

电 力 工 程

发 电

【火力发电厂】以煤、石油、天然气等作为燃料的发电厂。其发电原理是：燃料燃烧时化学能转变为热能，再借助于热力机械汽轮机将热能变换为机械能，由汽轮机带动发电机再将机械能变为电能。其生产系统主要有汽水系统、燃烧系统及电气系统。生产过程大致为：煤由皮带机输送到锅炉房煤斗，进入磨煤机磨成煤粉，与预热的空气一起喷入炉内燃烧。烟气经除尘器后由引风机抽出经烟囱排入空中。炉渣和除尘器下部的细灰由灰渣泵排入灰场。水在锅炉中加热蒸发成蒸汽，经过热器加热成为过热蒸汽，经管道引入汽轮机。在汽轮机中，蒸汽不断膨胀，高速流动的蒸汽冲动汽轮机的转子，带动发电机发电。在膨胀过程中，蒸汽的压力和温度不断降低，排入凝汽器。发电机发出的电除电厂自用部分，由主变压器升高电压后经高压配电装置和输电线路向外供电。根据蒸汽参数不同将火电厂分为低温低压电厂、中温中压电厂、高温高压电厂和亚临界压力电厂。按采用机组型式分为凝汽式电厂和供热式电厂。中国最大火电厂容量已超过 200 万千瓦，单机容量 60 万千瓦机组已投入运行。

【水力发电厂】将河流所蕴藏的水能转变为电能的发电厂。一般是在河流中拦河筑坝，形成水库，从水库引水，经压力管道进入螺旋形蜗壳推动水轮机转子旋转，将水能变成机械能。水轮机再带动发电机旋转，将机械能变成电能。然后经升压变压器和高压送电线将电能送到负荷中心。而作完功的水则经过尾水管排往下流。构成水能的基本条件是水的流量和落差（称水头），流量和落差的大小决定水能的能量。开发水电可使发电、防洪、灌溉、航运、给水、渔业等各方面的任务得到合理解决，做到一水多用，综合治理。并可因地制宜，将整条河流分为若干河段，分别修建水利枢纽，实行梯级开发。水电投资大，建设周期长，但生产效率高，发电成本较低（约为火电的 $1/3—1/4$ ）。水电机组能适应负荷的急剧变化，宜于承担系统的峰荷及备用。但是，水电生产建设受自然条件影响大，给电力系统运行带来不利因素。

【原子能发电厂】利用铀做燃料的发电厂。其原理是把原子核裂变产生的原子能转变为热能，将水加热为蒸汽，然后同一般火力发电厂一样，用蒸汽推动汽轮机，再带动发电机发电。原子能发电厂和火力发电厂在构成上的主要区别是前者用核蒸汽发生系统（反应堆、蒸汽发生器、泵和管道等）代替后者的蒸汽锅炉。根据原子反应堆型式不同，原子能发电厂可分为几种类型。使用较多的是轻水堆型（包括沸水堆和压水堆）。原子能发电厂的优点之一是可以大量节约煤、石油等燃料。1 公斤铀全部裂变产生的能量相当于燃烧 2500 吨优质煤所产生的能量。还可避免大量燃料的运输问题。原子能燃料的另一个特点是燃烧时不需要空气助燃。所以原子能电站可以建筑在地下、山洞里、水下，或者空气稀薄的高原地区，既不受地形限制，又不占用农田，还可防止射线伤害。

原子能动力的事故率比其他工业部门低，对大气的污染也比火力发电厂小。原子能电站所需的固定投资比火电站高，但长远的燃料费用和维护费用则比火力发电站低。世界上最大原子能发电厂的容量已达 330 万千瓦，最大原子能发电机组的单机容量为 130 万千瓦。中国已有秦山、大亚湾等原子能电站。

【抽水蓄能电站】用抽水方式蓄存能量，在负荷高峰时，将水能转换成电能的电站。其基本的作用象一个蓄电池。在负荷低谷时，利用电力系统多余的电力，通过电动机、水泵和输水管道等水工建筑和机电设备把低处（下水库）储水抽到高处水库（上水库），将电能转变成水的势能存贮起来。在尖峰负荷（或电力统统因事故而发电量不足）时，再使贮存在上水库的水通过水轮发电机发电送回电网。抽水蓄能电站在调频和补偿电网尖峰负荷运行中具有良好的性能，提高了电力系统的灵活性和可靠性。

【太阳能发电】将太阳能转化为电能。方法之一是先将太阳能转化为热能，再将热能转化为电能。它由集光器散排在山坡上，反射镜采用镀铝的塑料膜片，太阳光聚焦后可使从饱和集光器中出来的蒸汽和水，温度达 274°C 之高，再由高温蒸汽驱动发电厂的汽轮机运转而发电。这种电厂成本低，但装置庞大。另一种方法是利用硅太阳能电池将太阳能直接转化为电能。

【磁流体发电】用高温导电流体（气体或液体）高速通过磁场切割磁力线而发电。常用的导电流体一般为气体，在常温下不导电，当它的温度达 6000°C 以上时，气体原子的活力足够强，碰撞动能足够大，使电子脱离原子核的束缚而成为带负电的自由电子。当所

有的原子都失掉电子而成为自由电子和正离子组成的完全电离气体时，被称为等离子体。这种导电气体以高速通过磁场而切割磁力线时，带电质点在磁场中受到电磁力作用，使正、负电荷朝着运动方向和磁力线方向相互垂直的两侧偏转。若在此两侧安置电极，同时与外界负载接通，气流中自由电子的定向运动就形成电流。这种发电方式始于本世纪 50 年代末期，已有近 40 年的历史。它与火电相比具有效率高、污染少、起动快、结构简单、发电成本低等优点。苏联、美国、日本、西德、波兰、加拿大等十几个国家和地区建立了许多不同性质、不同形式的磁流体发电试验装置。中国从 60 年代开始试验研究，为建造效率 50% 功率达 100 万千瓦的磁流体——蒸汽动力联合循环新型电站提供了模拟试验数据。

【电气体发电】利用高温高速的电离气体流过强电场来发电。它综合应用静电起电、气体电离和尖端放电等原理（电气流体动力学）。这种发电方式有一系列优点：很少受温度影响；发电主机设备简单、投资省；可适应于各种不同能源；其能量转换段的内阻抗很大，可发出高达 50 万伏以上的直流电；功率输出范围宽，从几瓦到几万千瓦级都有可能。

【交流移动电站】移动式发电设备，由发动机、发电机、控制设备和运载工具等四个主要部分组成。发电机组是移动电站的基本组成部分，是电站的主体。发动机是移动电站的动力部分。发动机与发电机之间由联轴器和底盘联接和安装。移动电站上还配有发电机的励磁调节装置、配电盘、燃油箱、蓄电池、备附件工具箱、电缆等。汽车电站、拖车电站、列车电站等只是在发电机组的基

础上增设其运载工具。中国的移动电站主要是以柴油机、汽油机为原动机的电站。容量在 10 千瓦以下的都为小型风冷汽油发电机组，用于通讯、放映、农牧业等部门；容量 10—20 千瓦范围为柴油或汽油移动电站；20 千瓦以上主要是柴油机电站，用于工程施工、野外作业等场所。

【潮汐发电】利用某些河道出海口涨潮和落潮时的水位差来发电。法国已有一个容量为 24 千瓦的潮汐发电站，中国浙江开始建设潮汐电站。

【波浪能发电】利用海面上波浪起伏的能量发电。发电量有起伏和间断，随着风速和风向的改变而变化。既不能连续发电，更不能随电力用户的变化而调整。

【风力发电】利用风车转动发电机发电。发电方式简单经济，没有环境污染问题。但随着风速和风向的改变，发电能力有波动和间歇，属于断续发电，应用不便。

电 力 系 统

【电力系统】发电厂、变电所、输配电线路和用户在电气上相互连接的整体。包括了从发电、输电、配电直到用电这样一个全过程。

【电力系统类型】按周率分,有 50 周/秒和 60 周/秒电力系统两种。按系统最高电压分,有 110 千伏、220 千伏、330 千伏、400 千伏、500 千伏、700 千伏电力系统等。按系统容量分,有大容量和中小容量电力系统。根据中国情况,总容量在百万千瓦以上的为大容量电力系统。

【电力系统负荷】连结在电力系统上一切用电设备消耗功率的总和。其中把电能转换为其他能量并在用电设备中真实消耗掉的功率称为有功负荷。为产生磁场可消耗的功率是无功负荷。

【周率标准】中国电力系统的额定周率是 50 周/秒。周率的容许偏差为:对于中小容量的电力系统不超过 ± 0.5 周/秒(即运行周率在 49.5—50.5 周/秒的范围内);对于大容量的电力系统,不超过 ± 0.2 周/秒(即运行周率在 49.8—50.2 周/秒的范围内),电钟时间误差不超过 30 秒。国外几个工业国家,系统周率偏差值一般不超过 ± 0.1 周/秒,电钟误差一般在 5 秒以内。

【电压标准】中国低压供电电压单相 220 伏;三相 380 伏。高压供电电压:3、6、10、35、60、110、154 千伏等。

【电压偏差】供电电压对额定电压的偏差值。中国规定 35 千伏及以上电压供电和对电压质量有特殊要求的用户电压偏差值不超过 $\pm 5\%$ 。10 千伏及以下高压供电和低压电力用户电压偏差值不超过 $\pm 7\%$ 。低压照明用户电压偏差值在 $+5\%—10\%$ 之间。其他国家一般规定供电电压对额定电压的偏差值不超过下列范围:电灯用户为 $\pm 5\%$;动力用户为 $\pm 10\%$ 。

【线损】线路和变压器等的功率损耗。线损率就是全系统的线损电量占供电量的百分数。线损率若降低 1%，则最高负荷为 100 万千瓦的电力系统，每年可多供电量约 3—4 万度。若导线截面大，电阻小，线损较少，运行较经济；若导线截面小，电阻大，线路损耗较多。

【变电所】变换电压、集中电力与分配电力，控制电力流向和调整电压的场所。变电所的电压通常以它的变压器的高压侧电压来表示，例如 110 千伏或 220 千伏变电所。

【屋外式变电所】除仪表、继电器、直流电源等类设备放在室内，变压器、开关等主要设备放在屋外的变电所。这种变电所建筑面积小，建设费用低。

【屋内式变电所】主要变电设备均放在室内的变电所。采用屋内式设备，占空间较小，并可立体布置，减少总的占地面积，但建筑费用高，仅适宜于市内居民密集区，或海岸、盐湖、化学工厂以及其他空气污秽地区。

【地下变电所】设置在城市内大建筑物、道路、公园的地下，以减少占地的变电所。如日本有地下变电所 63 座，大部分无人值班，最大的地下变电所最终容量为 84 万千伏安。

【移动式变电所】将变电设备安装在车辆上，以供临时或短期用电场所需要的变电所。

【防雷设备】变电所内装设的避雷器和避雷针。雷雨时聚集在雷云下部的电荷，多到一定程度即击穿雷云和大地间的空气，而与大地的异极性电荷中和，形成对地的雷击。一次雷击的时间很短，只有万分之几秒到百分之几秒，但电流却大到 10—20 万安培。变电所和送电线等地面上的高建筑物常易成为雷电通道而被击穿。除了直击雷，在变电所附近的线路上落雷时，雷电波沿导线进入变电所，产生过电压，使变压器等电气设备绝缘损伤。避雷设备的作用是当过电压超过一定限值时，自动对地放电，降低电压，保护设备，放电后又迅速自动熄弧，保证系统正常运行。避雷器和避雷针都需要良好的接地装置。

【送电线】把发电厂、变电所和用户连接起来，构成电力系统的电线。它担负着输送和分配电能的任务。其电压一般在 35 千伏以上。

【配电线路】由变电所向用电单位或城乡供电的线路，其电压一般在 35 千伏以下。

【架空送电设备】用绝缘子和金具等将导线架设在杆塔上传导电流的设备。一般由导线、绝缘子、金具杆塔及基础、避雷线和接地装置等组成。导线的主要作用是传导电流，是线路的基本部分。导线在传导电流时，应保持三相之间互相绝缘，并对地绝缘，因此，需有绝缘子。杆塔是为了架设导线，使导线对地及其三相之间均有一定距离。金具是用来连接导线和绝缘子等，并把它们安装于杆塔上的金属附件。避雷线的主要作用是保护导线，防止雷直接击落在导线上。接地装置是为了连接避雷线与土壤，以便把雷电

流引入地下。

【地下电力电缆】埋设在地下的电力电缆。可避免雷击、风、雪灾害，运行安全，不影响城市美观，并有隐蔽作用，但建设费用比架空线路约贵 10 倍，事故检修也较困难，一般用于市内供电、水下线路、或发电机出线等。

【交流输电线路】输送三相交流电的线路。用变压器升降电压，经济方便。

【直流输电线路】将原来的交流电变成直流电输送到受电地区的线路。它便于实现大容量系统并联运行和不同周率系统间的联系。但需要大容量变电设备，其价格较贵，运行安全性较差，且高压直流开关技术尚未解决，无法在直流线路上引出分支线，只能在送受两端“直达”输电，使用范围受到一定限制。

【送电电压】送电线路的标准电压。有 35 千伏、60 千伏、110 千伏、154 千伏、220 千伏、330 千伏等级。送电电压越高，可输送的电力越大，输送距离越远。前苏联、美国、加拿大等国已有较多数量的 500 千伏线路（送电容量约 80—120 万千瓦）投入运行，加拿大、美国已运行的最高电压的送电线路为 700—765 千伏（送电容量约 200—250 万千瓦）。

【导线】传导电流的线路。用机械强度高的钢线作为心线，以承受拉力，外面再绕几层导电性能好的铝线合并绞制而成。还可用铝合金线作导线，具有较好的导电性能和机械强度。

【导线截面】导线导电部分的横截面积。现用的导线截面有 35、50、70、95、120、150、185、240、300、400、500 平方毫米等。导线截面大，电阻小，线路损耗少，运行较经济；导线截面小，线路建设时所用铝线及杆塔钢材较少，造价较低，但电阻大，线路损耗多。在建设送电线路时，须考虑近期及 5 年或 10 年后电力负荷预计变化情况，选择经济合理的导线截面。

【弧垂】架设在杆塔上的导线在相邻两座杆塔间所形成弧形曲线下垂的幅度，又称弛度。弧垂的大小和挡距长度、导线重量、架线松紧及气温、风、冰雪等自然条件均有关系。相邻两杆塔的水平距离称为挡距。导线对地面或被它跨过的建筑物应保持一定高度，其对地面的高度称为对地距离。线路电压越高，要求的对地距离越大。夏季气温高时，导线由于金属的热胀冷缩作用而伸长，弧垂增大；冬季，如导线发生积冰雪情况，因其所负重量增加而伸长，弧垂也增大，均可使对地距离相应减小。

【防振锤】防止导线振动的物件。以其重量和弹性起阻碍导线振动的作用。每档距中是否安装及安装个数根据可能产生振动的程度而定。

【铝护线条】用以保护导线并加强钢心铝线耐张性能的防振线条。安装在线夹握住的地方。

【电晕】高压线路上由于带高压电的导线向周围放电严重而在夜晚所出现在导线周围的月晕似的光辉。线路产生电晕，会增加电能

损耗，干扰附近的通讯、广播和电视，影响其质量。导线是否产生电晕和电晕的大小，除了同电压及地区的海拔高度、气象情况有关外，还同导线直径有很大关系。直径越大，越不容易产生电晕。

【分裂导线】防止电晕的一种措施。方法是将每相导线用 2—4 根截面较小的导线组成，导线间相距 0.3—0.5 米，起到相当于增大导线直径的作用。比总截面相同的大导线，不容易产生电晕，送电能力还有所提高。主要应用于 330 千伏及以上电压的线路上。

【避雷线】又称架空地线，简称地线。架设在杆塔顶部，一根或两根，用于防雷的地线。架空送电线着雷时，在导线上产生远高于线路额定电压的所谓“过电压”，有时达几百万伏。引起线路跳闸；甚至造成停电事故。避雷线可遮住导线，使雷尽量落在避雷线上，并通过杆塔上的金属部分和埋设在地下的接地装置，使雷电流流入大地。避雷线的保护效果同它下方的导线与它所成的角度（称为保护角）有关，角度较小时，保护效果较好，在雷害不重的 110 千伏及较低的线路上，通常在靠近变电所两公里左右范围内装设避雷线，作为变电所进线的防雷措施。避雷线一般采用镀锌钢绞线架设，常用的截面是 25、35、50、70 平方毫米。导线的截面越大，使用避雷线截面也越大。

【绝缘子】又称瓷瓶。由绝缘体和铁制配件制成的绝缘器件。绝缘体的材料一般是瓷或钢化玻璃，有很好的绝缘能力的机械强度，并能耐受自然界的破坏（如日晒雨淋、气温变化、生物蛀咬等）和腐蚀作用。

