

项目 1

信号供电设备



项目描述

本项目介绍的是铁路信号供电设备，包括铁道信号设备供电基本要求与供电情况认知、变压器的认知与使用、电机与低压电器的认知与使用、交流稳压器的认知与应用、使学生对铁路信号设备以及供电基本要求有一个总体认识。



教学目标

了解铁道信号设备供电基本要求与供电情况；了解变压器、电动机与低压电器、交流稳压器等信号供电设备的特性与应用情况；初步具备对信号供电设备相关参数的识别能力及日常维护事项。

任务 1.1 信号设备供电基本要求与供电情况认知

【工作任务】

了解信号设备对供电的基本要求。
了解信号设备的供电情况。

【知识链接】

1.1.1 信号设备供电基本要求

信号设备对供电的三大基本要求是：可靠、稳定和安全。

1. 可靠性要求

为了保证供电可靠，按信号设备与行车的关系可划分供电等级以便管理，并设置备用电源。

铁路对路外供给的电源，按其可靠程度分为三类：

(1) 第一类电源。

能取得两路可靠的独立电源，其中一路为专盘专线，或虽不能取得专用电源，但能由其他重要线路接引供电，供电容量满足信号设备的最大用电量，电压、频率的波动在容许范围之内，或电压波动虽较大但能保持稳压。

(2) 第二类电源。

只能取得一路电源，但质量较好，供电容量、电压和频率的波动情况与第一类电源相同。

(3) 第三类电源。

不能满足第一、二类电源条件的其他电源。

独立电源：不受其他电源影响的电源。如一个发电机组，有专用的控制设备和馈电线路，与其他母线没有联系或虽有联系但其他母线发生故障时能自动切断联系，就是独立电源。

可靠电源：能昼夜连续供电，对因维修和事故导致的停电次数有一定限制的电源。有关规定为：因维修的计划停电，第一类电源每路每月一次，每次不超过 4 h；第二类电源每月一次，每次不超过 10 h。因事故造成的临时停电两年累计：第一类不超过 48 次，每次一般不超过 2 h；第二类不超过 100 次，每次一般不超过 4 h。

专盘专线：是指供给信号设备 10 kV 以下的不与其他负荷共用的专用配电设备和专用的电线路。

按事故停电所造成的后果，可将信号供电的负荷等级划分如下：

(1) 一级：凡发生停电就会造成运输秩序混乱的负荷。

(2) 二级：偶尔短时停电不会马上打乱行车计划，但停电时间过长就会影响运输秩序的负荷。

(3) 三级：其他。

信号设备中的大站继电集中联锁、计算机联锁、自动闭塞、调度集中和 TDCS（铁路列车调度指挥系统）、驼峰信号设备等都是一级负荷。非自动闭塞区段的中、小站继电集中联锁是二级负荷。

一级负荷由第一类电源供电时，一般不需要另外设置备用电源，但要求自动或手动转换两路电源时，供电中断时间不大于 0.15 s，以免在电源转接过程中使原本吸起的继电器落下而影响行车。

自动闭塞虽为一级负荷，但因相邻两变电所可互为备用，故每一变电所并不要求引入两路独立电源，但相邻两变电所的电源应相互独立。

在第二类电源地区，除自动闭塞外，是否适用于属于一级负荷的其他信号设备，需结合电源情况慎重考虑。一般可用该电源作主电源，但也需设置备用电源。

第三类电源原则上不用作一级负荷的电源。

各种采用计算机的信号系统，为保证不中断供电，需使用 UPS（不间断电源）。

2. 稳定性要求

信号设备供电电压及交流供电电源频率必须在允许的范围内波动。供电电压过高会大大缩短信号灯泡和电子设备的使用寿命，过低会导致信号机显示距离不足和使电气电子设备动作不可靠。交流电源频率波动过大会影响信号设备的频率特性和抗干扰性能。直流电源中的电压脉动过于剧烈会导致电子元件所受干扰过大甚至引起误动作。

当使用三相交流供电时，要求各相负载应力求平衡，以提高供电效率和设备利用率，减小电压波形的畸变。

依据《普速铁路信号维护规则技术标准》（铁总运〔2015〕238号）规定，铁路信号设备供电电源应有两路独立的交流电源，两路输入电源的允许偏差范围应符合表 1-1 的规定。

