁之下、怪石荒野之中。佩特拉曾是俄多米特人的首都，他们是希伯来人的支族。讲圣经语。后来佩特拉成了奈伯特人的首都。奈伯特人是阿拉伯北部民族（古巴勒斯坦人），他们主要以在地中海盆地和阿拉伯半岛之间贩卖香料和祭品为生。

奈伯特人在希腊化时代曾达到他们的鼎盛时期，直到 106 年被特拉简人征服，只有难以辨认的蜿蜒曲折的山间隘路通向佩特拉，因此 1812 年这座“死亡城”才被发现。

佩特拉尤以她直接雕刻在岩石上的建筑古迹而闻名于世。这种雕刻遗址堪称艺术与大自然完美的结合。这座神秘

莫测的岩石城，到处是宫殿般的陵墓和门楣上刻着神秘图案的洞穴。在灰暗的吸取了希腊和埃及风格的们面后，经常掩藏着规模不等的建筑物。

其中最著名的就是卡兹那·阿拉·法詹神殿。它高 46 米，是唯一的不是直接在岩石上雕凿出的建筑，它是用当地粉红色石头建成的。

## 六、骑士堡

叙利亚境内的骑士堡是十字军时代的典型见证。1099 年，图鲁兹的伯爵雷蒙·德·圣吉尔占领了这个地方，他明白这里是一个重要德战略要地：远眺霍姆斯湖的湖口和贝卡平原，可以通向地中海岸边。1142 年，该堡归耶路撒冷医院所有后享有许多特权，并成为叛逆土地上的一个钉子式的要塞。他们以为该堡战无不胜，然而，它终于在十三世纪末陷落。

骑士堡看起来是西方军事艺术与东方产品的令人瞩目的结合。该要塞有两道城墙，有复杂的开阔地与壕沟构成的防御体系，沟上只有一座桥梁。外墙上筑有雉堞，角落上和每面墙的中部均建有方形的塔楼，构成了外部防线。内墙里面有厅室、库房与小教堂，防御时可住 60 名士兵，进攻前夕可接纳 2000 士兵。

## 七、科威特水塔

在科威特，作为沙漠中发现油田后出现的黑色黄金城，迅速发展成了以高层建筑为特征的现代化大城市。然而这些平均高度为 90 米的住宅楼带来了供水问题。就这样科威特水塔于 1979 年应运而生。

第一座塔是一座独一无二的水塔，供水贮于距地 147 米的高空，高于城中的所有建筑物，其最大的圆球的下半部贮有 600 万升水，上半部是一个豪华餐厅；这座主塔上方的小圆球专门用作观光，有一个旋转咖啡厅。第二塔只有一个球体，完全用于贮水，容量是 4500 升。该建筑群的第三座锥形塔用来为前面两塔照明，塔身上安装有 96 盏探照灯。

## 八、杰内清真寺

马里地处非洲，文化方面有灿烂丰富、旧负盛名的过去。马里帝国建于十四世纪，十五世纪衰败。帝国创建人宋哈依，不仅使该国在军事上赫赫有名，而且使食盐和黄金交易繁荣发展。

杰内位于巴尼河上蒙普蒂城的南部，是帝国商业的宗教重镇。杰内清真寺建成，用棕榈树干做支架，支架的上面每个突出端形成圈状，是典型的苏丹风格建筑。清真寺最早建成于十四世纪，几经毁坏后又重建，现在的建筑于 1908 年建成。

## 九、石殿

耶路撒冷是犹太人的圣城，这个名字希伯来语的意思是“和平之城”。石殿是哈里发委任的建筑师从 687 年至 692 年建造的。这位名叫阿布·阿尔的马利克的哈里发，希望这座城市成为朝觐的新地点（在麦加与麦地那之后），并且超过拜占廷式的基督教建筑。

因此，他选择了一个有双重象征意义的地方，因为石殿建在亚伯拉罕献祭替换其子以撒的羔羊的圣石上，同时，穆罕默德在一天夜里从这里登霄。此外，石殿的南面是阿克萨

清真寺，该寺占据了莫里亚山的平坦空地，山上还有萨罗蒙神殿。

石殿应该是一座符合周围可以散步的习俗的建筑。它是一栋八角形的建筑，里面有两个同心圆的步行回廊。环绕圣石的中心回廊上有一个漂亮的圆顶，圆顶原为木制，上面覆盖着一层镀金的铜箔。外面高高的大理石踢脚柜上方的五颜六色的陶瓷装饰物是奥斯曼时代的产品。石殿的内部布满以黄金为底色的镶嵌画、色彩斑斓的大理石和交错的石拱，均象征着拜占廷的艺术。

## 十、圣·索菲大教堂



图 10.3 圣·索菲大教堂

拜占廷、君士坦丁堡、伊斯坦布尔，三个名字指的是同一座城市，这同样象征着穿过这座城市的艺术潮流。圣·索菲大教堂完全代表了拜占廷的宗教艺术，如图 11.3 所示。

该教堂由希腊建筑师伊西多·德·米耶和昂德米奥斯·德·特拉尔从 532 年至 537 年建造，旨在奉献给英明德

天主。1453年，它被土耳其人改造成清真寺，并且在西侧竖起了四个尖塔。它的外表朴实无华，内部都由色彩艳丽、精雕细刻的石头镶嵌画构成。从1922年开始，这里成为博物馆。

### 十一、吴哥古城

与中国长城、埃及金字塔、印度尼西亚婆罗浮屠，并称为东方四大奇迹。柬埔寨国旗上的金色三塔圣寺图徽，画的就是吴哥寺。

吴哥在金边湖北岸，东南6公里为暹粒市，距首都金边240公里。公元九世纪到十五世纪是柬埔寨的国都，公元1431年被入侵的暹罗军队捣毁，从此湮没于丛林之中。1914年被法国一位地理学家发现。

京城创建于公元802年，正是真腊王国（柬埔寨古国名）最强盛时期，后经五百年不断扩建，1201年基本完成。城市包括大、小吴哥两部分，大吴哥即吴哥城，小吴哥即吴哥寺，又称吴哥窟。共有重要建筑物600座，散布在45平方公里的河滨平原上，现有遗址可寻、有记录可考的还有40余座。

这些建筑不用寸金尺木，纯以红色砂岩砌成，有的石块重达8吨以上；表面刻满浮雕，寺塔、佛龛、廊柱的雕像栩栩如生。它是国王驻节地，又是宗教圣地和文化中心，是王权和神权合一的京都。

城内街衢广阔，宫殿和寺庙鳞次栉比。一般民房和街市设在城墙外的附廓和近郊，居民有几十万之众。从金边湖和暹粒河引水入城，近郊又开了三大人工湖，灌溉渠纵横交错，稻田连绵数十里，从而保证了军需民食，为吴哥城的发展提供了雄厚的物质基础。人世沧桑，泥沙沉积，当年紧靠湖岸

的吴哥城，现在已离湖 20 多公里了。

建筑风格深受印度婆罗门教的影响，同时揉合了古代高棉多神教和佛教的精华，显得格外壮丽和神奇。最突出的一点：所有宫殿、寺庙部丝毫不差的建在东西走向的轴线上，坐西朝东，面向太阳。

吴哥兴盛期，周围佛教徒纷纷前来朝拜。为了便利占城等国（今越南）信徒的朝圣，自吴哥到占城首邑（今越南东海岸的潘朗）开了多条驿道，每 13~16 公里建一客栈和诊所。

吴哥城即主城，呈方形。主要部分建于十二世纪末，当时的国王驱使 30 多万奴隶和民伕，从 80 公里外的考伦山采石运回，逐块雕琢垒砌而成。城墙厚 3.8 米，周长 4 公里。开 5 门，高约 20 米，门顶矗立大佛。城外环以深壕，长 6 公里。

我国周达观 1296 年随元使入柬，次年回国，写成《真腊风土记》对该城作了生动的描述：“州城周围可二十里，有五门，门各两重，唯东向开二门，余向皆一门。城之外巨濠，濠之外皆通衢大桥。桥之两旁各有石神五十四枚，如石将军之状，甚巨而犷。五门皆相似，桥之阑皆石为之，凿为蛇形。蛇背九头，五十四神皆以手拔蛇，有不容其走逸之势。城门之上有大石佛头五，面向西方，中置其一，饰之以金。门之两旁，凿石为象形。城皆迭石为之，可二丈。石皆周密坚固……其城甚方整，四方各有石塔一座。”

城中心有巴戎寺，由 16 座相连的石塔构成，远观如两座庙宇重迭在一起，由下层到塔尖酷似一座座山峰。四周有浮雕回廊，东向开 5 个门出入。

巴戎寺稍北为王宫，全部是木结构，周围 2 公里，地面已一无所有；自遗址掘得大量宋、元时代的中国瓷碎片。

城内还有已芳寺、空中宫殿、大广场、库列昂寺、癞王台、大佛台、群象台、普拉巴利黎寺等宗教和王室的建筑。精彩的浮雕和塑像早被入侵者挖光，仅剩土台、墙基和乱石让人凭吊。

吴哥寺在吴哥城南郊 4 公里处，是吴哥地区最重要而保存最完整的建筑物，既是供奉诸神的神庙，又是寺庙创建者苏利耶跋摩二世的陵墓。

寺建于 1112~1201 年，据说先后征调 1500 万劳工，始克完成。全寺规模赛如一座城池，地基长约 800~1000 米，总面积 4 万平方米以上。四周绕以宽 120 米、长 5.6 公里的城壕。四面各建一大桥和寺门，正面两侧是 230 米长的圆柱长廊，一条 475 米长的中央大道通向前方。进正桥正门是一个开阔的庭院，中间立了宏伟的纪念坊。中央大道两侧饰以七头蛇那伽神的石栏杆，七头蛇那伽是古代高棉人崇拜的女始祖和保护神。

全庙呈四方形，分东西南北四条走廊，每条长 250 米，上有屋顶遮盖。上面又有两层，层层均设回廊。最上一层筑五座尖塔，中央一座特高，距地面 65 米，比 35 米高的巴黎圣母院还高。全庙浮雕、塑像超过 1.8 万幅（尊），确是人间罕见的艺术宝库。

回廊浮雕共有 80 余幅，分为八翼排列。南廊东翼最长，约 60 米，上面刻绘着地狱之苦和天堂之乐的人世百态图。西廊南翼则描绘苏利耶跋摩二世的宫廷生活。这些誉称“石制

画卷”的巨型壁画，真实记载了古人的生活情景，是一部不可磨灭的“历史教科书”。现代艺术家还从壁画获得灵感和启迪，创作了造型别致的古型舞蹈。

吴哥寺东北 26 公里还有一座女王宫。始建于公元 967 年。一说它是后妃佳丽藏娇处，每逢战乱或柬王出征便将她们藏匿于此。一说寺院雕刻纤巧，完全出于女子之手，故名女王宫。

从出土碑文获知，女王宫实是“湿婆宫”，供奉的是婆罗门教的主神湿婆神（男性），跟女王没有多大关系。它坐西向东，由三层红砂岩围墙环护。第一道围墙长 110 米、宽 95 米。通过第三道墙正东的三个拱门，便见里面神塔巍峨，梵宫环抱。正中是三座巨石垒成的钟形塔殿，两面有对称的配殿。从基座到塔尖，都是刻画入微的浮雕。

三座塔殿建在 1 米多高台基上，各五层。每塔东、西、北开一门，高仅 1.2 米，门上有七头蛇神翘首警戒着，礼拜者必须屈膝趋行方能进入。塔上每层皆有神鬼罗刹的雕像。中塔殿供湿婆神，左塔殿供梵天神，右塔殿供毗湿奴神。梵天神像现藏于金边博物馆，其他两尊不知去向。当年，这里香火旺盛，每年柬历 4 月 29 日均在这里举行圣浴仪式，善男信女到宫前的圣河暹粒河中沐浴，洗去身上的“罪孽”。

## 十二、巴米扬大佛

早年的地理和旅游读物，多把阿富汗的巴米扬大佛称为“世界第一大佛”、“世界最大佛教石窟”。前者违背事实，后者准确可靠。巴米扬佛像的惊人高度、佛窟开凿的艰难历程及其艺术价值，处处闪现中亚古文明的光辉，存在着许多令

人难解的谜。

巴米扬大佛是 1500 年前世界第一巨佛。巴米扬在阿富汗首都喀布尔西北 150 公里处，人口不上 1 万，是巴米扬省的省会，连接伊朗至印度的交通隘口。海拔 2500 米的巴扬河穿峡而过。河谷北侧 3 公里长的断崖上，遍布 6000 多个佛窟，黑洞洞如蜂巢蚁穴。窟内雕绘着数以万计的佛像、壁画。

公元 630 年，中国唐朝高僧玄奘往天竺取经，朝拜了巴米扬圣地，回国后撰成的《大唐西域记》中称该地为“梵衍那”，对大佛作了如下描述：“王城东北阿有立佛石像，高百四五十尺，金光晃耀，宝饰灿烂。东有伽蓝，此国先王之所建也。伽蓝西有释迦佛立像，高百余尺，分身别铸，总合成立。”这是再存于世有关巴米扬大佛最早的历史记载。

两尊大佛相距约 400 米，掘窟傍山就地雕凿而成。西大佛高达 53 米，是佛祖释迦牟尼的造像，面容慈祥，造型生动，身穿红色袈裟，脸部和手镀金，相传凿于 5 世纪。

东大佛高 37 米，为伽蓝佛造像，身披蓝色袈裟，脸、手镀金，凿于 1 世纪。佛像空前之高，头顶平台就可站立百余人。直到公元 803 年，中国乐山凿成 71 米高的弥勒佛坐像，高度才超过。因此，巴米扬西大佛只能算是公元 803 年以前的“世界最大石佛”。

两佛的两侧腋下均凿暗洞，可攀阶拾级而上，直至佛顶平台，供人仔细观察佛像头部和肩部。大佛窟内石壁雕绘着彩色的佛祖、菩萨、飞天的图像。

大佛和壁画的风格深受波斯萨伽王朝的影响，带有明显的印度古典风格，兼有希腊、巴比伦文化的痕迹，形成独特

的佛教艺术流派，这就是后来对中国石窟艺术产生深刻影响的“巴米扬艺术”。

上述巴米扬大佛光彩照人的形象，是唐玄奘同时代的人看到的。大概距离唐僧访圣后不到100年，巴米扬便沦于频繁的战乱时代，佛像、石窟屡遭破坏。今日所见的大佛，不仅没穿袈裟，连脸部、手腕都残缺不全，很难想像当年的真面目。原来大佛所穿袈裟是以灰泥混凝草绳涂附而成，大部分已经剥落，一派蓬头垢体景象，令人扼腕叹息。

6000多个石窟不规则开凿在崖壁上，小者仅可容身出入，大者若一寺院。大窟集佛殿、经堂、僧房、膳室、仓库于一体，平面呈方形、长方形、八角形、圆形等等，窟顶开天井采光，内壁罗列多层佛龛。这种以石窟和佛像为主体的布局，已取代以佛塔为中心的印度式寺庙布局了。

石窟中琳琅江目的壁画，令人目不暇接。数量最多的是佛祖浮雕。表现释迦牟尼诸种形象。最精采的一幅，佛祖坐在法轮之中，双耳垂肩，两手合十，右肩袒露，四周有11尊小佛侍护。《太阳神图》和《弹琴图》，是壁画中的绝唱。前者，威武的太阳神笼罩在淡黄色的光轮下，身着长达膝盖的贴身束腰外衣，手按长剑，高踞于战车之上，由双翼飞马曳车驱驰。后者，姣媚的两位女琴师披散长发，头顶闪烁光环，裸露的双臂双腿佩戴手环、脚镯，身上飘带飞舞，纤纤玉手拨弄着竖琴。

现在的石窟残败，不堪入目，佛像和壁画不是被风雨蚀毁，就是给贼人拓走。所幸部分精品收藏在喀布尔博物馆的巴米扬展室中，其中包括大佛的波浪式卷发碎块和太阳神大

理石雕像。

为什么会出现这令人辛酸的败落呢，巴米扬是“丝绸之路”上的一个商站，东西方文化在此交汇。在阿富汗伊斯兰化以前，这里是印度佛教的中心之一。

公元1—5世纪，佛教普及于阿富汗，巴米扬成了一个朝拜圣地，不仅有宏丽的城市，还有几十座佛教寺院，仅职业僧侣就达数千人。信徒和商人不断在崖壁上捐资开窟凿佛，表达出对佛国天界的向往，从而开创出一个世界第一的“佛窟世界”。

中国东晋高僧法显（公元337—422年）、唐僧玄奘（公元602—664年），有幸看到这个圣地的辉煌景象。迟到的新罗（今朝鲜）高僧裴超（？—780年），看到的是一个破落的巴米扬。

当年最宏伟的卡克拉克佛寺，建于5世纪。寺庙的中央是一个方形院落，大殿在院落北部；院落四周是修行者的居室；寺外近千米处，有一座高耸入去的宝塔。唐玄奘很可能就是投宿在修行者的居室里。裴超失之交臂，来此已无僧房可住。今日所见的卡克拉克寺废墟，只存颓墙上的残零壁画和础基石雕，唯一的一根方形石柱中楣，依稀可辨佛祖的浮雕像。

太阳神是古代希腊、埃及、中东崇拜的神祇，它多处出现在巴米扬的壁画上，甚至独立塑造成像置于显著位置，这是耐人寻味的。喀布尔博物馆保存的一尊大理石太阳神雕像，就是在巴米扬南方的哈里尔寺庙出土的。此像为群雕组合，太阳端坐在马车上，周身饰物华丽，左右侧立两名侍者，下

方驭手挥鞭赶着两匹马拉的大车，向前狂奔，整体和谐自然，令人叹为观止。

西方太阳神东移到阿富汗，说明巴米扬受西方文化影响之深。然而，敦煌莫高窟就不见太阳神。莫高窟始凿于 366 年，全盛于唐朝武则天时代（公元 684—704 年），龕窟、佛像、壁画处处带有巴米扬的色彩，但少不了希腊的影响，加了中国化的风韵。要研究敦煌文化，脱不开巴米扬这位“老师”。巴米扬和敦煌之间的关系和交流，是一个值得深索的谜。

阿富汗的伊斯兰化，使佛教建筑遭到无可挽回的破坏。显赫一时的巴米扬佛教圣城，早在 7 世纪就开始遭到攻击，几乎夷为平地。从此佛教影响趋于消亡。

英国入侵阿富汗，巴米扬成为 1840 年第一次抗英战争的战场，古迹遭到更彻底的破坏。敦煌之有幸，巴米扬之不幸，比差强烈，这大概就是“敦煌学”风行于世，“巴米扬学”湮没无闻的历史原因吧。

本世纪 20 年代、60 年代，法国、日本学者先后来巴米扬考古和发掘，巴米扬才重新引起世人的注目。70 年代，阿政府延聘印度专家修整两尊大佛。多少人仰慕大佛，前来浏览，巴米扬成了国际性的旅游胜地。

在佛窟前绿色草甸上，搭起几十座蒙古式小屋，室内是现代的宾馆设备。然而好景不长，热闹了才几天，1979 年爆发了苏军入侵和延续至今的内战，阿富汗陷入水深火热之中，再也没有人光顾大佛了。

