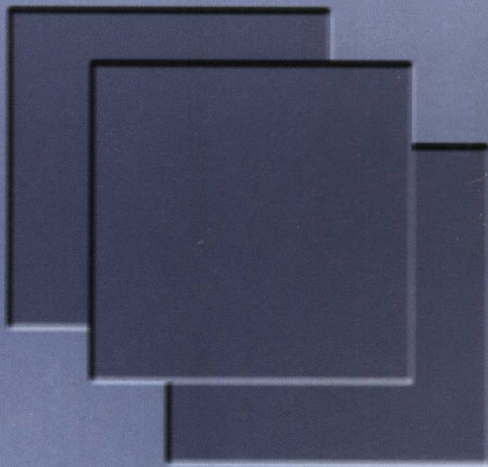




全国高职高专电气类精品规划教材

发电厂及变电站二次回路

主编 黄 栋 吴轶群



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国高职高专电气类精品规划教材

发电厂及变电站二次回路

主 编 黄 栋 吴轶群
副主编 龙艳红 李家坤 刘文贵



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材共分9章, 主要讲述发电厂及变电站二次回路的构成及工作原理。内容包括互感器; 操作电源; 测量回路; 断路器的控制回路及信号回路; 中央信号和其他信号回路; 同期回路; 隔离开关的控制与误操作闭锁回路; 二次回路设计及配线基础知识。每章后面还附有复习思考题。

本教材可作为高等专科学校电力系统继电保护及相关专业的教材, 也可以供从事继电保护工作及二次回路设计、安装、运行的工程技术人员和技术工人参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

发电厂及变电站二次回路/黄栋, 吴轶群主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2004.8
全国高职高专电气类精品规划教材
ISBN 7-5084-2200-7

I. 发... II. ①黄...②吴... III. ①发电厂—二次系统—高等学校: 技术学校—教材②变电所—二次系统—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM645.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 062289 号

书 名	全国高职高专电气类精品规划教材 发电厂及变电站二次回路
作 者	主编 黄栋 吴轶群
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×960mm 16开本 11.5印张 225千字
版 次	2004年8月第1版 2004年8月第1次印刷
印 数	0001—5100册
定 价	19.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

教育部在《2003-2007年教育振兴行动计划》中提出要实施“职业教育与创新工程”，大力发展职业教育，大量培养高素质的技能型特别是高技能人才，并强调要以就业为导向，转变办学模式，大力推动职业教育。因此，高职高专教育的人才培养模式应体现以培养技术应用能力为主线 and 全面推进素质教育的要求。教材是体现教学内容和教学方法的知识载体，进行教学活动的基本工具；是深化教育教学改革，保障和提高教学质量的重要支柱和基础。因此，教材建设是高职高专教育的一项基础性工程，必须适应高职高专教育改革与发展的需要。

为贯彻这一思想，2003年12月，在福建厦门，中国水利水电出版社组织全国14家高职高专学校共同研讨高职高专教学的目前状况、特色及发展趋势，并决定编写一批符合当前高职高专教学特色的教材，于是就有了《全国高职高专电气类精品规划教材》。

《全国高职高专电气类精品规划教材》是为适应高职高专教育改革与发展的需要，以培养技术应用为主线的技能型特别是高技能人才的系列教材。为了确保教材的编写质量，参与编写人员都是经过院校推荐、编委会答辩并聘任的，有着丰富的教学和实践经验，其中主编都有编写教材的经历。教材较好地反映了当前电气技术的先进水平和最新岗位要求，体现了培养学生的技术应用能力和推进素质教育的要求，具有创新特色。同时，结合教育部两年制高职教育的试点推行，编委会也对各门教材提出了