表 1-1 两路电源供电允许偏差

序号	输入电源	允许偏差
1	交流电压	单相 AC 220 ⁺³³ ₋₄₄ V
2		三相 AC 380 ⁺⁵⁷ ₋₇₆ V
3	频率	50 Hz ± 0.5 Hz
4	三相电压不平衡度	≤ 5%
5	电压波形总失真度（THD）	≤ 5%
6	两路电源电压相序	同相序
7	两路电源同相电压差	≤ 30 V
8	两路电源同相电压相位差	≤ 5°

对于信号电源设备，因其由电网供电，负荷的变化将引起供电电压的波动，故须设有稳压装置，以保证电压稳定在规定范围之内。

直流供电电压波动，在 380 V 供电母线上控制在 ± 10% 以内，电子设备还必须采用专用稳压设备。

负荷功率因数不低于 0.85。信号设备的导线截面应经计算确定，以免导线压降过大使设备电压不足而不能正常动作。

3. 安全性要求

（1）信号设备的专用低压交、直流电源都要对地绝缘，以免发生接地故障时造成电路误动作。供电变压器的初级和次级间应使用铜板隔离并接地，以免初、次级间击穿漏电而影响安全。

（2）信号设备的供电种类和电压等级较多，必须分路供电，并用变压器隔离，力求发生故障时缩小故障范围，避免故障扩大。

(3) 使用电缆供电时要考虑电缆芯线间的分布电容形成串电的问题, 必要时应分开电缆供电。

(4) 一般交流电源均由架空线路供电, 必须考虑防雷、防止浪涌电压影响以及安全接地等问题。

(5) 信号设备的保安系统如采用断路器组成, 断路器的容量应经计算确定, 并应满足动作的选择性(即分支断路器先动作, 总断路器后动作)及灵敏度(即动作时间)的要求。

(6) 高压(交流 380/220 V、直流 100 V 以上)的设备要隔离, 以保证人身安全。

1.1.2 信号设备供电情况

1. 铁路信号供电系统的组成

铁路信号供电系统是铁路供电系统的重要组成部分, 主要由铁路地区的变(配)电所、输出馈线和铁路信号电源屏组成, 根据工程设计要求还可配置不间断电源(UPS)单元、蓄电池组等功能单元。发电厂或变电所产生的电力经高压配电线路送达铁路地区变(配)所, 变(配)电所将电压降至 10 kV, 送入电力贯通线路和自动闭塞电力线路, 再通过线路变压器降压, 为设在各车站的铁路信号电源屏提供 380/220 V 交流电压。电源屏经两路电源切换、交流稳压、整流等变(配)电环节将可靠、稳定的电源输送到各信号设备。

2. 三相电源

由法拉第电磁感应定律, 旋转线圈在均匀磁场中切割磁感线, 会产生形如正弦波的交流电力(见图 1-1), 其电动势函数为:

$$E_u = E_m \sin \omega t$$

波形为正弦波, 最大值为 E_m 。

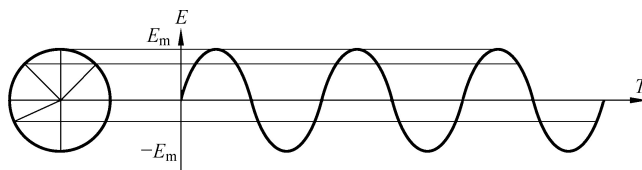


图 1-1 正弦交流电电动势函数示意图

当磁场中只有一组线圈的时候, 所产生的电流就是单相交流电。

为了提高发电效率并结合经济效益考量, 我国电力传输所使用的主要类型是三相交流电。

三相发电机有三个线圈绕组, 三个绕组在空间上的夹角互为 120° , 因此三根相线的相位差互为 120° (见图 1-2), 电势函数分别为:

$$E_u = E_m \sin \omega t$$

$$E_v = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

$$E_w = E_m \sin(\omega t + 240^\circ)$$

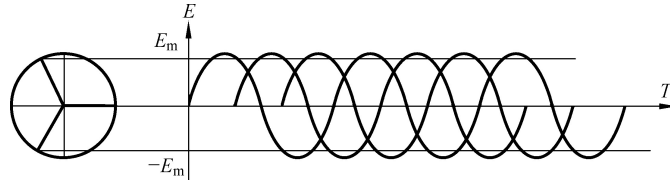


图 1-2 三相交流电电动势函数示意图

三相电源由三相发电机产生，并通过三条相线构成的输电系统输送给用户。用输电线把三相交流电源和负载正确地连接起来就构成了三相交流电路。三相电线的颜色分别是：U 相为黄色，V 相为绿色，W 相为红色。