最令人遗憾的是，在 21 世纪的开始，巴米扬大佛被阿富汗国内的伊斯兰军事组织——塔利班用重武器彻底击毁。

## 第二节 法 国

### 一、法国巴黎凡尔赛宫

凡尔赛宫位于巴黎西南 18 公里的凡尔赛镇,是欧洲最豪华的王宫,也是人类建筑艺术宝库中一颗绚丽灿烂的明珠,如图 11.4 所示。

凡尔赛宫建于路易 14 时代,1661 年动工,1689 年全部竣工,至今已有 300 多年的历史。当初是供王室居住的,如今已成为博物馆。



图 11.4 凡尔赛宫

全宫占地 110 万平方米,其中建筑面积为 11 万平方米,园林面积 100 万平方米。王宫总长 580 米,由于是长时间陆续建成,所以整体效果较差。宫殿西面是一座风格独特的法兰西式大花园,风景秀丽。其中轴线长达三公里,大小道路都是笔直的,与花草、水池、喷泉、柱廊组成几何图案,被

称为“跑马者的花园”。

宫殿建筑气势磅礴、布局严密、协调。外墙的上端，林立着大理石的人物和花卉雕像，造型优美，栩栩如生。里面的陈设富丽堂皇，许多大厅的墙体和拱顶，有基著名的彩色绘画和金碧辉煌的雕花。墙壁从底到顶，都由大块镜片镶嵌而成。

如果说凡尔赛宫的外观，给人以宏伟、壮观的感觉，那么它的内部陈设和装潢更富于艺术魅力。500 多间大殿小厅处处金碧辉煌，豪华非凡。内壁装饰以雕刻、巨幅油画及挂毯为主，配有 17、18 世纪造型超绝、工艺精湛的家具。宫内还陈放着来自世界各地的珍贵艺术品，其中有我国古代的精品瓷器。

正宫前面是一座风格独特的“法兰西式”的大花园。园内树木花草别具匠心，使人观看之后，美不胜收。室内装饰极其豪华富丽是凡尔赛宫的一大特色。大理石院和镜厅是其中最为突出的两处，除了上面讲到的室内装饰外，太阳也是常用的题目，因为太阳是路易十四的象征。有时候还和兵器、盔甲一起出现在墙面上。

除了用人像装饰室内外，还用狮子、鹰、麒麟等动物形象来装饰室内。有的还用金属铸造成楼梯栏杆，有些金属配件还镀了金，配上各种色彩有大理石，显得十分灿烂。天花板除了象镜厅那样的半圆拱外，还有平的，也有半球形穹顶，顶上除了绘画也有浮雕。

凡尔赛宫的另一特色就是建筑群西边的一片大花园，它是世界著名的大花园之一。它与中国的园林有着截然不同的

风格，代表了庭园艺术中的一个学派，对欧洲地区有着极大的影响。几百年来欧洲皇家园林几乎都遵循了它的设计思想。凡尔赛宫的大花园完全是人工雕琢的，极其讲究对称和几何图形化。

凡尔赛宫严格规则化的园林设计，是法国建筑统治鼎盛时期文化上的古典主义所产生的结果。因此，可以说凡尔赛宫是法国封建统治时期的一座纪念碑，从内容上讲，它不仅是皇帝的宫殿，也是国家的行政中心，还是当时法国社会政治观点、生活方式的具体体现。它是欧洲自古罗马帝国以来，第一次表现出能够集中如此巨大的人力、物力的专制政体力量。

当时，路易十四为了建造它，共行政用了三万多名工人和建筑师、工程师、技师，除了要解决建造大规模建筑群所产生的复杂技术问题外，还要解决引水、喷泉、道路等各方面的的问题。可见，凡尔赛宫的成功，有力地证明了当时法国经济和技术的进步和劳动人民的智慧。

## 二、 黎圣母院



图 11.5 巴黎圣母院

中世纪的西欧，基督教盛行。位于法国境内，巴黎市区，塞纳河中西岱岛上的巴黎圣母院就是一座最早、最成熟的基督教教堂，如图 11.5 所示。它的建筑是由法国人莫里斯·德·萨里。

教堂平面呈十字形。东西长 130 米。东端是圣坛，圣坛后的外墙是半圆的。西端是大门，大门两边各有一对高 60 米的方塔楼。十字形平面的交叉处是个大穹窿，穹窿上部是一个瘦瘦的高达 90 米的尖塔。

教堂的内部东西向排着两长列直通屋顶的高达 24 米的柱子，两列柱子间不到 16 米，但屋顶离地有 35 米，因此它们形成了一个极其窄长而又极高的空间。这两列柱子的外侧还各有一列矮柱子支承着上面一层的侧廊。整座教堂可容纳 9000 名信徒，其中 1500 人还可坐在讲台上。



图 11.6 巴黎圣母院局部特写

尖圆拱券是哥特教堂的特征之一。每层拱券上都刻有一串圣母，圣婴，大主教或圣徒的像，如图 11.6 所示。中间的那个门洞还被一根上面刻有基督雕像的柱子一分为二。三个门的上方，横向的水平线上也有一排像群，他们共 29 位，全是法国历代的君主。在这群雕像的上面，正中是一个非常漂

亮的、圆如巨轮的“玫瑰花窗”，它先用工字形铅条盘出花纹，然后嵌上五颜六色的玻璃。它的直径达 13 米。

“玫瑰花园”的两侧各是一对窗子，再上面是一连串连续的尖圆拱券，它们把高处两个高耸入云的方塔楼联系在一起。方塔楼的后面便是那座瘦高的尖塔。巴黎圣母院的西立面是世界上哥特式教堂中最美好、最和谐、最有特色的立面，是后世基督教堂的楷模。

教堂内部狭长、窄高的空间，高耸、瘦长的指向圣坛的长排柱子，箭矢形的尖圆券，都形成一种腾空而起的向上动态，这种动态产生了向天国接近的幻觉，有力地体现了超脱红尘的宗教感情。

矮柱廊两侧，玻璃窗上还有一套按照基督教教义“新约全书”的故事用彩色玻璃构成的连环画，这连环画被人称为“傻子的圣经”。似乎这彩色玻璃能引起欢乐气氛，可是当阳光从彩色玻璃中照射进来时，或是当夜间的烛光燃起时，高大教堂的穹窿及这穹窿中混合着的管风琴声、唱诗班歌声、牧师的布道声及宗教那种压抑的神秘感仍然占了上风。

当然，巴黎圣母院是一座宗教与世俗生活相混合的建筑，中世纪的法国教会利用教堂宣传教义和对天国的信仰，劝诱人们抛弃尘世。但世俗生活中的欢庆节日，公众会议和集市不时也在教堂内举行。

### 三、艾菲尔铁塔

1889 年 5 月 15 日，是法国资产阶级革命 100 纪念日。这一天，巴黎沉浸在节日的欢乐之中。在美丽的塞纳河畔，人山人海，人们聚集中一座高大的建筑物前，为它举行了隆

重的落成典礼。这就是法国人民引以为骄傲的、世界上第一座钢铁结构的高塔——艾菲尔铁塔，如图 11.7 所示。



图 11.7 艾菲尔铁塔远景

艾菲尔铁塔是巴黎的象征，它屹立在巴黎市中心的塞纳河畔。它的高度是 327.7 米，相当于 100 层楼高。4 个塔墩是水泥浇灌的，塔身全部是钢铁镂空结构，共有 1.2 万个金属部件，用 250 万个铆钉连接起来。

铁塔共有 4 层，每层有一个平台。从地面到塔顶有电梯，人们也可以沿着 1710 步阶梯步行登上塔顶。初到巴黎的人，都愿意登上铁塔塔顶，观赏巴黎全城那迷人的景色。

艾菲尔铁塔的名称怎么来的，为什么要建造这座高塔呢？

1884 年，为了迎接世界博览会在巴黎举行和纪念法国大革命 100 周年，法国政府决定修建一座永久性纪念建筑。经过反复评选，法国著名居斯塔夫·艾菲尔（1832~1923 年）设计的铁塔被选中，所以建成后就以艾菲尔的名字为命名，叫艾菲尔铁塔。

艾菲尔铁塔是世界建筑史上的一个创举。它是世界上第

一座钢铁结构的高塔，就建筑高度来说，当时也是独一无二的。1887年，铁塔破土动工，历时26.5个月，花费了780多万个当时的金法郎，折合美元100多万。铁塔于1889年3月完工。

这座铁塔，形象十分奇特，地步宽大，达3万平方英尺，二层以上猛然收缩，塔顶只有300平方英尺，好象是一条长得令人喘不过气来的脖颈直指云天。

艾菲尔的设计非常高明、精确、严密、周到。在两年多的工程施工中，从未发生任何伤亡事故，在组装部件时，钻孔都很准确地合上，不用修配或另外号新孔，这在建筑史上也是很了不起的。

说艾菲尔铁塔是建筑艺术的一项伟大的杰作，那是一点儿也不夸张的。这座庞然大物是用250万时机铆钉把1.2万块工字钢梁连结、堆积而建造起来的，它的全部重量约为9000吨。乍听起来，9000吨是个不小的数字，然而只要想一想这座铁塔有300米高，那么9000吨的重量便显得“微乎其微”了。

这座巍然的铁塔是由四个巨大的斟座支撑在地面上的，而每平方米地面所承受的压力说起来简直令人难以置信，仅为4公斤，这不能不说是一个奇迹。人们每次走过铁塔对面的广场，抬起头来朝它凝望的时候，一想到这些奇迹般的数据，眼前这个巍峨的巨人似乎一下子便成了一位体态轻盈的姑娘。

艾菲尔铁塔不仅是一座铁塔，而且是相当热闹的商业大楼。它内部有饭店、酒吧间，还有百货店、杂货铺以及自傲

的机器人。每天来自世界各地的游客络绎不绝，每年的旅游者有 350 万人。铁塔的投资，当年就几乎全部收回。铁塔为法国带来的大笔收入，成了一株铁的“摇钱树”。

铁塔是雄伟的，但更令世人瞩目的是它的建筑艺术。这种艺术造型在当时史无前例的。施工的困难可想而知，它需要克服在高空作业时大风造成的艰难险阻。艾菲尔用水泥和钢材来建筑四座大拱门底座的技术，是以后出现的钢盘混凝土的先驱。

铁塔建成以后，它不单是一座吸引人的建筑物，还是法国广播电台的中心，同时，也是气象台和电视台的发射塔。

今天，艾菲尔铁塔已成为巴黎这座美丽而具有悠久历史城市的象征和标志。100 多年来，艾菲尔铁塔每年大约要招揽 200—300 万来自世界各地的游客，人们讴歌它、赞美它。

#### 四、凯旋门

凯旋门位于戴高乐广场,1836 年为纪念拿破仑一生战功所建，高 50 米，宽 45 米，是拿破仑伟绩的象征，如图 11.8 所示。门上刻有浮雕，描绘出拿破仑军队进军、战斗、获胜的路线图，建筑物有一小型纪念馆，内有 558 位随拿破仑征战的将军的名字。



图 11.8 凯旋门

以凯旋门为中心向外延伸着 12 条主要大街。登上顶楼，巴黎美景可尽收眼底。门下的无名战士墓也值得一看，如图 11.9 所示。



图 11.9 无名战士墓

### 第三节 希腊

#### 一、雅典古卫城



图 11.10 雅典古卫城

雅典古卫城呈大平台状，比现今雅典城高出 100 米，是抵御外来侵略的理想场所，如图 11.10 所示。从纪元前起，

几千年来城民们就在此躲避战乱，抵抗侵略。一座围墙护着城堡。从六世纪起，古卫城成了专门的祭祀场所。雅典娜女神节时，人们为雅典城而举行盛大的庆祝活动。

公元前 480 年古卫城惨遭波斯人洗劫。其后，贝里克利完全重建了卫城，他想让雅典娜女神的光芒重照大地。主要建筑有：卫城山门、神殿门廊、雅典神庙，女神柱及巴台农神庙。

古卫城最宏伟的建筑是为雅典娜女神所造的巴台农神庙。该庙是在贝里克利的指示下，由建筑师伊可狄诺斯承建的。建筑是白色大理石的，充满了茱里克多柱风格，面积适中（70 米 × 30 米）。它的雕刻装饰出自菲第亚斯之手。外门廊由 46 根柱子支撑着一条茱里克式中楣框架和许多三角楣支撑的两面山墙。在这条中楣框架上人们可以看到雕刻着希腊神话中众神栩栩如生的形象。

六世纪起，巴台农神庙成了圣母堂。1687 年，一枚炸弹将圣母堂严重炸毁，因为圣殿居然成了储存火药桶的仓库之后，自 1688 ~ 1749 年，这里成了清真寺。不幸的是 1802 年，圣地又遭洗劫。现在人们只能到大英博物馆去欣赏她那大量的珍品奇迹。而今，人们已很难想象当初用蓝、红、棕、金描绘、装饰的神庙多么的多姿多彩，万紫千红。

## 二、 奥林匹亚圣地

古代奥林匹克运动会就像古希腊的文学艺术、哲学、科学一样，不仅使希腊人引以为骄傲，同时也是全人类珍贵的文化遗产。在今天，随着现代奥林匹克运动的日益扩大，“奥林匹克”已成为世界上使用最多的词汇之一。而它的诞生地

奥林匹亚遗址则每年吸引着世界各地成千上万的游客前往朝拜，追本究源，如图 11.11 所示。

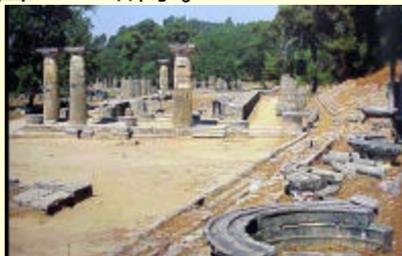


图 11.11 奥林匹亚圣地

在伯罗奔尼撒半岛西部，距首都雅典 32 公里的地方，有一块丘陵环抱、流水潺潺、绿树成荫的小盆地，被称作阿提斯神域的古代奥林匹亚遗址就坐落在这里。走进遗址，就好像是进了一个大石料场。一眼望去，杂草丛中横七竖八躺满了各种形状的石块，昔日宏伟壮观的建筑荡然无存，只有那一排排高矮不齐、残缺不全的石柱，像一列列忠于职守的士兵，用布满岁月征尘的面容向人们讲述着这里曾经有过的盛世辉煌和流传百世的动人故事。

阿提斯神域在公元前 10 世纪时初步成型，传说是赫拉克勒斯祭祀其父宙斯的地方。公元前 7 世纪至公元前 6 世纪这里建起了第一批建筑物，到公元前 4 世纪形成了具有代表性的建筑模式。如今人们只能凭借陈列在奥林匹亚博物馆中的复原模型来了解当时的壮丽景观。根据资料可知，阿提斯神域的中心是宙斯神庙，它建于公元前 5 世纪，被认为是完美的陶立克式建筑的典范。

如今宙斯神庙只残留有几十个一米多高的基座，看不出

一丝当年的模样了。宙斯神庙的北面建有赫拉（宙斯之妻）神庙、珀罗普斯墓、宙斯祭坛（点燃奥运会火炬之处）、菲里普纪念亭；东面是礼品库和 98 米长的回音廊，回音廊东侧是运动场；南面有议会大厅；西部则有为运动员和朝圣者修建的浴池、竞技场、旅店等，还有著名雕刻艺术家菲狄亚斯的工作室，举世无双的宙斯巨像和雅典娜女神像都是他的杰作。

曾供奉在宙斯神庙中的宙斯神像被认为是古代世界七大奇迹之一。据记载，由乌木雕刻的神像摆出帝王登基时的姿势，宙斯头戴橄榄枝编成的花环威严而坐，上身裸露，腰下裹着华丽大氅，右手托着一尊“胜利女神”像，左手执杖头雕有雄鹰的权杖。神像身体裸露的部分用象牙镶嵌，衣服用黄金薄片编缀并饰以珠宝，眼睛用宝石制成。这尊神像连同底座高达 15 米。

神像曾被东罗马人搬到其国都君士坦丁堡，之后葬身于公元 475 年的一场大火之中。如今人们只能从刻印在古罗马钱币上的摹像来推想原雕像的形象。

走在遗址的废墟中，如果没有导游引路解说，根本就无法把那一堆堆石块、一根根石柱与记载中的金碧辉煌、精巧美观的建筑对号入座，但有一个地方绝对没有人把它张冠李戴，那就是闻名世界的古代奥运会赛跑场。当你走进这个曾经创造出体育历史奇迹的地方，马上就会想起有关这个运动会的种种传说。

关于古代奥运会的起源，就像古希腊很多重大历史事件一样，与美丽的神话故事联系在一起。

传说海神波赛冬的儿子珀罗普斯被皮萨国王俄诺玛俄斯

的女儿希波达弥亚的美貌所倾倒，一心要娶她为妻。由于俄诺玛俄斯曾听预言家说他将会死在女婿手中，就提出凡是向其女儿求婚的人都必须与他进行驾车比赛，求婚者如能取胜，即可以娶他的女儿，如败在他的手中，就将被刺死。俄诺玛俄斯之所以以赛车为条件，是因为他的驾车技术在全希腊无人能比。

在珀罗普斯之前，已有 13 位求婚者死在国王的矛下，但这并没有吓倒珀罗普斯，他用计谋收买了国王的车夫，让其拔掉国王战车的轴销，然后又请父亲波赛冬给予帮助。

比赛开始后，珀罗普斯驾着父亲送给他的“永远不知疲倦”的马车飞奔向前，俄诺玛俄斯驾车穷追不舍，眼看就要追上之时，国王战车的车轮飞脱出去，国王也坠地而死。珀罗普斯如愿以偿地娶了希波达弥亚，并掌管了皮萨王国。为了庆祝胜利，珀罗普斯在阿提斯神域树立了纪念碑，同时举行盛大的竞技会，比赛项目是赛跑和驾车。

根据最初奥运会赛跑的赛程记载，研究奥运会历史的学者推测，珀罗普斯可能是远古时代奥林匹亚地区的部落酋长，在他当政时期可能曾举行过赛车竞技，这便是奥运会的前身。

至于有史可查的从公元前 776 年开始的奥运会，据说是因为德尔菲的太阳神向人们谕示：只有立即停止战争，恢复奥林匹克运动会，并向宙斯献祭，才能使人们摆脱灾荒和战乱的痛苦。所以在神的暗示下，伊利斯国王伊费斯特、斯巴达国王鲁舍古斯、皮萨国王克列斯塞斯达成了定期休战协定，规定每 4 年在宙斯祭坛举行一次奥运会。

公元前 5 世纪前后是古奥运会的黄金时代。据记载，奥

运会期间的奥林匹亚人流如潮，周围的旅店和临时搭起的帐篷里住满了来自希腊各地的人。除了进行体育比赛外，人们还要举行一些文化和商业活动，奥运会成了全希腊盛大的民族节日。有趣的是，据说管辖奥林匹亚的伊利斯城，每次都能从奥运会中征收一笔可观的税款，收入不菲。这些记载听上去和今天的奥运会在有些方面有相似之处。