满足这一发展需要的内容编写要求，可以说，这套教材既能适应三年制高职高专教育的要求，也适应两年制高职高专教育的要求。

《全国高职高专电气类精品规划教材》的出版，是对高职高专教材建设的一次有益探讨，因为时间仓促，教材可能存在一些不妥之处，敬请读者批评指正。

《全国高职高专电气类精品规划教材》编委会

2004年8月

前

言

《发电厂及变电站二次回路》是高等职业技术学院电力系统继电保护与自动装置专业的一门专业课程。

为适应高等职业技术学院教学的特点，根据教学大纲的要求，本教材从我国电网实际情况出发，在着重基本专业理论知识论述的同时，紧密联系生产实际，强化现场应用知识的理解和掌握；本教材文字通俗易懂，以提高学生独立分析问题与解决问题的能力为目的。本教材的文字符号和图形符号采用了新的国家标准。

本教材第1、2、3章由广西水利电力职业技术学院龙艳红编写；第4、8章由长江工程职业技术学院李家坤编写；第5章由四川电力职业技术学院黄栋编写；第6、7章由广东水利电力职业技术学院吴轶群编写；第9章由河北工程技术高等专科学校刘文贵编写。

本教材的编写得到了四川电力职业技术学院罗建华副教授、广东水利电力职业技术学院钱武副教授、广西水利电力职业技术学院黄跃华副教授、长江工程职业技术学院李振斌副教授和河北工程技术高等专科学校刘增良副教授的大力支持，他们对本教材的编写提出了宝贵的意见，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中的谬误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2004年8月

目 录

序	
前言	
第1章 绪论	1
1.1 原理接线图	1
1.2 展开接线图	3
1.3 安装接线图	4
复习思考题	5
第2章 互感器	6
2.1 电流互感器	6
2.2 电压互感器	12
复习思考题	19
第3章 测量回路	20
3.1 测量仪表的配置原则	20
3.2 测量回路实例	22
复习思考题	24
第4章 操作电源	25
4.1 操作电源概述	25
4.2 蓄电池组直流操作电源	27
4.3 硅整流电容储能装置直流系统	39
4.4 复式整流装置直流系统	41
4.5 直流系统的绝缘监察与电压监察装置	43
4.6 闪光信号装置	46
复习思考题	47
第5章 高压断路器的控制回路	48
5.1 概述	48
5.2 断路器的控制开关及控制回路的构成	50

5.3	灯光监视电磁操作机构的断路器控制回路	58
5.4	灯光监视弹簧操作机构的断路器控制回路	60
5.5	灯光监视液压操作机构的断路器控制回路	61
5.6	音响监视的断路器控制回路	63
5.7	压缩空气操作的断路器控制回路	65
5.8	断路器的弱电选线控制	67
	复习思考题	70
第 6 章	信号回路	72
6.1	概述	72
6.2	全信号回路的构成	74
6.3	继电保护装置和自动重合闸装置动作信号	88
	复习思考题	89
第 7 章	同期系统	91
7.1	概述	91
7.2	同期电压的引入	93
7.3	手动准同期装置	95
7.4	发电机的自动准同期装置	105
7.5	微机同期装置	107
	复习思考题	112
第 8 章	隔离开关控制与误操作闭锁回路	113
8.1	概述	113
8.2	隔离开关的控制回路	113
8.3	隔离开关的位置指示信号	116
8.4	隔离开关的误操作闭锁回路	117
	复习思考题	121
第 9 章	二次设备的选择及二次回路设计基础	122
9.1	二次设备的选择	122
9.2	展开接线图中的回路编号	134
9.3	屏面布置图	141
9.4	端子排图	145

9.5 屏背面接线图	151
复习思考题	155
附录 1 电气常用图形符号	157
附录 2 二次回路常用电气新旧文字符号对照表	165
附录 3 常用小母线文字符号及其回路标号	169
参考文献	171

绪 论

发电厂及变电所电气设备通常分为一次设备和二次设备，其接线可分为一次接线和二次接线。

一次设备是指直接用于生产、输送、分配电能的高电压、大电流的设备，又称主设备。它包括发电机、变压器、断路器、隔离开关、输电线、母线、电流互感器、电压互感器、避雷器等。