3. 车站联锁设备的供电概况

1) 大站继电集中连锁的供电概况

大站继电集中连锁是一级负荷，信号楼应引入两路可靠的独立电源，一般将两路电源降压后同时引入信号楼，然后在低压侧进行自动切换。

大站继电集中连锁有两种供电方式：

(1) 当铁路地区变（配）电所有两路独立电源引入，信号楼两路电源由车站环状供电系统供电。此种情况下高压环状线路要在信号楼两降压变压器之间设两组分断隔离开关。

(2) 当铁路地区变（配）电所只有一路电源引入，必须再找一路电源。如能从地方供电部门或其他工矿企业引来一路独立电源，则在信号楼附近设一台信号专用变压器即可；如不能从地方供电部门解决第二路电源，就需考虑从牵引变电所、接触网、自动闭塞电线路等其他铁路电源解决第二路电源。

2) 中小站继电集中连锁的供电概况

在自动闭塞区段，中、小站继电集中连锁通常由自动闭塞高压线路接引供电。在非自动闭塞区段，中、小站继电集中连锁为二级负荷，一般只接引一路第二类电源供电，此外还应考虑在计划停电检修时，能采用备用电源的条件。

为建设成段电气集中连锁，在非自动闭塞区段也架设信号专用电力线路，专为沿线各站电气集中连锁供电。

中、小站继电集中连锁采用中、小站电源屏供电。它们是单相引入，能进行两路电源的自动、手动切换；有交流稳压装置；能供给中、小站电气集中连锁所需的各种交直流电源。

在电气化区段，由于电源波动和牵引电流的影响，对电气集中连锁的供电还须考虑以下情况：

为取得可靠的 50 Hz 电源，往往直接由 25 kV 接触网牵引供电，由此需解决两个问题：

(1) 一是接触网接引的是单相电源，对大站电源屏须做相应改动；二是因受牵引电流影响，电压波动较大，为满足信号设备用电要求，须设交流稳压装置，一般使用 CW-10/220 型交流稳压器，它采用晶体管电路控制桥式饱和电抗器来稳压。

(2) 为防止牵引电流对信号设备的干扰，轨道电路必须采用与 50 Hz 不同的频率电源。现多采用 25 Hz 相敏轨道电路，由参数式铁磁变频器或者电子变频器产生 25 Hz 轨道电源和局部电源。

3) 计算机联锁的供电概况

计算机联锁系统除了必须引入两路可靠的独立电源外，在电源接入联锁机之前还必须经过净化，并采用 UPS。UPS 应设双套，互为备用。无论哪种型号的计算机联锁系统，计算机系统内部直流电源的输入电压均要求为 AC 220 V。

4. 区间闭塞设备供电概况

1) 半自动供电的概况

半自动闭塞的电源分为线路电源和局部电源，前者用于向邻站发送闭塞信号，后者供本站闭塞电路使用。当站间距离小于 11.4 km 的时候，两者可以合用。

在继电集中联锁的车站，局部电源由继电集中的继电器电源供给，主要是线路电源的供给，有的电源屏未设半自动闭塞电源，而有的电源屏设置了半自动闭塞电源。凡是未设这种电源的，都必须在半自动闭塞组合内设一台整流器供半自动闭塞的电源。原采用 ZG-130/0.1 型整流器，现研制了装用的 ZG-42/0.5 型整流器。

2) 自动闭塞的供电概况

自动闭塞是一级负荷。自动闭塞的用电点是沿铁路线均匀分布的，一般每隔 1~2 km 就有一个信号点要供电。各个点的主要负荷有信号机、轨道电路、继电器和电子元件等。同时，在自动闭塞区段的车站一般都采用继电集中联锁。为了保证自动闭塞区段的可靠供电，需沿铁路线修建一条信号专用 10 kV 电力线路。此电力线路除供自动闭塞及该区段的其他信号设备用电外，一般不供其他负荷用电，以免受影响而降低供电可靠性和质量。只有在保证信号设备用电的条件下，才允许兼供通信设备或无电源中间站的车站值班员室照明设备等负荷的用电。