位于神域东部的赛跑场呈矩形，四周的斜坡想必是当年的观众席，而今却是芳草萋萋。赛跑场的跑道宽 32 米，长 192.25 米，每次可供 20 名运动员同时比赛。

跑道的起跑线和边线用石条铺成，起跑线上面刻有两道平行的小槽，槽间距离 18 厘米，是运动员起跑时脚踏的地方。所有来这里参观的年轻人都忍不住要站在起跑线上亲身体会一下古人赛跑时的感觉，有的干脆模仿古希腊人赤膊上阵，进行了一场仿古比赛。赛跑场的西边有一条长 32.05 米、宽 3.7 米、高 4.45 米的拱型通道，当年它是运动员、官员和裁判员的专用通道，现在则是游客进入赛跑场的必经之路。

在神域北面 500 米处建有奥林匹亚博物馆，那里收藏和展出的是从遗址中发掘出的神像雕塑、石器、陶器、铁器等文物，还有一些建筑雕刻的残骸。游客可以从博物馆中了解奥林匹亚昔日辉煌的历史。

### 三、罗得岛上的太阳神像

爱琴海上的罗得岛，面积 1,400 平方公里，人口 7 万。西距希腊大陆 450 公里，北距土耳其大陆 19 公里，属希腊。罗得岛北端的罗得市，是全岛的首府，集中全岛 60% 的人口。居民依赖旅游业为生，每年接待外国游客 50 多万。

游客慕名而来，大半想来看看古代世界七大奇迹的太阳神巨像。登上罗得市码头，只见两座圆形石柱上昂首挺立着两个铜雕小鹿，显得极其渺小、空荡，使人感到失望。

通过导游介绍，方知鹿是罗得岛的象征，那个位置确实屹立过一尊大铜像。巨人高约 31 米，头戴太阳光芒的冠冕，左手执神鞭，右手高擎火炬，两脚站在港口两岸的石座上，船只从其胯下进进出出。据说巨人的手指头有凡人合抱之粗，大腿内部可住一家人。

这座巨像就是太阳神阿波罗。大约公元前 490 年，波斯人入侵罗得岛，全岛居民撤守岛东端海岬上的林佐斯城堡，终于打退敌人的进攻，将敌人驱逐出岛。胜利之后，人们收集敌人遗弃的武器，统统融化，由雕刻大师哈利塔斯监铸成阿波罗铜像，立于港口，雄镇海疆。同时代的罗马哲学家安蒂培特，把它列入“世界七大奇迹”。

公元前 227 年至 226 年（一说公元前 224 年），罗得岛连续发生毁灭性的大地震，岛上四座城市均告毁灭，神像震坍塌地。有人说铜像没法重新竖起，在公元七世纪被分解溶化制作其他器械；有人说铜像被盜走，贼船在海上遇风沉没了。后人只能从史书简略的记载中构思它的规模。据说，美国纽约自由女神即从太阳神巨像联想而来，那手擎火炬、头戴光冕的姿势带有太阳神的痕迹。

二千二百多年前那场地震，毁灭了罗得岛的文明。罗得城几度重建扩建，已经见不到毁城痕迹，但从该市历史博物馆众多的出土文物中，可以窥见昔年的繁华。大理石雕像最为丰富，其中有公元前二世纪雕刻的阿波罗头像，公元前一

世纪雕刻的爱神阿芙罗狄蒂的裸体全身像。

岛上其他三个城邦被地震摧毁后，未再重建城市，只在遗址附近建了若干小村落，因此保存了一些墙基、石柱。例如岛西的莫诺利索斯，挺立几根白色大理石柱，剩下成片断垣残壁，考古学家曾在这里发掘出三千年前的住宅。

与南卡米诺斯的城址相当完整，一排排房子的地基清晰可见，最大一座建筑的底墙长 200 米、宽 50 米；一根大理石圆柱直径达 1 米，以各高 60 厘米的石柱一节节接上去。岛东的林佐斯城建在突入海中的山丘上，三面陡崖高达 100 米，城墙沿崖岸而建，城垛上有炮台坐位，城内房基依山而建，层层垒叠。

罗得岛是古希腊文明发源地之一，一则神话这样写道：远古时代，希腊诸神争夺神位的战争结束后，宙斯成为天王——最高之神。宙斯给诸神分封了领地，独独忘了出巡天宮的太阳神阿波罗。待阿波罗归来时，宙斯指着隐没于爱琴海深处的一块巨石，封给阿波罗。巨石欣然升出海面，欢迎太阳神来居住。太阳神对这块领地颇为满意，用爱妻罗得斯（爱神阿芙罗狄蒂之女）的名字，命名为罗得岛。他的三个儿子——卡米诺斯、莫诺利索斯、林佐斯也分封在岛上，各自建立自己的城邦国，那就是上面所说的三个古城遗址。

后来的历史渐渐失去神话色彩，岛上的繁荣富庶惹起外人的侧目，雅典人、波斯人都想并吞它。这个时期，岛民皮桑德罗斯写下了史诗《伊拉克利亚》，大哲学家亚里士多德在这里招收弟子讲学，雅典大演说家艾斯霍尼斯也在岛上办过学校。公元前 408 年，三个城邦联合，组成统一的罗得国。

从此，国家更为强盛，但大陆上的雅典、斯巴达、马其顿、波斯、罗马等大国相继入侵，城池屡遭破坏；到了公元前 227 年，大地震毁掉岛上所有城市，太阳神巨像倒塌，罗得岛的文明史从此暂告中断。

#### 四、科罗西竞技场

科罗西圆形竞技场始建于韦斯巴乡王朝，竣工于公元 80 年的涅度王朝。公元 82 年，多米蒂安下令又在其上增加了一层，竞技场原名叫弗拉维梯形广场。它现在的名称得于位于竞技场一旁的巨大的尼禄是科罗西人。

应当承认，竞技场是罗马帝国最大的历史遗迹。公元 442 年，竞技场被地震摧毁，它取之不尽的石料为中世纪的许多宫殿提供了许多建筑材料。公元 1750 年，贝若伊特大主教把遗址纳入它的教堂荫护下，并开始了修复工作。在继承他之后的各代主教的努力之下，修复工作逐步得以完成。

竞技场周长 542 米，有 80 行看台，分为 4 层。前三层建于穹形顶石廊之下，最高层是坚厚的实心护墙。它可容纳 50,000 观众。由于宽敞的穹形顶石廊的庇护，所有的观众都可以免受风吹雨打和日晒之苦。至今，人们还可以看到支篷顶的大石柱的座基。

竞技场是为了观看角斗士撕杀格斗而修建的。据说公元 80 年，竞技场竣工之际，举行了大规模得角斗开幕仪式。庆典活动持续了一百天，期间 2000 名角斗士丧生，5000 头牲畜被屠杀。在罗马帝国末期，角斗士撕杀表演几乎成了每天得日常活动。

## 五、希腊建筑的丰碑——帕提侬神庙

帕提侬神庙建于古希腊经济繁荣、文化昌明的鼎盛时期——公元前 447 ~ 438 年，是古希腊人为纪念在希波战争中所取得的伟大胜利，而献给雅典城邦的保护神——帕拉斯·雅典娜的，原意为“处女宫”。

帕拉斯·雅典娜，希腊语为“刚强的雅典女子”。在古希腊神话传说中，雅典娜是众神之王宙斯、智慧女神墨提斯的女儿。因此，雅典娜集力量与智慧于一身，凶猛无比，睿智超群，是战神、智慧神、冶炼神、手工艺神，是奥林匹斯圣山最著名的 12 个神祇之一，备受古希腊人的崇拜。

雅典是古希腊的城邦。古希腊有数百个城邦。城邦中势力强大，经济繁荣的有雅典、斯巴达、米利都、科林斯等。

希波战争是古代历史上著名的战争之一。公元前 492 年的春天，位于现在伊朗高原的波斯帝国，派出大批战舰，入侵希腊，希波战争爆发。雅典联合各城邦奋起反抗，经过数十年的浴血奋战，终于将侵略者逐出国门，取得最后的胜利，成为当时世界上最大帝国的战胜者。

由于雅典在希波战争中所起的作用重大，而跃为古希腊的霸主、地中海的强国和经济文化中心！由于古希腊人信奉神灵，认为神祇会直接参与战争而且决定战争的胜负。因此，希腊取得对波胜利后，人们对雅典娜的崇拜达到顶峰。

帕提侬神庙由古希腊杰出的建筑师伊克提诺和卡利克拉特共同设计，在卫城建筑总负责人、雅典大雕刻家菲迪亚斯领导下，与穆尼西克里一起完成的。神庙长 69.54 米，宽 30.89 米，座落在一长 72.2 米，宽 33.6 米的三层石台基上，总面

积约为 2100 米<sup>2</sup>。

建筑主体为一横短竖长的长方体圣堂，圣堂四周由 46 根多立安式圆柱环列构成柱式围廊，圣堂前后由 8 根多立安式圆柱支撑上部额枋、檐壁和檐口，构成前殿和后室。主入口位于东端，经前内柱廊进入正殿，铜门镀金。屋顶为倾斜的两坡，由前后三角形缓缓举起，坡度平缓，宁静而深远。山花形状与屋面坡度一致，山花上刻有精美绝伦的雕刻。

正面东山花刻的是雅典娜富有传奇色彩的诞生故事：相传，有人预言：宙斯的第一个妻子——智慧女神墨提斯将要生出比宙斯更强大的孩子，杀死宙斯。宙斯为了保住生命和王位，竟残忍地将怀孕的妻子吃掉！后来宙斯头痛欲裂，唤来火神赫淮斯托斯拿着金斧，将头劈开。奇迹出现了：一个全身披挂的女孩子呐喊着从宙斯头部冲出。只见她头戴金盔、身披金甲、手握长矛，伸出两指，高呼“胜利万岁”！她就是雅典娜！她的出生，震动了整个奥林匹斯山，天摇地动，电闪雷鸣，海浪大作。太阳与光明之神为之停止了脚步，光芒四射的金雨喜降人间。因此，雅典娜还有一个名字叫“德利多日尼”，即出生于水的意思。

西山墙的山花雕刻的是雅典娜与海神波塞冬争夺雅典城的保护权的神话传说。相传：雅典娜和波塞冬都看中了雅典地区，为争夺该地的保护权而请来众神当裁判。海神波塞冬首先用三叉戟在地上一击，一匹宝马腾空跃出。人们欢呼着，认为这是世界上最好的马！而雅典娜不慌不忙，将长矛在地上一插，一枝银色的橄榄树长出来了。

众神认为：橄榄树能结果，能榨油，比用于战争的马对

人类更有用。雅典娜胜利了。橄榄树成为古希腊最高贵的树。

西山墙的山花即根据这一神话雕刻而成。二个高大的神像波塞冬和雅典娜占据了山墙的中央位置，并彼此脱离而向两旁倾斜。

海神波塞冬裸露着强壮的身体，挺着肌肉发达的胸脯，做着失败后赫然震怒的手势，声容笑貌栩栩如生，性格风神跃然其上。战斗的波浪翻滚着，呼啸着，仿佛从画面涌来，以示竞争的激烈。整个画面，生动饱满，扣人心弦，将一场神祇争夺战刻画的一波三折，细致入微，使人如临其境，为之扼腕。

据专家考证，古希腊人用了整整一个世纪的探索，才达到帕提侬神庙山墙上的雕刻水平！虽然山上出面人物众多，达20人之巨，位于希腊神庙各山花群像人数之首，但画面排列主题鲜明，井然有序，形象生动而自然，是古希腊山花雕刻场面最壮观、构图最完善的，其精美绝伦，世所罕见。

山花之下的檐壁，间隔布置着三陇板和陇间板。三陇板为垂直地开有槽的长方形，高134厘米，共计92块，位于每根圆柱之上和每对圆柱之间，板面施以红、黄、蓝等斑斓的色彩，板上嵌以青铜花环和剑盾图案的装饰镀金饰件，在阳光下鲜艳夺目，使神庙庄严中透出富丽、肃穆中透出辉煌，浓妆艳裹、分外妖娆。

绚烂的色彩、艳丽的妆点，仿佛为神庙披上了华丽的盛装，使帕提侬神庙，这座卫城唯一着色建筑，在圣地卫城高高的山顶上，一花竞秀，独领风骚，成为卫城最亮丽的一道风景。

帕提侬神庙，有“希腊国宝”之称。即使在 2500 年后的今天，仍被视为完善比例的杰作，后世经久不衰引用的楷模！现代主义建筑大师勒·柯布西耶赞美它“每个部分都是确切的，显出高度的精确性，丰富的表现力和良好的比例，”“在全世界的任何时代里没有能与之比拟的建筑，这是人类的最激动的时刻，当一个人受崇高的思想所鼓舞，会把它形象化为一个光与影的优美造型”。它是一座丰碑，将古希腊建筑的灿烂辉煌，永远铭刻在人类建筑史上！

## 第四节 意大利

### 一、比萨斜塔



图 11.12 比萨斜塔

1590 年的一天，比萨大学数学讲师伽利略登上比萨斜塔，从七层南面的柱廊扔下两个重量相差 10 倍的铅球，轻重两球同时自 40 多米高度落下，同时落到地面。

教授们看傻了眼，学生和市民爆发出欢呼声。这个著名自由落体实验，一举推翻了统治世界 1000 多年、由希腊学者亚里士多德提出的“不同重量物体下落速度不同”的理论。伽利略为何选择比斜塔作试验？伽利略果真在塔扔过铅球？比萨斜塔命运如何？

比萨是意大利中部滨海的“大学城”，10 世纪成为托斯卡纳地区最大的城市，那时开始了宏伟的浸礼会教堂的兴建，比萨斜塔即为教堂的钟楼，如图 11.12 所示。

1173 年 8 月 9 日，比萨浸礼会教堂钟楼奠基。当第三层完工时，人们发现塔体略有倾斜，原来是基础沉陷不均匀。责任工作程师皮萨诺在续建时将下陷一侧的层楼加高，想使塔体挺直，结果是沉陷得更加厉害，最后被迫停工。在寻求补救办法的过程中，工程时开时停。

1275 年复工时，人们将错就错，就按底层垂直方向再往上加层。1319—1350 年间，斜塔完成全部工程，此时塔顶中心点已偏离垂直中心线 2.1 米，成了一幢怪物，“比萨斜塔”从此得名。一座不大的塔，竟断断续续造了 177 年之久，经历了四代人的手，真是好事多磨。

比萨斜塔总高 56.7 米，八层圆柱形大理石建筑。塔体逐层缩小，中间六层形制完全相同，每层外围都有圆柱回廊，两柱间形成一个个拱形券门。底层圆柱 15 根，顶层 12 根，中间 6 层各 31 根，共有 213 个拱门。塔基直径 19.6 米，其中回廊宽 4.12 米；顶层直径 12.72 米，内挂大钟。塔墙底层厚度 4.09 米；顶层厚 2.48 米。全塔总重 14453 吨。塔内有螺旋状阶梯 294 级，盘旋至塔顶。

由于编差带来的意外利益，成千上万的游客争来一睹斜塔奇观，反而将主建筑（教堂、洗礼堂）冷落在一边。10万人口的小城比萨因斜塔而著名，因伽利略故事的渲染更加出名。真是斜得妙啊！

伽利略的故事是他的学生韦韦亚尼 1654 年为老师立传时写的，有鼻有眼，令人深信不疑。伽利略（1564—1642）是意大利著名的数学家、天文学家、物理学家，因发明望远镜、比重计，观察天体，创立磁电、引力、运动一系列学说而对人类作出了伟大的贡献。

比萨大学的权威教授不能容忍 26 岁的小讲师亵渎亚里士多德的千古定律，这使得伽利略登上比萨斜塔作试验。为什么选择斜塔呢？因建成时已倾斜，在倾斜的南方顶层阳台抛物，下面毫无障碍，正好垂直落在广场上，这是个顶理想的实验点。

教授们暗自高兴，发出鄙夷的笑声：“除了傻瓜外，没有人会相信一根羽毛同一颗炮弹能以同样速度通过空间下降。”他们都等待看伽利略的笑话，让他永世抬不起头来。谁料号令一响，10 磅和 1 磅重的铅球同时脱离伽利略的手掌，同时落到地上。嘲弄的笑声停止了，教授们大惊失色。

有人证实，早在 1587 年就人作过自由落体实验，他就是荷兰人西蒙·斯台文，他是从楼顶上扔铅球和实验的，而不是在比萨斜塔。伽利略并不知道这件事，是韦韦亚尼尊敬老师，有意把别人的功劳记到伽利略身上。否则，当时意大利的文献为何无此项记载？伽利略本人的著作也未曾提及此事。如此具有历史意义的事件，现场目击者竟无只字提起，

岂非咄咄怪事？

比萨塔建成以来，每年以 1—2 毫米的速度倾斜，至 1992 年，倾斜度已达  $5.5^\circ$ ，塔顶中心点南斜 4.9 米，塔顶南侧比北侧低 2.5 米，其势岌岌可危。若无切实的措施加以制止，南侧额外的负荷会压裂基石，并拖动北侧而连“根”拔起，这将在 2150 年以前引起斜塔失衡而倒塌！

为什么比萨斜塔已如此倾斜却能历数百年而不倒？根本原因在于地质问题。比萨城坐落在远古沉积层上，塔又建在一个不平坦的小坡顶，地基下的粘土层受重压而紧缩，受压不均匀，导致地面建筑物倾斜。地下潜水层一有变动，又会影响粘土层的收缩。

比萨现存古塔 20 余座，都曾不同程度倾斜过，其中两座今日也与比萨塔一样倾斜，一为 35 米高的尼古拉塔，一为 25 米高的米谢尔塔，都因粘土层收缩而倾斜。斜而不倒，在于斜塔整性良好，每块砖石都紧紧粘全在一起，全塔成为一个整体。如果局部脱开，早就断裂倾倒了。

为挽救这一世界奇观，人们提出过 8000 多个拯救方案，一些属于无稽之谈，少数实施后颇有见效。所有方案都以“斜”为出发点，维持原状或稍为纠偏，但都反对复正。比萨塔一旦再倾斜，就会丧失世界名胜的地位，那才是无可挽回的灾难。

1550 年，建筑师瓦萨里加固了塔的地基，竟使斜塔奇迹般地稳定了上百年，倾斜速率微乎其微。后来又恢复一年倾斜 1 毫米多的速率。

19 世纪初，水文工程师考虑不周，用泵抽取塔底下的地

下水，期望制止倾斜，谁料破坏了地下结构，适得其反，1817年开始更大幅度的倾斜。1838年，比萨人又贸然对塔基进行加固施工，倾斜又加速。

1934年，人们对塔基进行防水处理后，斜塔简直是在“跳舞”，往不同方向无规律倾斜，一年后才逐渐稳定下来，恢复原方向年倾斜1毫米多的速度。于是人们得出不能触动塔基的结论，谁也不敢再轻举妄动，随意改变塔基下的地质水文结构了。

根据监测记录，比萨斜塔常年平均倾斜率1毫米多，1829—1910年年平均达到3.8毫米，1918—1958年为1.1毫米，1959—1969年为1.26毫米，1972年受地震影响达到1.8毫米。