【悬式绝缘子】用许多片连接在一起使用的绝缘子。制造简单、安装便利、能承受较大拉力，并可按需要而安装不同片数，广泛用在高压线路上。组成绝缘子串的片数随线路额定电压、杆塔材料、悬挂方式与所在地区而异。缺点为连接金具所需钢材较多，绝缘子链的电压分布不均匀，不良瓷瓶的检测较复杂，重量较大。

【针式绝缘子】使用在 35 千伏以下电压线路上的绝缘子。制造简易价廉，耐雷水平不高，雷击下容易闪络。

【棒式绝缘子】形状像棒的绝缘子。一根棒式绝缘子可以代替 7 片悬式绝缘子组成的绝缘子串，使用简单，但损坏时需整个更换。

【瓷横担】具有绝缘子和横担双重作用的绝缘子，绝缘水平较高，部分代替横担，能大量节约木材、钢材，并有效降低杆塔高度。中国已用于 110 千伏、220 千伏送电线路。

【悬式防尘绝缘子】具有防尘能力的绝缘子。瓷裙较长，绝缘强度大，不易漏电。应用于发电厂、化工厂、冶金工厂等空气较为污秽的地区及铁路旁、海滨，避免清扫次数过于频繁。因此比普通悬式绝缘子略高，组成的绝缘子串较长，不利于已运行线路更换使用。

【金具】架空线路广泛使用的铁制或铝制金属附件（除杆塔用的螺丝外）。其种类繁多，用途各异。型号和尺寸均须与导（地）线大小相互配合。大部分金具在运行中需承受较大的拉力，有的还要

同时保证电气方面接触良好。金具的质量、正确使用和安装关系着导（地）线或杆塔的安全。

【杆塔】架设导线的支持物。由钢筋混凝土杆与铁塔组成。也有使用木柱、钢柱、钢管、铝合金制造的杆塔。杆塔类型与下列因素有关：送电电压；回路数；导、地线种类和安装方式；经过地区的自然条件；线路的重要性；建筑材料；经济性等。在同一条线路上，采用的杆塔类型也因地制宜。

【直线杆塔】用于线路的直线中间部分的杆塔，又称中间杆塔。通常约占杆塔总数的 80% 左右。

【耐张杆塔】又称承力杆塔。与直线杆塔相比：强度较大；导线和绝缘子串的安装方式不同。它可承受导线和避雷线架设后的拉力（又称张力），以便线路施工与检修，同时也将线路分割为许多小段（称为耐张段，一般为数公里），加强线路机械强度，限制故障范围。

【转角杆塔】用于线路转角地点的杆塔。有直线型和耐张型两种。

【终端杆塔】靠近变电所的第一座杆塔。用以承受线路导、地线的拉力。它是耐张杆塔的一种。

【钢筋混凝土杆】通称水泥杆。在工厂中用钢筋混凝土制成的空心圆管形塔杆，有两种类型，一头粗一头细的叫拔梢杆，两头一样粗的叫等径杆。送电线用等径杆较多。杆段头部为钢环或钢法兰

盘，可在施工现场焊接或用螺丝接成所需高度。杆身的强度决定于内部配置的钢筋数量。预应力钢筋混凝土杆内的主要钢筋用高强度钢筋，预先把钢筋拉紧，然后浇灌混凝土制成，可进一步节省钢材，有较好的抗裂性能。它与木杆相比，可节省大量木材，使用寿命长，维修工作量少；与铁塔相比，钢材消耗量少。

【铁塔】由许多钢制构件组成的架设导线的支持物。优点是搬运、安装方便，机械强度大，使用寿命长，故障少，并能按建设条件设计制造出经济的塔型和需要的高度。缺点是易生锈腐蚀。

【杆塔基础】杆塔埋入地下的一段和它的底基。铁塔的基础一般用混凝土构筑、预制或现场浇制。基础的作用是使杆塔稳固地立着，不歪倒，不下沉。基础的深浅及大小决定于受力的大小、地基的土壤性质、地下水位等因素，处于松软地基上的基础较大。基础依靠其上部覆盖的土壤抵抗向上拔出的外力，因此必须经常保持其上部土壤厚度。

【巡线】对高压线路进行预防性检查的手段。便于掌握线路运行情况，及时发现和消灭设备缺陷。巡线时应查明并记录线路的各个部件有无缺陷或故障，沿线有无异常情况及可能与线路有影响的正在进行的各种工程，提出措施。如有事故性缺陷，应及时处理。

【预防性检查】对易发生故障的部件进行的定期内部检查。如：拆开线夹检查导、地线有无断股，测量导线连接处有无接触不良，对绝缘子逐个检查测试有无劣化，测试接地电阻是否合格，登杆检查混凝土杆有无缺陷，挖地检查拉线设备有无锈蚀等，以便进行

必要的检修。

【供电可靠性】全部用户平均供电时间占全年时间的百分数。例如用户每年平均停电时间为（包括事故和检修停电）为 8.76 小时，全年时间为 8760 小时，则停电时间占 0.1%，即供电可靠性为 99.9%。

【备用容量】电力系统在发电设备定期检修或机组发生故障时不致对用户停电而采取的措施。应使电力系统留有 15~20% 的装机备用容量，以满足国民经济发展的需要。

【调度所】协调电力系统内发供电的运行和检修、达到安全经济运行的机构。它对电力系统实行统一调度管理并保证电能质量。调度机构的设置应使调度灵活并适当考虑节省通讯设备。

【一级调度】由调度所直接指挥发电厂和变电所的值班员。适用于发电厂较少的电力系统。

【二级调度】系统调度机构和地区调度机构。用于发电厂和变电所数量较多，系统供电范围较大时，为提高调度工作效能，节省通讯设备而设置，由地区调度机构管理小容量发电厂和地区性变电所。

【三级调度】联合系统调度机构、省（区）调度机构和地区调度机构。对连接几个省（区）的大容量电力系统按具体情况分级管理。

【电力调度电话】由电业部门根据调度的重要性和企业管理的繁忙程度自行建设的独立电话通道。它可以实现系统调度并有效地指挥生产。对于电力调度电话，要求有高度的可靠性，不仅在正常情况下，而且在恶劣的气候条件下和电力系统发生事故时，保证电话畅通。

【电力线载波通信】利用高压送电线路的导线传送高频（40—450千周）电流的通信方式。由于高压送电线的绝缘性好，结构牢固可靠，而且与调度系统分布基本一致，因此电力系统主要采用电力线载波通信方式。

【避雷线载波通信】利用避雷线传送高频电流的通信方式。所需设备简单，在杆塔上要装设绝缘子，将避雷线与杆塔绝缘。

【电力系统远动化】远距离测量、远距离传送信号、远距离操作控制，简称遥测、遥信、遥控。电力系统远动化后，调度人员不经电话能直接掌握各发电厂的出力、系统各主要点的电压、主要送电线路的输送功率、重要断路器的开合位置等，可提高调度工作效率，加快事故处理速度。

【继电保护】由继电器组成的能迅速切断电气故障的保护装置。它可以制止事故扩大、防止发生重大设备损坏事故（如烧坏发电机、变压器等），避免波及其他设备、线路或造成大面积停电事故。其原理是：当电气设备或线路发生故障时，电流大量增加，靠近故障处的电压大幅度降低。这些故障电流或电压通过电流互感器或电压互感器送入继电器内，当达到某一预定数值，即保护装置的

动作电流或动作电压时，继电器就动作，将跳闸讯号送往断路器，使其迅速断开，从而对设备及系统起到保护作用。

【电流保护】线路发生故障，短路电流超过继电保护装置的整定值时继电器动作的一种线路保护。

【电压保护】线路发生故障，电压降低到继电保护装置的整定值时继电器动作的一种线路保护。

【距离保护】在整定的距离以内，线路发生故障时继电器动作的线路保护。它可根据线路电压和电流测定是否有故障及到故障点的距离。它比电流保护反应灵敏。

【自动重合闸】线路瞬间故障消失后立即自动合闸恢复供电的装置。如遇永久性故障，即再次跳闸，不再合闸。对提高供电可靠性有显著效果。

【瓦斯保护】变压器保护的一种。当浸于变压器油中的线圈或铁心过热，使油分解，产生气体（瓦斯），量少时瓦斯继电器发生信号，量大时瓦斯继电器动作，使变压器断开。

【差动保护】瓦斯保护的辅助保护。变压器线圈发生短路故障，高低压线圈两侧电流相差值超过规定限值时动作，以防止烧坏线圈。

配 电 电 器

【断路器】又称高压开关。闭合或断开电路的设备。在正常情况下，用来合上和断开电路（称合闸和拉闸）。故障时，在继电保护装置控制下自动把故障设备或线路断开（称跳闸）。断路器具有很强的灭弧能力，既能切断负荷电流，也能切断短路电流。在电网中，断路器是最重要的控制和保护电器。

【多油断路器】用油作为绝缘和灭弧介质的断路器。由油箱、触头、套管等部件组成。动静触头都浸没在绝缘油里，触头分断时，电弧燃烧使触头间产生高压气泡，触头间的电弧在气泡中很快被熄灭。多油断路器结构简单，制造方便，易于加装单匝环形电流互感及电容分压装置。额定电流不大于 1000 安，燃弧时间长，动作速度慢，用油多。用于 35 千伏以下电网。

【少油断路器】依靠固体介质作为主电路进出线对地绝缘的断路器。绝缘油仅用以灭弧，灭弧原理为：触头分离时，电弧燃烧产生大量气体，横向吹灭电弧。从爆炸和着火的角度看，少油断路器较安全。它开断电流大，全开断时间短，结构简单，重量轻，价格较低，占地面积小，可用于各级电压的电网。缺点是不适宜于多次重合闸，不适宜于严寒地带（油少易于凝冻），附装电流互感器比较困难。400 千伏少油断路器已在不少国家采用，765 千安，

55000 兆伏安的也已试制出来。

【压缩空气断路器】以压缩空气进行灭弧并兼作绝缘用的断路器。无绝缘油，结构复杂，工艺要求高。额定电流和开断能力都可以做得很大，且动作快，开断时间短。用于要求较高，220 千伏以上的变电所，或作为发电机保护断路器和操作频繁的断路器。中国 330 千伏、15000 兆伏安的空气断路器已投入运行。国外已投入运行的最高电压为 765 千伏，最大断流容量为 60000 兆伏安。

【六氟化硫断路器】以六氟化硫气体进行灭弧并兼作绝缘用的断路器。具有优良的绝缘和灭弧性能，开断能力强，断口电压可以做得很高，允许连续开断次数较多，适于频繁操作，噪音小，无火灾危险。它性能好，体积小，重量轻，维修少，发展很快，主要用于全封闭组合电器。它对加工工艺与材料要求都比较高，且需要密封性能良好的压缩机、阀门和专门的检漏仪等一系列六氟化硫气体系统；并需采用专门措施，防止氟化物对人体或材料的危害及影响。主要用于 110 千伏及以上大容量变电站及频繁操作场所。

【固体气体断路器】利用固体产气物质在电弧高温作用下分解出气体熄弧的断路器。结构简单、价格便宜、使用维护方便。额定电流和开断电流不易做得很大，断口电压也不易做高。主要用于 35 千伏及以下户外小容量变电所。

【磁吹断路器】以大气为灭弧介质的断路器。利用断电流本身产生的磁场，将电弧吹入灭弧片内，使之熄灭。使用维护简便，无需

辅助设备，不产生操作过压，电寿命较长，无火灾与爆炸危险。但体积较大，成本高。多用于 20 千伏以下户内频繁操作场所。

【真空断路器】用高真空做为绝缘介质和灭弧介质的断路器。体积小，重量轻，灭弧室工艺及材料要求较高。可以连续多次自动重合闸，能进行频繁操作，开断电容电流性能好，但其断口电压不易做得高，主要用于 35 千伏及以下户内变电所及工矿企业中要求频繁操作的场所。

【执行机构】用来完成断路器合闸、分闸操作并保持在合闸状态的设备。包括合闸机构、维持机构和分闸机构三部分。机构在合闸时要克服分闸弹簧的阻力、断路器运动部分的重量和摩擦力，当合闸于短路时，还要克服很大的电动力。合闸必须迅速，否则可能使触头熔焊。因此合闸所需功率较大，分闸只要很小的功率来释放搭钩，就可借分闸弹簧之力来分闸。根据合闸能源的种类来分，机构可分为手动式、电磁式、弹簧式、气动式、液压式等。

【隔离开关】又称刀闸。不带专门灭弧装置无切断正常负荷电流能力的高压开关。它主要用来隔断电源，保证检修工作的安全。它是裸露的，必须有明显可见的断开点。断路器和隔离开关的操作应很好地配合，拉闸时，先拉开断路器，后拉开隔离开关；合闸时，先合上隔离开关，后合上断路器。为防止错误操作，可以在断路器和隔离开关的操作机构上装设机械的或电磁的联锁装置以保证开关的操作机构及其联锁装置必须动作灵活、准确可靠。

【负荷开关】仅能在正常运行时断开负荷电流的开关。没有断开故

障电流的能力，需要与高压熔断器配合使用。故障电流大于负荷开关的开断能力时，必须保证熔断器熔断后负荷开关才能分闸；当故障电流小于负荷开关的开断能力时，保证负荷开关分闸而熔断器不动作。它的种类有固体产气式、油浸式、压缩空气式、六氟化硫式及真空式负荷开关。一般用在 10 千伏及以下电压，且不常操作的变压器或母线上。

【高压熔断器】在电流过大或设备有故障时，能自行熔断以切断电路的保护电器。可保护小容量电力变压器、电压互感器，还可兼作负荷开关、隔离开关使用，能在过负荷时起保护作用。其断流能力很强，能在短路电流达到最大冲击值前切断电路，故它有限流作用。价格低廉，在某些 35 千伏或 110 千伏变电所（如终端变电所）用以代替断路器，可简化设备。

【跌落式保险器】高压熔断器与高压开关的组合体。跌落式保险器适用于无导电性粉尘、无腐蚀性气体、无易燃易爆危险和无剧烈振动的场合。熔丝管由两层材料组成，外层为酚醛纸管，内层为环氧玻璃布管。内层在电弧的高温作用下能分解出大量气体。跌落式保险可直接用绝缘杆操作其熔丝管的开合，用以断开或接通小容量的空载变压器、空载线路和不大的负荷电流。熔丝熔断时，熔丝管自动翻落下来，管内电弧被分解出的大量气体纵吹而熄灭；管外电弧则被迅速拉长而熄灭。为利于熔丝管翻落，安装保险器时，应与垂直线保持 25° — 30° 的夹角，管内熔丝应当拉紧。

【全封闭组合电器】把特殊设计制造的断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器、避雷器以及母线、电缆头等设备按具体接线

要求组合在一个密闭的容器内,充以 3—5 个大气压六氟化硫气体的组合电器。各元件的带电部分在容器内部连接起来,取消了各元件的外部绝缘。六氟化硫气体具有绝缘和灭火弧性能,六氟化硫全封闭电器发展很快。中国已采用 110 千伏组合电器。全封闭组合电器占用面积和空间小,均不到屋外式的 $1/10$;设备运行安全可靠;能妥善解决超高压下的静电感应、电晕干扰等环境保护问题;维护工作量小,检修周期长、安装工期短。

【母线】集中电力和分配电力的硬导线。一般用铝或铝板制成。变压器、开关设备均与母线连接。通过绝缘子固定在支架或墙上。屋外母线大多用多股铝线或钢心铝线组成,称软母线。

【屋外构架】安装母线和隔离开关,隔离插头、高压熔断器等电气设备的装置。以前,大、中型变电所使用钢构架,小型变电所使用木构架,为节省钢材和木材,中国新建变电所普遍采用钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土预制构件、或圆形空心钢筋混凝土杆组成的屋外构架。屋外构架是变电所内使用钢材较多的建筑物,还在不断改进,例如采用大字型构架、三角断面轻型钢构架等。

【成套配电装置】又称高压开关柜。由制造厂将开关电器、测量仪表、继电保护装置和辅助设备都装配在封闭或半封闭的柜中,运到现场后只需安装柜子即构成配电装置。有屋内式和屋外式。根据开关电器是否可以移动,又可分为固定式和手车式等。成套配电装置的可靠性很高,运行安全,操作方便,维护工作量小。还可减少占地面积,缩短工期,便于扩建和搬运。主要缺点是耗用钢材较多。

【刀开关】又称手动开关。是最简单的开关电器。包括胶盖闸刀开关、石板闸刀开关、铁壳开关、转换开关、组合开关等。没有或只有极为简单的灭弧装置，无力切断短路电流。在胶盖闸下方配有熔丝；石板闸刀开关下方配有管式熔断器。在较大容量的线路，刀开关须与有切断短路电流能力的其他开关串联使用。刀开关靠拉长电弧使之熄灭。容量较大的刀开关带有快动作灭弧刀片。拉闸时主刀片先被拉开，与刀座间不产生电弧。当主刀片被拉到一定程度时，灭弧刀片在拉力弹簧作用下迅速断开，电弧被迅速拉长而熄灭。合闸时，由于灭弧刀片先与主刀片接触刀座，主刀片与刀座之间也不产生电弧。闸刀开关断流能力有限，单独使用时不宜用于大容易线路。对于照明负荷，闸刀开关的额定电流大于负荷电流即可；对于动力负荷，开关的额定电流应大于负荷电流的三倍。