为保证供电可靠和符合质量要求，在自动闭塞供电系统中要考虑以下问题：

(1) 变电所尽可能设置于当地有一、二类电源的车站，每个变电所通常只接引一路专用电源，相邻两变电所之间应相互独立。

(2) 供电臂不宜太长，以缩小故障停电影响的范围；也不要太短，否则将增加变电所数量，使投资、定员都要相应增加。一般长度为 40~70 km。

(3) 电气化区段的自动闭塞变电所尽可能布置在牵引变电所所在的车站，以便由牵引变电所的低压自用母线或者 10 kV 母线接引电源。

(4) 自动闭塞是单相负荷，为了减小对通信线路的干扰，供电臂上各相负荷的分配应该力求平衡。

5. 调度集中和 TDCS 设备的供电概况

调度集中具有遥控遥信功能，TDCS 只有遥控信号的功能，它们都是一级负荷。

调度集中、TDCS 分机设在各站继电器室或信号楼内，由所在车站电源设备供电。调度集中、TDCS 总机设在调度所内，必须引入两路可靠的独立电源，再用专用电源供电。

6. 驼峰调车设备的供电概况

驼峰信号设备类型较多，这里主要说明自动化驼峰的供电情况。

自动化驼峰控制系统和动力室供电等级为一级负荷。自动化驼峰供电系统设计应符合 TB 1008 的要求。

1) 自动化驼峰控制系统供电

自动化驼峰控制系统应由两路独立的三相交流电源，分别经专用的变压器供电，不允许其他用电设备接入。应采用在线式 UPS 向系统计算机、工作站、输入/输出通道等设备供电，UPS 宜双机热备、故障自动切换。UPS 的容量应满足系统需求，并留有 20%~30% 的余量，其蓄电池供电时间应不少于 10 min。宜采用智能的 UPS，其监测信息与过程控制计算机接口相连。

控制系统的其他设备，包括车辆减速器、转辙机、信号机、轨道电路、组合柜、雷达、测长测重设备、车轮传感器、光挡、车辆存在探测器、气象站等由驼峰电源屏供电。驼峰电源屏的技术性能应符合 TB/T 1528.5 的各项要求。室内外直流电源应分别由不同的整流、稳压设备供电，并对地绝缘。

2) 动力室供电

自动化驼峰动力室应由两路独立的三相交流电源供电。减速器动力室供电容量应能满足驼峰作业最繁忙时的负荷需求。动力室应设低压配电屏。

7. 列控地面设备供电概况

CTCS-2 级列控系统的地面设备由列控中心、轨旁电子单元 (LEU)、应答器、ZPW-2000 系列轨道电路等组成。CTCS-3 级列控系统的地面设备除了上述设备外，还有临时限速服务器和 RBC。

列控中心机柜外接电源为 AC 220 V，由电源屏引入。由电源屏进入列控中心的交流电源线只需接火线 (L) 和零线 (N)，但要求供电系统的交流保护地最终应与列控中心的保护地汇于一点接到大地上。

在 RBC (Radio Block Center, 无线闭塞中心) 集中设置处单独设置 1 套专为 RBC 供电的信号电源。

调度所、车站、线路所、区间信号中继站、动车段(所)设置双套在线式 UPS, 有人值守处所蓄电池供电时间为 30 min, 无人值守处所蓄电池供电时间为 2 h。

8. 车载信号设备供电概况

车载信号设备包括机车信号设备、列车运行监控装置(LKJ)、ATP、轨道车运行控制设备(GYK), 从机车配电盘取得电源, 内燃机车上由蓄电池浮充供电, 电力机车上从控制屏引出直流电源。标准电压为 DC 110 V, 功耗约为 40 W, 设备可靠工作的电源波动范围为 77~138 V, 设备通电时最大瞬间电流约为 3 A。

任务 1.2 变压器的认知与使用

【工作任务】

了解变压器的结构与原理。

了解几种特殊的变压器。

【知识链接】

1.2.1 变压器的结构与原理

变压器(Transformer)是利用电磁感应的原理来改变交流电压的装置, 主要构件是初级线圈、次级线圈和铁心(磁芯), 其中初级线圈接引供电电源, 次级线圈接引负载, 铁心是变压器磁路通道, 也是机械骨架。