1973年，比萨全城实施紧急措施，关闭所有私人水井，制止地下水水位继续下降，竟使斜塔岿然不动。这个稳定不动的局面，一直维持到1975年。由此可见，保持比萨城地下“水垫子”的稳定性，对斜塔是何等的重要啊！

1990年1月7日，比萨斜塔停止接待游客，进行维修加固工程。由都灵大学教授米歇尔领导的“控制沉降”专家组，先用18根钢缆绳将底层檐口箍起来，好像“桶箍”一样让底座与地基牢牢固定在一起。

随后在石基座上加了一个钢筋混凝土的壳状物，往北侧上翘的地基灌进600吨铅液，用以平衡南侧的力量。到1993年底，工程效果明显，塔身不仅未再倾斜，而且向北侧矫正了4毫米。

上述工程属于临时措施，长久之计是改善塔基下的地质

状况。目标是压缩北侧上升地基下的粘土层，让北侧地基下沉而与南侧平衡，扳正整座大塔。方法有二：一是“用渗透法”，将 30 个左右的电极穿入 20 米深的粘土层，通以电流，让水份往塔外迁移，使北侧土壤干燥，自行收缩而下沉。一是“微量取土法”，往地下插入微型套管，每管每次取出 1 立方厘米泥土碎块，从北侧底下吮吸出若干粘土，形成的一个个小洞穴被逐渐压实，使土层下沉。

能否万无一失，谁也不敢打保票。千万不要矫枉过正，务须保持斜塔雄姿，以不辜负人类的厚望。

在种种救方案中，不乏狂想者。例如一位英国人建议将顶三层削掉，以减轻塔身重量；一家速冻设备公司的经理提出冻结基土，防止地基下沉；日本一家电风扇企业的老板，要在塔南安装巨型风扇，向北吹风，使塔身不再倾斜；美国前副总统汉弗莱建议全塔迁到坚实的地基上；另一美国亿万富翁要把塔买下来，搬回老家去。更离奇的方案有：傍着斜塔建一新塔，压住旧塔，成为连体姊妹塔；在上翘的北侧建一自由女神雕像，以镇住斜塔；用钢缆将斜塔定位；用悬浮气球的绳索吊住斜塔……

## 二、罗马斗兽场

这座巍峨壮观的圆形建筑距今已有近 2000 年的历史。庞大的建筑占地 2 万平方米，周长 527 米，最长直径 188 米，围墙高 57 米，相当于 19 层的现代楼房高度，场内可容纳 10 万 7 千观众，相当于现代世界上最大的体育场的容量，如图 11.13 所示。



图 11.13 罗马斗兽场

根据有关部门最近的研究表明，这座圆形建筑之所以历经近 2000 年而巍然屹立，与它特殊的地基处理有关。据科研部门勘测，斗兽场建筑在一个巨大的椭圆形地基上，地基厚 12 米，最长直径 188 米。整个地基由岩石和混凝土砌成，地基上是承受负荷的石柱。

这样一个庞大的地基构造，建立在民禄湖床的泥土上。这种设计能缓冲地壳变动带来的震动，使地基受力均匀。即使以现代标准来衡量，斗兽场的这一地基处理也是一项伟大成就。

斗兽场作为一座古建筑，已为世人熟知，但人们未必了解它的“使用功能”。据资料记载，公元 1 世纪至 4 世纪，强大的古罗马帝国在向欧亚非扩张的征战中，捕获了大量的俘虏。这些俘虏在被卖出作为奴隶或被国家征服苦役以前，有选择在斗兽场当角斗士的机会，角斗的对象是狮子、老虎等凶猛野兽。在角斗中多次获胜者可获得自由。

而在看台上欣赏这血淋淋场面的，是寻求刺激的奴隶主、贵族或中产阶级。从斗兽场落成到公元 404 年最后一次决斗为止，虽然有少数奴隶通过角斗从这里获得了自由，而大多数则丧身于猛兽之口。如今面对森严寂静略显几分恐怖的建筑物，我们仿佛听见当年奴隶们丧身前的惨叫声。

罗马在历史上曾经是威震世界的名城。是当年横跨欧、亚、非三大洲的古罗马帝国的发源地和政治经济文化中心，在帝国鼎盛时期城市建设得到了长足的发展，从残存的古建筑遗址中，人们还可以领略到当年帝国的强盛和经济的繁荣。

在文艺复兴时期，罗马的统治者网罗了一批欧洲最杰出的艺术家，对城市进行艺术装饰，留下了一大批精美的艺术雕刻和不朽的建筑杰作。由于罗马悠久的历史文化和大量珍贵的古代建筑，因此，她被人们誉为永恒的城市。

世界上没有哪座城市能像罗马有如此众多的历史遗产。在罗马游览，走路都得当心，一不留神就会踩着了古迹。的确，当你步入罗马旧城时，就如同进入浩瀚的历史海洋，保留至今的废墟遗址；游人如织的教堂宫殿，栩栩如生的街头雕塑，诉说着国家的兴衰，铭记着帝王的荣辱；整个罗马旧城，恰似一座天然历史博物馆，任凭来自世界各国的游人凭吊。

现在，被称作帝国大道的马路两侧是古罗马的政治文化中心，也是古罗马遗址最集中的地区。这条东西向的大道两侧，集中分布着帝国的元老院、宫廷、女大祠、恺撒庙、君士坦丁凯旋门、古罗马商业市场、万神殿、威尼斯广场等。这些古代建筑有的保存完好，有的难觅芳容，大部分只剩残

墙断柱。被称为世界建筑七大奇迹之一的古罗马斗兽场（又称竞技场）就坐落在帝国大道东侧，君士坦丁凯旋门外。

## 第十章 中国现代建筑一瞥

中国古代封建社会，缓缓地走过 2000 余年的漫长岁月，终于在 20 世纪初走到了尽头。20 世纪，世界发生了翻天覆地的变化，中国社会的方方面面更是如此。

建筑事业，从来就是社会发展变化的晴雨表，因而，20 世纪的中国建筑，一方面，受空前活跃的世界建筑思潮一浪又一浪的冲击；另一方面，受中国社会急剧演变的影响，呈现出前所未有的动荡、短暂的低迷或以惊人的速度发展。

如今在新的世纪的开端，我国的建筑事业在继承原来的传统特点之外，又掀开了新的篇章。

### 第一节 哈尔滨的特色建筑

哈尔滨素以其欧陆风情闻名于世，从城市建筑伊始，便受到较多的西方文化熏染，而这种外来文化的移植是被动的、强加的，城市更多地反映出西方文化的痕迹，中国传统文化的影响却比较少。

#### 一、精巧玲珑的木构建筑——圣·尼古拉教堂

哈尔滨素有“东方莫斯科”之称，是指城市建筑充满俄罗斯风格而言。作为中东铁路的枢纽，哈尔滨受到来自俄国

的外来文化强烈的冲击。

于是随着俄国人的不断涌入，作为俄国国教的东正教教堂而皇之地在哈尔滨传播开来，各种东正教堂不断兴建。1898年7月，铁路所属第一座东正教堂在香坊率先建成从这座简易教堂开始至本世纪30年代，哈尔滨陆续建造了近30座东正教堂，而俗称喇嘛台的圣·尼古拉教堂是其中木构教堂的精品，如图10.1所示。



图 10.1 圣·尼古拉教堂

喇嘛台是哈尔滨最负盛名的东正教堂之一，它位于南岗中心广场（今博物馆广场）的正中央，原名圣·尼古拉教堂，亦称中央寺院。教堂的设计方案，在俄国首都圣彼得堡完成，经沙皇尼古拉二世批准修建，以沙皇的名字命名，故名“圣·尼古拉”。教堂于1899年10月13日举行奠基仪式，1900年春动工，7月间义和团围攻哈尔滨，工程暂停，至1900年12

月竣工，历时 1 年。

东正教是俄国的国教，沙皇同时兼任教皇。“一般说来，什么地方出现了俄国人，他们要干的第一件事就是修建教堂。”因而，在哈尔滨的俄国人对喇嘛台的修建是相当重视的。

它由东正教教会建筑师鲍达雷夫斯基设计，由工程师雷特维夫主持修建，其正门上部的圣母像及教堂内部壁画由俄国画家古尔希奇文克所作，而教堂内部的圣物、圣像及大钟则是从莫斯科运来的，耗资巨大，可见俄国人对教堂的重视程度。

在教堂内圣·尼古拉像下部镶嵌的奠基式纪念铜板上以俄文雕刻铭文，意为“尼古拉皇帝即位六年，清国皇帝光绪二十五年、世界创造 7407 年、基督降诞 1899 年 10 月 1 日，财政大臣维特、铁路总办克尔彼奇铁路建设局长尤格维奇，于松阿里市（即哈尔滨市）在铁路守备队属司祭祝福下，建筑工程师雷特维夫建此。”

从此，一座庄重优雅、精美脱俗的教堂诞生了。建成后的教堂成为南岗区乃至全城的制高点和标志建筑。南岗区是哈尔滨地势最高的区域，东西走向的大直街被老百姓称为“龙脊”，而大直街与红军街相交成中心广场，位于广场中央的教堂无疑成为全城的景观控制点，如图 10.2 所示。

继圣·尼古拉教堂之后，中心广场的周围，陆续修建了莫斯科商场（今黑龙江省博物馆）、秋林俱乐部（今秋林公司中山商场）、新哈尔滨旅馆（今国际饭店）等建筑，风格比较统一，共同围合成良好的广场空间。至此，中心广场及广场中心的教堂成为名副其实的城市中心。



图 10.2 圣·尼古拉教堂广场

站在教堂的台基上，西侧有莫斯科商场红色穹顶的呼应；东侧与远处秋林商行银灰色的穹顶相对；而南侧则与优美舒展的哈尔滨火车站遥遥相望。这座精致玲珑的八面体教堂，其尖尖的帐篷顶，小巧的“洋葱头”以及阳光下变幻迷离的光影是如此的迷人，在任何角度观赏建筑都会获得良好的景观。

由于教堂处于广场中央，要求考虑来自不同方向人流的视觉效果，因而建筑采用近似于希腊十字的八角形布局，东面凸出而为圣坛，西面为主入口，南北两侧均略凸成为次入口，平面布局简洁紧凑而合理。有时人们不禁怀疑如此错落有致的丰富形体，其平面结构居然如此简单？事实上，这正是教堂的精彩之处。

这是一座典型的井干式木结构建筑，带有浓郁的俄罗斯民间建筑色彩。以整齐的圆木水平叠砌成为墙体，墙体交叉之处，圆木相互咬合，这种连接的形式完全暴露，显示出清晰的结构特征，透出粗犷豪放的气质。主入口处有双向室外木楼梯，覆以双坡顶篷，中部交叉成焰心状尖拱，拱心饰以

精致的木刻花饰楼梯，栏杆及栏板同样饰以精美的雕刻；主入口上层为耸起的钟楼，四面透空，双坡屋顶两侧各悬挂几口小钟。每当铿锵的钟声响起的时候，袅袅余音一定会随着正脊耸立的三个小“洋葱头”屋顶飘向空中。这三个并排而立的“洋葱头”顶饱满圆润，形态优美。

建筑正中耸起向内收缩的八面体鼓座，南北两侧次要入口上方穿插以双坡屋顶，山花板饰以精致的雕刻。八面体鼓座之上是一段略有放开的过渡结构，在此之上耸立高高的帐篷顶在帐篷顶基部呈十字形穿插四个焰心形尖拱，与主入口上方的尖拱相呼应。在帐篷顶的端部又接一个小“洋葱头”顶，使屋顶的形态更加丰满，同时也起到了统一和协调其他几个“洋葱头”的作用，使整个建筑造型完美匀称。

圣·尼古拉教堂精确的比例、错落的形体、精美的装饰以及优雅的造型，昭示出其神圣的特质。令人痛惜的是，这样一座堪称精品的建筑，“文革”期间被拆毁了，人们再也无法目睹其迷人的风姿，只能从照片中找寻昔日的繁华。

## 二、高贵华美的巴洛克建筑——松浦洋行

哈尔滨素来以风景秀丽的松花江和太阳岛闻名于世，而集各种风格建筑于一体的洋味十足的。

中央大街同样为人所熟知。如今，块石铺就的路面依然散发着古朴的韵味，而街道两侧充满异国情调的建筑也不时提醒人们——这里曾是各国商贾云集之地。建筑即是历史的见证，那精美的穹顶、那优雅的窗子、那精致的雕刻、那飘飘欲飞的栏杆无不在诉说昔日的繁华，而位于这条名街之上的今教育书店是保存较好且充满巴洛克风味的建筑。

教育书店原名松浦洋行，始建于1909年2月。它位于中央大街中段。中央大街原称中国大街，日本的松浦洋行是中国大街上最早的建筑物之一，比其斜对面的马迭尔宾馆晚3年，后者于1906年开业。因而无论是从建筑修建的年代，还是建筑本身的艺术风格来看，教育书店都堪称中央大街的标志性建筑。它与马迭尔宾馆，道里秋林、妇儿商店等其他建筑一起共同创造并影响着中央大街及至整个城市的风貌。

教育书店最初为日本的松浦洋行，俄国侨民会也曾占用此建筑，解放以后，这里曾作为外文书店，如今这里是新华书店所属的教育书店。建筑的历史已很久远了，其使用功能也发生了变化，然而不变的是建筑散发出来的无法比拟的魅力。

中央大街商贾云集，寸土寸金，因而建筑不可能如南岗秋林公司那样的舒展，代之以比较紧凑的布局，教育书店也是这样。建筑二面临街，立面均做重点处理，转角处加以强调，顶部冠以文艺复兴式穹顶，如此处理很好地烘托了街道景观。

建筑主入口选在转角处，便于人流的集散，由于建筑两翼面宽并不大，因而建筑沿街部分没有次入口，而建筑向内院开门便于工作人员的出入，将不同人流分散处理，彼此互不干扰，这样的布局还是比较合理的。

从主入口进入建筑，迎面是一小巧的双层木质门廊，走上几步台阶便进入建筑内部。这种将踏步从室外移至室内的作法，是适应中央大街上小尺度环境的需要——如果踏步在室外，则要占据一定的进深，而建筑必然要后退；建筑若不

后退，则要占用街道空间，因而将踏步从室外移至室内是两全其美的做法。

正对着主入口的是通往二层空间的主楼梯，楼梯为三跑折线型，铸铁的曲线栏杆如生长中的植物一般丝丝缠绕，水磨石台阶上镶嵌着深色的三叶草花纹，显得古朴而典雅，再配上深栗色木制墙裙、精致的石膏浮雕灯圈及优雅的灯饰，建筑的深沉气质油然而生。与有些商业建筑以华丽的色彩、夸张的造型取胜不同，教育书店以其沉静的色调、朴素的修饰创造出高雅的氛围。

建筑平面另一有趣之处在于，循着与主入口相对的主楼梯只能到达建筑的二层，而若想到达建筑的3~5层，则需从侧楼梯进入。教育书店现在的布局是1~2层对读者开放，3~5层则属于其他办公用房。因此人们或许会感到奇怪：“建筑看起来明明有五层，为何一进来却只有二层呢？”了解了其平面布局，便不会诧异了。

任何人观赏了建筑之后，都会对其优美的造型难以释怀。从外观上看，建筑带有明显的巴洛克特征——主入口上方的大理石人像柱、巨大的贯通三至四层的悬空科林斯壁柱、自由涡卷状曲线的断折山花、窗洞上方精致的浮雕装饰以及出挑的半圆形花萼状阳台，建筑通体洋溢着巴洛克奇异生动的效果以及变幻的光影。

建筑共有五层（如果算上顶部的阁楼层的话），立面可以划分为四个层次：底层采用深色调墙面、大面积橱窗的构图，二层以上为浅灰色调。

建筑二层以简洁的圆额矩形窗为主要特征，窗上刻划精

致的线脚。转角处主入口上方饰以大理石人像柱，一男一女，姿态优美，这一典型的巴洛克象征手法为建筑增添了浪漫的气息；而建筑沿中央大街方向一翼，采用通长的大面积玻璃窗，折射出现代建筑的某些特征。

建筑的三至四层饰以贯通的科林斯壁柱，每两个圆额矩形窗作为一组，窗上饰以丰富的装饰。三、四层的窗饰又不相同，三层的窗饰乍看起来似一只蹲踞在花叶上的大肚皮青蛙，浅浮雕精致细腻，而四层的窗子则饰以简洁的线脚。这两层窗尺度一致，因而既富于变化又十分统一。

转角处也同样做重点处理。转角中央四层的半圆窗上饰以曲线涡卷状断折山花，山花中央饰以精美的花叶状浮雕，窄小的壁柱柱头饰以自由的螺旋曲线，带有“新艺术”特征。最精致的要属窗下圆弧形花萼状阳台，奇异而优美，正如盛放的花蕾。而外凸的铸铁曲线栏杆，呈盛开的花朵主题同样含有“新艺术”因素。

建筑顶层有半层阁楼层，覆以红色铁皮的孟莎屋顶开有老虎窗，与同样红色调的房融为一体。半球形的文艺复兴式穹顶，端部却以类似俄罗斯式“洋葱头”顶作为结束，成为复合式穹顶。

作为一种重要的构图要素，穹顶成为中央大街建筑必不可少的谐调构件，不同形式与风格的穹顶相互呼应，形成独特的景观。

今天，人们踏着古老的石头路走在中央大街上，教育书店古朴而又年轻的风姿依然吸引着人们的视线，它是中央大街历史变迁的见证，也将继续注视中央大街的发展变化。

## 第二节 近期中国最著名建筑

### 一、金茂大厦



图 10.3 金茂大厦远景

如图 10.3 所示，上海黄浦江畔矗立着 420.5 米高的中华第一高楼——金茂大厦。

这座用 5.4 亿美元建造起来的大楼有许多不同凡响的地方，它还获得了伊利诺斯国际大奖仅有两个大奖中的一个。

金茂大厦除了是中华第一高楼外，53 层至 87 层的五星级标准的上海凯悦大酒店还是世界最高的豪华酒楼。另外，它的内部电梯也与众不同，邻近的电梯具有“空中对接”功

能，所以，一旦某台电梯发生故障，报警后只需几分钟，隔壁电梯很快会开到与此台电梯平行的高度，这时电梯的旁门会自动打开，乘客就能轻松地跨入隔壁的电梯，从那台电梯重新上下楼。大楼里还有 1 台专供残疾人使用的特别电梯；两台我国目前运速最快的电梯，每秒的速度可达 9 米，乘它到 340 米的观光层只用 45 秒就能到达。

## 二、国家大剧院



图 10.4 国家大剧院模型

举国瞩目的中国国家大剧院，如图 10.4 所示，已经在北京人民大会堂西侧正式开工建设。由于其地点的重要性和巨大的象征意义，究竟应该把它建成什么样，不仅国内人关心，可以说全世界的华人都关心。

经过长达一年半国际招标的竞争，法国设计师保罗·安德鲁的设计脱颖而出，获得由专家和各方面人士组成的评委会的青睐。

在建筑师眼中有他自己的理解，首先地点决定了它的象征意义：旁边的人民大会堂象征国家的最高权力，而大剧院

则应该成为文化的代表；第二，它是一个新的、庞大的重要建筑，一个可代表新世纪的建筑，一个倾注了人们强烈愿望的建筑；第三，要有完备的社会功能，就是说，好用，而且人们爱用；第四，外观要吸引人，有文化感、历史感。”

