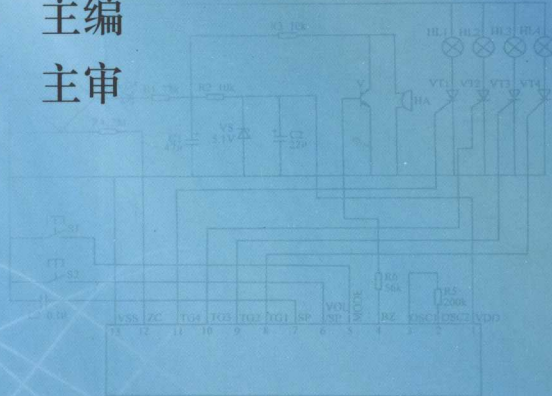


全国高职高专机电类专业规划教材

DIANQI YUANLITU SHIDU

# 电气原理图识读

陈芳 李家坤 主编  
李付亮 主审



黄河水利出版社

全国高职高专机电类专业规划教材

# 电气原理图识读

主 编 陈 芳 李家坤  
副主编 闵尊南 宋天武  
主 审 李付亮

黄河水利出版社

· 郑州 ·

## 内 容 提 要

本书是全国高职高专机电类专业规划教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的电气原理图识读课程教学大纲编写完成的。本书介绍了发电厂、变电所的电气主接线图、自用电接线图、配电装置布置图、电气二次回路图、操作电源系统图、继电保护原理图、自动装置原理图、安装接线图等电气原理图的识读方法,以项目式结构编排,方便教师灵活讲解。其内容源于实际,具体实用,简洁精练,图文并茂,每个工作项目都配有项目工作任务单和识图分析报告,便于教师组织教学和学生自学。

本书为高职高专院校电力类专业教材,也可供发电厂、变电所等从事电气运行及检修工作的技术人员参考,或作为职工培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气原理图识读/陈芳,李家坤主编. —郑州:黄河水利出版社,2010.8  
全国高职高专机电类专业规划教材  
ISBN 978-7-80734-873-3

I. ①电… II. ①陈… ②李… III. ①电路图-识图法-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TM02

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第152996号

策划组稿:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwp@163.com  
简 群 66026749 w\_jq001@163.com

---

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南地质彩色印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:13

字数:300千字

印数:1—3 100

版次:2010年8月第1版

印次:2010年8月第1次印刷

---

定价:23.00元

# 前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,报水利部批准,由全国水利水电高职教研会组织编写的机电类专业规划教材。

电气原理图是发电厂和变电所的重要技术资料,是从事电气运行、维护和检修工作的人员在进行工作时必不可少的依据。

本书的编写旨在帮助高职高专学生培养和提高电气原理图的识读能力与分析水平,以便能适应相关的工作岗位、完成相应的工作任务。本书适用于高职高专电力类专业教学,也可作为培训教材。

本书以项目式结构编排,设有 8 个项目:电气主接线图的识读,自用电接线图的识读,配电装置及电气总布置图的识读,发电厂、变电所电气二次图的识读,水电站操作电源系统图的识读,水电站继电保护原理图的识读,自动装置原理图的识读,安装接线原理图的识读,方便教师灵活讲解。每个工作项目都配有项目工作任务单和识图分析报告,便于教师组织教学和学生自学。

本书所有电气图均按照 GB/T 6988、GB/T 4728、GB 7159 等国家标准绘制。

本书编写人员及编写分工如下:湖南水利水电职业技术学院陈芳(项目 1、项目 2),湖南水利水电职业技术学院仇新艳(项目 3、附录),长江工程职业技术学院李家坤(项目 4),江西电力职业技术学院闵尊南(项目 5、项目 6),安徽水利水电职业技术学院宋天武(项目 7、项目 8)。全书由陈芳、李家坤担任主编,陈芳负责全书统稿,由闵尊南、宋天武担任副主编,由湖南水利水电职业技术学院李付亮担任主审。