二次设备是指对一次设备进行监察、控制、测量、调整和保护的低电压设备，又称辅助设备，它包括控制、信号、测量监察、同期、继电保护装置、自动装置、操作电源等设备。

一次接线又称主接线，是将一次设备互相连接而成的电路。

二次接线又称二次回路，是将二次设备互相连接而成的电路。包括电气设备的控制操作回路、测量回路、信号回路、保护回路、同期回路等。二次回路总是附属于某一次接线或一次设备的，它是对一次设备进行控制操作、测量监察和保护的有效手段，水电站的运行管理、检修维护均离不开二次回路。如发电机、变压器的正常运行，查找、分析有关电气故障和事故，电气设备的定期调试和检测等都要用到二次回路。

表明二次接线的图称为二次接线图。二次接线图以国家规定的通用图形符号和文字符号（见书后附录），表示二次设备的互相连接关系。常见的二次接线图有三种形式，即原理接线图、展开接线图和安装接线图。

1.1 原理接线图

原理接线图是用来表示二次接线各元件（仪表、继电器、信号装置、自动装置及控制开关等设备）的电气联系及工作原理的电气回路图。



原理接线图在表示二次回路的工作原理时，主要有以下特点：

- (1) 接线图中的全部仪表、继电器等设备以整体的形式来表示。
- (2) 接线图将交流电压、电流回路和直流电源之间的联系综合地表达在一起。
- (3) 一次回路的有关部分也画在接线图中，这样可清晰地表明该回路对一次回路的辅助作用。

图 1-1 为 6~10kV 线路过电流保护归总式原理图。下面对各个以及整套装置的动作原理进行分析。

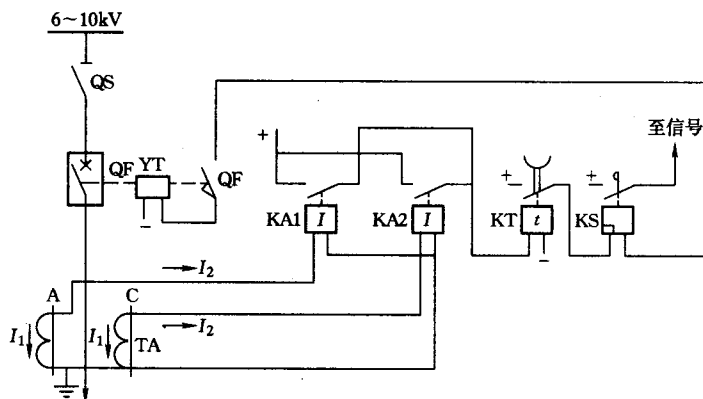


图 1-1 6~10kV 线路过流保护原理图

1.1.1 元件结构和功能

(1) 电流互感器 (TA)。其一次绕组流过系统大电流 I_1 ，二次绕组中流过变换后的小电流 I_2 ， I_2 额定值为 5A。

(2) 电流继电器 (KA)。线圈中流过电流互感器的二次电流 I_2 ，当 I_2 大于 KA 的动作电流时，其常开（动合）触点闭合。

(3) 时间继电器 (KT)。线圈通电时，其常开触点延时闭合。

(4) 信号继电器 (KS)。线圈通电时，其常开触点闭合，接通信号回路并掉牌，以便运行人员辨别其是否动作。信号继电器 (KS) 需手动复归，准备下一次动作。

(5) 断路器跳闸线圈 (YT)。线圈通电，断路器跳闸。

(6) 断路器 (QF)。合闸线圈通电，断路器 QF 主触点接通线路，其辅助触点相应切换，常开（动合）辅助触点闭合，接通外电路；同时常闭（动断）辅助触点打开，切断外电路。



1.1.2 装置动作过程

由图 1-1 可见, 电流继电器 KA1、KA2 线圈分别接于 A、C 相上电流互感器 TA 的二次。当线路发生三相短路时, 流过线路的短路电流增大, 使 KA1、KA2 线圈流过的电流也增大, 若短路电流大于保护装置的整定值时, KA1、KA2 动作, 其常开触点闭合, 将直流操作电源正母线来的电源加在时间继电器 KT 的线圈上, 时间继电器 KT 起动, 经过预定的时限, KT 延时闭合的常开触点闭合, 正电源经过其触点和信号继电器 KS 的线圈以及断路器的辅助常开触点 QF 和断路器跳闸线圈 YT 接至负电源。信号继电器 KS 的线圈和跳闸线圈 YT 中有电流流过, 两者同时动作, 使断路器 QF 跳闸, 并由信号继电器 KS 的常开触点闭合发出信号。