建筑艺术与其他艺术一样，有许多是跨越国界的、全人类的东西。每个国家的建筑都要从其他国家的建筑艺术中学习、借鉴，自己的艺术也会为别的国家所借鉴。对业主的意见，不能简单、机械地迎合，而要抓住其精髓，提出自己的见解。这样，你的方案出来之后，才会令对方恍然大悟似地回答‘我们想要的就是这个！’”

法兰西建筑科学院院士保罗·安德鲁生于1938年，先后毕业于巴黎国立综合工科学校、道路桥梁学院和巴黎国立美术学院，这都是法国乃至欧洲首屈一指的专业学院。他30岁时获得国家建筑师文凭，以后一直在巴黎机场公司工作。

多年来，安德鲁的作品遍布世界各国：与人合作的法国巴黎“新凯旋门”德方斯的大拱门、日本大阪海洋博物馆、英法海底隧道法方终点站、中国广州新体育馆……当然，最多的还是飞机场：印度尼西亚雅加达机场、埃及开罗机场、坦桑尼亚达累斯萨拉姆机场、日本大阪关西机场、文莱机场、中国三亚机场等等。其中的杰作是巴黎戴高乐机场及上海浦东新机场。他曾荣获许多国际建筑大奖。

在人民大会堂西侧，一大片草地围绕一个方形湖泊，湖上是一座由玻璃等材料组成的半透明、椭圆型、外壳呈银白色、曲线的构图则像是含苞欲放的花朵的建筑物，这个建筑物和地面不相连接，它就像是横空出世、浮出蓝色水面的一

颗珍珠，来剧院的人由长 60 米的透明水下长廊进入大剧院，通道上方则是湖水，在冬季，北京人可在上面滑冰。

天安门广场上，不仅有天安门城楼、紫禁城等古建筑，也有人民英雄纪念碑等现代建筑，原来的风格已经变了，政治性很强。新世纪里再在这里建一座有强烈文化象征的建筑，是需要勇气的。专家委员会以其独有的勇气和开放的眼光，看到了这一点。

国家大剧院的设计为天安门广场添了一些水，可以起到改变人们生活环境和景色的作用。大剧院的水下入口是建筑师的得意之作，也是作品设计中的重要部分。

建筑师要让人们有这样的感觉：首先，要让人们有进入到这个‘壳’里去发现什么的愿望；而当你从水下进入这一艺术殿堂的时候，你马上就明白了，这与你去购物中心不一样，与你去参观历史古迹也不同，这里全改变了，你的精神要有所变化，你要有一些新鲜的感觉。这是一个有梦幻色彩的地方，你应该为此有所改变。而通过这样一个抽象的、简单的、梦一样的入口，进入到大剧院里面之后，又应该让人感到生命、活力、丰富和魅力无穷。

还有，大剧院应该是人们常来常往的地方，不一定每次都是为了来看戏或听音乐会，也应该是一个值得参观的地方。”

风格浪漫、美仑美奂的中国国家大剧院由歌剧院、音乐厅、戏剧院和实验小剧场及相应的配套设施组成，共 6000 多个座位。4 个剧院应各有特色，不能千篇一律，更不能都像会议大厅。4 个剧院之外的空间、走廊等，应称作是‘第 5

剧院’，也要有特色和魅力。”

大剧院将成为国家标志性建筑物，国家大剧院是中国政府面向 21 世纪投资兴建的大型现代化文化设施和国家标志性建筑，1998 年 4 月国务院正式批准立项。

作为中国最高艺术表演中心，国家大剧院总建筑面积约 18 万平方米，其中主体建筑约 13 万平方米，地下附属设施约 5 万平方米。国家大剧院由歌剧院、音乐厅、戏剧场、小剧场及相应的配套设施组成。

歌剧院主要演出歌剧、舞剧、芭蕾舞，有观众席 2500 座。音乐厅主要演出交响乐、民族乐，有观众席 2000 座。戏剧场主要演出京剧、地方戏曲、话剧、民族歌舞，有观众席 1200 座。小剧场主要演出实验话剧、小型戏剧，有观众席 500 座。

在中国建起一座代表文化价值的建筑可以标明 21 世纪非常不同，这就像人民大会堂和天安门城楼的对比。如果人们能接受那样的对比，也能接受这个对比。所以也有人说对新的大剧院要有一个接受调整的过程，因为它太超前了。罗浮宫前的金字塔，贝聿铭的现代设计在一开始也曾被当作是法国文化的尴尬。

### 三、 东方明珠电视塔

与新外滩隔江相望的高耸入云的东方明珠广播电视塔，如图 10.5 所示，位于浦东陆家嘴，与南浦、杨浦两座大桥构成了“双龙戏珠”的美景。这座亚洲第一、世界第三的广播电视塔（高 468 米），犹如一串从天而降的明珠，散落在上海浦东这块尚待雕琢的玉盘之上，在阳光的照射下，闪烁着耀人

的光芒，成为上海新的标志性建筑。



图 10.5 东方明珠电视塔

乘上电梯，只需四十秒钟，便可到达 263 米高的球上，在这里，极目远眺，上海景色尽收眼底，原来的高楼大厦，现在都显得矮小了许多，蜿蜒的黄浦江上，巨轮如梭，连绵入海。分列两边的两座大桥，如两条巨龙，腾飞于黄浦江上，与中间的东方明珠一起，巧妙的组合成一幅二龙戏珠的巨幅画面。

入夜，巨大的球体在五彩灯光的装饰下，光彩夺目，群星争辉，更显得晶莹剔透。与浦西外滩的灯光建筑群交相辉映，展现出现代化大都市的迷人之夜。

这座高塔的拔地而起不仅有效地改善了上海地区的收视及收听质量，也成为上海人在九十年代引以为豪的一大景观，人们传神地将她喻为是“大珠小珠落玉盘”的珠塔！

#### 四、北京中银大厦

北京中银大厦座落在复兴门大街和西单北大街交叉口的

西北侧，如图 10.6 所示。占地约 13300 平方米，总建筑面积 174000 平方米，其中地上 114000 平方米，地下 60000 平方米。落成后成为中国银行的总部办公楼。

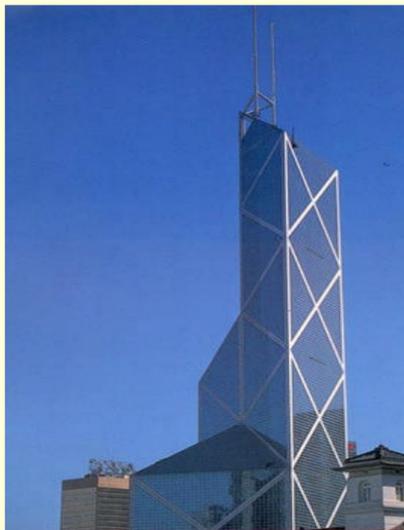


图 10.6 北京中银大厦

大厦呈口字形布置，围成一个可以透进自然光的中庭。宽阔的公众入口位于大厦的东、南两侧，构成大厦主立面的重点。办公人员及货物、车库入口位于西、北两侧。在东南角还设有一个贵宾入口，对内面向中庭及营业厅，对外面向复兴门大街和西单北大街。

通透的玻璃幕墙及独具一格的半球型雨篷，强调出这一部分在空间及视觉上成为大厦的重要枢纽。为了满足北京市的规划限高，同时又要照顾到大厦的经济效益，大厦在高度控制上费了很多功夫。大厦地上部分沿“口”字的东侧及南

侧为 11 层，女儿墙的高度为 44.85 米；北侧及西侧升为 15 层，女儿墙高度为 57.5 米。标准层的层高压至 3.45 米，这对于一个现代化的银行办公楼来说，是比较低的。

大厦的一层及二层主要布置有中庭、营业厅及其附属办公空间，三层设有交易厅、网控中心及电脑用房等，楼上其余层基本上是办公用房以及大小会议室，除了少量的领导单独设置办公室以外，基本上采用开放式办公空间。在顶层，除办公用房外，还设有冷却塔及应急发电机房等。地下有 4 层，设有会议厅、职工餐厅及其厨房、汽车库、自行车库、机房、库房、金库、保险箱库、资料库及各类机房。

## 五、上海博物馆

上海博物馆 1935 年建于南京路上的上海图书馆内，1942 年搬迁至河南南路，如图 10.7 所示。现在新馆位于人民广场南侧，占地 33 亩（2.2 公顷），地下二层，地面高 29 米，有五层。



图 10.7 上海博物馆

与上海市政府遥遥相对的上海博物馆造型别致，将方形基座与园形放射体型巧妙揉为一协调整体，既有传统观念“天

方地园”寓意，又充分体现时代精神，整个外形如一尊庄重古朴的古代青铜器，是一幢崭新的艺术建筑。

上海博物馆设施先进，能满足陈列展览、科学研究与文物保护三大功能需要。设有中国古代青铜器、陶瓷器、雕塑、绘画、书法、玉器、钱币、玺印、家具、少数民族工艺品、西方艺术等 12 个陈列馆，馆藏文物达十二万件，少数民族工艺较为全面地体现了我国六千年古代艺术的辉煌历程。这里是了解中国灿烂文化的极好场所。

### 第三节 香港著名建筑

#### 一、中环中心

中环中心是香港一座非常著名的建筑,如图 10.8 所示。中环中心在白天是一座雄伟的摩天大厦，到晚上则成了一片灿烂辉煌的灯光夜景，远眺近看都显得那么光彩夺目。这座 346 米高、80 层的建筑设计颇具特色，每一百平方尺旋转 45 度，多出四个房间能看到香港的美景。



图 10.8 中环中心

中环中心由刘荣广伍振民建筑师事务所设计，外观和设备都达到二十一世纪的水平。支撑整座大厦的 12 条柱子在底层用镜面不锈钢装饰，上面刻有浮雕，使这幢建筑具有金属感和未来感。镀铬铆钉和其他金属饰件又进一步增添了建筑物的闪烁感。

光彩夺目是这座大厦的主题。在设计时不仅让大厦的外部装饰尽可能反射光线，而且还安装了特制的霓虹灯系统，入夜以后烁烁生辉。设计师们不用传统的泛光照明的方法，而采用颜色闪烁变幻的光带来装饰旋转的楼角，蜿蜒而上，最终到达楼顶通讯塔上皇冠形灯光造型的顶峰。

低压霓虹灯系统由 8,784 个红、绿、蓝灯泡组成，按照预先设定的 14 个程序变换颜色，随着建筑物的旋转角度向上跳动闪烁。除了变幻颜色外，这个霓虹灯系统还能设置节日气氛程序，最令人惊喜的是能够配合维多利亚港的烟花表演。霓虹灯光能配合烟花快速喷向天空，再徐徐落下。

与霓虹灯系统相配合的还有屋顶上安装的一组称为“太空炮”的意大利聚光灯，与大厦底部的另一组“太空炮”相互交辉。

在未来派的包装之下，摩天大厦内是高科技的写字楼，安装有结构电缆系统，提供高速宽频带通讯服务。大厦中还装有先进、节能的地下空气循环系统。空气出口可根据用户的不同需要安放在房间的任何位置，而不会破坏空气流通道管。仅这项措施就大大降低了办公室的装修成本。

中环中心是香港最大的钢框结构写字楼。2415 平方米的承染板也是香港最大的。这幢由长江集团和土发公司合作修

建的大厦，在设计上首先考虑的是方便大众。大厦内的公众活动空间宽敞，并饰有绿色植物和喷泉。这样的设计主要有三个目的：一是把大厦的空间同上环和中环之间的街区联成一片，二是加快行人的流通，三是减少建筑物对周边环境的压抑感。

## 二、香港会议展览中心新翼

香港会议展览中心新翼设计宏伟，能令人感受到十九世纪欧洲艺术展览馆的辉煌气势，如图 10.9 所示。当时的展览馆建筑象征人的创作成就和创造精神。



图 10.9 香港会议展览中心新翼

香港会议展览中心新翼堪称达世界一流水平。这里有世界上面积最大的弧型屋顶、最大的玻璃幕墙、最大的餐饮服务面积、最大的无柱空间。这座建筑由香港贸易发展局规划、由本地建筑设计商王欧阳(香港)有限公司与美国建筑设计事务所 SOM 联合设计、由香港——法国合资企业建筑协会及法国宾嘉公司承建，成为香港国际大都市地位的重要象征。

香港会议展览中心新翼的建设速度令人难以置信，正好赶上 1997 年香港回归的日子，因此又成为香港回归祖国的象

征。弧型的屋顶好像一只向北展翅的大鸟。这一创意来自一件古陶器上画的凤凰。除了象征意义外，面积达4公顷的宽大屋顶呈不对称图形，使这座面积达166000平方米的巨型建筑颇具有人文色彩。

屋顶架在两座70米高、120米长、20米宽的隔水墙上。屋顶本身由12对81米长、镶嵌在双层水泥节间的钢材桁架组成。屋顶上的全天候保护膜和银灰色的铝合金瓦片使整个屋顶灿灿生辉，别具一格。屋顶的设计不仅给整座建筑增添了光彩，而且保证了高效率的环境保护。双层水泥节间的保温值高达0.32瓦/平方米/摄氏度。悬臂屋顶还有很强的遮光作用，加上隔热效果显著的幕墙玻璃，使OTTV值低于30瓦/平方米。

这座建筑不仅外形美观，而且功能齐全。设计师深知行人和车辆的畅通对于大型展览中心的重要性。因此特意设计了一条行人通道，穿过90米长、三层楼高的门廊，连接原来的展览中心。另外还为各层展馆设计了单独车道，不让货车进入，防止交通阻塞。

香港会议展览中心新翼虽然面积庞大，建筑价格却十分经济。每平方米的造价仅为亚洲最大的东京国际广场的三分之一。后者是亚洲唯一比香港会议展览中心大的展馆。

### 三、香港新国际机场

香港新国际机场客运大楼呈流线型，设计灵活，能够适应二十一世纪的航空客几流量，成为建筑设计师Norman Foster的一大杰作。整座大楼占地面积达49000平方米，长1.2公里，共有38个门，完全按照二十一世纪的客几飞机规

格设计。有四个登机口能容纳机翼两端长 92 米的未来巨型客机。



图 10.10 香港新国际机场客运大楼

整座建筑呈 Y 型，是对“飞龙”概念的现代派诠释。从上往下看，客运大楼的屋顶由 129 块预制件组成，每块预制件重达 120 吨。预制件的设计既便于前期制作，又便于现场组装。屋顶外包层也考虑到制造方便，尽量使 46000 平方米的包装材料能按标准件制作。

为了获得轻便飘逸的感觉，Foster 借鉴了他在伦敦设计的斯坦斯德机场，创造了反传统的设计方案：把所有的管道设施、照明系统和其他辅助设施都安装在地板、梁柱和特殊出气口里。这样就能突出屋顶结构的飞翔曲线。

设计时还考虑到节能效果。透光屋顶减少了人工照明，使 OTTV 值比普通城市屋顶的高五倍。玻璃窗一直安装到地板，也大大提高了整座建筑的 OTTV 值。大楼还安装了中央控制系统，能在无人区域自动关闭照明和空调设备，还能在非高峰期自动关闭自动人行道和自动扶梯。

为方便旅客穿过狭长的客几大楼，特配备了有 4 列两节车厢的旅客自动运送系统，每次能以 65 公里的时速把 150

名旅客运送到客几大楼的东、西两侧。尽管运送旅客的服务并非首创，但在机场内把多种交通运输方式结合起来在世界尚属首例。原来还打算在大楼内修建铁路月台，这一方案虽然未被采纳，但在机场干线的铁路月台上有天桥，直接通往登机口。

现在，客运大楼成了香港现代化和高效率的象征。2040年的旅客设计吞吐量为每年 8700 万人。

## 第十一章 世界现代建筑一瞥

19 世纪末出现的高层建筑，本是城市建设用地日益紧张和现代工程技术高度发达所生成的产品。但除了节约用地外，它也有加大建筑造价等种种缺点，并且有些人错误地认为，高层建筑是城市现代化的一标志。

现代建筑的设计是“以人为本”的，它注重高标准的环境质量和生存条件，能够创造一种为大多数人所接受的舒适感，给观光者以丰富的艺术享受和心灵上的快慰。它讲的是一种生活质量，而不是楼宇的高低和体量的大小。高层的选择应是适度的，不能为了盖高层而盖高层，更不能追求奢侈豪华。

现代建筑的设计不能为了追求现代而失去自己的风格。下面我们精心挑选的建筑业许有些并不能构成现代，但是的确的确是经典。

### 一、纽约帝国大厦

帝国大厦矗立在美国纽约市内的曼哈顿岛，俯瞰整个纽约市区，远望附近的纽约州、新泽西州、康涅狄格州、宾夕法尼亚州和马萨诸塞州，成为纽约，乃至整个美国历史上的里程碑，如图 12.1 所示。

帝国大厦建于经济大萧条后的物资短缺时期，其设计构

思成为美国两大汽车制造商竞争的焦点。克莱斯勒汽车公司的沃尔特·克莱斯勒和通用汽车公司的约翰·雅各布·拉斯各布的竞争目标是：向天空竞争，看谁能建最高的楼房。



图 12.1 帝国大厦

最初的计划是建一幢看上去低矮结实的 34 层大厦，后来又作过 16 次修改，最后才采纳了拉斯各布的“铅笔型”方案。有人说最后定下的 102 层建筑方案是世界空中走廊线的杰作。

第一次对外宣布建楼计划时声称这幢大厦的高度“接近 300 米”，这样做其实是故意迷惑他人。拉斯各布生怕克莱斯勒抢了他的风头，要在第 86 层的顶部加一个 61 米的飞艇停泊塔，把整个建筑物的高度增加到 381 米。在一次飞艇停泊时，海军飞艇上喷射出来的压仓水把几个街区以外的行人都弄得浑身透湿，最后不得不拆除了这个停泊塔。

帝国大厦的建设速度是每星期建 4 层半。这在当时的技术水平下，已算是惊人的了。整座大厦最后提前了 5 个月落

成启用，比预计的 5000 万美元减少了 10%，所用材料包括 5660 立方米的印第安那州石灰岩和花岗岩，1000 万块砖和 730 吨铝和不锈钢。

帝国大厦除了作写字楼外，还有多种其他用途：里面有无线电和电波传播实验室，花粉病病人研究平台。这里举行过每年一度的“帝国大厦登楼梯比赛”，举行过美国建国 200 周年纪念，迎接过情人节和圣诞节，庆祝过参加世界职业棒球锦标赛的扬基队和都市队的胜利，还宣布过富兰克林·罗斯福总统选举获胜。

帝国大厦还目睹过不少奇人怪事，包括 1945 年美军 B-25 运输机因浓雾撞到第 79 层，造成十几人死亡的惨剧。帝国大厦还迎接过许多世界政界和娱乐界名流，如古巴的卡斯特罗、英国的伊莉莎白女皇、前苏联的赫鲁晓夫和泰国国王等。甚至电影中的“金刚”都在 1933 年选择这座大厦作为他的舞台，1983 年又重拍一次。