所用参考文献对本书的编写有着很大的帮助,在此谨向各参考文献的编著者表示深切的谢意。

最后,恳请读者对本书存在的错误和不足予以批评指正,以便今后修正。

编 者

2010 年 6 月

# 目 录

## 前 言

<b>项目1 电气主接线图的识读</b> .....	(1)
1.1 本项目工作任务单 .....	(1)
1.2 阅读电气主接线图的基本知识 .....	(2)
1.3 对电气主接线的基本要求 .....	(12)
1.4 电气主接线的基本形式 .....	(14)
1.5 电气主接线图的识读 .....	(24)
1.6 读图分析报告格式(附评价标准) .....	(32)
1.7 读图练习 .....	(33)
<b>项目2 自用电接线图的识读</b> .....	(38)
2.1 本项目工作任务单 .....	(38)
2.2 自用电负荷的分类及要求 .....	(39)
2.3 自用电电源及其引接 .....	(43)
2.4 厂用电母线的基本形式 .....	(50)
2.5 自用电接线图的识读 .....	(53)
2.6 读图分析报告格式(附评价标准) .....	(57)
2.7 读图练习 .....	(58)
<b>项目3 配电装置及电气总布置图的识读</b> .....	(63)
3.1 本项目工作任务单 .....	(63)
3.2 配电装置的一般问题 .....	(64)
3.3 屋内配电装置图的识读 .....	(70)
3.4 屋外配电装置图的识读 .....	(75)
3.5 成套配电装置图的识读 .....	(79)
3.6 电气总布置图的识读 .....	(80)
3.7 读图分析报告格式(附评价标准) .....	(84)
3.8 读图练习 .....	(85)
<b>项目4 发电厂、变电所电气二次图的识读</b> .....	(86)
4.1 本项目工作任务单 .....	(86)
4.2 阅读电气二次图的一般知识 .....	(87)
4.3 断路器操作回路图的识读 .....	(96)
4.4 中央信号回路图的识读 .....	(102)
4.5 测量监察回路图的识读 .....	(108)

4.6	同期回路图的识读 .....	(116)
4.7	微机监控系统图的识读 .....	(122)
4.8	读图分析报告格式(附评价标准) .....	(126)
4.9	读图练习 .....	(128)
<b>项目5</b>	<b>水电站操作电源系统图的识读 .....</b>	<b>(130)</b>
5.1	本项目工作任务单 .....	(130)
5.2	操作电源的基本知识 .....	(131)
5.3	蓄电池直流系统图的识读 .....	(132)
5.4	直流监察装置图的识读 .....	(137)
5.5	读图分析报告格式(附评价标准) .....	(140)
5.6	读图练习 .....	(140)
<b>项目6</b>	<b>水电站继电保护原理图的识读 .....</b>	<b>(143)</b>
6.1	本项目工作任务单 .....	(143)
6.2	基本继电保护图识读 .....	(144)
6.3	输电线路继电保护图的识读 .....	(149)
6.4	变压器继电保护图的识读 .....	(155)
6.5	发电机继电保护图的识读 .....	(161)
6.6	微机保护装置图的识读 .....	(164)
6.7	读图分析报告格式(附评价标准) .....	(170)
6.8	读图练习 .....	(170)
<b>项目7</b>	<b>自动装置原理图的识读 .....</b>	<b>(173)</b>
7.1	本项目工作任务单 .....	(173)
7.2	备用电源自动投入装置图识读 .....	(174)
7.3	自动重合闸装置图识读 .....	(176)
7.4	读图分析报告(工作评价表) .....	(179)
7.5	读图练习 .....	(180)
<b>项目8</b>	<b>安装接线原理图的识读 .....</b>	<b>(183)</b>
8.1	本项目工作任务单 .....	(183)
8.2	位置图的识读 .....	(184)
8.3	接线图(表)与端子图(表)的识读 .....	(185)
8.4	读图分析报告(工作评价表) .....	(189)
8.5	读图练习 .....	(190)
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>(193)</b>
附录1	常用的开关、控制和保护装置新旧图形符号对照 .....	(193)
附录2	常用的测量仪表、灯和信号器件的新旧图形符号对照 .....	(197)
附录3	电气二次回路中常用的文字符号 .....	(199)
附录4	常用电工仪表图形符号和文字符号 .....	(201)
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>(202)</b>