【铁壳开关】由闸刀、熔断器、铁制外壳、操作手柄等组成的手动开关电器。它借助专门的弹簧和凸轮机构拉、合闸。有的带有简单的灭弧装置。断流能力较强，能用来控制千瓦以下的三相电动机。其额定电流应大于电动机满载电流的三倍，不小于所配用熔断器的额定电流。开关有铁壳保护，其铁盖上有机械联锁装置，能保证合闸时打不开盖，而开盖时合不上闸，使用安全。

【转换开关】用于小容量电动机的控制的组合开关。

控 制 电 器

【接触器】用来接通或断开带有负载的主电路或大容量控制电路的自动化切换电器。接触器的触头系可以用电磁铁、压缩空气或液体压力来驱动，所以可以分为电磁接触器、气体接触器和液压接触器等。它是继电接触控制系统中最重要最常用的元件之一。从电磁铁吸引衔铁而带动触头动作的这一观点来看，接触器和电磁式继电器没有什么本质上的区别。其主要区别在于主触头和灭弧系统，由于接触器控制的是电流大的主电路，所有它必须有强大的触头和与其相应的灭弧系统。接触器的容量越大，触头的容量也越大。接触器本身只有失压保护功能，但当它与其它控制电器配合使用时，它也能具备过载、缺相等保护功能。由于工业企业自动化的发展对电力拖动控制设备提出的高速化的要求，因此对接触器的操作频率也提出了要求，对常用的交直流接触器来说，常采用每小时 150—1200 次的规定。由于接触器的操作频率较高，为了保证能使用一定的年限，现代接触器的机械寿命一般规定为 300 万到 1000 万次，而电气寿命一般为机械寿命的 $1/5$ 。接触器必须按规定的工作制使用，如果要接触器用于未经指明的工作制，应当先做实验以确定适宜的运行参数，然后选择合适的运行工作制的接触器。

【直流接触器】用于控制直流供电负载和各种直流电动机的接触

器。其励磁线圈通入直流电使主触头分断或闭合。结构上直流接触器的电磁系统都是转动式的。直流接触器一般作成单极的，最多做成双极（按主触头的极数分），这是因为熄灭直流电弧一般比较困难。

【交流接触器】用于控制交流供电的负载。主要用于各种交流电动机。在交流接触器的线圈上由于吸合前与吸合后所加的电压是一样的，但在吸合前后的气隙（铁心与衔铁之间的距离）变化较大，所以励磁线圈在吸合前后的阻抗相差较大，因而引起吸合前后的线圈中的励磁电流要差至十几倍。又因励磁线圈的工作电流正常情况要比吸合时小的多，所以线圈会因频繁的操作流过频繁的大电流而发热，这样就降低了线圈的寿命。如CT10系列交流接触器在用于频繁操作时，不允许超过600次/小时。为防止由交流电过零衔铁的抖动而设有分磁环。所以在繁重工作时（通断频率大时）宜采用直流励磁。采用直流励磁时，要串入合适的附加电阻用以限流。

【继电器】具有继电特性的电器。在自动控制回路中继电器的主要作用有：（1）测量作用，即当输入的电量增加或减小到某一个数值时，继电器动作，表现为继电器触头的吸合或断开；（2）放大作用，当输入的量值太小不能直接控制输出时，或需要控制几个输出而只有一个输入信号时，则可采用容量较大或触头数量较多的中间继电器联系输入与输出回路作放大元件用；（3）延时作用，利用不同的方法，使信号与执行元件（触头）的动作之间有一个时间间隔。

【控制继电器】用于自动控制系统中的实现控制过程自动化并提供一些保护作用的继电器。按输入信号的性质来分有：电压、电流、时间、温度、热、中间继电器。

【中间继电器】放大信号数值或放大信号数目的继电器。线圈额定电压有 12、24、36……440、500 伏共 11 种规格，最大操作频率 1200 次/小时，机械寿命 300 万次，电寿命 100 万次。

【通用继电器】可以用作电压、欠电流、时间和中间继电器的一种电磁式继电器。为防止由交流电过零衔铁的抖动而设有分磁环。

【热继电器】作为电气设备（主要是电动机）过载保护用的继电器。使用最多的是结构简单、体积较小、价格便宜的双金属片式热继电器。中国生产的都是此类。一般电动机在保证绕组正常使用寿命的条件下，有反时限容许过载特性（即在不同的过载电流下达到最高允许温度的最大时间，它是随电流的增大而减小的），为了能最大限度地发挥电动机的过载能力，作到物尽其用，所以要求热继电器也具反时限保护特性。为保证电机的安全，该特性曲线应在电机允许过载特性之下，以保证电机达到所允许的最高温度之前切断电路。目前生产的热继电器，动作电流都是可以调节的，电流的调节范围大致为 66%—100%。如 JRO—40 中 16 安一档其电流调节范围是 10—16 安。带有温度补偿的热继电器能减小周围介质温度对它的影响。按国际电工委员会标准 IEC292—1 中的规定，热继电器有两种类型：I 型热继电器，整定电流等于电动机的额定电流，热继电器在整定的电流下不动作，当过载到某 100 分数时，在相应的时间内动作；Z 型热继电器，它的整定电流就是动

作时的电流，热继电器应在规定的时间内在整定电流下动作。当短路电流通过热继电器时，由于双金属片的热惯性，动作需要一定的时间，所以热继电器不能作短路保护用，只能作过载保护用。

【温度继电器】用于保护电动机用的一种继电器。不同于热继电器。热继电器是靠检测流过电动机的电流间接的反应温度，而温度继电器是将感测元件埋设在电动机的发热部位，直接反应该处的温度，只要在埋设的位置的温度达到极限允许值，它就会动作，而不管是什么原因引起的。从而避免了由于电网的质量不高所引出的事故，如电网电压、频率对电动机发热的影响，周围的环境温度及散热条件对电器设备温度的影响，以及电动机的频繁起动等热继电器不能检测到的因素。温度继电器大体上有两种类型，它们的感测元件分别是双金属片或半导体热敏电阻。

【电流继电器】将电磁式继电器的铁心装上与负载串在一起的励磁线圈的继电器。吸合电流小于线圈额定电流的是欠电流继电器，吸合电流大于线圈额定电流的是过电流继电器。当被控电路中的电流达到整定值时，通过该电流继电器达到接通或断开电路的目地。

【电压继电器】在电磁式继电器（即通用继电器）的铁心上装上与被控电路相并接的励磁线圈的继电器。当控制电路中的电压达到其整定值时动作，以达到接通或切断被控电路的目地。如 JT4—11A 型过电压继电器。其吸合电压可在线圈额定电压的（105—120）% 范围内调节。

【时间继电器】接到信号后触头系统不是马上动作，而是经过一段

时间后才动作的继电器。从感测元件（电磁式继电器的线圈）得到信号到触头系统动作完毕，所经过的时间称之为继电器的固有动作时间，这个时间很短，通常只有千分之几到零点几秒。一般时间继电器加有延时部件。

【电子式时间继电器】又称半导体时间继电器。利用半导体元件做成的时间继电器。具有适用范围广、延时精度高、调节方便、寿命长等一系列的优点，被广泛的应用于自动控制系统中。半导体延时电路大致可分为阻容式（电阻与电容构成）和数字式两大类。如果延时电路的输出是有触点的继电器则称为触点输出，若输出是无触点元件则称为无触点输出。

【电动机式时间继电器】采用同步电动机和齿轮延时机构、电磁传动机构等，使输入与输出信号有一定的时间间隔的时间继电器。它结构复杂，价格贵，能完成一些较复杂的要求，如按照预先整定的不同时间程序自动通断几个不同的电路，被广泛应用于化工、炼钢等生产过程自动化中。

【电磁式时间继电器】在直流电磁式电压继电器的基础上，加装上一定的阻尼措施而成的时间继电器。即在直流电磁铁的铁心上套上铜质的阻尼环，当线圈断电后，铁心中的磁通逐渐减小，在阻尼环中会有感应电势并伴随有电流，其作用是使磁通的变化减慢，从而延长释放时间。一般用于断电延时，最长时间可达 15 秒。

【主令电器】用来分断和闭合控制电路发布命令的电器。如控制按钮就是一种主令电器，是操作人员与控制装置之间的中间环节。又

如行程开关是一种反映工作机械运动方向、行程的大小并发布命令进行控制的主令电器，通过工作机械与行程开关的机械可动部分的接触动作变为电信号，以实现电气控制，限制工作机械的动作，达到对工作机械进行保护的目地。而接近开关则是一种非接触式的检测装置，是一种当工作机械与它接近到一定程度时发出信号或进行控制的主令电器。

【控制器】一种多位置的转换电器。可以用来改变电路的参数，改变主电路或者是控制电路的接线。它主要用于电力拖动设备中，变换主电路或其它控制电路的接法，改变电路中的电阻，用以实现对电动机的起动、制动、调速、改变转向的控制。

【起动器】供电动机的起动、停止和转向用的一种电器。具有过载、失压等保护功能。大都由接触器、热继电器及控制按钮等电器组成。

【自耦降压起动器】又称为补偿器。用自耦变压器降压起动异步电机的起动装置。它利用自耦变压器的多个抽头能得到不同的电压，还设有热继电器和低压脱扣器，故有过载及失压保护。常用它起动较大容量的鼠笼式异步电动机。

【电阻减压起动器】在起动时将电阻串接在电机的绕组电路中，起限流减压作用，而等起动完毕后将起动电阻切除，加全电压运行的起动器。因为电阻上的功耗太大，所以只在中小鼠笼电机不频繁起动的场合才用。

【电器工作条件】保证电器正常工作的环境条件。具体要求是一天的平均气温不高于 35°C ，周围空气的最高温度不高于 40°C ，最低气温不低于零下 5°C ；周围大气相对湿度在 40°C 时不超过 50%，最湿月份的月平均相对湿度不大于 90%；安装地点的海拔高度不高于 2000 米。

【电器安装条件】保证电器正常安装的环境条件。要求没有雨、雪的侵袭。没有明显的冲击，振动。在重力对电器的动作有影响时，要求倾斜度不超过 5 度。要求电器周围的介质没有爆炸的危险，要求没有腐蚀金属和破坏绝缘的气体及其他一些有害介质。

【电器触头】分为静触头和动触头。当动触头与静头相互接触时，便把电路接通，在某一时刻切断继电器或接触器的线圈电路后，线圈中没有了电流最终导致动触头脱离静触头，从而把电路断开。触头与空气接触会被氧化，铜的氧化膜导电性能很差，一般不用铜质触头。一般在工作电流大于 40 安时都采用以银为基本材料的合金作触头，并以镶块形式焊在连接板上。有些低电压工作的继电器中为减小接触电阻，还常采用金、钼、铂等贵金属制造触头镶块。当继电器的触头镶块严重磨损后就不能再工作了，这也就是为什么电器的电寿命一般总是小于机械寿命的原因。在触头的接触面有了污垢后，将极难导电，以致触头的接触电阻剧增，从而使此处的温度在工作时到达不允许的地步。在低电压工作时很可能妨碍触头的接通。所以在触头上有了尘垢后，需用无水酒精或四氯化碳擦干净。为了减小接触电阻，以降低触头工作时的温度，必须给触头一个压力，有的是在触头上加一个弹簧，有些弱电继电器的触头连接片是用磷铜片或铍青铜等本身有一定弹性的材料

制成。

【电器灭弧】熄灭电器触头间隙内发生的电弧。在电器的动、静触头即将接通或分开时，如果它们之间的电压不小于 10—20 伏，就会在触头间隙内发生放电现象，当放电电流大于 100mA 时就会发生弧光放电，即电弧。在电器中电弧是有害的，如果不熄灭电弧将会毁坏电器并殃及其它设备，所以有触点的电器大都设有灭弧装置。常用金属栅片增大整个电弧电压降，当外施电压为一定值时，被栅片割成的一段段短弧电压降变小，从而维持不住电弧致使其熄灭。

【电磁机构】按照励磁方式的不同可分为直流电磁铁与交流电磁铁。直流电磁铁是在线圈中通入直流电来励磁的，所以在铁心中没有磁滞和涡流损耗。为了加工的方便通常将铁心做成圆柱形，为防止衔铁在线圈断电后被剩磁产生的吸力吸住不放，在极帽与铁心间垫有非铁磁材料以增大磁阻减小剩磁。交流电磁铁由于线圈中通入的是交流电流，产生的磁通是交变的，从而在铁心中将有磁滞涡流损耗，所以选用铁损小的硅钢片迭装而成。且线圈有骨架以减小由铁心传来的热量，这和直流线圈直接绕在铁心上为了散热恰恰相反。

【吸力特性】电磁铁所产生的电磁力与气隙（铁心极帽与衔铁之间的距离）之间的关系。气隙越小磁阻也小，在同样的磁势下产生磁通越多，电磁力也越大。反之气隙越大吸力越小。

【反力特性】电磁铁中反对吸合的反力对气隙之间的关系。电磁铁

吸合衔铁的过程就是吸力克服反力的过程，而释放衔铁是反力克服吸力的过程。在线圈通电后，衔铁应能可靠吸合，也就是要求在所有的气隙位置上吸力都大于反力。若吸力大大的超过反力则会使衔铁吸合的速度太快而撞坏铁心，而且也浪费能量，因此为了保证电磁铁的正常工作的，应使吸力与反力很好的配合。

【外壳防护】对电器的外壳采取的防护措施。根据使用条件来划分。表示防止异物进入壳内或触及带电部分或运动部分的共分 7 个等级，防止液体进入壳内的共分 9 个等级。如标有 IP00 表示不能防止人体触及带电部分或可动部件，不能防止固体异物进入也不能防止液体流入。

【电器联接】由于氧化膜的存在使铜接头处的接触电阻增大很多，致使接头处在通电工作时功率损耗增大，工作温度超过限额，又由于接头处的热胀冷缩的变化会使联接处的螺栓松动从而使接触电阻更大，导致局部出现火花形成恶性循环。为解决上述问题一般都是在接头处镀一层银或锡或者搪上一层锡。镀银、镀锡成本高，还有化学腐蚀和电化学腐蚀，使接触电阻不稳定，为此研制成功导电膏，用涂敷工艺以取代搪锡工艺。

【闸刀开关】又称开启式负荷开关。当闸刀合上时，操作人员不会触到带电的部分，同时内装熔丝（保险丝）提供了短路保护功能。结构简单，使用方便且价格低廉。闸刀开关有二相（单相额定电压 220V）、三相（额定电压 380V）之分。它的机械寿命为上万次，电寿命为 2000 次。闸刀开关没有灭弧装置，虽有胶盖隔弧，但触头的分断完全由操作人员的操作速度决定，拉闸的速度缓慢，在

分断大电流时常有电弧向外喷出。

【铁壳开关】又称封闭式负荷开关。由安装于铁壳内的触头、灭弧装置、熔断器以及操作机构等组成的开关。其操作机构为贮能合闸式,且有联锁装置,使合闸与拉闸的速度与操作的速度无关,大幅度地提高了开关的合闸和拉闸速度,提高了开关的通断能力,降低了触头的电磨损,从而延长了整个开关的寿命。一般被用于电力排灌、电热器、照明的配电设备中非频繁接通和分断的电路。

【刀熔开关】又称熔断器式刀开关。一种熔断器和刀开关兼具的组合电器。具有节约材料、降低制造成本和缩小安装面积等优点。又由于刀熔开关所配备的熔断器是有填料的封闭管式熔断器,故分断能力也很高。在刀熔开关上还装有熔体信号指示器,当其已弹出时说明熔体已熔断,必须及时更换。更换熔断体须在断开负载的条件下进行,以防止发生触电事故。

【熔断器】当通过电流超过所规定的值后,在一定的时间内以其本身产生的热使熔体熔化,分断电路的一种电器。由熔断体、载熔件(用以装载熔断体的部件)及熔断器底座所构成。有些熔体上有锡珠或锡桥,当铜或银这些高熔点材料的中段焊上较薄的锡珠或锡桥时,锡珠或锡桥在较低的温度下首先熔化包在银或铜的外层,使这段熔体的外部是液态内部是固态的合金状态,此合金要比银或铜的熔点低的多,故而能使其在较低的温度下熔断。这样可使熔化系数减小很多。还有些熔体是变截面的,沿熔体长度方向上有几处做成小截面。当发生短路时,由于小截面处的电阻值大,温度也就最高,又由于短路电流大热来不及散出,所以最先