这座大厦最鲜为人知的用途的发现者恐怕要数生活奢侈的纽约市市长吉米·沃克了。当他的政府接受调查时，他感谢这座大厦的建筑师们“为某些公务员提供了一个世界上最高、最遥远的藏身之地。”

## 二、芝加哥的新当代艺术博物馆

当代艺术博物馆（如图 12.2 所示）朝向公众的主要立面有两个：一个是朝西的主入口，距离芝加哥中心的主干道密西根大道仅一个街区远；另一个是朝西的雕塑平台，从那儿可以俯看密西根湖，建筑的基座和雕塑庭园都是边长 184 英尺的正方形。

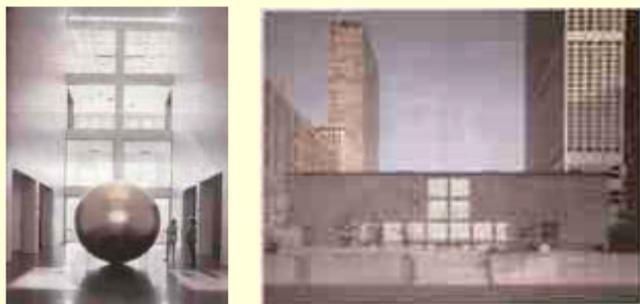


图 12.2 芝加哥的新当代艺术博物馆

Kleihues 根据古典的基座墙身，檐口的三段式构图来设计立面、在建筑前面、从最前沿开始向后 26 英尺是一个气派的大楼梯，为二层的门厅以及上面的展厅、办公室做了一个基座、基座高 16 英尺，铺贴的是 2 平方英尺一块的印地安那石灰石板，目的是为了呼应附近历史文物永塔的颜色，石板厚 4 英寸由膨胀螺栓沿着石板中线固定。

对于墙身的中间轴心部分，建筑师最初考虑选用一英寸厚的铅板，但该材料的柔韧性和毒性使他摈弃了这一选择，改用抛光铝板，因为它在芝加哥的潮湿气候下随着年个的久远会泛出一种古铜色。板材与细小的铁屑一起磨洗，因此较软的铅的表面就留下铁屑磨擦的痕迹，四颗膨胀螺栓，钉在板子的四角起固定之用，正方形，边长 11 英尺密闭的窗户是专门从 IT 定制的用的是阳极铝的框架，前凸的檐口，在建筑上落下了很深的阴影象是一顶帽冠。

尽管首层有大讲堂，教室和一流的礼品店，大多数的参观者还是走过室外的 32 级台阶先进到二层，那儿有主门厅，

餐厅，以及联到室外雕塑诞园的通道。两个大展室，每个有 5800 平方英尺，用以举办临时展览。三层主要展出音像制品和大众媒体艺术品。馆内的永久收藏次及纸品艺术在四层展出。那儿，穹顶采顶光的展室提供了 16000 平方英尺的展览空间。

当观众爬上大台阶，透过建筑看到密西根湖的时候，就开始深刻地体会到贯穿于整个博物馆室内的主题：通透与容纳的交织。“一进入到展览空间，人们就与外界隔离开了。” Kleihues 解释道，“在某种程度上，是单独地与艺术在一起”。展室外面的休息厅提供了远眺城市景观的视线。

“简洁、开敞、宁静”，这是 Kleihues 室内设计的思想，“我不会建筑一个影响观众集中精力观赏艺术的博物馆”。这种态度在建筑中心轴线的空间表现得再明显不过：那儿起主导作用的光线和高度为摆放类似 James Lee Byars 的作品“金球”再好不过的场所。

避开了颜色和建筑手段的狂乱，设计者试图尽可能地消除分散人注意力的因素，“作为观众，你来是为了与艺术品对话，而不是被来往于坡道、楼梯以及乘坐透明观光电梯的人群所干扰。象一些建筑师喜欢做的那样 Kleihues 这样阐明自己的观点，为了强调这种态度，建筑师及合作者把自己限制在几促简单材料的选择上，如粉刷的清水墙面，白色橡木板上、门厅地板选用的是黑羚羊色的花岗岩、展室地面用的是地毯、混凝土或是白色橡木板上。

新 MCA 的建筑面积达到 147000 平方英尺，是原先 Ontario 街上老馆总面积的七倍，新馆在展出 7000 余件部分

永久藏品的同时，还提供了足够的面积举办临时展览。

### 三、纽约世界贸易中心



图 12.3 纽约世界贸易中心远景

世界贸易中心的建筑师是雅马萨奇，纽约世界贸易中心的主体建筑物是两座并立的 110 层的姐妹楼，如图 12.3 所示。在 1973 年 4 月 4 日举行落成时以其 411.48 米的塔楼，堪称世界最高建筑。

主体姐妹楼都是方柱形，外观完全一样，如图 12.4 所示。大厦每边宽 63.5 米，高 411 米。每座楼的建筑面积约 40 余万平方米。整个世贸中心可容 5 万人在内工作。大楼的外墙是排列很密的钢柱，外表包以银色铝板。大楼受到很大的风荷载，在普通风力下，楼顶摆幅为 2.5 米。实测到的最大位移有 28 厘米。

世贸中心建成之时打破了纽约帝国州大厦保持 42 年之久的世界最高建筑的纪录，但其高度很快被芝加哥的西尔斯大厦超过。

修建世界贸易中心的目的是为从事世界贸易的私人企业和政府机构提供一个办公场所。整个中心占地 16 公顷，共有

7 座建筑物，出租给代表 25 个国家的 350 家公司，每天有 40,000 人在里面工作。



图 12.4 纽约世界贸易中心近景

除了为国际贸易提供场所外，世界贸易中心还旨在促进曼哈顿商业区的经济发展。日本建筑商山崎实，及其合伙人纽约的特洛伊·密西根、埃默里·罗斯父子公司，为世界贸易中心的设计提出了许多很好的建议，港务局最后采纳了雅马萨奇两座塔楼的设计。

港务局的目标是要造出 929000 平方米的写字楼出租面积，挖出了 90 多万立方米的泥土和岩石，用了 20 多万吨钢材，32 万多立方米的混凝土，制造出世界上最大的室内空间。

两座塔楼都是 110 层高，加上另外 5 座建筑物，总面积达 929000 平方米。两座塔楼都能提供 75% 的无柱出租空间，

大大超过一般高层建筑 52% 的实用率。

由於世界贸易中心地面广场的地势比海平面仅高出 1 米左右，世界贸易中心的地基建造几乎与楼身同样巨大。在广场的下面，有一条宽 1 米左右的狭槽，穿过坚硬的岩石。在某些地方，狭槽有超过 21 米深，经注入预制泥浆后，地下水和泥土便不能流入世界贸易中心的地基。

在地面上，一块块建筑预制件从西雅图、圣路易斯、洛杉矶等地方运来。澳大利亚还专门为修建世界贸易大厦设计制造了 8 台起重机。绰号为“袋鼠”的专用起重机安装在屋顶，利用建筑物的高度来吊装各种部件。

建筑物的内部装备了最先进的冷热通风系统，远距离通讯设备，防火系统和升降机系统。整个世界贸易中心共有 239 部电梯和 71 座自动扶梯。电梯能载客 50 人——即 4535 公斤的载重量。高速电梯的升降速度高达每秒钟 8 米。

世界贸易中心不仅提供大面积的写字楼，而且是纽约曼哈顿地区最大的室内商场，里面有 70 多家专卖店，不同口味的快餐、全餐食肆。还有各种规格大小的会议室、贸易展销厅、艺术展览馆、学术研讨厅等功能齐全的场所。

可惜，这座著名的建筑在 2001 年 9 月 11 日被极端恐怖分子驾驶飞机撞毁。

#### 四、奥林匹克旅馆

1924 年由建筑师波斯特父子设计的具有意大利文艺复兴风格的奥林匹克旅馆一直是社会文化名流的理想去处，如图 12.5 所示，现今，该建筑已被载入美国国家级历史文物保护单位之列。



图 12.5 奥林匹克旅馆

作为改建内容之一，该旅馆错综复杂的陶瓷砖装饰被人们清理干净，一些损坏的部分则采用玻璃纤维制成，其修复程度可以与原件相媲美。建筑中许多铸铁构件经重新铸造得以更换。有些装饰线脚曾因早期的加建受损，而新的装饰线脚依据旅馆的原始施工图被设计和建造出来。该旅馆的加建部分还包括：一处由玻璃围合成的游泳大厅，一个位于南侧门厅之上的健身俱乐部。

## 五、杰斐逊纪念拱



图 12.6 杰斐逊纪念拱

美国著名建筑师埃罗·沙里宁（1910~1961）所作方案于1948年竞赛中获选，1967年建成，拱门高度与跨度均为190多米，呈抛物线形，如图12.6所示。

拱门为钢结构，表面为不锈钢板，简洁明快，在阳光中闪闪发光，以现代化的、轻盈豪放的造型纪念圣路易斯城在当年开发美国西部疆域过程中的历史作用。可惜的是，一代建筑大师埃罗·沙里宁英年早逝，这位才华横溢的设计师未能亲眼看到杰斐逊纪念拱的落成。

## 六、白宫

首先说说白宫的由来吧！

一般认为这和1814年的事情有关，英美战争第二年，也就是1814年时，英军攻进华盛顿城，欲放火烧毁联邦议会、国会图书馆及总统府等地，不过当时刚好下了一场大雷雨，才阻止了火势，避免了全毁的命运。由于后来将当时烧黑的墙壁涂成白色，故称“白宫”。



图 12.7 白宫远景

但这是错误的说法,事实是完成于 1800 年的总统府由于是使用弗吉尼亚所产的白色砂岩建成,故建筑物非常洁白美丽,如图 12.7 所示,当时的新闻界喜欢称总统府为“白宫”,渐渐地此一名称便广为流传。

而正式采用“白宫”此一名称是第 26 任总统罗斯福于 1902 年任职时采用的,宫用信纸及信封上均印有“白宫”字样,而且经国会批准,正式使用。

历任总统对白宫的感怀因时代及个人观点而有所不同。

第 2 任总统亚当斯认为:“白宫是个正直又有思虑的人才能支配的处所。”第 27 任总统塔夫脱认为:“这是世界最孤独之所。”第 33 任总统杜鲁门认为:“这是宾夕法尼亚大道上最伟大的白色监狱。”第 30 任总统柯立芝认为:“这不是任何人的家,任何人均是过客。”

## 七、悉尼歌剧院

悉尼歌剧院位于澳大利亚悉尼,如图 12.8 所示。其设计独具匠心,别具一格,与周围环境融为一体,看上去像海湾里的船帆、海洋的波浪、大海的贝壳。歌剧院位于本纳隆角,其特殊的地理位置令丹麦建筑师约姆·乌策恩萌发灵感,设计出这座建筑,无论从陆地、海洋、或者天空的角度看上去都有美的感受,如图 12.9 所示。

悉尼歌剧院是乌策恩在 1957 年设计的。屋顶的线条就像「第五个侧面」,与悉尼周围的其他建筑相比,更像一座独立的雕塑。在参选的 222 个悉尼歌剧院设计方案中,乌策恩的设计以其经济性,创意性和革命性胜出。基于这些原因,悉尼歌剧院被认为是世界最独具创意的建筑设计之一。她不仅

是港口的明珠，而且是整个悉尼市天空轮廓线的皇冠。



图 12.8 悉尼歌剧院远景



图 12.9 悉尼歌剧院鸟瞰图

乌策恩最初的设计方案在结构上无法建造出来，所以 1959 年首期工程开始后，对屋顶的贝壳形线条又作了修改。1962 年开始第二期工程，包括重新设计过的贝壳形图案，直至 1967 年才完工。由于同新威尔士政府有诸多不合，1966

年乌策恩退出了这项工程。最后一期工程主要是内部装修。为了降低成本，没有选用乌策恩原来指定的材料。

经过 14 年的时间，悉尼歌剧院终于在 1973 年 10 月 23 日由英国女王伊丽莎白二世剪彩落成，并在 1998 年 10 月庆祝落成 25 周年。

悉尼歌剧院是世界上最繁忙的艺术中心之一，里面分四大部份：歌剧院、音乐厅、戏剧院和游乐场。前院是多项目的露天表演场。1999 年 3 月，第五部份开放，是小型音乐演奏会，小型戏剧和舞蹈表演的场所。这部份就在音乐厅的下面。悉尼歌剧院还有 4 个公众餐厅和许多其他功能的场所，每个地方都别具特色。

音乐厅最大，观众席上有 2679 个座位，整个音乐厅的空间有 26400 立方米。音乐厅最令人激动的是音响效果，回响时间长达 2 秒钟。在舞台的上方，有 18 个可以调整的聚合环状物，这些环状物是用来把声音反射回在台上演奏的演员们听的。音乐厅的大风琴是一位澳大利亚音乐家设计的，是目前世界上最大的机械木连杆风琴，共有 10,500 支风管，花了 10 年的时间做成。

## 八、千年桥

新千年大桥将是 100 多年来伦敦第一座新的渡河大桥和第一座人行桥，如图 12.10 所示。它将连接首都两个最出色的公共场地和建筑——北部的圣保罗大教堂和新泰特现代艺术画廊周围地区以及南部的环球剧场，在河的南北岸之间建成一条新的通道。这座大桥不受车辆和城市噪音的干扰，本身就将成为一座引人注目的建筑里程碑，开辟出伦敦，特别

是圣保罗大教堂独一无二的新景观。



图 12.10 英国千年桥

千年桥本身呈现为优美的拱形，轻轻地架在“彼得山”的通道上，最后在“河滨”结束。主要垂直方向的联系依靠缓坡坡道，一小段台阶与坡道紧密相接，形成一个圆弧形的坛台，将桥、雕塑、坡道和观景平台连为一体。

### 九、千年穹顶

罗杰斯爵士和结构工程师哈泼尔德合作设计了“千年经验”的核心部分千年穹顶。该圆顶建筑的直径为 320 米，中央高度为 50 米。它将从一组 12 根 100 米的钢柱上挂下，用 70 多公里长的高强度缆索固定在位置上。该圆顶的圆周长一公里，地面面积为 80000 平方米以上，是世界上最大的圆顶建筑。

### 十、英法隧道

在英国的福克斯通和法国加来之间穿过英吉利海峡的一人工隧道是当代工程技术的一大杰作，如图 12.11 所示。

这条曾经颇具争议的海峡隧道由英吉利海峡隧道营造公

司修建和经营，是英国和法国之间 12,000 年来第一条陆路通道，是欧洲统一的象征。修建穿过英吉利海峡的海底隧道曾经是很多希望统一欧洲的人的多年梦想，其中包括罗马人和拿破仑。在拿破仑 1802 年制定的隧道计划中，曾设计建造多个烟囱伸出水面，以保证隧道内通风。



图 12.11 英法隧道

拿破仑当时还无法预料修建隧道会遇到的无数个困难。修建隧道所面临的最大困难是运走钻凿隧道时产生的成千上万吨石灰岩废料，除了修建隧道本身的工程技术问题外，隧道营造公司还面临资金、工期、安全等问题。

整个工程规模浩大，涉及两个不同语言的国家，10 个主要承包商，还有 25 万张工程图纸，220 家银行。通过所有这些方面的共同努力才能够使这条隧道从图纸变为现实。工程项目每天耗资超过 500 万美元。尽管这项工程的设计和施工部门牵涉到两个国家的不同机构，不同的安全和法律体系，但实践证明，修建隧道是安全可靠的。

隧道落成后于 1994 年开设了通过隧道的「欧洲之星」火车服务，来往于伦敦—巴黎、伦敦—布鲁塞尔之间。1996 年 11 月，一列开往英国的隧道列车上装有 29 辆汽车，其中有

一辆卡车失火，但在事故中没有人受伤，这次火灾是对隧道的安全通风系统的一次大考验。

尽管大火把隧道烧得像个烤箱，但是所有乘客和列车工作人员在 24 小时内全部康复出院。隧道靠近英国一侧的警察和救援人员使用工程绘图影像系统来确定救援的路线。大火对隧道的混凝土内壁没有造成大的损坏，但是，工程技术人员还是用控制混凝土的填料、增加保护剂等办法对隧道进行加固，使其能承受更高的温度和更大的压力。

负责海峡隧道营运的隧道营造公司提供两项穿梭列车运输服务：一项是对小车及大客车，另一项是对货车。列车穿过隧道大约需 35 分钟。小车和大客车的司机和乘客可以留在自己的车上，但货车司机要离开车辆，到餐车上休息或吃点东西。

除了穿梭运输服务外，海峡隧道还用来通行“欧洲之星”旅客列车和货物列车。“欧洲之星”旅客列车以高达 300 公里的时速来往于伦敦的滑铁卢火车站和巴黎北站或布鲁塞尔南站之间，穿过隧道只需约 30 分钟的时间。“欧洲之星”列车由一家独立于隧道营造公司的私人公司经营，货物列车也可以使用海峡隧道，使英国和欧洲大陆第一次用铁轨连接起来。

### 十一、德方斯巨门

这是法国为庆祝法国大革命二百周年所建工程之一，由丹麦建筑师主持设计，如图 12.12 所示。

巨门如同一个两面开敞的大方匣子，高 110 米。方匣子两侧面为 36 层的政府机构办公楼，顶板部分内部也有办公室。德方斯巨门与巴黎的卢浮宫及凯旋门在一条长轴线上。卢浮宫有巨大的方形庭院，凯旋门为方形中开一圆拱门，这

个方形大门与前二者遥相呼应，有“展望未来”、“通向世界的窗口”的寓意。



图 12.12 德方斯巨门

## 十二、圣玛尔塔集合住宅



图 12.13 圣玛尔塔集合住宅

圣玛尔塔集合住宅取材纯朴，虚实对比强烈，营造出独特的空间氛围，如图 12.13 所示。建筑的材料主要是混凝土、

砖和石头。混凝土基座上 是方形的红砖砌体，上面开有玻璃窗，抹刮后的灰缝清晰可见。卧室的东西墙都开有窗，使室外环境渗透到室内。素静的抹灰使得室内与室外连续统一。阁楼的顶光仿佛使室内空间从四墙的围合中溢出。

顶部浅水池宛若起居室内桌面的延伸，在红砖、蓝天和白云的映衬下，渲染出天堂般的氛围。住宅的外形虽是一个方盒子，但却不封闭。设计师大胆的“手术”使它成为一个清风徐来，长空万里的自然居处。

### 十三、圣彼得堡集合住宅



图 12.14 圣彼得堡集合住宅

圣彼得堡集合住宅，如图 12.14 所示，位于新城区干道一侧。为体现圣彼德历史文化名城的文化文脉，建筑师在新区现代城市空间中创造了具有强烈传统空间氛围的住宅综合体，满足了居民对城市历史的怀古心理。建筑师巧妙地利用了两个庭院，将不同的居住单元联接起来。