图 1-3 所示是一个普通双绕组变压器的结构图, 图中 L_1 为初级线圈, L_2 为次级线圈。

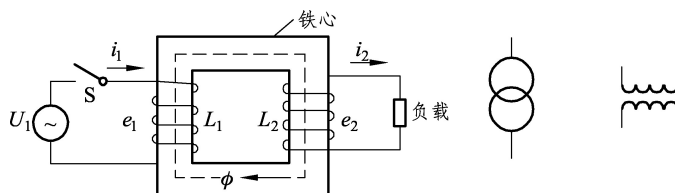


图 1-3 双绕组变压器结构图与电气符号

变化的电场产生变化的磁场, 当初级线圈通上交流电时, 变压器铁心产生交变磁场,

次级线圈就产生感应电动势。变压器线圈的匝数比等于电压比。例如，初级线圈是 500 匝，次级线圈是 250 匝，初级通上 220 V 交流电，次级电压就是 110 V。变压器能降压也能升压，如果初级线圈比次级线圈匝数少就是升压变压器，可将低电压升为高电压。

一次绕组的电压 U_1 、电流 I_1 、绕组匝数 N_1 与二次绕组电压 U_2 、电流 I_2 、绕组匝数 N_2 的关系如下：

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}, \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

变压器的容量单位是伏·安 ($V \cdot A$)，为方便计算，常使用千伏·安 ($kV \cdot A$)。

图 1-4 所示为一个油浸式电力变压器组成结构图，它包括以下几部分：

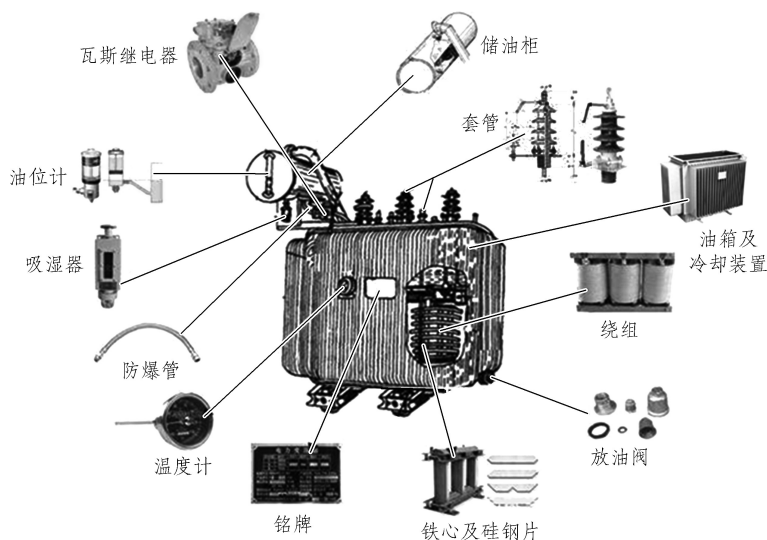


图 1-4 油浸式电力变压器结构

1. 器身

1) 绕组

绕组是变压器的主要部件之一，用以构成变压器的电路，由一个或多个线圈组合而成。绕组置于铁心柱外，当铁心柱内的磁通交变时便产生感应电动势。绕组用涂有高强度绝缘漆的扁（或圆）铜线或铝线绕成。接入高压电网的称为高压绕组，接入低压电网的称为低压绕组。接电源的绕组为初级绕组（或称一次绕组），其余的绕组为次级绕组（或称二次绕组）。绕组的排列有同心式和交叠式两种，配电变压器的绕组多为圆筒形，按同心方式排列，低压绕组靠近铁心柱，高压绕组套在低压绕组的外面。高、低压绕组之间以及低压绕组与铁心柱之间都用绝缘套筒绝缘。为了便于散热，在绕组之间还留有油道。变压器绕组示意如图 1-5 所示。