原理接线图主要表示继电保护和自动装置的工作原理, 但对一些细节, 如元件的内部接线、引出端子及回路的编号都没有表示出来, 不便于现场查找回路及调试, 这使原理接线图的应用受到一定限制。现场广泛使用的是展开接线图。

1.2 展开接线图

展开式原理接线图是将二次设备按线圈和接点的接线回路展开分别画出, 组成多个独立回路, 作为制造、安装、运行的重要技术图纸, 也是绘制安装接线图的主要依据。

展开接线图的特点是以分散的形式表示二次设备之间的电气连接。在展开图中, 交流电流回路、交流电压回路、直流回路分别画成几个彼此独立的部分; 同一仪表的线圈、同一元件的线圈和触点分开画在各自相应不同的回路中, 但采用相同的文字符号。图形右边有对应的文字说明, 表明回路名称、用途等, 便于阅读、分析。

绘制和阅读展开图通常遵守的规则是: 各回路的排列顺序一般是先交流电流回路、交流电压回路, 后直流回路。在每个回路当中, 对交流回路来说按 a、b、c (u、v、w) 相序排列; 对直流回路则是按保护的各元件动作顺序由上而下逐行排列, 每一行中继电器接点线圈等的连接顺序按实际连接顺序绘制, 因此, 阅读展开图时应从右图的文字说明起, 先交流后直流, 由上到下, 由左到右; 对各种继电器和装置, 先看起动线圈, 再找相应的触点。导线、端子都有统一规定的回路编号和标号, 便于分类查找、维修和施工。

下面以图 1-2 6~10kV 线路过流保护展开接线图为例加以分析: 右侧是主接线示意图, 用来表示该二次接线与其之间的联系位置以及作用范围; 左侧是保护回路展开图, 展开图自上而下由交流电流回路、直流操作回路和信号回路三部分构成。交流



电流回路由电流互感器 TA 的二次绕组供电, TA 仅装于 A、B 两相, 其二次绕组分别接入电流继电器 KA1、KA2 的线圈, 然后用一根公共线引回构成不完全星形接线。保护装置的动作顺序如下: 当被保护线路发生过电流时, 电流继电器 KA1、KA2 动作, 其常开触点闭合, 接通时间继电器 KT 的线圈回路, 其延时闭合的常开接点延时闭合, 又因断路器 QF 在合闸状态, 其常开触点也应闭合, 故跳闸回路接通。于是跳闸线圈 YT 中有电流流过, 使断路器跳闸。同时, 信号继电器 KS 动作并掉牌。

由上可知, 展开图接线清晰, 易于阅读, 又便于了解整套装置的动作程序和工作原理, 特别在复杂电路中优点更为突出, 因此在小水电站中得到广泛应用。

另外, 二次接线图中所有开关电器、继电器和接触器的触点都按照它们的正常状态来表示。对于开关电器, 正常状态是指其断路时的状态; 对于继电器和接触器, 则是指其线圈无电压失磁的状态。