熔断的就是小截面所在的位置。在有些熔断器的熔管中充填了石英沙，其目的是为了增强灭弧能力。按用途分有：一般工业用熔断器，保护半导体器件用的快速熔断器以及一些特殊的熔断器等如自复熔断器。

【熔断器参数】表征熔断器特性的参数。主要有额定电压、额定电流，极限分断能力、安秒特性等。额定电压的量值一般等于或大于电气设备的额定电压，表示为分断电路后所能够承受的电压。额定电流是指该熔断器能长期通过的电流，是由熔断器各部分长期工作时允许的最高温度所决定的，不是熔断器熔断时要熔化的部件熔体的额定电流，而决定于它的最小熔化电流。极限分断能力是熔断器可靠分断的最大电流。熔断器的安秒特性表示的是熔断器的动作时间与通过熔体电流的关系，是熔断器的一个重要指标。

【瓷插式熔断器】一种半封闭插入式熔断器。熔丝熔断后只要从瓷座中拔出瓷盖，就能方便安全地更换熔丝。如 RC1A 系列熔断器额定电压 380 伏，额定电流从 5A 至 200A。380 伏时的极限分断电流可达 3000A。可作短路保护和一定程度上的过载保护用。由于它更换熔丝方便，所以应用非常广泛。

【螺旋式熔断器】由瓷帽、熔断管、保护圈及瓷座组成的熔断器。熔断管内装有熔体和石英沙填料，熔体焊在熔管两端的导电金属盖上，上端的盖中央有一熔断指示器，当熔断器断开时透过瓷帽上的观察孔可以看到指示器跳出。只要旋开瓷帽，取出熔断管，装上好的再旋入瓷座内就行了。它较大的热惯性和较小的安装面积，常用于机床控制电路用以保护电动机。

【快速熔断器】熔体由含银量不低于 99.9% 的银片并联而成，在短路或过载时能迅速熔断的熔断器。由于熔片的宽窄变化很大，窄处的部分尚有一定的长度，这样在熔化后由于是小截面，银质熔体的气化体积小，产生的金属化蒸气少，有利于灭弧和分断短路电流。在熔断器动作时，有红色指示件弹出。由于快速熔断器具有结构简单、价格便宜、维修方便等特点，是半导体器件过流保护中应用最为普遍地一种器件。

【自动开关】又称自动空气断路器。一种自动切断故障用的保护电器。自动开关可以断开很大的电流，有较短的断开时间，可以远距离控制和欠压释放，在低压配电线路中得到广泛的应用。

【脱扣器】自动开关里的一种主要部件。作用是反映线路中参数的改变，当发生不正常的情况时，脱扣器就动作，使自动开关的触头断开。脱扣器分为：（1）过电流脱扣器，在线路上发生过载和短路时动作使触头断开，有反时限动作、过载时动作有延时、延时时间的大小随电流倍数的增长而缩短等几种保护功能。其工作原理和特性与又金属片式热继电器相似；（2）欠压脱扣器，当线路电压低于某一事先整定的电压或降到零时，甚至缓慢降到额定电压的（70—35）% 范围内，能使开关有延时或无延时断开电路，又要使当电网电压低于额定电压的 35% 时不能合闸，并能作到当电网电压达到额定电压的 85% 时能合闸，由于欠压脱扣器是长期工作的，所以其磁极的端面要平，以便可靠的吸合，又因为是交流而设有分磁环；（3）分励脱扣器，自动开关有了分励脱扣器就可以将按钮接到控制室实现远距离控制，也可以实现多种保护，从

工作性质看,分励脱扣器是短时工作的,其线圈不允许长期通电,为防止它长期被通电,其线路中串有一个自动开关的常开辅助触头,已由制造厂家在装配时联接好。

【漏电保护器】用以防止因触电、漏电而引起事故的一种保护电器。按动作原理分为电压动作型和电流动作型 2 种。电压动作型的漏电保护器只适用于中点不接大地的变压器系统,中国大多采用中点接地的供电系统,所以它的适用范围要受限制。另外维修工作量大,可靠性差,趋于淘汰。电流型漏电保护器当线路发生触电或漏电事故时,会导致电流互感器一侧线圈中电流所产生的磁势和不为零,从而在互感器的铁心中产生与电流频率一样的变化磁通。零序互感器付线圈便产生电压输出并通过放大去起动保护装置达到保护目地。由于漏电保护器的漏电动作电流的范围很大,动作时间又有快速和延时之分,所以在选用时要根据触电保护的不同要求来定。如在使用家用电器较多时,宜选用漏电电流为 30mA 的快速动作型漏电保护器。漏电保护器的灵敏度要选得正确合理,灵敏度过高会导致因电路对地有微小的漏电而动作,使得电路被频繁的拉闸断开而无法工作,选得灵敏度过低,又会使人触电后电流已达到很危险的强度而不动作,失去保护作用。一般保护电流选在 (15—30) mA。

电 机

【直流电机】进行机械能和直流电能转换的电气装置。直流电动机

具有良好的起动、制动和调速性能，在金属切削机床、轧钢机、造纸、电机车等设备上都得到了广泛的应用。直流发电机则用作各种直流电源，如直流电动机的电源，同步发电机的励磁机以及化学工业中的电解、电镀等大电流直流电源。随着电子工业的发展，可控硅则越来越多地被应用在直传动系统中，用可控硅取代直流发电机供电将会逐步发展。

【直流机定子】直流电机固定不动部分的总称。用来产生磁场并作为电机机械的支撑。它由主磁极、换向极、端盖和轴承等组成。电刷装置也固定在定子上。主磁极产生电机的主磁场，它由铁心和绕组组成。只有小直流机的主磁极才用永久磁铁，又称永磁直流机。在电机中相邻的主极应为 N、S 交替出现。当直流电机的容量超过 1 千瓦时，相邻的两主极之间都要装上换向极。换向极绕组总是和电枢绕组相串联的。通过电刷装置可以把电机转动部分的电流引出到静止的电路里，或者把静止电路里的电流引入到电机的旋转电路里。机座起两个作用：一方面起导磁的作用，所以它是主磁路的一部分；另一方面又起机械支撑的作用。

【直流机转子】电机转动部分的总称。由电枢铁心、电枢绕组、换向器和轴承等组成，用以加强电机冷却的风扇也装在电机轴上。电枢铁心用来嵌放电枢绕组，并作为主磁极和换向极磁通经过的一部分磁路，所以应有良好的导磁性能。电枢绕组的作用是产生感应电势，通过电流产生电磁转矩实现能量转换。换向器对于发电机来说，是将电枢绕组的交变电势和电流换成电刷间的直流电压和电流。对于电动机则是将输入的直流电流转换为电枢绕组内的交变电流，以保证在每一个主极下电枢导体内电流方向不变，从

而产生固定方向的电磁转矩。

【直流电机铭牌数据】在每台电机机座的显著位置上都钉有一块金属标牌即铭牌，其上所标各物理量的数据是制造厂家根据国家有关标准要求所规定的，叫做额定值，是选用电机与合理使用电机的依据。若电机所带负载恰恰使得运行时电机各个电量和机械量的实际值等于额定值时称为满载运行。满载运行时既能保证电机的使用寿命又能充分地发挥电机的能力。电机负载的实际值若超过额定值时称为过载运行，经常过载运行会降低电机的寿命，严重过载会使电机损坏。当实际值低于额定值时称为欠载，欠载运行不能充分发挥电机的能力且效率也低。直流电动机的额定功率是指在额定条件下电动机轴上输出的机械功率，对直流发电机来说是指在额定条件下输出的电功率。额定电压对直流电动机是指正常工作时，加在电机两端的输入电压；对直流发电机是指在预定运转的情况下发电机两端的输出电压。额定电流对发电机是指带额定负载时的输出电流；对电动机是指带额定机械负载时从电源输入的电流。额定转速指电压、电流和输出功率均为额定值时转子旋转的转速，一般单位为转/分。

【电枢反应】当直流电机带负载运行时，负载电流流过电枢绕组产生电枢磁势。电枢磁势和主极磁势一起作用于气隙中，因而气隙磁场与空载时相比就有所不同。若电机的磁路没有饱和则电枢反应虽然把气隙磁密的分布扭歪了，但没有改变每极下磁通的大小。若电机有饱和现象，电枢反应除了扭歪气隙磁密分布波形之外，还会由于磁路的饱和而减小每极的磁通量，即表现为去磁效应。有些直流电机为了补偿电枢反应的去磁效应，在主极上加上一个绕

组叫补偿绕组（又叫稳定绕组），绕组中的电流是电枢电流，使产生的磁通补偿电枢反应的去磁部分。

【电磁转矩】 直流电动机或直流发电机的电枢绕组中有电流流过时，通电导体与气隙磁场相互作用所产生的电磁力而引起的转矩。

【电枢感应电势】 简称电枢电势。直流电机正、负电刷之间的感应电势。是由电枢在气隙磁场中旋转，电枢绕组切割气隙磁通而产生的。

【电机损耗】 包含铁耗、机械损耗、附加损耗、励磁绕组的铜耗、电枢铜耗及电刷接触损耗。铁耗是电枢铁心在气隙磁场中旋转而切割磁场引起的，由涡流损耗与磁滞损耗两部分组成，在转速与气隙磁密变化不大的条件下铁耗可以认为是不变的。机械损耗包括轴承及电刷的摩擦损耗和通风损耗，在转速变化不大的电机里机械损耗也可看为不变的。附加损耗又称杂散损耗，对于无补偿绕组的直流电机，按额定容量的 1% 估算，对有补偿绕组的直流电机，按额定容量的 0.5% 估算。电枢铜耗及电刷接触损耗随电枢电流而变化，在电机稳定运行时随输出功率而变化，所以又称为可变损耗。当电机的可变损耗等于不变损耗时，电机的效率最高。这一结论具有普遍意义。

【他励直流电机】 励磁绕组与电枢绕组无联接关系，而由两个独立的直流电源分别供电给两个绕组的直流电机。永磁直流电机也可看作他励直流电机，因为主磁场与电枢电流无关。

【并励直流电机】励磁绕组与电枢绕组并联，励磁绕组上所加的电压就是电枢电路两端电压的直流电机。其机械特性与他励直流机相似。

【串励直流电机】励磁电流就是电枢电流的直流电机。当电枢电流很小时磁通也很小。因为电枢绕组的直流电阻很小，所以感应电势基本上等于电枢两端的电压，从而使转速很大，因此串励直流电机不允许无载起动，也不能用皮带传送。

【复励直流电机】主磁极上装有两个励磁绕组的直流电机。其中并励绕组与电枢电路并联，而串励绕组与电枢电路串联。若串励绕组产生的磁势与并励绕组产生的磁势方向相同称为积复励；若两个磁势的方向相反，则称为差复励。其机械特性介于串励直流电机与并励直流电机之间，要看以那一个励磁磁势为主而定。

【直流弧焊发电机】一种特殊形式的发电机。除了同其他发电机一样能发电之外，还有如下一些主要特殊性能：具有下降的外特性；具有良好的调节特性；具有良好的动态品质。

【直流机换向】在电枢旋转过程中，每个线圈不断从一个支路经过电刷进入另一个支路，其中的电流跟着改变方向过程。换向不良的电机，在电刷和换向器之间会产生较大的火花，若火花严重就会烧毁电刷和换向器，使电机不能运行。中国将换向器上火花的火花大小分为 5 个等级，电机从空载到额定负载的所有情况下，火花不得超过 $1\frac{1}{2}$ 级。在容量超过 1 千瓦的电机中，几乎无例外地装有

换向极用以改善换向。但当电枢电流大到一定程度后，换向极磁路会饱和，就起不到抵消电枢磁场和自感电势的作用，因此电枢电流的最大值仍要受限制。

【直流电动机起动】直流电机转子由不动到转速为所需值的过程。直接起动法将产生很大的起动电流，使直流机换向困难，且产生过大的转矩，使系统加速太快，有可能损坏设备，因此只适用于小容量电机；在电枢回路中串电阻起动，利用起动变阻器限制起动电流使其不超过所允许的值，此法在起动过程中能量损耗大，用于起动中小型直流电动机；降压起动，它需要一套单独的直流调压设备，可做到平滑起动，能耗小，适用于大型直流电动机的起动。

【改变直流机转向】直流机在作电动机运行时，改变它的旋转方向。方法有：主磁场方向不变，改变电枢电流的方向，可将电枢两端的电压反接；电枢电流的方向不变，改变主磁场方向，用改变励磁绕组的极性可改变主磁场的方向。电枢电流的方向和主磁场方向不能同时改变。

【直流电机调速】改变电机转子的转速。方法有：电枢回路串电阻调速，由于电枢电流较大，所以调速电阻的容量也较大，不易做到电阻值连续调节，因而转速也不能连续调节，且在低速运行时转速的稳定性差，仅适用于调速性能要求不高的中、小电机上，大容量电动机不采用；在磁通与电枢回路不串电阻，降低电枢的电源电压为不同值时，若电机拖动恒转矩负载时，电动机则会运行于不同的转速上，当电源电压可连续变化时，转速的变化也是连

续，由于晶闸管及其技术的成熟，此法在直流电力拖动系统中被广泛的应用；弱磁调速，在电枢回路不串电阻、电枢电压不变的情况下升高转速。受机械强度和换向能力的限制，一般最高转速可达到额定转速的（1.2—1.5）倍。在他励直流电动机电力拖动系统中，广泛采用降低电源电压向下调速及减弱磁通向上调速的双调速方法。

【直流电动机制动】电磁转矩（或电磁力）阻止转子旋转。主要有三种方式：（1）能耗制动，将直流电动机的电枢回路从电源切断，接在一个制动电阻上，由于转速不为零，电动机作为发电机运行，将动能变为电能并消耗在制动电阻上，产生制动转矩与电机的旋转方向相反，但能耗制动的制动转矩与转速成正比，当转速较低时，制动转矩也随之变小，因此大多与机械制动配合使用；（2）反接制动，不改变励磁磁势方向，而将电枢绕组电压极性经一限流电阻突然反接，使电枢绕组上的电流方向改变，从而产生一个与电机旋转方向相反的制动转矩，用此法制动需在转速降为零时，马上将电源切断，否则电机会反向起动，此法较能耗制动，制动快且强烈；（3）回馈制动，也称为再生制动，在反电动势大于外加电源电压时，电枢中的电流将改变方向，电机将作为发电机运行，把系统的动能转化为使电机转动的动能拖动电机旋转，当实际转速高于理想空载转速时，将把这些能转化为电能向电网回馈，此时的电磁转矩与电机转动的方向相反变为制动转矩，其特点是回馈制动时电机转速必高于理想空载转速。

【异步机定子】异步机的静止部分。由机座、定子铁心、定子绕组组成。机座是电机的外壳和支架，作用是保护和固定定子铁心和

绕组支撑端盖，便于安装和固定电机。定子铁心主要做导磁用，一般用硅钢片迭压成，其内圆上冲有均匀的槽口，用以嵌放定子绕组用。定子绕组是电机的电路部分，是电机中能量转换部分必不可少的关键部分，其种类很多，有单层、双层、单双层绕组，正弦绕组，变级绕组等。

【异步机转子】异步机的转动部分。由转子铁心、转子绕组、转子轴等组成。转子铁心是电机磁路的一部分，由硅钢片迭压而成，在外圆上有冲槽，槽内放转子绕组。转子绕组分为鼠笼式转子和绕线式转子。

【异步电动机原理】在三相异步电动机的定子绕组中通入对称的三相电流后，也就在空间产生了一个不断旋转的磁场。当该旋转磁场与转子绕组导体有相对运动时，在导体中产生感应电动势，由于这些导体是短接的，所以在感应电动势的作用下导体中有电流通过。由于通电导体在磁场中受到力的作用，转子将随旋转磁场的方向不停地转动。所以异步机在作电动机运行时，其转子的转速一定慢于旋转磁场的转速，故称其为异步电动机。

【异步电动机结构形式】按转子结构分有鼠笼式和绕线式。按定额工作方式有连续、短时和断续之分。按尺寸大小有大型、中型、小型、微型。按冷却和防护方式分有开启式、防护式、封闭式、防爆式几种。防护式能防止外界的杂物落入电机内部，能在与垂线成 45° 角的任何方向防止水滴、铁屑等掉入电机内，其冷却方式是在轴上装有风扇，冷空气从端盖的两端进入；冷却了定子、转子后从机座旁出去。封闭式是电机内部的空气和外部的空气彼此互

相隔开，内部的热通过机壳的外表面散出，多用于灰尘多的场所。防爆式是一种全封闭的电机，它把电机内部与外界的易燃、易爆气体隔开，多用于有汽油、酒精、煤气等易燃气体的场所。

【异步电动机铭牌数据】型号，如 Y100L1—2，Y 系列为小型鼠笼全封闭自冷式三相异步电动机，后面数字依次表示：机座中心高、机座长度号、铁心长度号、极数。额定功率单位是千瓦，表示电动机在额定运行时轴上输出的机械功率。额定电压是指定子绕组上的线电压。额定电流是指轴上输出额定功率、定子绕组上加额定电压时，定子绕组中的线电流。额定转速是指电机定子加额定频率的额定电压、在轴上输出额定功率时电机的转速，单位为转/分。额定频率中国为 50 赫。额定功率因数，指电机在额定负载时，定子的功率因数。在铭牌是还标出联接方式及绝缘等级与温升。