# 项目 1 电气主接线图的识读

## 1.1 本项目工作任务单

任务单	电气主接线图的识读
任务一	识记电气主接线图常用的图形符号和文字符号
任务二	认知电气一次设备的型号
任务三	认知对电气主接线的基本要求和电气主接线的基本形式
任务四	识读中小型水电站电气主接线全图
任务五	识读火力发电厂电气主接线全图
任务六	识读变电所电气主接线全图
任务描述	
通过本学习项目的学习,要求学员能够: 1. 识别电气主接线图中的图形符号和文字符号,并说出其用途和作用; 2. 识别电气一次设备的型号,并说出每种设备的规格和主要技术参数的含义; 3. 识别电气主接线基本形式,并说出每种形式的特点、适应范围和运行操作步骤; 4. 识读电气主接线全图,进行技术分析,并说出运行方式切换的运行操作步骤。	
引导文	
<b>【基础知识的认知】</b> 1. 电气主接线图常用的图形符号、文字符号有哪些? 2. 什么是电气一次设备? 电气一次设备有哪些? 各有什么用途? 3. 同步发电机的主要参数有哪些? 其型号由哪几部分组成? 4. 高压断路器的参数有哪些? 如何从型号了解其类型、装置地点、额定电压、额定电流? 5. 高压隔离开关的参数有哪些? 如何从型号了解其类型、装置地点、额定电压、额定电流? 6. 高压熔断器的参数有哪些? 如何从型号了解其类型、装置地点、额定电压、额定电流? 7. 电压互感器的主要参数有哪些? 如何从型号了解其类型、装置地点、额定电压? 8. 如何配置电压互感器? 9. 电流互感器的主要参数有哪些? 如何从型号了解其类型、装置地点、额定电压、额定电流? 10. 如何配置电流互感器? 11. 如何配置避雷器? 12. 对电气主接线的基本要求包括哪几个方面? 13. 如何评价电气主接线的安全性? 14. 如何评价电气主接线的可靠性? 15. 如何评价电气主接线的经济性? 16. 如何评价电气主接线的方便性? 17. 简单单母线接线的特点是什么? 各接线单元投入或切除的操作步骤是怎样的? 18. 什么是电气主接线运行方式? 19. 分段单母线接线的特点是什么? 运行方式有哪几种?	

20. 带旁路母线的单母线接线的特点是什么? 如何将接线单元从“常路”切换至“旁路”运行?
  21. 不分段双母线接线的特点是什么? 运行方式有哪几种? 母线和回路检修时如何进行倒闸操作?
  22. 分段双母线接线的特点是什么? 运行方式有哪几种?
  23. 一台半断路器接线的特点是什么? 母线和回路检修时如何进行倒闸操作?
  24. 什么是单元接线? 主要有哪些类型? 各有何特点?
  25. 什么是桥形接线? 内桥接线与外桥接线各有何特点? 如何进行主变压器和线路投入或切除的操作?
  26. 如何了解发电厂或变电所在系统的地位或作用?
  27. 如何检查开关的配置情况?
  28. 如何检查互感器的配置情况?
  29. 如何检查避雷器的配置情况?
- 【识图能力训练】
1. 电气主接线基本接线形式的识读。
  2. 电气主接线简图的识读。
  3. 水电站电气主接线全图的识读。
  4. 火力发电厂电气主接线全图的识读。
  5. 变电所电气主接线全图的识读。
  6. 填写识图分析报告。

## 1.2 阅读电气主接线图的基本知识

在发电厂、变电所中,直接参与电能生产和输送的电气设备称为电气一次设备。常见的电气一次设备有发电机、主变压器、断路器、隔离开关、母线、电力电缆、架空线路、互感器、避雷器等。将电气一次设备按照一定规律连接构成的电气回路称为电气一次回路,反映电气一次回路连接关系的图纸称为电气一次接线图,又称电气主接线图。

电气主接线图是发电厂、变电所必备的主要图纸之一。它是电气一次设备连接、布置的原理图,是电气装置设计、电气一次设备安装、设备订货、拟定继电保护方案以及电气运行人员进行各种操作和事故处理的重要依据之一。有的电站将电气主接线图放大后贴在厂房显要位置的墙壁上,有的电站则用模拟板制成模拟主接线操作图。操作图中开关的开合状态对应于实际运行的开关的通断位置。若变换运行方式,在进行倒闸操作之后,应及时在模拟图上变更,使其符合实际运行情况。