在两栋 3 层的联排住宅之间，建筑师大胆地应用线型排列方式，在带型庭院空间中应用西方传统建筑处理手法，弱

化了线型空间的狭长感，丰富了空间的变化。

该建筑的处理手法非常适合俄罗斯寒冷的气候条件，体现了建筑师深厚的建筑历史的功底，荣获 96 年俄罗斯建筑师协会一等奖。

#### 十四、琦玉现代美术馆



图 12.15 琦玉现代美术馆

琦玉现代美术馆，如图 12.15 所示，最典型的处理手法表现为：在几何形式中引入非正常变形和非连续性，将它们扭曲以破坏它们的对称性或打乱它们的匀称性，带来矛盾和多价的意味，这意味正是黑川所要追求的，按黑川的理论，社会正从作为机器原理时代的 20 世纪向生命原理时代过渡，生命原理时代表现意味。

正象在日本的画和建筑中经常看到的格构作品，建筑立面的格构具有双重意向：柏拉图的几何图形和米利都（古希腊的城市）的街道平面图这始于黑川 1960 年的农业城市规划的格构模型。格构为建筑带来了另一种意味。

## 十五、蒙特·西耐幼儿学校

蒙特·西耐幼儿学校扩建工程所关注的问题只有一个，那就是教室。由于校方对于究竟需要多少教室并不十分有把握，于是卡拉赫和阿尔瓦雷斯便萌发了设计一系列小“亭子”的想法。一个75米长的过街桥起始于原有建筑的楼梯间，将四座新的“亭子”连接了起来，如图12.16所示。



图 12.16 蒙特·西耐幼儿学校

在东面，依着地势建有阶梯状的花园。在其他方向上，花园则被石墙和一行柳树所环绕，形成了一个封闭的空间；在花园的南、北两端，垂直交通（坡道和楼梯）连接起上下两层教室。这些风格质朴而又颇具韵律感的教室像是在与阳光嬉戏。

1989年10月3日，德国统一；1991年6月21日德国政府宣布，柏林取代波恩成为新统一的德国的首都。十年后的今天，我们还很难说这些政治变化对其公共建筑造成了怎样的影响，但我们可以看到的是，德国当代建筑师有多么不同的特色。

## 十六、乌尔姆大学工学院



图 12.17 乌尔姆大学工学院

这座大型的建筑综合体，位于市区和山林之间的过渡地带，如图 12.17 所示。它有植草屋顶和雨水积集、排放装置，目的是为了把对附近艾舍尔山生态环境的破坏减少到最小。各种研究设备安置在混凝土打造的地下室中，地面部分是由木头构筑的“思想室”，外表面材料是混凝土和木秆维制成的保利板。建筑外墙上鲜艳的颜色组合，是巴赫 C 小调赋格曲式的一段抒情曲在视觉上的表现。

建筑师奥托·斯泰德勒不相信那些只有一种功能使用可能的建筑，因此在乌尔姆方案中，他努力创造的不是专家们的小世界，而是“对于艺术与科学，两者间存在的彼此依靠及相类似关系的启示”。

决定该建筑外貌的重要因素是紧迫的建造时间和拮据的预算，而且设计师努力地创造尽可能多的使用面积。建筑的特点是它对生态环境的尊重，对未来发展使用持续性的考虑，

使用的灵活性，以及知识分子式的谦逊。

### 十七、波恩艺术博物馆

在柏林墙倒塌前业已构思好的艺术博物馆，最初的想法是在  $100 \times 300$  平方米的地段上，与其邻近的国家艺术馆一起组成为一个和谐共生的整体。但正如在一切“整体性”方案中时常出现的情形那样，它们被分割成两个单体博物馆，分别交由舒尔茨和另一位奥地利建筑师设计，如图 12.18 所示。



图 12.18 波恩艺术博物馆

在舒尔茨简单的正方形平面构图中，有三角与方形的咬合嵌套，还有曲线异形体的镶入，体现出建筑师对各种影响博物馆最终成形的冲突力量的调和：政治上庄严气派的要求与城市规划中要满足的条件，展览的公众性与对观众对艺术的个人化的体验。

另外，颇具特色的顶光，是从汉诺威的基督教堂的采光顶设计继承发展而来，建筑师的意图并不是竖起一个艺术的庙宇，而是创造一屋子的光。在建筑师看来，建筑体本身须具有一种大气魄去容纳艺术，而不是为宣扬自己而把艺术给

挤没掉了。

## 十八、明斯特公众图书馆

建筑师朱莉亚·玻利斯和彼得·威尔逊于1985年在图书馆竞标中获胜。图书馆工程是他们第一个比较大的项目，而且也是历史古城明斯特市为庆祝建城1200年的一项重点工程。

不过，此处“历史古城”四个字是带引号的，因为在1943年10月的空袭中，95%的城市已经被破坏了。这段历史以及其他别的东西被保存在明斯特公众图书馆中。

这座9751平米大的图书馆正位于市中心，里面有200,000册藏书和其他媒体材料。建筑物有两部分，一个传统的图书馆和一个“信息超市”，其间被一条通道隔开，如图12.19所示。通道联通两条城市街道，并且形成一条轴线，指向一座早于1535年就存在的圣兰伯特教堂。



图 12.19 明斯特公众图书馆

设计的特色是外立面上使用的铜板以及联系两部分建筑的空中联桥，设计者把它比喻成威尼斯的叹息桥。明斯特公众图书馆不是一座孤零零的现代主义的纪念碑，也不是后现

代主义的混成品，而表现出当代建筑的成熟：它把强烈的现代形式，与对城市环境的尊重，对读者和路人的关爱以自己的特色成功地调和在了一起。

## 第十二章 20 世纪建筑中的艺术

回过头看，20 世纪的建筑确实丰富多彩，非同小可，这一百年中建筑变化之大，发展之速，是先前任何一个世纪都无法比拟的，这是因为近代以来，社会生产方式和生活方式发生巨大变动，建筑领域活动的方面都产生了深刻广泛的变化，这是世界建筑历史上出现过的一次最重大的建筑转轨和转型，即一般所说的建筑现代化。

建筑现代化发端于 19 世纪，成熟和扩展在 20 世纪，在建筑的物质层面上，现代化没有阻力，顺利推行。而在精神层面上，情况则很复杂。因为建筑的形式、风格、艺术与社会文化有密切关系，情况不一。有赞成现代化的现代派别，有反对创新的派别，有两者之间的中间派别，它们也非固定，而是有停地变动转化。种种流派，此起彼伏，变幻不定，蔚为大观。

在纷繁多样的建筑趋向和流派之中，我们最应该得到重视的是与历史运动大方向契合，善于改革创新派的别和建筑师，历史上建筑师长期在传统引导下进行创作，建筑缓慢地演变，本世纪中，一批建筑师倡导改革，形成百家争鸣的局。不断创新是 20 世纪建筑创作的主旋律，我们把开创性作为选择建筑作品的第一条原则。

## 第一节 20 世纪建筑艺术欣赏

建筑不是纯科学、纯技术，它带有文化艺术的品质，在建筑园地中，出来新东西绝不意味着旧东西的绝灭；相反，传统的建筑形式和风格仍有人爱，在某些场合还是一种需要，传统的东西还以各种方式、不同程度地与新东西结合，产生又新又旧，承继承与创新交融的建筑。世纪建筑趋同化与地方化的关系也是如此，两者能够统一起来，而且已经有了许多优良的实例。

20 世纪的建筑品类是这样的繁多，数目有限的一张名单不可能包罗无遗，我们将本世纪初有相当影响的主要流派的有代表性的建筑作品，适当地有代表性的挑选出来，让大家领略一下其中的艺术性。

### 一、埃菲尔铁塔



图 4.1 埃菲尔铁塔

埃菲尔铁塔，位于法国巴黎。铁塔是为纪念法院大革命100周年而建，由结构工程师埃菲尔(1832-1923)设计,所以叫做埃菲尔铁塔，又叫做巴黎铁塔,如图 4.1 所示。

塔高 300 米，有 1.2 万个构件组成，用 250 万个螺栓和铆钉连结为整体，用去 7000 吨优质钢铁，当时装有蒸汽动力的升降机。铁塔虽然不是实用的建筑物，但它的出现显示了钢铁结构的优异性能，并预示着房屋增加高度，向上发展的可能性。埃菲尔铁塔落成时，还有人认为它丑陋难看，要求拆去，但后来却成了巴黎最有名的标志。

## 二、 富兰克林路住宅楼



图 4.2 富兰克林路住宅楼

富兰克林路住宅楼，位于法国巴黎，如图 4.2 所示。建筑师是 A.贝瑞。法国是欧洲最早尝试用钢筋混凝土建造房屋的国家，法国建筑师贝瑞(1874-1955)既从事建筑设计又担当施工管理工作，曾用钢筋混凝土结构建造了剧院、教堂和

车库等建筑，富兰克林路住宅楼高 8 层，而且采用钢筋混凝土框架暴露在立面上，成为建筑立面的构图要素之一，在当时是一次大胆的尝试。

### 三、C.P.S.百货大楼



图 4.3 C.P.S.百货大楼

C.P.S.百货大楼，坐落在美国芝加哥，建筑师是 L.H.沙利文，如图 4.3 所示。沙利文（1856-1924）是 19 世纪末美国芝加哥学派建筑师的代表之一。在社会经济和技术出现变化的时刻，他主张适应新的条件，创造新建筑。C.P.S.百货大楼分两期建造，于 1904 年落成，它的立面处理直率地反映出框架结构的特征，大部分采用横向长窗，但是沙里文并不完全抛弃已往的建筑手法，大楼细部有不少装饰，底部还用许多铁的花饰，楼顶原来有小挑檐。

沙利文不把建筑看作单纯的实用工程，他说：“真正的建筑师是一诗人，但他不用语言而用建筑材料。”沙利文是一位跨世纪的建筑大师，C.P.S 百货大楼是一座跨世纪的建筑，它既包涵着过去，又启示了未来。

## 四、万勒尔工厂



图 4.4 万勒尔工厂

万勒尔工厂，位于荷兰鹿特丹，建筑师是 J.A 布林克曼等，如图 4.4 所示。在继承了柏林透平机工厂和法格斯工厂之后，在 20 年代，又出现了这座新型工厂，工厂生产烟草，咖啡和茶叶等，主要厂房一字排开，呈曲线形，主厂房采用钢筋混凝土无梁楼盖，内部空间开阔，外部采用连续的玻璃长窗，室内光线和通风都好，这个工业厂房一改旧日工厂的灰暗沉闷的形象，给人以清洁、宜人、高效的印象。

厂房落成后，勒·柯布西耶赞美万勒尔工厂是“现代世纪的创造”。他说：“建筑物的薄而轻的立面、光亮的玻璃，灰色的金属件，表达出向上腾跃之势，一切都敞开，对于在 8 层楼里工作的人，这有何等巨大的意义！”

## 五、维也纳邮政储蓄银行

维也纳邮政储蓄银行，座落在奥地利，建筑师叫 O.瓦格纳，如图 4.5 所示。瓦格纳（1841-1918）原来擅长设计文艺复兴样式的建筑，19 世纪末，他的思想转变，提出新建筑要

来自当代生活，表现当代生活。



图 4.5 维也纳邮政储蓄银行

维也纳邮政储蓄银行高 6 层，立面对称，墙面划分严整，仍然带有文艺复兴式建筑的敦实风貌，但细部处理新颖。表面的大理石巾面板就用铝制螺栓固定，螺帽坦率地露在外面，产生奇特的装饰效果，银行营业大厅做成满堂玻璃天花，由细窄的金属框格与大块玻璃组成，两行钢铁内柱上粗下细，柱上铆钉也袒露出来，大厅白净、简洁、新颖。这座建筑物建于 20 世纪初，具有开创性。

#### 六、通用电气公司（AEC）透平机工厂

通用电气公司（AEC）透平机工厂，位于德国柏林，1 建筑师叫 P.贝伦斯，如图 4.6 所示。1908 年德国著名建筑师贝伦斯（1868-1940）为德国通用电气公司设计透平机（即涡轮机）工厂是一次有历史意义的事件，它标志着建筑师与工业界有意识地合作，提高了工业建筑的设计水平。



图 4.6 通用电气公司 (AEC) 透平机工厂

这座透平机工厂的主要厂房位于城市街道转角处，厂房结构采用大型门式钢架，钢架顶部呈多边形，侧柱由上至下逐渐收缩，在地面处形成铰接点，透平机工厂的造型体现了石房结构的这些特点，但经过贝伦斯的处理，透平机工厂的端部又带有纪念性建筑古典庄重的气派，成为一座既合理又富有表现力的工厂建筑。

## 八、 格拉斯哥美术学院



图 4.7 格拉斯哥美术学院

格拉斯哥美术学院在英国。建筑师是 C.R 麦金托什。格拉斯哥美术学院是爱尔兰建筑师麦金托什 (1868-1928) 最重

要的建筑作品，如图 4.7 所示。

它是一个“山”字形平面的 4 层楼房，北立面沿街，基本对称，东立面建造较早，有尖顶，角塔，山花墙等，带有哥特建筑遗风，麦金托什于 1906 年建造西立面，做了重大改变，不再重复东立面造型，他将图书室的凸窗子的一实墙面组成活泼的构图，室内布置简洁明快，突破长期以来英国设计界的沉闷气氛。麦金托什的作品风格对维也纳分离派建筑师有过影响。

## 八、米拉公寓

米拉公寓在西班牙巴塞罗那，建筑师叫 A.高迪，建筑如图 4.8 所示。西班牙建筑师高迪（1852-1926）的建筑作品跨两个世纪，大都集中在巴塞罗那一地，他的作品突出其个人独有的风格，米拉公寓是他的代表作之一。



图 4.8 米拉公寓

他设计这座公寓时，把重点放在造型的艺术表现方面。他发挥想象力，建筑形象奇特，怪诞不经。西班牙历史上曾建立过穆斯林王朝，基督教文化与回教文化碰撞，产生了那一地区特有的文化艺术风格，本世纪初，西班牙沿未大规模工业化，高迪的个人风格就是在这样特定的历史背景下形成

的。

## 九、渥尔沃斯大厦



图 4.9 渥尔沃斯大厦

渥尔沃斯大厦，建在美国纽约。建筑师是 C.吉尔勃特，如图 4.9 所示。20 世纪前期的 30 年，美国大城市中兴起建造高层商业建筑的热潮，纽约和芝加哥走在前面，造出许多超高层大厦，人们称之为摩天大楼。

为了争夺“世纪第一高楼”的称号，美国的大公司大财团互相攀比，不断突破原有建筑的高度和层数，1911 年美国零售商业巨子渥尔沃斯公司在纽约建造高 234 米的 57 层大厦，1913 年落成，成为当年世纪最高的建筑物。

1930 年以前，美国的高层建筑大都采用仿古的建筑形象，渥尔沃斯大厦内部采用钢框架结构，但外观特意仿效欧洲中世纪哥特式教堂的某些手法和形式，因而被称作“商业大教堂”。渥尔沃斯大厦是本世纪初期美国摩天楼的样本之一，大厦落成时，当时的美国总统胡佛亲自为之剪彩。

## 十、法格斯工厂



图 4.10 法格斯工厂

法格斯工厂，在德国。建筑师叫 W.格罗皮乌斯和 A.梅耶，如图 4.10 所示。法格斯工厂是本世纪德国著名建筑师格罗皮乌斯（1883-1969）早期的建筑作品，位于德国一个小镇上，是制造木质鞋楦的小型工厂。

厂房布局周到地考虑了工艺和生产流程的需要，在单层厂房前部是一座 3 层的办公小楼，办公楼采用钢筋混凝土框架结构，单面走廊，外墙柱子之间开满了大玻璃窗，窗下墙外表为黑色铁板，形成玻璃与铁板组成的幕墙。

传统建筑的转角部位常常做得格外厚重，而法格斯工厂办公楼的角部反而取消了角柱，使玻璃幕连续无阻拦的转了过去，使办公楼具轻巧通透的现代面貌，这在当时具有创新意义。

## 十一、赫尔辛基火车站

赫尔辛基火车站，座落在芬兰。建筑师叫 E.沙里宁，如图 4.11 所示。芬兰建筑向来有浓厚的地区色彩，早先的重要

建筑物大都采用古典主义或浪漫古典主义风格，伊利尔·沙里宁（1893-1950）早年在芬兰工作，1923 年移美国，赫尔辛基火车站是他的浪漫古典主义建筑的代表作，虽有古典之厚重格调，但又高低错落，方圆相映，因而生动活泼，有纪念性而不呆板，被视为 20 世纪建筑艺术精品之一。



图 4.11 赫尔辛基火车站

## 十二、第三国际纪念塔模型方案

第三国际纪念塔模型方案，前苏联。设计者是艺术家 V. 塔特林，如图 4.12 所示。俄国十月革命后，出现名为构成主义的艺术流派，以抽象的形式表现力，运动，空间和人的激情。俄国艺术家塔特林（1895-1956）为庆祝共产主义第三国际设计了 this 纪念塔方案。



图 4.12 第三国际纪念塔模型方案

它由自下而上渐渐收缩的螺旋钢架与另一个斜直的钢架组合而成，架内悬挂4个块体，分别以一年，一月，一天和一小时的速度自转，按照设计意图纪念塔高303米，与巴黎埃菲尔铁塔高度相仿，这个有新意又富有动感的纪念塔方案没有实现的机会，但是这个方案模型典型的表现了俄国构成派艺术家的美学观念，给建筑界留下深刻的印象。

### 十三、爱因斯坦天文台



图 4.13 爱因斯坦天文台

爱因斯坦天文台，在德国的波茨坦，建筑师是 E.门德尔松，如图 4.13 所示。1905 年爱因斯坦提出狭义相对论，1915 年完成广义相对论，这是科学史上的一件大事。

相对论理论深奥，普通人对之感到神魂莫测，德国建筑师门德尔松在这座用来检验爱因斯坦理论的天文台设计中，用砖和混凝土两种材料塑造了一个稍带流线形的体块，门窗也不同于通常的形式。这座建筑以它的混混沌沌，浑浑噩噩的造型表达一般人对相对论怀有的匪夷所思、高深莫测的印象。

这座建筑设计建造的时期，西方文学艺术界表现派盛行，

表现派强调主体的内心世界，表达“我”内心体验到的东西  
爱因斯坦天文台被认为是表现派建筑的典型之一。

#### 十四、林肯纪念堂



图 4.14 林肯纪念堂

林肯纪念堂，座落在美国华盛顿。建筑师是 H.培根，如图 4.14 所示。林肯纪念堂位于美国首都华盛顿政治中心区主轴线的西端，与东端的国会大厦遥遥相对，中间是华盛顿纪念碑，美国第 16 届总统林肯于 1865 年遇刺身亡，1867 年筹建纪念堂，由于选址及方案抉择问题，至 1913 年方选定培根的建筑设计，1914 年动工，1922 年建成。

36 根陶立克式柱子，代表林肯逝世时美国的 36 个州，柱高 13.4 米，底径 2.26 米，建筑外观全部用白色大理石建造，大厅内有 8 根爱奥尼式柱子，正中为林肯雕像，纪念堂雕镂精细，比例恰当，造型优美，既有纪念性，又高雅开朗，林肯纪念堂的徒刑选择，表明西洋古典风格在本世纪仍得到人们的赞赏，在某些地方的纪念性建筑中常被采用，传统建筑仍然有其存在的空间。