【整距线圈】节距等于极距的线圈。一个整距线圈的两个边中的感应电势总是大小相等、方向相反的，即在时间上彼此相差 π 弧度时间电角度。

【电角度】一对主极表面所占的空间距离用空间电角度表示，定为 360° 。若一个电机有 P 对主磁极，则对应的总的空间电角度为 $P \times 360^\circ$ 。而一个电机空间的几何角度却总是 360° ，又称为机械角度。从电磁观点看，若有导体切割按正弦分布的空间磁场，则导体每经过一对 N、S 极后，在导体中所感应的正弦波电势也变化一个周期。正弦波电势变化一个周期即经过 360° 时间电角度，在数值上时间电角度等于空间电角度。

【旋转磁场】在对称的三相绕组中，通入对称的三相电流后，会产生一个大小不变转速一定的旋转磁场，又称为圆形磁场。电流每变化一周，则磁场转过 360° 空间电角度。若将三相对称电流的相序改变，则旋转磁场的转向也随之改变。旋转磁场的转速又称为同步转速，为旋转磁场在空间圆周上每分钟转过的圈数。

【转差率】同步转速与电动机转速的转速差与同步转速之比的百分数。在异步电动机定子绕组中通入电流后，定子绕组产生旋转磁场，该旋转磁场在空间旋转时会掠过转子导体，由于切割磁力线而在转子导体中产生感应电势。由于转子导体是闭合的，在导体内会产生电流，从而使转子导体获得电磁转矩而旋转。转差率的大小能够反应电动机转子的转速。正常运行的异步电动机，转子的转速一般都接近同步转速，转差率很小。

【空载电流】电动机的轴上不带负载，电动机在空转时的定子电流。它由两部分电流组成。一部分是用作空载运行时的各种损耗（空载时的有功损耗），称为有功电流，是电流的次要成分。另一部分是用来产生旋转磁场的，又称励磁电流，若外加电源的电压增高，由于定子线圈的直流电阻很小，所以感应电势近似等于外加电源电压，电机铁心会产生饱和现象，从而导致励磁电流大大增加；若电机的定、转子之间的气隙大，会导致磁阻的增加，在同样的磁通下所要用的励磁电流也会增加。如果定子绕组的接线不对，也会导致空载电流的加大。

【异步机电磁转矩】由转子电流与气隙中的旋转磁场的基波磁通相

相互作用产生的电磁力矩。

【异步电机最大电磁转矩】异步电机作发电机运行和作电动机运行时的转矩的最大值。发电机状态的最大电磁转矩比电动机状态的略大一点。当电源频率与电机参数不变时，最大转矩与电源电压的平方成正比。最大电磁转矩的大小与转子回路的电阻无关。最大电磁转矩与定子、转子回路的漏电抗近似成反比。当电源的电压与电机参数一定时，最大电磁转矩随电源频率的增加而减小。

【临界转差率】最大电磁转矩对应的转差率。它与转子回路电阻成正比，与定子、转子边的漏电抗和近似成反比，而与电抗与电源的频率成正比，所以当电源的频率增高时，临界转差率的绝对值将变小。即最大电磁转矩将出现在转子的转速接近同步转速的数值处。

【异步机起动转矩】转子的转速为零时的电磁转矩。当电网的频率与电机的各参数不变时，起动转矩与电源电压的平方成正比。当电网电压与频率一定时，定子、转子的漏电抗越大起动转矩越小。起动转矩随电网频率的提高而减小。对于绕线式异步电机，可以通过向转子回路串电阻的办法获得最大起动转矩。

【过载倍数】又称过载能力。当电动机运行时，若负载由于某种原因突然增大，只要总的制动转矩不大于该电动机的最大电磁转矩，干扰消失后又恢复正常负载，电动机仍然能回到原工作点稳定运行。若总的制动转矩一旦大于最大电磁转矩，则电动机的转速将很快降下来直到停转。可见最大电磁转矩愈大，电动机的短时过

载能力愈强。过载倍数是异步电动机重要性能指标之一，可从电机目录中查到。一般异步电动机为（1.6—2.2）。供起重和冶金用的异步电动机为（2.7—3.7）。额定转矩是按照发热条件来设计的，长时间运行在大于额定转矩时，会导致电动机过热，影响寿命，甚至烧坏电动机。

【起动转矩倍数】起动转矩与额定转矩的比值。起动转矩倍数是对鼠笼式异步电动机而言的。带额定负载起动时，只有当起动转矩倍数大于 1 才能起动起来。一般鼠笼异步电动机的起动转矩倍数为（1.0—2.0），供起重和冶金用的鼠笼异步机为（2.8—4.0）。

【异步电机额定转矩】异步电动机在额定电压、额定转速下运行时电动机的电磁转矩。

【允许温升】在一定的环境温度下允许电动机的实际温度比周围环境温度高出的数值。它是由电机的绝缘等级决定的。常用的绝缘等级有 A、E、B、F。材料的耐热极限温度分别为 105C°、120C°、130C°155C°。因为一般测出的温升为绕组的平均温升，绕组的最高温升要比平均温升高，所以还要留出 5C°的温升裕量。当环境温度为 40C°时，它们的允许温升分别为 60C°、75C°、85C°、110C°。也就是说电机的允许温升等于耐热的极限温度减去环境温度。假如电机的温度超过了绝缘材料的允许温升，会使绝缘老化，缩短电机使用寿命，甚至会损坏绝缘，使电机烧毁。

【鼠笼式异步电动机】具有鼠笼式转子的异步电动机。异步电机的转子绕组不必由外界电源供电，可以自行闭合构成短路绕组。若

将每个转子槽中放入一根导条，在伸出铁心的两端槽口处，用两个环分别把所有的导条的两端都连接起来，形成短路回路，就构成了鼠笼式转子。导条和端环可以用铜，铜导条与端环需用铜焊或银焊连接起来。对于 100 千瓦以下的中小异步电动机，一般都采用铸铝一次浇铸，把导条、端环及端环上的扇叶一起铸出。鼠笼式异步电动机结构简单，体积较小，运行可靠，便于检修安装，价钱便宜。其不足之处是起动转矩较小，功率因数低，不易调速，直接起动时的起动电流大，因而在电网的容量与被起动的异步电动机容量相比不足够大时，不能直接起动，需另配起动设备。

【绕线式异步电动机】具有绕线式转子的异步电动机。绕线式转子绕组和定子绕组相似，是用绝缘导线嵌于转子铁心槽内，中型电动机多采用双层绕组，小型电动机一般采用单层绕组。将三相绕组联接成星形对称绕组，然后把三个出线端分别接到转子轴的三个滑环上，通过电刷把电流引出来。其特点是：可以通过滑环和电刷在转子回路中接入附加电阻，用以改善电动机的起动性能或进行调速。为了减少电刷的磨损和摩擦损耗，有时还装有提刷装置，以便当电机起动完后又不需调节转速时，把电刷提出，并将三个滑环短路。其不足之处是结构复杂，体积大，成本高。

【深槽式鼠笼异步电动机】利用导体的集肤效应，来达到起动时转子电阻变大而正常运行时转子电阻变小的要求的鼠笼异步电动机。为了加强集肤效应深槽式鼠笼异步机的转子槽形窄而深，其深度与宽度之比约在 10—20，而普通鼠笼异步电动机这个比值不超过 5。当定子绕组中通入对称三相电流后，便产生一个旋转磁场，从而在转子导条中产生电流。该电流产生槽漏磁通。若将深

槽中的导条看成由很多小薄导电片迭装而成，则越是槽底部分的小导电片所链的漏磁通越多，槽口部分的小导电片所链的漏磁通少；由于电流与磁通都是交变的，因此越是靠近槽底的小导电片具有越大的漏电抗，而越靠近槽口漏电抗越小。由于槽形很深，所以槽底部分与槽口部分漏电抗相差很大。在起动时，转子与同步速相对运动速度最大，所以转子电流频率高，在转子导条中感应电势的作用下，转子电流的大小将主要取决于转子漏抗，由于槽形很深，槽底、槽口的转子漏抗相差很大，所以转子导条中上、下部分的电流必极不均匀，槽口电流大，槽底部分电流小。电流大部分被挤到了导条的上部，其作用相当于减小了导体的高度和截面积，增大了转子电阻，因而满足了起动的要求。电动机起动完毕后，转差率很小，转子电流的频率很小，此时的转子电流将主要由转子电阻决定。由于各小导电片电阻一样，导条中的电流将均匀分布。集肤效应基本消失，转子导条的电阻又变小，从而满足了起动与运行的要求。但它比普通鼠笼异步电动机的转子漏抗要大一些，功率因数稍低，最大转矩稍低。

【双鼠笼异步电动机】在转子上有两个鼠笼的异步电动机。上笼（外层笼）又称为起动笼，要求电阻较大，所以导条截面积较小，通常用黄铜或铝青铜等电阻系数较大的材料制成。下笼（里层笼）又称为运行笼，要求电阻较小，导条截面积较大，用电阻系数小的紫铜制成。也常用铸铝转子。下笼交链的漏磁通要比上笼多得多，因此下笼的漏抗要比上笼大得多。起动时，转子漏抗大于电阻，又由于下笼的漏抗比上笼大得多，所以电流主要从上笼流过。由于上笼电阻较大，可以使起动转矩变大。在正常运行时，转子漏抗远小于转子电阻，转子电流大部分从电阻较小的下笼中

流过，从而使正常运行时转子铜耗不大。双鼠笼机有较大的起动转矩，一般可以带额定负载起动。比普通鼠笼机相比，它的转子漏抗大，功率因数与最大转矩也稍低一些。

【单相异步电动机】用单相交流电源供电的异步电动机。在没有三相交流电源的地方用起来比较方便，被广泛用于工业和民用各个方面，如家电、电动工具、鼓风机、医疗器械等。与同容量三相异步电动机相比较，单相电动机的体积大，运行性能差，一般只做成 0.6KW 以下的小容量电机。单相异步电动机有多种类型，它们的转子都是鼠笼式的，通常在定子上有两个线圈，一个是工作绕组，用来产生主磁场并传递功率。另一个是起动绕组用来起动电动机，有些起动绕组只在起动时接入，当电机转速达到额定转速的 75% 左右时，自动脱离电源，也有些始终与工作绕组相并联。单相异步电动机依据起动方法的不同分为分相式与罩极式两大类。

【分相式电动机】定子上的两个绕组的轴线在相差 90° 空间电角度的电动机。起动时为了使两个绕组中的电流有一定的相位差，要在起动绕组中串入电容或电阻，因此分相式电动机又分为电阻分相及电容分相两种。若起动绕组是按持续工作设计的，就可以在起动后仍接在电路中，这种电机叫做电容运转电动机，此时两个绕组中的电流有一定的相位差，所以也叫做两相异步电动机。单相异步电机的旋转方向，取决于旋转磁场的运动方向，为此可以将起动绕组或工作绕组的两个出线端的接线对调。

【罩极式电机】转子为鼠笼式，定子为凸极式，由硅钢片叠压而成，

每个极上都装有工作绕组，在每个极的极靴上开一小凹槽，磁极分成大小两个部分，在较小的部分套装上一个短路铜环罩起来的异步电动机。这样磁极被分成了未罩部分与罩起来的部分，这两部分在极靴面上的比值约为 3 比 1 到 4 比 1。又由于被罩部分被短路铜环所罩，所通过的磁通将在时间上与未被罩部分通过的磁通差一定的电角度，得到一个椭圆旋转磁场，该旋转方向永远是从磁极的未被罩部分向被罩部分转动，即使改变电源的两个端点，也不能改变转动方向。罩极式电机起动转矩很小，只适用小型风扇、电唱机等容量在 40W 以下的单相异步机中。

【控制电机】现代控制系统中具有特殊功能的各种小功率电机的总称。可以用来检测转速，进行坐标变换，进行某些三角运算，对电脉冲作出准确的反应等。可分为伺服电动机、测速发电机、自整角机、步进电机等。对它们的要求是：高可靠性、高精度、响应速度要快、体积小、重量轻、功率小。它与一般旋转电动机没有什么原理上的差别，只是两者的用途不同。

【伺服电动机】能把输入的信号电压变为角的位移或转速从轴上输出去，并随信号大小及方向而改变，并能带动一定大小的负载的电动机。是控制系统中的执行元件，又称执行电动机。有直流伺服电动机和交流伺服电动机两种类型。直流伺服电动机就是一个微型的他励直流电动机，其结构、原理与他励直流电动机没有本质的差别。磁极是永久磁铁的称之为永磁式直流伺服电动机，磁极是电磁铁的称为电磁式直流伺服电动机。其控制方法有两种，磁极控制法和电枢控制法。就其用途来说，可以作为驱动电机（如便携式电子设备中的永磁式电动机）和伺服机（如录相机、录音

机、精密车床等)。优点有: 起动转矩大, 调速范围大, 效率高, 特性的线性好。缺点有: 由于有换向器, 与电刷的接触电阻不大稳定, 低速时稳定性差, 由于运行时电刷与换向器间有火花会产生有害的干扰。交流伺服电动机与一般单相异步电动机基本相同, 在它的定子上有差 90° 空间电角度的两相分布绕组, 其中一相为励磁绕组, 另一相为控制绕组, 转子为鼠笼式的和非磁性杯形转子两种。后一种转子的伺服电动机励磁电流大, 约占额定电流的 80% , 因而功率因数低, 体积大。但它的转动惯量小, 反应灵敏。对交流伺服机来说, 要求它要在没有信号时, 电机要立即停转, 即无“自转”现象。因此交流伺服电动机的转子电阻较大, 大到使临界转差率大于 1。

【测速发电机】测量转速信号的发电机。它可以将机械转速转化为相应的电压信号。按电流种类可分为直流测速发电机和交流测速发电机两大类。直流测速发电机有两种, 一种是电磁式直流测速发电机, 即为一个微型的他励直流发电机, 由于励磁绕组在工作时会发热, 从而导致电阻的增加, 影响励磁电流, 这是引起误差的主要原因之一。另一种是永磁式直流测速发电机, 即磁极为永久磁铁的微型直流发电机, 它的结构较简单, 使用时不需要励磁电源, 所以应用广泛, 但永久磁极受机械振动影响可能会引起退磁。在负载一定时, 转速越高, 输出电压也越大, 则电枢电流也大, 由于电枢反应, 将使转速与输出电压之间的线性关系变差。所以在使用直流测速发电机时, 转速范围不要太大, 负载电阻不能太小。交流测速发电机的结构与交流伺服电动机相似, 也有鼠笼型转子和杯型转子两种, 杯型转子交流测速发电机由于它的转动惯量小、精度高, 因而应用的最为广泛。使用时将励磁绕组接到

频率和电压大小都不变的交流电源上，控制绕组则接到交流电压表上，电机的转子与被测量转动的轴相接。

【自整角机】能将机械转角变换为电信号，或者将电信号变换为机械转角的电机。利用两台或两台以上的自整角机，可以使两个或两个以上相距较远、又无机械联系的转轴作同步的旋转或角位移。按用途分有力矩式和控制式，力矩式自整角机只能带动指针和刻度盘等轻微负载，在接收机转子空载时，其误差可能达到 1° ，随着接收机转子轴上负载转矩的加大或转速的增高，误差还要增大。它包括力矩式发送机、力矩式差动发送机、力矩式接收机。为了提高自整角机系统的精度和带负载的能力，可以采用控制式自整角机，系统中的接收机是在变压器状态下运行，它只输出信号，通过系统中的放大器及伺服电动机带动负载。它包括：控制式发送机、控制式差动发送机、控制式变压器。按使用电源的不同，又可分为三相自整角机和单相自整角机。由于单相自整角机的精度高，旋转平滑，运行可靠，因而在小功率系统中应用较广。

【步进电动机】一步一步非连续转动的电机。它可以将电脉冲信号换成相应的角位移，每输入一个脉冲信号，它的轴就转过一个固定角度，角的位移量与电脉冲的个数成正比。步进电动机能够快速起动、制动和反转，在数字控制系统中被用作执行元件。按产生转动转矩的原理分为：（1）反应式步进电动机，它的转子上没有绕组，依靠的是反应转矩；（2）励磁式步进电动机，转子上有励磁绕组（或为永久磁铁式转子），依靠电磁转矩工作。步进电动机在起动时除了要克服静负载转矩外，还要克服动负载转矩，若起动时电脉冲频率过高，转子就可能跟不上而造成失步。为此，厂