发电厂、变电所电气运行人员必须熟悉本站的电气主接线,以及根据电气主接线绘制的模拟操作图;看懂图形符号和文字符号,电气设备的型号、规格和主要技术参数的含义;了解电气主接线图中各电气设备的用途、性能、运行操作步骤以及维护、检查项目,以确保安全发供电。

### 1.2.1 一次设备

一次设备按功能分为能量转换设备、开关设备、导体设备、过电流和过电压的限制设备等几类。



### 1.2.1.1 能量转换设备

实现电能与机械能之间转换的设备称为能量转换设备,有发电机、变压器、电动机、互感器等。

#### 1. 同步发电机

同步发电机是发电厂的主要设备,是将机械能转换为电能的设备。在火力发电厂和核电站中,是汽轮发电机;在水力发电厂中,是水轮发电机。

##### 1) 同步发电机的主要参数

(1) 额定容量  $S_N$  或额定功率  $P_N$ : 是发电机输出功率的保证值,即出线端输出的电功率。

(2) 额定电压  $U_N$ : 是发电机长期安全运行的最高电压。我国生产的汽轮发电机的额定电压等级有 0.4 kV、3.15 kV、6.3 kV、10.5 kV、13.8 kV、15.75 kV、18 kV、20 kV 等。

(3) 额定电流  $I_N$ : 是发电机正常连续运行的最大工作电流,通常以线电流表示。

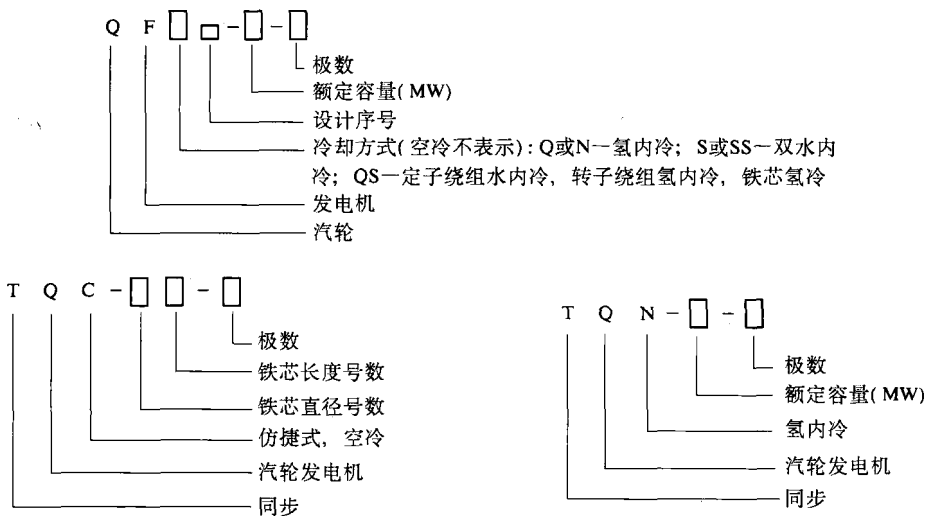
(4) 额定功率因数  $\cos\varphi_N$ : 是指发电机的额定功率与额定容量的比值。

(5) 额定频率  $f_N$ : 我国规定为 50 Hz。

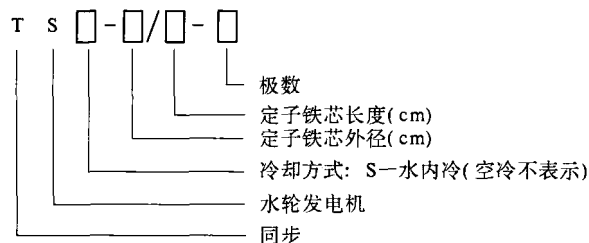
(6) 额定效率  $\eta_N$ : 是指在额定运行条件下运行时的输出功率与输入功率的比值。

##### 2) 同步发电机的型号

(1) 汽轮发电机的型号如下所示:



(2) 水轮发电机的型号如下所示:



## 2. 电力变压器

电力变压器是发电厂、变电所中的重要电气设备,承担升高电压或降低电压的任务,对电力的经济输送和合理分配起到有效的作用。

### 1) 电力变压器的类型

根据电力变压器结构方面的不同特点,分类如下:

(1) 按相数分,有单相变压器和三相变压器。

(2) 按每相绕组数分,有双绕组变压器和三绕组变压器。

(3) 按调压装置分,有无载调压变压器和有载调压变压器。

(4) 按冷却方式分,有干式变压器和油浸式变压器,油浸式变压器又有自冷、风冷和强迫油循环冷却方式。

(5) 按导线材料分,有铜绕组变压器和铝绕组变压器。

### 2) 电力变压器的主要技术参数

(1) 额定容量  $S_N$ : 指在厂家铭牌规定的额定状态下,变压器输出的视在功率的保证值。对于三相变压器,是指三相总容量。单位: kVA。

(2) 额定电压  $U_N$ : 额定电压有额定一次电压  $U_{1N}$  和额定二次电压  $U_{2N}$ 。  $U_{1N}$  是指规定加到一次绕组上的电压,  $U_{2N}$  是当一次电压为额定电压值  $U_{1N}$  时的二次侧开路电压。单位: kV。

(3) 额定电流  $I_N$ : 额定电流有额定一次电流  $I_{1N}$  和额定二次电流  $I_{2N}$ , 是变压器正常工作时的最大允许电流。单位: A。

三类参数之间的关系为:

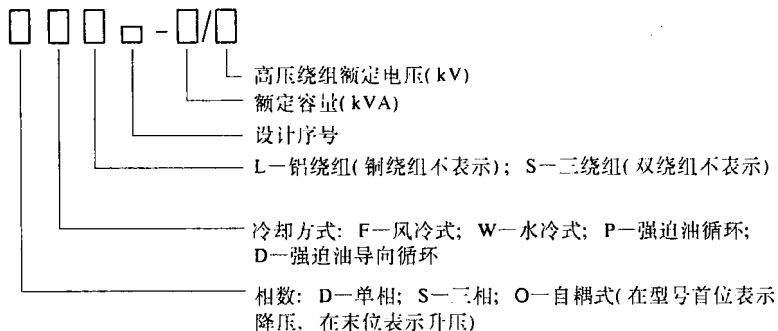
$$\text{单相变压器} \quad S_N = U_N I_N \quad (\text{kVA})$$

$$\text{三相变压器} \quad S_N = \sqrt{3} U_N I_N \quad (\text{kVA})$$

(4) 额定频率  $f_N$ : 我国规定为 50 Hz。

### 3) 电力变压器的型号

电力变压器的型号如下所示:



## 3. 异步电动机

异步电动机是将电能转换为机械能的电气设备。

### 1) 异步电动机的主要参数

(1) 额定电压  $U_N$ : 是电动机在额定条件下运行时,外加于定子绕组上的线电压。

(2) 额定电流  $I_N$ : 是电动机在额定电压下, 转轴上输出额定力矩时定子绕组的线电流。

(3) 额定频率  $f_N$ : 指电动机应接的电源频率, 规定为 50 Hz。

(4) 额定功率  $P_N$ : 是电动机在额定条件下运行时, 转轴上输出的机械功率。

$$P_N = \sqrt{3} U_N I_N \cos\varphi_N \eta_N$$

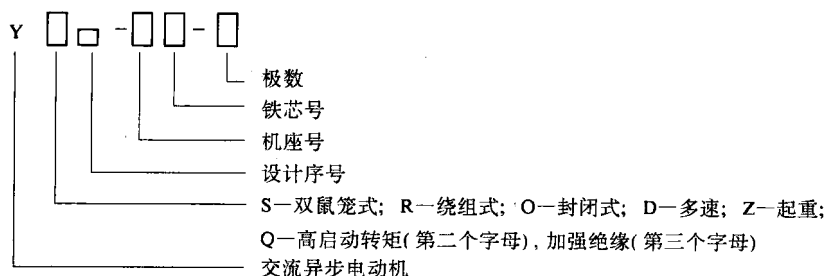
(5) 额定效率  $\eta_N$ : 指在额定运行条件下运行时的效率。

(6) 额定功率因数  $\cos\varphi_N$ : 指电动机在额定条件下运行的功率因数。

(7) 额定转速  $n_N$ : 是电动机在额定电压、额定频率下, 转轴上有额定输出功率时的转子转速。

## 2) 异步电动机的型号

异步电动机的型号如下所示:



## 4. 互感器

互感器是将一次电路中的大电流变为小电流、高电压变为低电压的电气设备, 是特殊的变压器, 分为电流互感器和电压互感器。互感器的用途如下:

(1) 使测量仪器和继电器等二次设备实现小型化和标准化。

(2) 使二次部分与一次侧的高压在电气上隔离, 以保证工作人员的安全。

(3) 能够采用低压的小截面控制电缆, 有利于实现远距离的测量和控制。

(4) 当一次侧电路发生短路时, 能够保护二次设备的电流线圈, 使之免受大电流的损害。

### 1) 电流互感器

#### A. 电流互感器的接线方式

电流互感器的二次绕组与测量仪表、继电器等的连接, 最常用的有如下四种接线方式:

(1) 单相接线。如图 1-1(a) 所示, 用于三相对称系统, 提供电流测量、过负荷保护等需要的电流信号。

(2) 三相星形接线。如图 1-1(b) 所示, 用于三相系统, 提供测量三相电流、电能、过电流保护等所需要的电流信号。

(3) 两相不完全星形接线。如图 1-1(c) 所示, 用于三相系统, 提供电流测量和电能、过电流保护等所需要的电流信号。

(4) 两相电流差接线。如图 1-1(d) 所示, 用于三相系统, 提供过电流保护所需要的电流信号。

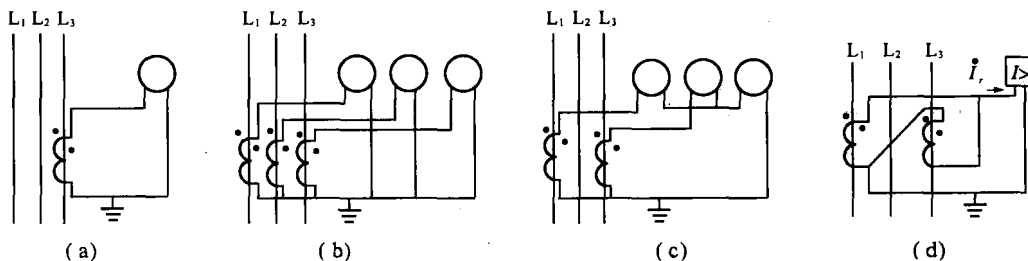


图 1-1 电流互感器与测量仪表、继电器的接线方式

### B. 电流互感器的类型

按安装地点分,有户内式电流互感器和户外式电流互感器。20 kV 及其以下一般为户内式,35 kV 及其以上一般为户外式。

按安装方式分,有支持式电流互感器、穿墙式电流互感器、装入式电流互感器和母线式电流互感器。

按绝缘方式分,有干式电流互感器、浇注式电流互感器和油浸式电流互感器。油浸式电流互感器用于户外。

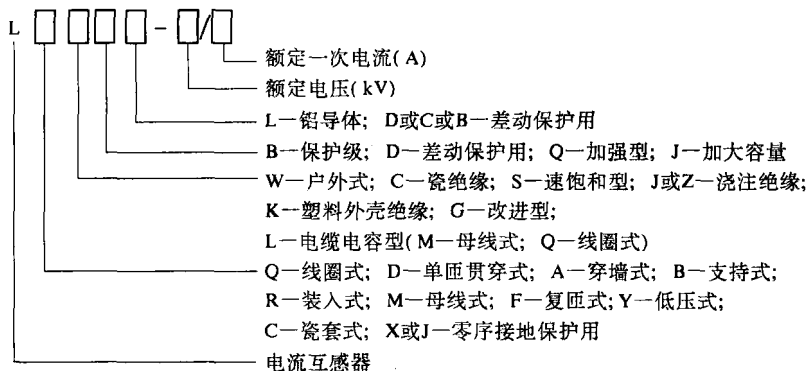
按一次绕组的匝数分,有单匝电流互感器和多匝电流互感器。

按铁芯多少分,有单铁芯电流互感器和多铁芯电流互感器,每个铁芯上有各自的二次线圈。

按变流比多少分,有单变流比电流互感器和多变流比电流互感器。

### C. 电流互感器的型号

电流互感器的型号如下所示:



## 2) 电压互感器

### A. 电压互感器的类型

按安装地点分,有户内式电压互感器和户外式电压互感器。

按相数分,有单相式电压互感器和三相式电压互感器。35 kV 及其以上不制造三相式的。

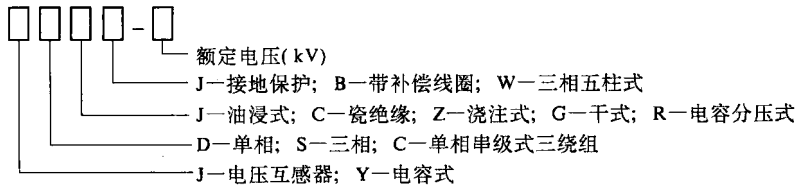
按绕组数目分,有三绕组电压互感器和双绕组电压互感器。三绕组电压互感器的第三绕组用于监视对地绝缘或用做接地保护。

按绝缘分,有干式电压互感器、浇注式电压互感器、油浸式电压互感器和充气式电压互感器。干式电压互感器用于 6 kV 及其以下,浇注式电压互感器适用于 3 ~ 35 kV 户内

装置,油浸式电压互感器用于户外,充气式电压互感器用于 SF<sub>6</sub> 全封闭装置中。

### B. 电压互感器的型号

电压互感器的型号如下所示:



### C. 电压互感器的接线方式

(1) 单相接线。如图 1-2(a) 所示,广泛应用于 35 kV 及其以下小接地电流系统只需要测某一线电压的情况,或为对侧有源线路提供同期检查(或无压检查)信号。

(2) V—V 接线。如图 1-2(b) 所示,供仪表、继电器接于三相三线制系统的各个线电压,广泛应用于小接地电流系统。

(3) Y—Y<sub>0</sub> 接线。如图 1-2(c) 所示,供电给要求线电压的仪表、继电器和接相电压的绝缘监视用电压表。

(4) YN, y<sub>n</sub>, d 接线。如图 1-2(d) 所示,又称为万能式接线。其接成 Y<sub>0</sub> 的二次绕组,供电给需要线电压的仪表、继电器及绝缘监视用电压表;接成开口三角形的辅助二次绕组,接电压继电器。该接线广泛应用于各级电压的电力系统。