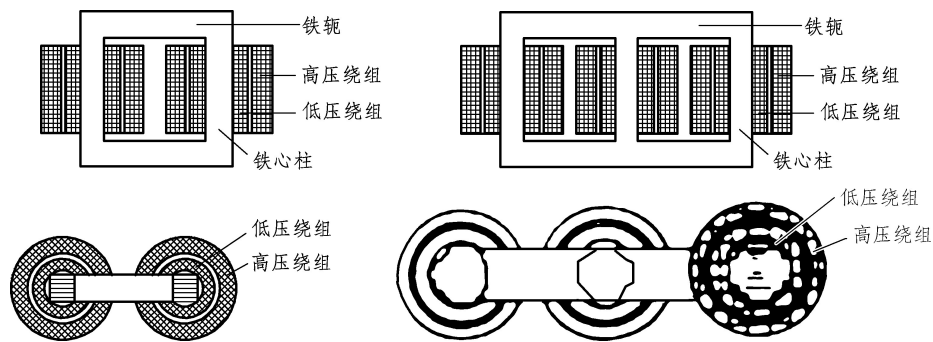


图 1-5 变压器绕组示意图

2) 铁 心

铁心也是变压器的主要部件之一，用以构成变压器的磁路。为降低变压器本体的电能损耗，变压器铁心都采用导磁系数高且涂有绝缘漆的硅钢片叠成，厚度通常有 0.35 mm、0.3 mm、0.27 mm 几种。三相变压器的铁心通常为三柱式，直立部分叫铁心柱，横向部分叫铁轭，构成闭合的三相磁路。铁心采用全斜接缝交叠方式叠装，斜接缝可降低铁心柱到铁轭拐弯处的附加损耗。铁心结构如图 1-6 所示。

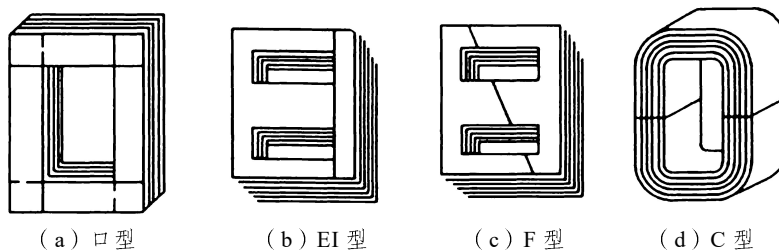


图 1-6 铁心结构

2. 油箱与冷却装置

油箱是变压器的外壳，由钢板焊成，以盛装器身（包括铁心和绕组）和变压器油。为加强冷却，一般在油箱四周装有散热器，以扩大变压器的散热面积。20 kVA 及以下变压器的油箱，一般不装散热片。

3. 保护装置

包括油枕（储油柜）、防爆管、压力释放阀、温度计、气体继电器、吸湿器等，用于保证油箱里变压器油压力及性能稳定，是防止事故发生的一类设备，通常设置在变压器壳外。

4. 调压装置

变压器的调压一般是通过分接开关来实现的。调整分接开关挡位可改变绕组匝数，达到调压的目的。调压方式分为无载调压和有载调压两类。

5. 出线装置

为了将绕组的引出线从油箱内引到油箱外，使带电的引线穿过油箱时与接地的油箱之间保持一定的绝缘，常采用绝缘套管作为固定引线并与外电路连接的主要部件。

1.2.2 变压器的分类

变压器的种类很多，可分类如下：

1. 按功能分

- (1) 普通电力变压器——如配电变压器、输电变压器等。
- (2) 仪用变压器——如电压互感器、电流互感器，用于测量仪表和继电保护装置。
- (3) 试验变压器——能产生高压，对电气设备进行高压试验。
- (4) 特种变压器——如整流变压器、调压变压器等。

2. 按绕组数目分

- (1) 自耦变压器——高低压共用一个绕组。
- (2) 双绕组变压器——每相有高、低压两个绕组。
- (3) 多绕组变压器——每相有三个以上绕组。

3. 按相数分

- (1) 单相变压器。
- (2) 三相变压器。
- (3) 多相变压器。

4. 按容量大小分

- (1) 小型变压器（ $10 \sim 630 \text{ kV} \cdot \text{A}$ ）。
- (2) 中型变压器（ $800 \sim 6300 \text{ kV} \cdot \text{A}$ ）。
- (3) 大型变压器（ $8000 \sim 63000 \text{ kV} \cdot \text{A}$ ）。
- (4) 特大型变压器（ $90000 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 以上）。

5. 按冷却方式分

- (1) 油浸式变压器——绕组和铁心完全浸在变压器油里。
- (2) 干式变压器——绕组和铁心由周围的空气直接冷却。

1.2.3 变压器的应用

变压器在铁路信号设备中得到广泛应用，如信号变压器、轨道变压器、道岔表示变压器、扼流变压器、防雷变压器等。铁路信号用变压器多采用低电压小功率的干式自冷变压器。