家规定了在一定负载转矩下能不失步地起动的最高频率，这个频率叫做起动频率。起动后能不失步的电脉冲的最高频率叫做连续运行频率。

【旋转变压器】转子上的输出电压与转子转角之间为某种函数关系的控制电机。在结构上与绕线式异步电动机相似，一般都是一对极。定子上装有两个完全相同的绕组，在空间相差 90° 空间电角度。转子上也装有两个互相垂直的完全相同的绕组，并经滑环与电刷引出。

【直线电动机】能将电能转换为直线运动的机械能的一种电机。与旋转电机一样，也分为直线同步电动机、直线异步电动机、直线直流电动机。是一种新型电动机，在交通运输及传送装置等方面得到了越来越多的应用，特别适用于高速运输。

【同步电机】转子的转速与定子旋转磁场的转速相等的电机。主要用作发电机，目前世界上的电量几乎都是由同步发电机发出的。一般都采用汽轮机或水轮机作为原动机来拖动，由于汽轮机的转速高，所以与汽轮配套的同步发电机一般都做成两极隐极式转子。与汽轮机相反，水轮机的转速很低，所以水轮发电机的磁极数就很多。不带机械负载又运行于电动状态，专门用来改善电网功率因数的同步机称为同步调相机（或称同步补偿机）。过励时的同步电动机可视为电网的一个电容性无功负载，在欠励时则可视为一个电感性负载。只要调节它的励磁电流的大小，就可以灵活地改变它的无功功率的大小。因此对于不需调速的大型电动机，一般都采用同步电动机。同步电动机常采用辅助电动机起动法、变频起

动法、异步起动法等方法来起动。

电力变压器

【电力变压器】主要用于输电、配电和用电部门的变压器。为了减少输送电时线路上的电能损耗，采用的是高压输电，如 220 千伏、330 千伏、500 千伏等，但发电机发出的电压多为 10.5kV 和 18.5kV，所以首先需要通过变压器升压后经输电线送到用电地区，到用电地区后又需将电压降到 35kV 以下。具体到各种用电设备，电压还要降低。即便采用直流高压送电，也需要先变为高压，经整流、输送，再将直流逆变为交流，然后降压送给用户。总之输送电过程中要经过多次的升压、降压。所以电力变压器是电力系统中的重要设备，它的安装容量约为发电机容量的（5—8）倍。常用的电力变压器有 SJL₁ 系列（S 表示三相变压器，J 表示油浸自冷，L 铝绕组）及 SJ₁ 系列等。

【自耦变压器】原、副边共用一部分绕组的变压器。其副边绕组是由原绕组抽头而来，所以原、副绕组之间除了共同有一个主磁通之外，还直接有电的联系。因此用自耦变压传送电能时，除去通过电磁感应的传送的那一部分外，还有一部分是通过电路的联接直接传送的，即原边电流直接传到负载，它不需要增加绕组的容量。因此自耦变压器与双绕组变压器相比较，其单位容量所消耗的材料少，体积小，造价低，用材料少，导致铜耗、铁耗都小，所

以它的效率高，在运输安装等方面都带来了方便。由于自耦变压器的原副之间有电路的直接联系，所以需要加强它的内部绝缘与防过电压措施。若将副边绕组的匝数做成可调的，就成了自耦调压器，有单相和三相之分。

【电焊变压器】又称弧焊变压器。用于电焊的降压变压器。与普通变压器相比，有一些特殊要求：为了起弧需要它的空载电压为（60—90）伏，称之为引弧电压；在焊接时，要有较稳定的电流输出；在焊接电流增大时，要求输出电压急速下降；在短路时，副边的电流也不能过大；对不同的焊接对象与焊条，要求它的输出电流是可调的。即要求电焊变压器有陡降的外特性，就是随着副边电流的增大副边的电压急剧下降。为得到陡降的外特性，常用的办法就是增加电路中的电感，有时也采用在焊接回路中串电阻的办法。通常电焊变压器分为正常漏磁式弧焊变压器和增强漏磁式变压器两大类。前者是采用串电抗器的办法，后者又可分为：动绕组式弧焊变压器，是用增大变压器原、副绕组之间距离的方法，形成较大的漏抗；动铁分磁式弧焊变压器，是在原、副绕组之间增加一个可动的铁心，以增加漏磁，从而增大漏电抗，改变位置就改变了漏抗的大小，此种方式由于增加了动铁心这个磁分路，所以又叫做磁分路式弧焊变压器；抽头式弧焊变压器，其原边绕组有较多的抽头，且原、副绕组间耦合不紧密，由于串电阻的办法要消耗有功功率，所以极少采用，只供临时急用。

【电压互感器】又称仪用变压器。一种用以测量高电压用的仪器。它能把高电压变为低电压，并在相位上与原来保持一定的关系。在工作时，电压互感器的原边接在被测高压上，副边接电压表或功

率表的电压线圈。由于电压表或功率表的电压线圈的阻抗很大,所以电压互感器的容量很小,通常只有几十或几百伏安。它的副边额定电压均为 100 伏,这样可以使所接仪表标准化。在使用电压互感器时应注意:副边不允许短路;副边绕组连同铁心需可靠接地;副边所接负载不能太重,即不能多带仪表。

【电流互感器】又称仪用变流器。一种与电流表相配合,用以测量大电流的仪器。它的原边绕组匝数很少,由一匝或几匝粗导线组成,串接在被测电路中。副边绕组的匝数很多,由于副边绕组上所接的负载是电流表一类的小阻抗负载,所以电流互感器相当于一个短路运行的变压器,它可以把被测电路中的大电流按一定的比例缩小为副边绕组中的小电流。额定的副边电流为 5 安,这样可以使得所接仪表标准化。在使用电流互感器时需注意到下面几点:它的副边绕组绝不允许开路;副边回路中不能串接过多的仪表。

【变压器铭牌数据】制造厂家在铭牌上标出的变压器的额定值及其型号。按国家标准规定,变压器型号由汉语拼音和几个数字组成。例如 SL—1000/10,表示是一台三相自冷矿物油浸双绕组铝线变压器。额定容量是变压器的视在功率,单位是伏安或千伏安。额定电压,对于三相变压器是指线电压。额定电流是变压器在额定运行时原边及副边绕组中的电流,对三相变压器,指的是线电流。此外铭牌上还标出了该变压器的相数、效率、温升等一些指标。变压器在额定状况下运行时,它的经济技术指标较好,能长期可靠地运行。

【变压器效率】 副边绕组的输出功率与原边绕组的输入功率的比值。一般情况下变压器所带的负载不会是恒定不变的，因此变压器也不会总运行在额定负载下，一般变压器设计的最大值效率点出现在电流为额定电流的 0.7 倍附近。所以变压器的实际效率不是一个常数，它是随负载情况而变的，铭牌上给出的是额定负载下的效率值。

【标么值】 实际值与基准值的比值。反映的是物理量的相对大小，一般基值都选为额定值。当采用标么值表示电压、电流时，便于直观地看出变压器的运行情况，可以简化电路的计算，简化一些公式，因此在各种电机包括变压器中都采用标么值。

【绕组极性】 套在同一个铁心上的每一个绕组都有两个出线端，当铁心中的磁通发出变化时，所有的绕组中都产生感应电势，对每一个绕组来说，都有一个相对的高电位端和一个相对的低电位端。把这些在同一铁心上的绕组，在同一瞬间的相对高电位端或相对低电位端称之为同极性端，反之则为异极性端。同极性端也叫做同名端，当电流都从同名端流入时，这些电流所产生的磁场是互相加强的。

【变压器联接组】 表示变压器的绕组之间的联接方法和原、副边电压的相位关系。通常采用时钟法来表示原、副边电压的相位关系。时钟表示法是将原边的电压看成时钟的分针，将副边电压看成时钟的时针，并将分针永远指向 12 处，副边电压向量在钟面上指的数字，可以表示出副边电压比原边电压在相位上落后了多少。三相变压器中高、低压绕组电压之间的相位差，会由于高、低压绕

组的联接方式不同而不一样。为了避免制造与使用时的混乱，国家标准规定：对单相双绕组电力变压器只有一个标准联接法；对三相双绕组电力变压器规定了 5 种联接方法。

【变压器短路电压】变压器副边短路，原边接电源，当副边电流为额定电流时原边所加的电压。短路电压约为额定电压的 5—10%，通常用额定电压的百分比表示。短路电压是变压器的一个重要参数，它表示额定负载时漏阻抗的大小。短路电压越小，则变压器的特性越硬，输出电压就随负载的变化越小。然而短路电压又不能大小，否则变压器运行时，一旦发生短路事故，将会产生过大的电流。

【外特性】变压器的原边电压、负载的功率因数为常数时副边电压与副边输出电流的函数关系。它表明了供电电压的稳定性。

【并联运行】把两台以上的变压器的原边、副边相同标号的出线端联接在一起分别接到公共母线上去的运行方式。采用并联运行，可以根据负载的变化投入相应的变压器的容量，尽量使运行着的变压器满载，提高效率及整个系统的功率因数。需要检修时，可以把单台从电网上切除，其他变压器继续运行，减少了备用容量。并联运行的变压器应满足下面的一些条件：变比要相等；联接组别必须相同；短路电压要相同，其差值不得超过 10%。

【不平衡电流】三相变压器绕组之间的电流差。这种电流差主要是由于三相负载的不对称造成的，当变压器运行在接近额定容量时。由于三相负载的不平衡，电流大的一相将过载，而电流小的一相

达不到额定值。一般要求零线上的电流不超过额定电流的 25%。因此对于带单相负载的变压器，要经常进行负载的测量，尽量使三相电流平衡。

【过载运行】变压器实际电流超过了铭牌上规定的电流时的运行。长时间的过载运行会使绕组的温升超过允许值，而决定变压器寿命的是绝缘的老化程度，温度对绝缘的老化起着决定的作用。

【超额定电压运行】变压器运行电压高于额定电压时的运行。铁心的饱和程度将随电压的增高而增加，致使铁心中的磁通发生畸变，空载电流也相应增加。铁心饱和后，电压波形会发生畸变，致使高次谐波加大，引起用户电流波形畸变，增加设备的附加损耗。一般要求变压器的原边绕组所加电压不超过额定电压的 105%。

电 气 传 动

【电气传动】以电动机为动力驱动生产机械的自动控制电气设备及系统。电气传动控制系统以电动机为受控对象，以自动控制理论为指导。从系统结构上可以分为两大类：（1）开环系统，不取被控制量的信息，直接用给定输入量进行控制，系统结构简单，在扰动作用下会引起输出量偏离给定值，适用于扰动量不大或要求不太高的场合；（2）闭环系统，控制作用受给定输入量和被控制量反馈量的综合作用，系统在扰动作用下，输出量变化小，还可

以进行扰动补偿调节，进一步减少扰动的影响。如果系统参数大幅度变化，可以建立一个能适应工作条件变化的闭环系统。一个闭环电气传动控制系统基本部分是电动机、控制电器、检测元件、微电子装置、电力电子装置等。一个大型的闭环传动控制系统有多台电动机、多级微型计算机、通讯设备、屏幕显示器等。广泛应用于国防、能源、交通、冶金、化工、农业、港口和机床等各个领域。

【电动机机械特性】电动机转速和电磁转矩间的特性。以直流电动机为例，当电动机加额定电压、额定励磁，电枢回路不另串电阻时，转速和电磁转矩之间的关系称固有机械特性（或称自然机械特性）。若改变某一参数或某几个参数，转速和电磁转矩之间的关系称人为机械特性。在负反馈控制时，电动机转速和电磁转矩的关系称为静特性。不同电动机、不同参数条件下可以得到不同形状的机械特性。和生产机械负载特性配合，可以得到不同的工作状态，即得到不同的转矩和不同的转速。

【生产机械负载特性】又称生产机械机械特性。电力传动系统中，生产机械的负载转矩和转速之间的特性。不同的生产机械负载特性不同，主要有三类：（1）恒转矩负载，任何转速下，负载转矩恒定或大致恒定；（2）恒功率负载，例如机床切削、粗加工时，切削量大，负载转矩大，低速加工，而精加工时，切削量小，负载转矩小，可高速加工，负载转矩和转速呈反比；（3）风机、水泵负载，速度低，负载转矩小，负载转矩大致与转速的平方成正比。一定的电动机机械特性和不同的生产机械负载特性配合，可以得到不同的工作状态，即得到不同的转矩和不同的转速。

【电动机电器控制】利用继电器、接触器、主令控制器、电阻器、熔断器等电器，控制电动机的起动、正反转、制动、调速以及自动循环动作等。首先，要考虑选择电动机并确定其容量。其次，要设计电器控制线路，以满足生产机械的要求。这种控制一般是开环断续控制，工作原理简单，工作可靠，价廉，易于维修，对于一般车床、磨床、钻床等机床以及起重机、电车等都能满足生产要求。

【电动机控制中心】简称 MCC。将交流低压电动机的整套控制和保护设备按一定的规格系列装配成通用单元组件，每个组件一个回路，并将多个单元组件按可抽出的接插形式结构组成一个柜体，即多回路电动机控制系统，实现多电机集中控制的电控设备。各种单元采用抽屉式结构，检修、更换灵活方便。

【电气传动通用控制屏（柜）】通用的典型的电动机控制系统成套屏（柜）式结构装置。针对不同生产机械和不同工艺要求，将一些行之有效的控制方案归纳成若干典型系统，并使之形成电气传动成套系列产品，供各业部门选用。它们可分为直流电动机电气调速装置和交流电动机电气调速装置两大类。控制屏（柜）包括电源引入、控制装置、输出端子、显示器件、操作件等。工业用户可以根据厂家提供的型号选择使用，安装、使用、调试都比较方便。

【直流发电机—电动机系统】又称 G-M 系统。一种可以连续调节直流电动机电枢电压的系统。基本组成如下：交流鼠笼型电动机

为原动机拖动直流发电机和励磁机，发电机电枢直接供电给电动机电枢。改变发电机的励磁可以改变发电机输出电压，从而改变电动机电枢电压，可以进行调压调速。改变电动机励磁可以进行调磁调速。原动机还可以是同步电动机、绕线转子异步机、柴油机等。直流发电机励磁方式可以是励磁机，也可以是交磁放大机、磁放大器、晶闸管励磁装置等。直流发电机-电动机系统常用于龙门刨机床、起重机、电梯等。因为有旋转机组，效率低、有噪声、振动大；直流电机有换向器、维修麻烦；占地面积大，设备容量大。但是由于原理简单，部件工作可靠，电机过载能力强，应用较广泛。

【晶闸管变流器—电动机系统】用晶闸管变流器作直流电动电源的系统。实质上，晶闸管变流器是功率放大器，它和使用直流发电机作电动机电源相比，控制性能好、惯性小、效率高，而且是静止装置，没有旋转部件，因而维修、调试方便。一般来说，采用比例积分调节器组成负反馈调节系统，改善了系统的静态和动态特性，有较强的克服扰动的能力。主要有两大类：（1）不可逆系统，由于变流器的单向导电性，电动机只有一个方向的电磁转矩，只单方向运转，不能提供反方向的电磁转矩进行快速制动，只能靠摩擦阻力自由停车或加入其他制动方法；（2）可逆系统，有两套变流器，可以提供正、反向两个方向的电磁转矩，电动机正、反两个方向运转，可以进行快速正向制动和快速反向制动。广泛应用于各种机床、轧机、卷扬、吊车等。

【位置控制系统】一种直线位移、角位移控制系统。对于高精度的位置控制，必须采用位置负反馈控制，即在调速系统外面再套上

一个位置环，位置环的指令和反馈环节通常用自整角机、旋转变压器、感应同步器；计算机数字位置控制系统则需码盘、模/数、数/模、计算机等。对于低精度的位置可用行程开关控制。主要应用有轧钢机压下装置、剪切机长度控制、机床定位控制、位移指示等。

【有环流可逆系统】直流可逆系统种类之一。有正组和反组两组整流器，反并联接，二整流器接同一台变压器副边，两组整流器输出的电压平均值相等。正向运转时，正组整流器工作在整流状态，提供功率给电动机，反组整流器工作在待逆变状态，电动机工作在电动状态。正向制动时，反组工作在逆变状态，吸收电动机功率，正组整流器阻断，电动机工作在再生发电状态。反向运转和反向制动类同。尽管两组整流器输出电压平均值相等，但是瞬时值不等，造成不通过电动机的电流，即环流。这种系统的特点是：（1）断流间隙为零，快速性好；（2）需要铁芯电抗器限制环流；（3）变压器利用率较高，两组整流器接同一台变压器，故相互有影响。

【逻辑无环流可逆系统】直流可逆系统种类之一。有正组和反组两组整流器，这两组整流器和电动机的工作状态与有环流可逆系统类似。系统有一个逻辑控制装置，用来控制整流器的触发脉冲，保证在任何时刻都不可能两组整流器同时工作，即开放正组时封锁反组、开放反组时封锁正组。虽然两组整流器瞬时值不等，由于不可能同时工作，所以也不可能产生环流。逻辑装置根据运行要求和实际运行情况，自动安全地控制两组整流器工作。这种系统的主要特点是：（1）无环流，节省了限制环流的电抗器；（2）有