## 十五、斯德哥尔摩市政厅



图 4.15 斯德哥尔摩市政厅

斯德哥尔摩市政厅，在瑞典，建筑师是 R.奥斯特伯格，如图 4.15 所示。本世纪 20 年代，创造新建筑风格的呼声已在西欧兴起，而传统建筑风格仍保持着强劲的势头，1923 年落成的这幢市政厅即是尊重和继承传统的一种表现。

瑞典建筑师奥斯特伯格在市政厅设计中，他尊重古典建筑但又不受其限制，而将多种历史上的建筑风格与手法融合在一起，创作了这座体形高低错落，虚实相谐的水边建筑，市政厅的几个大厅装修华丽而不俗，具有北欧地区的待情画意，被认为是民族浪漫主义建筑的一个精品。

## 十六、东京帝国饭店



图 4.16 东京帝国饭店

东京帝国饭店，在日本东京，建筑师是 F.L.赖特，如图

4.16 所示。赖特的建筑追求是永恒的，直到去世，赖特也没有停止其建筑活动，包括设计案在内，赖特一生留有 828 件作品，现存近 400 件，赖特设计的东京帝国饭店曾于 1923 年矗立在东京的土地上，并在关东大地震中，以其“象船浮在海面上”的结构免遭于难。

赖特对该建筑的抗震，防火进行了十分周密的推敲和探讨，他希望帮助日本实现由木结构到砖石结构，由下跪到站立的转变，同进又不至于过多地更新丧失日本文化的伟大成就。帝国饭店的建成，可以说是日本乃世界现代建筑史上值得重视的事件。作为赖特有机建筑的代表作，在技术和设计上对当时的日本来说都是高水平的。帝国饭店的所有部分可以说都充满了赖物独特的创意。帝国饭店后来的命运，便是于 1967 年 11 月下旬开始拆除，1968 年 2 月 28 日解体工程完成，随之从东京日比谷的土地上消失。

## 十七、施罗德住宅



图 4.17 施罗德住宅

施罗德住宅，座落在荷兰乌德勒支市，建筑师是 G.里特维德，如图 4.17 所示。设计人里特维德（1888-1964）是家具设计师兼建筑师，受荷兰当时“风格派”影响。

风格派艺术家倡导艺术应是几何形体和纯粹色块的组合构图。这座施罗德住宅是风格派艺术主张在建筑领域的典型表现。由光光的墙板，简洁的体块，大片玻璃组成横竖错落，若即若离的构图，与当时著名的荷兰画家蒙熏里安的绘画有十分相似的意趣，如同一座三维的风格派绘画。施罗熏住宅对许多现代建筑师的建筑艺术观念有不小的影响。

### 十八、包豪斯校舍

包豪斯校舍，在德国德骚，1925-1926 建筑师是 W.格罗皮乌斯，如图 4.18 所示。1919 年格罗皮乌斯创办包豪斯设计学校。1925 年在德骚市建造这座新校舍。



图 4.18 包豪斯校舍

在资金拮据的情况下，设计者周到地考虑多种功能，其中包括教学、行政、宿舍、食堂及会议的需求，经济地、妥贴地解决了实用问题。建筑物的造型摆脱传统建筑样式的束缚，以自由灵活和清新简朴的体形表达了现代主义的建筑风格。这座校舍和包豪斯学校的教学方针与方法均对现代建筑的发展产生过极大的影响。

## 十九、罗梅斯塔居住区



图 4.19 罗梅斯塔居住区

罗梅斯塔居住区，在德国法兰克福，建筑师叫 E.梅，如图 4.19 所示。德国建筑师恩斯特·梅（1886-1970）于 1927 年任法兰克福城市建筑师。他为该市制定新的城市规划（1926）并在该市兴建大批低造价的新型住宅区，以满足一次大战后德国紧迫的住宅需求。

罗梅斯塔住宅区是其中的一个。由于资金的限制，恩斯特·梅在住宅设计和施工中努力降低造价。为节省建筑面积，充分利用预制装配方式，预装橱柜和折叠家具。厨房布置得如同紧凑的试验室，力求节约，因而以“法兰克福厨房”而闻名。

1925 至 1933 年期间，在恩斯特·梅的主持下，建成户住宅单元，其中 90% 在法兰克福。1929 年现代建筑国际会议（CIAM）在法兰克福召开年会，即以“最小生存空间”为会议专题。恩斯特·梅的住宅建设对世界各国的住宅建设有很大影响。

## 二十、巴塞罗那博览会德国馆



图 4.20 巴塞罗那博览会德国馆

巴塞罗那博览会德国馆，座落于西班牙，建筑师是密斯·凡·德·罗，如图 4.20 所示。这座德国馆建立在一个基座之上，主厅有 8 根金属柱子，上面是薄薄的一片屋顶。大理石和玻璃构成的墙板也是简单光洁的薄片，它们纵横交错，布置灵活，形成既分割又连通，既简单又复杂的空间序列；室内室外也互相穿插贯通，没有截然的分界，形成奇妙的流通空间。

整个建筑没有附加的雕刻装饰，然而对建筑材料的颜色、纹理、质地的选择十分精细，搭配异常考究，比例推敲精当，使整个建筑物显出高贵、雅致、生动、鲜亮的品质，向人们展示了历史上前所未有的建筑艺术质量。

展馆存在了 3 个月随即被拆毁，只留下数十张黑白照片，然而它却对 20 世纪建筑艺术风格产生了广泛影响。在密斯（1886-1970）诞生一百周年之际，德国馆又在原址重新建立起来。德国馆不是有很多实际功能的建筑物，却是本世纪产生的少数珍贵的建筑艺术精品之一。

上面是上个世纪当中具有代表性的一些建筑，通过介绍，相信大家已经开始领略到建筑中的美了，难怪游人会说建筑

是静止的音乐。

## 第二节 理性的建筑艺术

建筑艺术究竟是什么呢？有人对此下了一个定义，建筑是人类为自己建造的具有物质实体的生活环境，它既需满足人们生活、生产的需求，也需满足人们审美的欣赏。因此，它也是通过物质实体来表现空间变化与组合的一种徒刑艺术。建筑形象常常是通过建筑环境的布局；建筑群体的组合；建筑物的立面造型、平面布置、空间组织和内外装饰，以及建筑材料所表现的色彩、质地、肌理、光影等多方面的处理，形成一种综合性的艺术。

为了再比较清楚的解释建筑艺术的含义，我讲一个小故事给大家听。

德国纳粹元首阿道夫·希特勒想为自己建造一个新的办公室，为此他命令他的建筑师为他设计了一个宽为 30 英尺，长为 70 英尺的小屋。他让建筑师把访客入口设计在小屋的一端，而将他的办公桌放置在小屋的另一端。这样，每个来访的客人从门口进来都要走上 70 英尺，才能来到他的办公桌前面。小屋的内部特别简洁，里面没有任何屏风，栅栏等障碍物，也没有任何能够刺激视觉的事物。

希特勒希望通过对来宾从门口到办公桌的 70 英尺行走过程的观察，得出对来宾的某种判断。通过对来宾的走路姿态和身体语言的观察，他可以对来宾的个性，来宾对他的态度，来宾来访的目的有初步的了解，他甚至能够在会议开始

之前判断来宾希望在该会议中得到什么。如果来访的客人有机会分散自己的注意力，观察别的一些吸引自己视线的事物，也许他就能隐瞒一些希特勒希望了解到的信息。

希特勒希望来访者只把注意力放在一个目标上，那就是他，那个时代最有权力，最无情的独裁者。在他面前走 70 英尺足够令任何一个来访者丧失信心。

这个故事告诉我们，并不是所有的建筑物都是壮观的，就好象不是每一首歌都能让我们情不自禁地翩翩起舞。建筑与音乐一样，类型的不同，给人的感受也不同。一般人都认为只有具有纪念意义的才算是建筑，像现在我们居住的民房根本不能算作建筑，这显然是错误的。建筑是一种艺术，我们无时无刻不生活在它的周围。建筑并不一定都是人类建造的。自然界里的崇山峻岭，幽谷深峡也可以算是建筑的一部分。

电视、电影、书籍、绘画、音乐，这一切我们都可以不理睬，但是，在道路上，或者是楼房里行走的时候，我们不可能不看到建筑，因为我们不可能在当时闭上眼睛。建筑能够影响我们的思想，我们的思维方式，甚至我们的日常生活。因此，我们有必要了解建筑的基本要素。

空间。空间是建筑的灵魂——我们也称之为建筑中的主角。奥森先生曾经说过：“语言只是一种表现形式，真正的精华是无法用语言来表达的。”建筑也与之相似，墙壁只是形式，建筑的本质在于虚无的空间。

从几何学的意义来说，空间只是一块空的区域，或者是空的容量。但是建筑师们却能够利用它们来表现各种特点。

空间无处不在，然而特色的空间却因地而异。我们将在下面的章节里讨论影响空间特点的各种因素。

我们设想把四个高度相同的立柱分别垂直放置在一个水平正方形的四个顶点上。显然这些立柱之间并没有真实的面存在。因此，从几何学的角度来讲，在这些立柱之间，和立柱的周围只有一个空间。但是，从建筑学的角度来说，这里却有两个空间，而且各有各的特点。

第一个空间是由四个立柱限制的容积。虽然没有任何有形的面将这些立柱联系起来，但是，站在这一容积里的人却不由自主地感觉到，任意两个相邻的立柱之间，和四个立柱的顶部存在着无形的面。站在那里他会有一种身处于一个透明立方体的幻觉。因为当他身处其间时，他别无选择，只能在这个以立柱为框架的空间里看外面的世界。

因而，这个空间的特点就是身处其中的观察者体会到的压抑，我们也可以把这个空间称之为压抑空间。

当观察者身处这个所谓的立方体之外时，他便会感觉到第二个空间：也就是上述想象的立方体以外的空间。站在外面的平地上，观察者也许会，也许不会注意到这四个立柱。因此，与在立方体里相比，在外面他会感觉更自在一些。

所以，外面空间的特点是自由，我们把这个空间称之为自由空间（当然，这里的自由只是相对意义上的，即使地面上只留下一根圆柱体，观察者也不可能感觉到完全的自由。这种情况就象在一张空白纸上画一个逗号）。

建筑学其实就是一门研究如何设计出各种特色空间的学问。这些空间给人的感觉可能是蛮不讲理的，可能是令人愉

快的，可能是压抑的，也可能是别的什么感觉。

在研究建筑史的时候，人们总是将太多的注意力集中在以下几个方面：建造了什么（墙壁，立柱，屋顶，以及它们的比例），怎样建造（施工方式），建筑物表面处理方法（装饰，雕刻等），以及建筑物所包围的地方：也就是空间。直到上个世纪，人们才真正明白，空间在建筑中是最重要的。比例，大小，装饰等只不过是影响空间特点的几个因素罢了。下面让我们来详细讨论这几个影响因素。

形状。空间是由建筑物的形状决定的。而建筑物的形状又是由诸如墙壁，柱体，屋顶等建筑元素所决定的。这些建筑元素在尺寸，外形和比例上的不同组合将决定不同的建筑物形状。举个例子来说，房子的屋顶可以是平的，也可以是倾斜的，也可以是圆顶的，不同的屋顶就会产生不同的效果。

在高强度混凝土（R.C.C）建筑物出现以前，负载比较重的建筑物的墙壁总是建成又重又厚的模式。这样，建筑物的许多地方都不能开窗户。随着高强度混凝土的应用，人们现在可以建造任何形状的建筑物，因为由横梁，柱体和混凝土厚板块组成的高强度混凝土（R.C.C）框架能够满足任何建筑物的稳定性要求，墙壁的建造只是为了满足人们的私人空间愿望。

因此，设计师现在想开多大的窗户都行。传统的盒式房子已经被淘汰了。有了高强度混凝土结构，建筑物里的墙壁可以是平面，也可以是曲面。各种空间因房间不同而异，因房间内外不同而异。光线效果也改善了。现在，人们已经开

始建造各种动感十足，标新立异的建筑物。而那些大型的玻璃窗，多样化的设计已经很普及，以致我们认为它们的出现是天经地义的事情。

比例与尺寸大小。这里的比例指的是，建筑物各组成部分的长、宽、高在数学意义上的相对关系，以及各组成部分的长、宽、高与建筑物整体之间的相对关系。

自古以来，人们在建造建筑物时就一直遵循那些使建筑物显得统一，协调和富有节奏感的设计规律。比如，房间的长度/房间的宽度应大约等于 2。

我们可以设想有这样一个房子，它的长和宽都是 16 英尺，但是它的高度却是 60 英尺。这个烟囱模样的房子围成了一个令人心烦，压抑的空间。在里面，人们会感到不舒服，困惑和苦恼，因为他不明白为什么这么小的房间会这么高。

除非改变这个房间的比例 将天花板的高度降到 10 英尺左右，否则无论房间的装修多么精美，表面处理技术多么高明，支出的花销多么庞大，也不能使里面的人感到舒服。

希望通过装饰来改变这种感觉 就好比叫一个 80 岁的老头来扮演动作片里的英雄，通过捏造出来的情节和一些技术手段来掩盖他的无能和脸上的皱纹，如果这也能成功，简直就是一个奇迹。

比例涉及到的是建筑物形状各个真实尺寸的相对数学关系，而建筑物的大小指的是我们对建筑元素尺寸的感觉，或者是该建筑物与别的建筑物之间的相对空间感。我们看到的真实事物满足透视关系，而并不象它们在平面图和剖面图上表现出来的那样。所以，即使是相同尺寸的物体，放在远处

的物体也会比放在近处的物体显得更小一些。

根据这个道理，不同的建筑物应当设计成不同的尺寸。传统的纪念性建筑物总是建造得比较大，人们站在包围了他们的巨大空间里便会感到自己的渺小。这时候空间主宰了人的感情。而现代建筑突出了以人为本的时代精神，建筑物的尺寸是根据人类的尺度来设计的，所以在里面人会感到很舒服。

光与影。光与影在塑造空间的特点时起到了非常关键的作用。光能够影响人的心情。一般来说，光亮能够愉悦身心，而没有光线则会令人心情低落。

我们在观察事物时有这么一个习惯，常常会把注意力从比较亮的区域转移到较暗的区域。因此，在设计建筑物比较重要的空间，和特征建筑元素时，设计师总会避免让它们暴露在强烈的光线之中。光线给建筑物带来神秘感，朦胧感，同时也会把建筑物里的空间烘托得更有动感。光和影还可以交织出美丽的图案。

如果图案是由自然的光影交织而成的，那么这些图案还将随着时辰的推移而改变方向和颜色。诸如藤架这类的建筑元素，它们的影子投射到建筑物的内部，甚至是建筑物的外部，还形成了建筑物装饰的一部分。一句话，光线给建筑物带来了生机。

装饰。建筑装饰也是影响空间特点的一个因素。如果装饰强调的是垂直线条，人们就会有一种错觉，认为建筑物比实际的更高。如果装饰强调的是水平线条，人们则会感觉到建筑物特别地宽。空间会受到那些在视觉上把它分成几部

分的装饰物的影响。

传统的建筑物中，装饰物一般是雕刻出来的。象石头雕像这样的例子在印度神庙里便比比皆是。而在现代的建筑物中，装饰物一般都很小，而且是以不同材料装饰物并排的形式出现的，例如，石头装饰物与木质装饰物相邻，塑料装饰物和玻璃装饰物相邻等等。

颜色。颜色和质地都有视觉上的重量感。质感较强的物体能够最先吸引我们的注意力，而且在观察时吸引了我们的大部分注意力。因此重要建筑元素和空间的颜色和质地应有较强的质感，同时，如上面所说的，要避免太强的光线。

颜色当然也对空间的特点有影响。一个地板黝黑，而天花板明亮的楼房给人的空间感，和一个地板明亮而天花板黝黑的楼房给人的空间感是完全不同的。

心理影响因素。空间的特点还受到观察者心理状态的影响。一般来说，是受观察者的期望的影响。当一个人走过一条又长又窄的走廊，然后来到一个非常大的大厅，这时候，对他来说，这个大厅将显得比其实际尺寸还大，因为他刚从非常小的空间里走出来。

在一个建筑物里的活动是依次走过不同空间的体验，它要求各个空间的协调。这非常像一个电影剧本。一首优美哀怨的歌曲不能在动作片的高潮情节出现，它会毁了这部电影，也会毁了歌曲本身。

实际上，影响空间特点的因素数以百计，我们只不过是提到了它们之中的极少部分。一个优秀的建筑师能够根据不同的实际情况来设计他的特色空间。

建筑和雕刻有许多相似之处。雕刻也受到上面提到的形状，装饰物，颜色，质地等因素的影响。不过建筑与它不同的是，人们可以进入到建筑物中去，在走动中感受它，所以人也是建筑的一部分。设计时没有考虑到人的因素，而只是把建筑物当成一件雕刻作品，这是远远不够的。许多楼房甚至连雕刻作品都不如，所以我们称它们为楼房，而不叫它们为雕刻作品或者是建筑。

早在公元前 10 世纪的古希腊瓶画上，就画有文艺女神缪斯给建筑师戴上光荣花冠的画面。在希腊，还产生了建筑是由音乐的旋律凝结而成的神话，贝多芬据此说出了“建筑是凝固的音乐”的名言。建筑艺术确实是一种重要的艺术，在西方，几乎所有的艺术史著作，都将它列在首位。

建筑不但拥有给人印象深刻的、体量极大的、存在时间最为久远的艺术形象，更有其深蕴的文化内涵。梁思成就说过：“历史上每一个民族的文化都产生了它自己的建筑，随着这文化而兴盛衰亡。”

雨果在《巴黎圣母院》中用了几千字描写了这座建筑，他说：“人民的思想就像宗教的一切法则一样，也有他们自己的纪念碑，人类没有任何一种重要思想不被建筑艺术写在石头上。”他称建筑是“石头的史书”。

罗丹在评述巴黎圣母院时也说：“整个我们的法国就凝聚在这座大教堂里，正象整个希腊凝聚在帕提依神庙中一样。”俄国的果戈里认为：“建筑是世界的年鉴”。意大利建筑评论家布鲁诺·赛维说：“含义最完满的建筑历史，几乎囊括了人类所关注事物的全部。若要确切地描述其发展过程，就等于

是书写整个文化本身的历史。”

当代美术史家简森在《西洋艺术史》中也这么认为：“当我们想起过去的伟大文明时，我们有一种习惯，就是应用看得见、有纪念性的建筑作为每个文明独特的象征。”他称这样的作品是“颠峰性的艺术成就”。西方一些国家，还把建筑事业的管理归属于文化部。

的确，建筑的深刻的文化内涵，往往成为时代精神最鲜明的体现。比如北京的故宫、天坛、颐和园和长城，这些古代建筑艺术精品，就体现了中国古人的一整套政治伦理观、宇宙观、自然观和审美观，以及中国人民“天行健，君子以自强不息”的可贵精神。如果一个外国人到了北京，参观了这些地方，肯定对于中国传统文化，会留下鲜明的记忆。

现在全世界都掀起了旅游热，被称为最有前途的行业之一，其实百分之七八十的旅游景点都是著名的建筑。