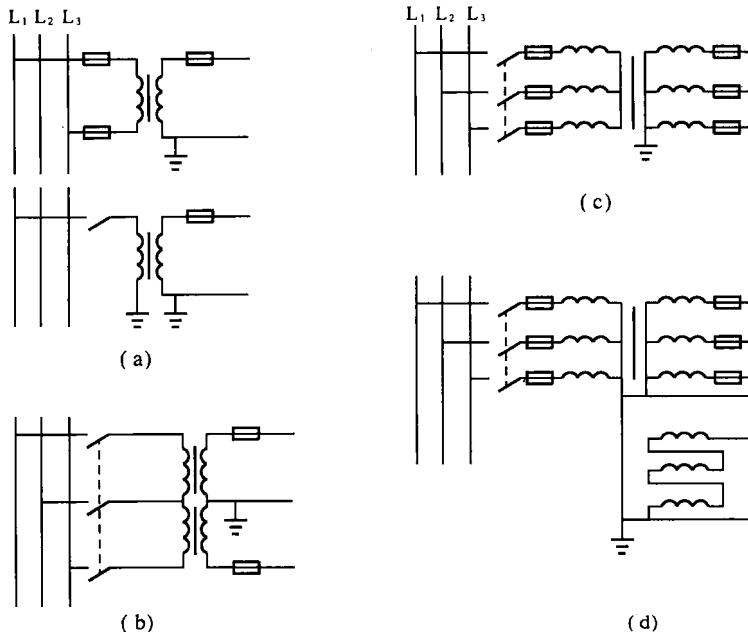


图 1-2 电压互感器的接线方式

#### 1.2.1.2 高压开关设备

高压开关设备指用来改变电路通断状态的设备。按功能分为高压断路器、隔离开关、高压熔断器。



(2) 等电位情况下可用隔离开关切换电路。

(3) 接通或切断所允许的小电流电路, 如小容量的空载变压器、短距离的空载线路、电压互感器回路, 等等。

1) 隔离开关的主要技术参数

(1) 额定电压  $U_N$ : 是隔离开关长期正常工作的标准电压。选用时其不得低于工作点的电压, 即  $U_N \geq U_{wN}$ 。

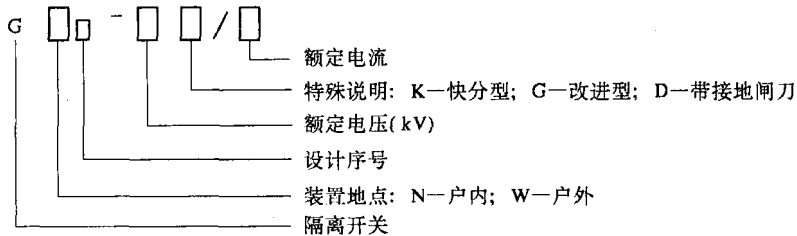
(2) 额定电流  $I_N$ : 是隔离开关允许连续长期通过的最大工作电流。选用时其不得小于回路中可能出现的最大工作电流, 即  $I_N \geq I_{gmax}$ 。

(3) 热稳定电流  $I_t$ : 是断路器出厂时通电  $t$  秒热稳定试验的电流大小, 选用时应满足  $I_t^2 \cdot t \geq Q_k$ 。

(4) 动稳定电流  $i_{max}$ : 是断路器能承受的最大电流峰值, 选用时其不得小于回路中可能出现的最大冲击短路电流, 即  $i_{max} \geq i_{sh}^{(3)}$ 。

2) 隔离开关的型号

隔离开关的型号如下所示:



### 3. 高压熔断器

高压熔断器是一种最简单的保护电器, 串联在电路中使用, 作短路保护和过负荷保护。

1) 高压熔断器的类型

用于发电厂和变电所的熔断器有户内式和户外式两种类型。

户内式熔断器具有限流作用, RN<sub>2</sub> 和 RN<sub>6</sub> 系列额定电流为 0.5 A, 专门用于电压互感器回路。

户外式熔断器有支柱式和跌落式两种类型。支柱式为限流型的, 跌落式为非限流型的, 熔体熔断的同时熔管跌落, 形成明显的断开点。

2) 高压熔断器的主要技术参数

(1) 额定电压  $U_N$ : 是熔断器能长期承受的正常工作电压。选用时其不得低于工作点的电压, 即  $U_N \geq U_{wN}$ 。

(2) 额定电流  $I_N$ : 是熔断器壳体部分和载流部分允许通过的长期最大工作电流。选用时其不得小于回路中的最大工作电流, 即  $I_N \geq I_{gmax}$ 。

(3) 熔体的额定电流  $I_{brN}$ : 是熔体允许长期通过而不熔化的最大电流, 熔体的额定电流不得超过熔断器的额定电流。

(4) 额定开断电流  $I_{brN}$ : 是断路器在额定电压下能可靠开断的最大短路电流, 是表征断路器开断能力的参数。选用时其不得小于回路中可能出现的最大短路电流, 即  $I_{brN} \geq I''$  (限流型) 或  $I_{brN} \geq I_{ch}$  (非限流型)。

也可用额定开断容量  $S_{brN}$  表示断路器开断能力。





表 1-1 一次接线图常用的图形符号

名称	图形符号	名称	图形符号
接地一般符号		断路器	
故障		隔离开关	
闪络、击穿		负荷开关	
导线间绝缘击穿		熔断器	
导线对地绝缘击穿		熔断器式开关	
导线、导线组、电线、 电缆、电路、传输通路、 线路、母线(总线)		火花间隙	
多相系统的中性点		避雷器	
交流发电机		双绕组变压器	
交流电动机		三绕组变压器	
电流互感器		自耦变压器	
电压互感器		电抗器 扼流线圈	