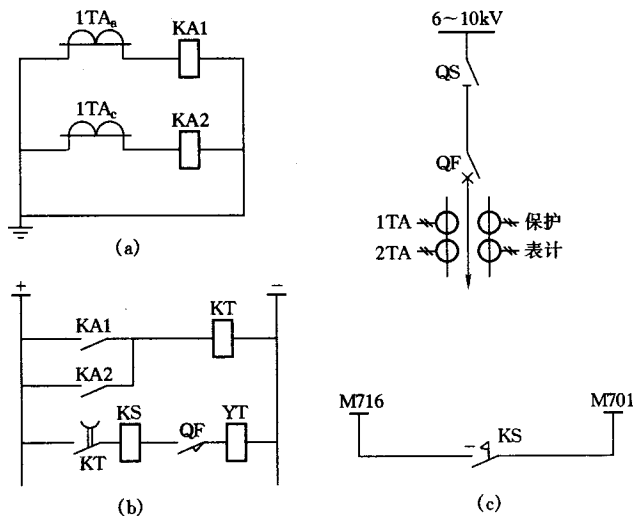


图 1-2 6~10kV 线路过流保护展开接线图
(a) 交流回路; (b) 直流回路; (c) 信号回路

1.3 安装接线图

安装接线图用来表明二次接线的实际安装情况, 是控制屏(台)制造厂生产加工和现场安装施工用图, 是根据展开接线图绘制。安装接线图包括屏面布置图、屏后接线图和端子排图, 有时屏后接线图和端子排图画在一起。



1. 屏面布置图

(1) 按一定的比例绘出屏上各设备的安装位置、外形尺寸及中心线的尺寸，并附有设备表，以便制造厂备料和安装加工，是正视图。

(2) 图中各设备的排列位置和相互间尺寸要和实际相符。

2. 屏后接线图

屏后接线图（背视图）表明屏内各设备之间的连接情况，以及和端子排的连接情况，标明各设备的代号、安装单位和型号规格，较复杂的设备应绘出设备内部接线图。

3. 端子排图

端子排图（背视图）表明屏内设备和屏外设备连接关系以及屏上需要装设的端子类型、数目以及排列顺序的图。

安装接线图是最具体的施工图，除典型的成套装置外，订货单位向制造厂家订购控制屏（台）时，必须提供展开接线图、屏面布置图和端子排图，作为厂家制造产品的依据。一般屏后接线图由制造厂绘制，并随产品一起提供给订货单位。



复习思考题

- 1-1 什么叫二次设备和二次回路？
- 1-2 二次回路包括哪些内容？
- 1-3 二次接线图常见的形式有哪几种？各有什么特点？
- 1-4 何为常开（动合）触点、常闭（动断）触点？



第 2 章

互 感 器

互感器是将电路中的大电流变为小电流，将高电压变为低电压的电气设备，作为测量仪表和监察保护等装置的交流电源，互感器可分为电流互感器（TA）和电压互感器（TV），它们的工作原理与变压器相似。

互感器的作用主要有以下几点：

(1) 将一次系统的高电压和大电流变为易于测量的低电压和小电流，并规范为标准值：二次额定电压为 100V，二次额定电流为 5A 或 1A。这样可以使二次设备标准化、小型化。

(2) 将二次设备和一次设备隔离，既保证了设备和人身安全，又使接线灵活、安装方便，检修时不必中断一次设备运行。

(3) 便于集中控制，易于实现自动化、微机监控和远方操作。

(4) 当一次侧电路发生短路时，能够保护测量仪表和继电器的电流线圈免受大电流的损害。

2.1 电 流 互 感 器

2.1.1 电流互感器的结构原理

电流互感器（TA）是一种变流器，其结构和普通变压器相似，由铁芯、一次绕组和二次绕组构成。一次绕组直接串联于一次电路中，并流过负荷电流；二次绕组串接各种测量仪表和继电器等的电流线圈。