断流间隙，快速性稍差；（3）逻辑简单，工作机理明确，可信度高。

【错位无环流可逆系统】可逆系统种类之一。有正组和反组两组整流器，这两组整流器和电动机的工作状态与有环流可逆系统类似。两组整流器反并联接，在稳态的条件下，改变触发器控制电压为零时的脉冲控制角，若正组控制电压为正则反组控制电压为负，那么正组和反组不可能同时工作，达到了无环流的效果。在动态的条件下，由于错位无环流可逆系统除了设置转速和电流两个调节器外，还设有电压调节器。选择合理的调节器参数，可以保证可逆工作时先断流后控制电压反向，仍然保证两组整流器不可能同时工作，达到了无环流的效果。根据控制电压的极性来选择触发正组或反组触发器的错位选触无环流可逆系统应用较多。

【变频调速】根据交流电动机的同步转速随频率变化而变化的特性，通过改变电动机的供电频率进行调速的方法。一般用晶闸管、大功率晶体管、可关断晶闸管组成静止变频装置，构成变频电源对异步电动机进行调速。由于交流电动机结构简单，价格便宜，维护工作量小，有着明显的优点，再加上用变频调速，可以得到无级调速，损耗又小，应用越来越多。为获得同样的调速性能，交流调速系统比直流调速系统复杂，要求较高的调试、维修技术水平。应用于风机泵类负载调速节能、辊道及纺织机多电机传动、水泥磨机、轧钢机、卷扬机传动，离心机、磨床高速传动，机床伺服系统，电力机车等。

【串级电气传动】一种交流电气传动。常用的方案是将绕线式异步

电动机转子侧的转差功率通过滑环引出，经大功率二极管整流变为直流电，再经过晶闸管逆变器将转差功率反馈回电网。这种系统由于反馈转差功率回电网，比较经济，可以得到无级调速。但是电流经过整流器只能单方向流动，得不到快速制动力矩，若要快速制动必须另外设计。在风机、泵类负载的传动应用较多。

【随动系统】广义来说，给定量随时间变化，被控制量以一定的精度跟随给定量变化的系统。被控制量可以是电流、电压、位移等。狭义来看，特指位置（角位移或直线位移）负反馈控制系统。例如：机床定位控制、进给控制，仿形铣，雷达、火炮跟踪系统，记录仪的笔架运动控制，假肢、机器人等。

【脉冲宽度调制电气传动】采用脉冲宽度调制方法的电气传动。脉冲宽度调制，简称 PWM，是脉冲的宽度随控制信号瞬时值变化而变化的调制方法。一直流电源，采用脉冲宽度调制式变换器，加在直流电动机电枢上是随控制信号变化而脉冲宽度变化的电压，达到调速的目的。这种调速方法线路简单，损耗小，调速范围宽，快速性好。如果调制波是一个频率幅值可变化的正弦波，那么输出宽度变化的脉冲波形等效正弦波。这样构成的变频调速系统结构简单，功率因数大，动态特性好。

【矢量控制】一种交流变频调速的电气传动控制。利用坐标变换把交流量控制变为直流量控制，再把控制结果转变为物理上可实现的交流量，而将交流电动机的转矩分量与励磁分了解耦，使交流电动机可像直流电动机一样进行转矩和磁通的独立控制。

【电气传动稳速系统】在扰动作用下,能保持一定稳速精度长期运行的电气传动系统。对于一般稳速系统,必须采用高精度给定电源和测速发电机,调节器的运算放大器要求低漂移、高增益,合理确定参数。更高精度的稳速系统必须采用数字式。稳速系统应用在连轧机、造纸机、薄膜生产线上。

【电气传动张力控制系统】连续生产带钢、纸、布等生产机械或生产线上,能保持产品恒定张力或张力按一定规律变化的电气传动系统。通常由卷取机来控制张力恒定,在控制时,要求张力恒定、牵引速度恒定,即要求控制功率恒定。对于直流电动机拖动的卷取机,要求控制电动机电势和电枢电流乘积恒定。在卷取过程中,卷筒半径逐渐增大,在卷取速度不变的情况下,就会使电枢电流增大,这时要求降低直流电动机电枢电压,使电动机角速度下降,才能保持电动机功率恒定。张力控制系统广泛应用于连轧机、造纸机、印染机上。

【电气传动最优控制系统】能按某项性能指标函数在极值状态下运行的电气传动控制系统。有代表性的三类最优问题是:(1)在电动机容许条件下保证工作机械完成指定的位移所需的时间最短;(2)在电动机容许的条件下,在起动、运行、制动等过程中,要求平稳,如电梯传动要求减少冲击、使钢丝绳寿命延长、乘客感到舒适;(3)在电动机容许的条件下,满足给定的行程和规定的时间,要求传动系统的能量消耗最小。一般的做法是:根据要求确定性能指标函数,制定控制规律,再设计系统加以实现,使系统从任一状态到指定状态都满足性能指标函数。实现第一类问题比较简单,直流双闭环系统即可满足,有些最优问题比较复杂,应

用在要求比较高的场合。

【电气传动自适应控制系统】能连续自动地测量控制系统的动态特性，把它们与希望的动态特性进行比较，利用这个偏差来改变系统的可调参数，或产生控制作用，从而保证系统特性是希望的特性的控制系统。这种系统特别适合于控制系统的参数在运行中有很大的变化，而且有随机因素，设计的控制器满足某一种参数，不能满足另一种参数。另外，也适用于在运行过程中，控制作用和扰动作用有很大变化的场合。自适应控制器应该有能力处理系统状态信息和按照系统性能指标函数重新整定控制器参数。应用在选择要求较高的场合。

【电气传动控制器设计】常规的方法是根据生产机械和工艺的要求确定系统的静态和动态指标；然后根据性能指标求得相应的预期开环对数频率特性；求出除了控制器外的系统对数频率特性，即固有对数频率特性；预期对数频率特性和固有对数频率特性之差即控制器对数频率特性，从此特性反推控制器的结构和参数。为了便于工程应用和容易掌握，工程界提出了一些工程设计方法，大都比较方便，但有一定的局限性。

【调速范围】生产机械要求电动机提供的最高转速和最低转速之比。最高转速和最低转速都对应于额定负载。特殊生产机械，如负载很轻的精密磨床可以用实际负载的转速。不同生产机械要求的调速范围不同，例如龙门刨床要求为 20—40，轧钢机要求 10 左右，机床进给要求 100—1000。

【静差率】又称转速变化率。电动机在某一种状态下运行,负载由理想空载变化到额定负载所产生的转速降落与理想空载转速之比。不同的生产机械对于低速运行时的静差率都有一定的要求,调速范围和静差率不是互相孤立的。一般龙门刨床静差率要求 0.05,轧钢机要求 0.2—0.5。

【稳速精度】在规定的电网质量和负载扰动条件下,规定时间间隔(1 小时或 8 小时)1 秒钟内平均转速最大值和最小值之差与 1 秒钟内平均转速最大值和最小值平均值的比值。不同生产机械对稳速精度要求不同。风洞、橡胶压延要求稳速精度 0.2—1%。

节电和安全用电

【力率】又称功率因数。有功功率与视在功率之比。有功功率总是小于或等于视在功率,力率都小于或等于 1。力率越大,无功电量消耗越少;力率越小,无功电量消耗越多。力率的大小反映了用电设备的使用状况和电力的有效利用问题,也间接反映用电管理水平。

【电容补偿】电力系统提高力率的一种方法。电力系统中的电动机及其他有线圈的设备,除从线路中取得一部分电流做功外,还要消耗不作功的电感电流。电感电流为零时,力率等于 1;电感电流所占比例逐渐增加,力率逐渐下降,力率越低,线路额外负担越

大，降低了线路、变压器及其他设备的利用率，增加了线路功率损耗，增加了电压损失，降低了供电质量。为此，并联电容器以产生电容电流抵消电感电流，使不作功的无功电流减小到一定的范围内。

【负荷计算方法】日用电量的计算：无互感器的电度表在 24 小时的累计数就是日用电量；装互感器的电度表应将表底数再乘以电流互感器和电压互感器的倍率。

日平均负荷的计算：

$$\text{日平均负荷 (千瓦)} = \frac{\text{日用电量 (度)}}{24 \text{ 小时}}。$$

日负荷率的计算：

$$\text{日负荷率 (\%)} = \frac{\text{日平均负荷 (千瓦)}}{\text{日最高负荷 (千瓦)}} \times 100\%。$$

瞬间负荷的计算：

$$\text{有功功率 (千瓦)} = \sqrt{3} \times \text{电流 (安)} \times \text{电压 (伏)} \times \text{功率因数} \div 1000。$$

设备利用率的计算：

$$\text{设备利用率 (\%)} = \frac{\text{平均负荷 (千瓦)}}{\text{设备额定容量之和 (千瓦)}} \times 100$$

$$\text{变压器利用率 (\%)} = \frac{\text{平均视在功率 (千伏安)}}{\text{变压器额定容量 (千伏安)}} \times 100。$$

【触电】由电流的能量造成的电流对人体的伤害。当人体触及带电体，带电体与人体之间闪击放电或弧波及人体时，电流通过人体与大地或其他导体，形成闭合回路。电流对人体伤害属于生理性质的伤害，是电能破坏细胞的正常工作及杀死大量细胞所造成。

【电击】电流通过人体内部，破坏人的心脏、神经系统、肺部的正常工作所造成的伤害。人体触及正常带电体的电击称为直接接触电击，触及故障带电体的电击称为间接接触电击。绝大部分触电

死亡事故是电击造成的。

【电伤】电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的局部伤害。包括电弧烧伤、烫伤、电烙印等。

【单相触电】在地面或其他接地导体上，人体某一部位触及一相带电体的触电事故。大部分触电事故是单相触电。它对人体所产生的危害程度与电压高低、电网中性点接地方式等因素有关。在中性点接地电网中，触电人处在电网的相电压之下。在中性点不接地电网中，人处在线电压之下。通过人体的电流与系统电压、人体电阻和线路对地电容等因素有关。线路较短、对地电容电流较小，人体电阻较大时，其危险性不大，反之可能发生危险。

【两相触电】人体两处同时触及两相带电体的触电事故。此时，人体直接处在线电压作用之下，比单相触电的危险性更大。

【跨步电压触电】人在接地点附近，由两脚之间的跨步电压引起的触电事故。高压故障接地处或有较大电流（如雷电）流过的接地装置附近都可能出现较高的跨步电压。

【雷电】由大自然的力量分离和积累的电荷将能量（即储存在其周围场中的能量）释放出来造成的大气电。具有电流大、电压高等特点，有极大破坏力。雷击除可能毁坏设施和设备外，还可能直接伤及人、畜，可能引起火灾和爆炸。

【电路故障】由电能传递、分配、转换失去控制造成的故障。电气

线路或电气设备故障可能影响到人身安全。如开关爆炸本身是设备事故，但可能同时带来严重的人身伤亡；电气设备接地或漏电改变电网正常状态或直接使外壳带电，造成隐患，形成触电危险条件。

【人体电阻】电流通过人体遇到的阻力。人体电阻不是纯电阻。它由体内电阻、皮肤电阻和皮肤电容组成。皮肤电容很小，可忽略不计。体内电阻值约为 500 欧。皮肤电阻随着不同的条件在很大范围内变化，使人体电阻也在很大范围内变化。一般情况下，人体电阻可按 1000—3000 欧考虑。

【感知电流】引起人的感觉的最小电流。对于不同的人，感知电流不同，成年男性平均为 1.1 毫安，成年女性约为 0.7 毫安。

【摆脱电流】人触电后能自主摆脱电源的最大电流。对于不同的人，摆脱电流也不相同，成年男性平均摆脱电流约为 16 毫安，成年女性约为 10.5 毫安；成年男性最小摆脱电流约为 9 毫安，成年女性约为 6 毫安。

【致命电流】在较短时间内危及生命的最小电流。致命电流引起心室颤动，心室颤动电流与通电时间有关。通电时间超过心脏搏动周期时，心室颤动电流仅数十毫安；通电时间不足心脏搏动周期，但超过 10 毫秒，并发生在心脏搏动的特定时刻，心室颤动电流在数百毫安以上。

【触电急救】对触电者尽快救护。基本原则是动作迅速、方法正确，

使触电者尽快摆脱电源，对症救护。现场应用的主要救护方法是人工呼吸法和胸外心脏挤压法。

【人工呼吸法】在触电者呼吸停止后应用的急救方法。施行人工呼吸前，迅速将触电者身上妨碍呼吸的衣领、上衣、裤带等解开，并迅速取出触电者口腔内妨碍呼吸的食物、脱落的假牙、血块、粘液等，以免堵塞呼吸道。做口对口（鼻）人工呼吸时，应使触电者仰卧，使其头部充分后仰，鼻孔朝上，以利呼吸道畅通。

【胸外心脏挤压法】触电者心脏跳动停止后的急救方法。作胸外心脏挤压应使触电者仰卧在较坚实的地方，姿势与口对口人工呼吸法相同。

【接地】将电气设备和用电装置的中性点、外壳或支架通过接地线与埋在地下的接地体紧密连接起来。它是防止电气设备意外带电造成触电事故的基本技术措施。

【工作接地】在电力系统中对某些点进行的接地。如变压器和互感器的中性点接地；两相一线系统的一相接地均属于工作接地。它可以保持三相电压基本平衡，能降低人体的接触电压。在中性点不接地系统中，当一相接地，而人体又触及另一相时，人体受到的接触电压将超过相电压成为线电压，即为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍。而中性点接地时，因中性点的接地电阻很小，或近似于零，与地间的电位差亦近似于零，当一相碰地而人体触及另一相时，人体的接触电压只接近或等于相电压，从而降低了人体的接触电压。在中性点接地系统，当一相接地时，接地电流成为很大的单相短路电

流，保护设备能准确而迅速动作切断故障线路，以保证其他线路和设备正常运行。

【保护接地】把在故障情况下可能呈现危险的对地电压的金属部分同大地紧密地连接起来。应用于流电或静电、交流或直流、低压或高压、一般环境或特殊环境，以保障安全、便利工作。加装保护接地装置并且降低它的接地电阻是避免触电危险的有效措施。

【接地电阻】为限制设备漏电时外壳对地电压不超过安全范围，一般要求保护接地电阻小于或等于 4 欧。配电变压器或发电机容量不超过 100 千伏安时，接地电阻小于或等于 10 欧。1000 伏以上高压系统、接地电流 500 安以下的小接地短路电流系统，接地电阻小于或等于 10 欧；接地短路电流 500 安以上的大接地短路电流系统接地电阻小于或等于 0.5 欧；高压线路金属杆塔和混凝土杆的接地电阻一般不超过 10—30 欧。

【重复接地】将零线一处或多处通过接地装置与大地再次连接。在有重复接地的低压供电系统中，发生短路时，能降低零线的对地电压；当零线发生断路时，能使故障程度减轻；对照明线路能避免因零线断线又同时发生某相碰壳时引起烧毁灯泡等事故。

【保护接零】把电气设备在正常情况下不带电的金属部分与电网的零线连接起来。在 380/220 伏三相四线制、变压器中性点直接接地的系统中，保护接零是技术上的安全措施。

【接地装置】由接地体和接地线（包括地线网）组成的成套的安全

装置。

【接地体】与大地有可靠接触的金属导体。利用自然（埋设在地下的金属管道等）接地体可以节约钢材，节省施工费用，降低接地电阻。人工接地体多采用钢管、角钢、扁钢、圆钢等制成。一般情况下，接地体垂直埋设。垂直接地体的长度以 2.5 米左右为宜。水平埋设的接地体采用 40×4 毫米的扁钢或直径 16 毫米的圆钢。

【绝缘】用绝缘物把带电体封闭起来的常见的安全措施。良好的绝缘是保证设备和线路正常运行的必要条件，是防止触电事故的重要措施。设备或线路的绝缘必须与所采用的电压相符合，与周围环境和运行条件相适应。电工绝缘材料的电阻率一般在 10^9 欧姆/厘米以上。瓷、玻璃、云母、橡胶、木材、胶木、塑料、布、纸和矿物油等都是常用的绝缘材料。应当注意，很多良好的绝缘材料受潮后会丧失绝缘性能。

【绝缘指标】用来衡量绝缘性能的指标。为了防止绝缘损坏造成事故，应按规定严格检查绝缘性能。绝缘性能用绝缘电阻、击穿强度、泄漏电流、介质损耗等指标来衡量。

【绝缘电阻】最基本的绝缘性能指标。足够的绝缘电阻能把电气设备的泄漏电流限制在很小范围内，防止由漏电引起的触电事故。不同线路或设备对绝缘电阻有不同的要求。新装和大修后的低压线路和设备，要求绝缘电阻不低于 0.5 兆欧。运行中的线路和设备，要求可降低为每伏工作电压 1000 欧。在潮湿的环境，要求可降低为每伏工作电压 500 欧。携带式电气设备的绝缘电阻不低于 2 兆

欧。配电盘二次线路的绝缘电阻不低于 1 兆欧,在潮湿环境可降低为 0.5 兆欧。10 千伏高压架空线路每个绝缘子的绝缘电阻不应低于 300 兆欧;35 千伏及以上的不应低于 500 兆欧。运行中 6—10 千伏和 35 千伏电力电缆的绝缘电阻分别不应低于 400—1000 兆欧和 600—1500 兆欧。电力变压器、电工安全用具等电气设备需作耐压试验。试验电压应符合规定,并不低于设备额定电压的 1.3 倍。

【屏护】采用遮栏、护罩、护盖、箱匣等把带电体同外界隔绝开来以控制不安全因素。开关电器的屏护装置除作为防止触电的措施,还可防止电弧伤人、电弧短路。有永久性屏护装置,如配电装置的遮栏、开关的罩盖等;也有临时性屏护装置、固定性和移动性屏护装置。它不直接与带电体接触,对所用材料的电气性能没有严格要求。用金属材料制成的屏护装置,为防止意外带电造成触电事故,必须将其接地或接零。

【间距】在带电体与地面间、带电体与其他设施和设备之间、带电体与带电体之间所保持的安全距离。目的是为了防止人体触及或接近带电体造成触电事故,避免车辆碰撞或过分接近带电体造成事故,防止火灾、防止过电压放电和各种短路事故。安全距离的大小决定于电压的高低、设备的类型、安装的方式等因素。

【线路间距】架空线路与地面、水面、建筑物及线路之间的安全距离。它要符合有关规程规定。

【设备间距】变配电设备的各项安全距离。必须符合有关规程规定。

【检修间距】在检修工作中，人体及其所携带的工具与带电体间的安全距离。它必须符合有关规程的规定。

【安全电压】又称安全特低电压。把可能加在人身上的电压限制在某一范围之内，在此电压下，通过人体的电流不超过允许的范围。安全电压的工频有效值不超过 50 伏、直流不超过 120 伏。安全电压是防止触电的技术措施，既可用于防止直接电击，也可防止间接电击。中国规定工频有效值 42、36、24、12 及 6 伏为安全电压的额定值。国际电工委员会规定安全电压为 50 伏，并规定 25 伏以下者不需考虑防止直接电击的安全措施。

【安全电源】采用安全隔离变压器作为安全电压的电源。它的原、付边之间有良好的绝缘，其间可用接地的屏蔽隔离开来。具有同等隔离能力的发电机、蓄电池、电子装置均可做成安全电源。但安全电压边均应与高压边保持加强绝缘的水平。安全电压回路的带电部分必须与较高电压的回路保持电气隔离，不得与大地、保护接零（地）线或其他电气回路连接。变压器外壳及其原、付边之间的屏蔽隔离层按规定接零或接地。为进行短路保护，安全电源的高、低压边均应装设熔断器。

【电气隔离】工作回路与其他回路的电气上的隔离。它通过采用 1 : 1 即原、付边电压相等的隔离变压器实现。其保护原理是在隔离变压器付边构成一个不接地电网，阻断了在付边工作的人员单相触电时电击电流的通路。电气隔离的回路须符合：变压器原、付边间有加强绝缘；付边保持独立；限制电源电压和付边线路的长

度，即电压与长度的乘积小于或等于 100000 伏米；隔离回路用电设备的金属外壳采用等电位连接。

【隔离变压器】输入绕组与输出绕组没有电气连接、彼此绝缘和隔离的小容量变压器。其中付边供给安全电压的叫做安全隔离变压器。隔离变压器是实施安全电压、电气隔离等防护方式的基本元件。单相隔离变压器的额定容量不应超过 25 千伏安，三相的不应超过 40 千伏安。隔离变压器的空载输出电压交流不应超过 1000 伏，脉动直流不应超过 $1000\sqrt{2}$ 伏。负载时，变压器的输出电压不应降低太多。一般情况下，电压降低不应超过额定值的 5—15%；对装有整流元件的变压器，允许多降低 5%；对安全隔离变压器，电压降低可以再大一些。为了防止触电，隔离变压器的外壳结构应能防止偶然触及带电部分的可能性。其输入绕组与输出绕组在电气上隔离，输出绕组不得与壳体相连，以保持对地绝缘。隔离变压器应经过防潮处理并具有耐热、防潮、防水及抗振的结构。变压器的过流保护装置应有足够的容量。

【漏电保护装置】防止由漏电引起触电、单相触电和火灾事故的保护装置。可以监视或切除一相接地故障、切除三相电动机缺相运行故障。设备漏电时，出现两种异常现象，一是三相电流平衡遭到破坏，出现零序电流；二是某些正常时不带电的金属部分出现对地电压。漏电保护装置通过检测机构取得这两种异常信号，经过中间机构的转换和传递，促使执行机构动作，并通过开关设备断开电源。

【电压型漏电保护装置】以反映漏电设备外壳对地电压为基础的漏

电保护装置。工作原理是：作为检测机构的电压继电器一端接地，另一端直接接于电动机的外壳。当电动机漏电、电动机对地电压达到危险数值时，继电器迅速动作，切断执行机构的控制回路，从而切断电源。它适用于设备的漏电保护，可用于接地系统，也可用于不接地系统；可以单独使用，也可以与保护接零或保护接地同时使用。这种装置结构简单，但对直接接触电击不起防护作用。

【电磁式漏电保护装置】以极化永久磁铁作为中间机构的漏电保护装置。在正常情况下，永久磁铁的吸力克服弹簧的拉力使衔铁保持在闭合位置。三相电源线穿过环形的零序电流互感器构成互感器原边，与板极电磁铁连接的线圈构成互感器的付边。设备正常运行时，互感器原边三相电流在铁心中产生的磁场互相抵消，电磁铁不动作。设备发生漏电时，出现零序电流，互感器付边产生感应电势，电磁铁线圈中有电流流过，并产生交变磁通，这个磁通与永久磁铁的磁通叠加，产生去磁作用，使吸力减少，衔铁被反作用弹簧拉开，脱扣机构动作，断开电源。

【电子式漏电保护装置】以晶体管放大器作为中间机构的漏电保护装置。其工作原理是：当发生漏电时，零序电流互感器将漏电信号传给晶体管放大器，经放大后传给继电器，再由继电器控制开关设备，使其断开电源。电子式漏电保护装置的主要特点是：灵敏度高，动作电流可以设计到 5 毫安；整定误差小，动作准确；容易取得动作延时，便于实现分段保护。

【泄漏电流型漏电保护装置】能反映零序电流和泄漏电流大小的漏电保护装置。它不仅在有人单相触电或发生漏电时有保护作用，在

电网对地绝缘恶化时也有保护作用。灵敏度高,可用于供电线路,也可用于电气设备。结构复杂,只能用于不接地电网。

【中性点型漏电保护装置】反映零序电流的漏电保护装置。它对单相触电事故和设备漏电事故都能发挥作用。当有人单相触电时,有零序电流通过继电器线圈,继电器迅速动作,通过执行机构切断电源。适用于小容量配电系统。

【电气安全联锁装置】用于安全目的的自动化装置。联锁装置通过机械的或电气的机构使两个动作具有互相制约的关系。

【电工安全用具】防止触电、坠落、灼伤等工伤事故,保障工作人员安全的各种电工专用工具和用具。包括起绝缘作用的、起验电或测量作用的、防止坠落登高作业的安全用具及检修工作应用的临时接地线、遮栏、标示牌以及防止灼伤的护目眼镜等。

【绝缘安全用具】起绝缘作用的安全用具。有绝缘杆、绝缘夹钳、绝缘靴、绝缘手套、绝缘垫、绝缘站台。又分为基本安全用具和辅助安全用具。前者绝缘强度能长时间承受电气设备的工作电压,直接操作带电设备;后者不足以承受电气设备的工作电压,只起加强基本安全用具的保安作用。

【携带式电压指示器】又称验电器。用来检验导体是否有电的指示器。分低压和高压两种。验电器靠氖灯发光指示有电。新型高压验电器带声、光双重指示。高压验电器不能直接接触带电体,只能逐渐接近带电体,至灯亮为止。验电器的发光电压不高于额定

电压的 25%。

【携带式电流指示器】又称钳形电流表。用来在不断开线路情况下测量线路电流的指示器。有高压、低压之分。使用钳表时，注意保持人体与带电体之间有足够的距离。对于高压，不能用手直接拿着钳表，必须接上相应电压等级绝缘杆之后才能进行测量。在潮湿和雷雨天气，禁止在户外用钳表进行测量。

【临时接地线】装设在被检修区段两端的电源线路上，用以防止突然来电、防止邻近高压线路的感应电及用来放尽线路或设备上残留静电的接地线。由软导线和接线夹组成。装设临时接地线时，先接接地端，后接线路或设备一端；拆时顺序相反。正常情况应验明线路或设备确实无电时，才可装设临时接地线。

【电火花】电极间的击穿放电。它可以引起可燃物燃烧，还能使金属熔化、飞溅，构成危险的火源。电火花包括工作火花和事故火花。

【直击雷】雷云与地面凸出物之间的放电。产生于雷云较低、周围又没有带异性电荷的雷云，在地面凸出物上感应出异性电荷情况下。直击雷的放电过程包括先驱放电、主放电和余光。先驱放电是从雷云向大地发展的，是不太明亮的一种放电。当先驱放电的道路到达大地时，立即发生从大地向雷云发展的极明亮的所谓主放电。主放电时间短，只有 0.05—0.1 毫秒。主放电后有微弱余光，余光持续时间较长，约为 30—150 毫秒。

【感应雷】雷电感应。分静电感应和电磁感应两种。静电感应是由于雷云接近地面,在地面凸出物顶部感应出大量异性电荷所致。电磁感应是由于雷击后巨大的雷电流在周围空间产生迅速变化的强大磁场所致。

【雷电流幅值】放电时雷电流的最大值。可达数十至数百千安(先驱放电不到 400 安,余光约 100—1000 安)。作防雷设计时,可按 100 千安考虑。

【雷电流陡度】每微秒雷电流上升值。最大可达 50 千安/微秒,平均陡度可按 30 千安微秒考虑。

【雷电放电时间】每一放电全过程所用的时间。一般不超过 500 毫秒。

【雷电冲击过电压】雷电压的最大值。直击雷的冲击过电压主要决定于雷电流陡度和雷电流通路特征。

【接闪器】利用其高出被保护物的突出部位把雷电引向自身的装置。避雷针、避雷线、避雷网、避雷带可作为接闪器。它通过引下线和接地装置把雷电流泄入大地,以此保护被保护物免遭雷击、免受雷害。接闪器所用材料的尺寸应能满足机械强度和耐腐蚀的要求,要有足够的热稳定性,以能承受雷电流的热破坏作用。

【引下线】连接接闪器和接地装置的线。通常用园钢和扁钢制成,尺寸和防腐蚀要求同于避雷网和避雷带。引下线取最短的途径,尽

量避免弯曲。建筑物和构筑物的金属结构可用作引下线，但连接必须可靠。

【接地装置】向大地泄放雷电流、限制防雷装置对地电压不致过高的装置。所用材料圆钢最小直径 10 毫米；扁钢最小厚度为 4 毫米，最小截面为 100 平方毫米；角钢最小厚度为 4 毫米；钢管最小壁厚为 3.5 毫米。

【静电】生产工艺过程中由于某些材料的相对运动，分离和积累起来的正电荷和负电荷。这些电荷周围的场中储存的能量不大，不会直接使人致命。但静电电压可高达数万乃至数十万伏，可能在现场发生放电，产生静电火花。在石油、化工、粉末加工、橡胶、塑料等行业，必须充分注意静电的危险。生产工艺过程中的静电还可能使人遭到电击，妨碍生产，降低工效，降低产品质量。

【静电接地】消除静电危害的最简单方法。属于泄漏法。它主要消除导体上的静电。接地电阻 1000 欧姆。

【增湿】提高空气的湿度。随着湿度的增加，绝缘体表面上形成薄薄的水膜。其厚度只有 10^{-5} 厘米。水膜含有杂质和溶解物质，有较好的导电性，使得绝缘体表面电阻大大降低，加速静电的泄漏。

【抗静电添加剂】特制的辅助剂。加入产生静电的绝缘材料后，能增加材料的吸湿性或离子性，从而降低材料的电阻率，以加速静电电荷的泄放。

【静电中和器】又称静电消除器。能产生电子和离子的装置。是静电消除的主要途径之一。产生的电子和离子与物体上静电电荷中和，从而消除静电危险。它不影响产品质量，使用方便，应用广，种类多。按原理和结构的不同，又分为感应式中和器、高压中和器、放射线中和器和离子流中和器。

【感应中和器】由多组尾端接地的金属针及支架和保护罩组成的中和器。根据生产过程工艺特点，中和器的金属针可沿直线刷形布置，也可沿圆周环形布置。它工作时，生产物料上的静电在中和器的金属针上感应出相反的电荷，在金属针尖端附近形成很强的电场。在这个强电场作用下，气体或其他介质发生电离，产生正离子和负离子。在电场作用下，正、负离子分别向生产物料和针尖移动，从而把生产物料上的静电荷中和并泄放掉。感应式中和器结构简单，使用安全。可用于橡胶、塑料、纺织、造纸、石油等行业。

【高压中和器】利用高电压在放电针尖附近造成强电场使空气电离的装置。按其所带电源不同，分为直流高压中和器和交流高压中和器，而交流高压中和器又有工频和高频之分。高压中和器结构和维修都较复杂，耗电范围不大。适用于化纤、橡胶、塑料、印刷等行业，但不能用于有爆炸危险的场所。

【放射线中和器】利用放射性同位素使空气电离，产生正、负离子，消除生产物料上静电的装置。结构简单，不要求外接电源，但耗电效果差。工作时不产生任何火花，适用于有火灾、爆炸危险的场所。使用时应注意防止放射线伤害人体。

【离子流中和器】将电离了的空气输送到较远的地方去消除静电的一种中和器。离子随着空气移动构成离子流。它主要由离子发生器和送风系统组成。送风系统由风源、风道等组成。中和器工作时，在高压电源作用下，电晕针附近的空气发生电离。并被吹送出去发挥中和作用。它的作用范围大，消电效果好，消耗功率小。但其结构较复杂，要求有配气设备，且空气需要净化和干燥，空气里不应有可见的灰尘和油雾，相对湿度控制在 70% 以下。

【射频伤害】又称电磁场伤害。人体在高频电磁场作用下吸收辐射能量，会受到不同程度的伤害。其症状主要是引起人的中枢神经功能失调、植物神经功能失调、心血管系统异常等。

【高频电磁场】交流电流的周围存在着的相互作用、相互依存的交变电场和磁场。它以电磁波的形式向四周空间辐射。按照频率的不同有高频、低频之分。

【电磁场安全标准】中国规定工作人员操作位置特高频（微波）辐射最大功率密度容许值：（1）每天 8 小时连续辐射时，不应超过 38 微瓦/厘米^2 ；（2）短时间间断辐射及 1 天超过 8 小时辐射时，一天总辐射量不超过 300 微瓦·时/厘米^2 ；（3）特殊情况，需要在大于 1 毫瓦/平方厘米 的环境工作时，必须使用个人防护用品，但一天总辐射量不得超过 300 微瓦/厘米^2 ，一般不允许在超过 5 毫瓦/厘米^2 的环境里工作。

【屏蔽效率】定量评价电磁屏蔽装置的基本指标之一。通常用屏蔽

前后电场强度或磁场强度之差的相对值表示。

【主动场屏蔽】将场源置于屏蔽体之内的屏蔽方式。将电磁场限制在某一范围内，使其不对屏蔽体以外的工作人员或仪器设备产生影响。用于辐射源比较集中、辐射功率较大、工作人员作业位置不固定、周围不需要接收辐射能量的场合。主动场屏蔽的特点是场源与屏蔽体之间距离小，屏蔽体必须接地。

【被动场屏蔽】将场源置于屏蔽体外、使屏蔽体内不受电磁场的干扰或污染的屏蔽方式。适用于辐射体比较分散、工作人员作业位置固定的场合。特点是场源与屏蔽体之间距离大，屏蔽体可以不接地。

【屏蔽体】屏蔽装置的本体和主体。其材料选择、结构设计是提高屏蔽效率的关键。

【屏蔽间距】屏蔽体与场源之间的距离。它对高频设备的工作状态和屏蔽效率都有影响。屏蔽间距过小时，屏蔽体将承受很强的辐射，产生较强的反射场，改变高频设备的工作参数，直接影响高频设备的正常运行。随着屏蔽间距增加，屏蔽体承受的辐射将大大减弱，屏蔽效果提高。

【高频接地】高频设备外壳接地和屏蔽接地。它应符合一般电器设备接地要求及高频接地的特殊要求。它可以提高屏蔽效果。接地线不宜太长，长度最好限制在波长的 $1/4$ 以内。