单相电流互感器的原理接线及表示法如图 2-1 所示， I_1 为一次绕组流过的电流， I_2 为二次绕组流过的感应电流。

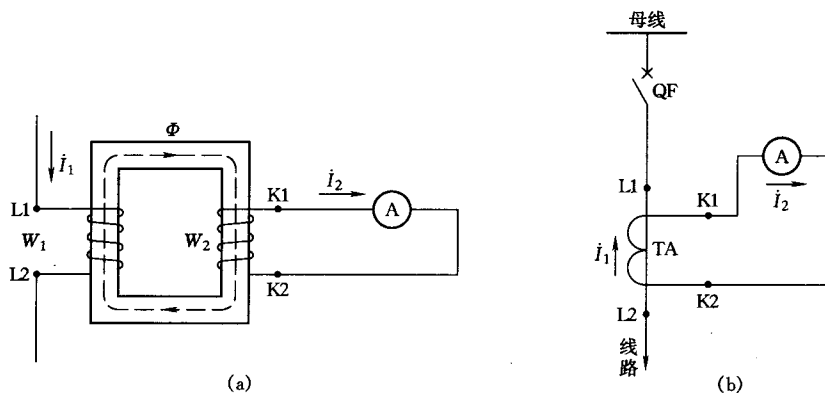


图 2-1 单相电流互感器原理接线图

(a) 工作原理图; (b) 接线图

电流互感器按一次侧绕组可分为单匝式、多匝式和多铁芯式三种,如图 2-2 所示。

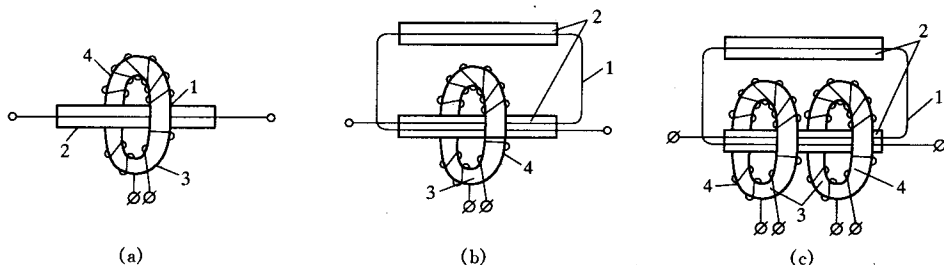


图 2-2 电流互感器的结构原理图

(a) 单匝式; (b) 多匝式; (c) 具有两个铁芯多匝式

1—一次绕组; 2—绝缘; 3—铁芯; 4—二次绕组

(1) 单匝式。由实心圆柱或管形截面的载流导体, 或直接利用载流母线作为一次绕组, 使一次绕组穿过绕有二次绕组的环形铁芯构成。用于一次电流较大的场合。

(2) 多匝式。一次绕组是多匝穿过铁芯, 铁芯上绕有二次绕组。用于一次电流较小的场合。

(3) 有两个以上的铁芯, 其一次绕组是共同的, 二次绕组绕于各自的铁芯上, 其磁路是独立的。

2.1.2 电流互感器的极性和变比

电流互感器一、二次绕组标有同一符号的端子称为同名端或同极性端。同名端表



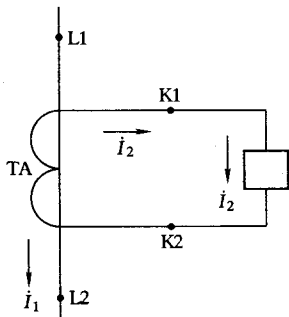


图 2-3 电流互感器的极性标注

示某一瞬间两端子同时达到最高或最低电位，通常用 L1 与 K1、L2 与 K2 分别表示一、二次绕组的同极性端，也可在同极性端子上注以“*”或“#”表示。

极性的表示法。我国规定，按减极性法标注，如图 2-3 所示。一次电流 I_1 由 L1 端注入，从 L2 端流出；二次电流 I_2 由 K2 端流入，从 K1 端流出。即当同时从两绕组的同名端注入电流时，铁芯中的感应磁通（方向相反）是相减的。

减极性标注法的优点是电流互感器的外特性（从外电路看）相同。由图 2-3 可见，一次电流 I_1 的正方向为由线圈的始端 L1 流向末端 L2，电流 I_2 也是由线圈的始端 K1 流向末端 K2，从外观上看好像是直接通过的，比较直观。

按上述方法规定正方向后，如不考虑电流互感器的励磁电流，则根据磁势平衡原理有

$$I_1 W_1 - I_2 W_2 = 0$$

根据上式可写出

$$K_{TA} = I_1 / I_2 = W_2 / W_1$$

式中 K_{TA} 称为电流互感器的变比。通常 K_{TA} 是指额定一次电流与额定二次电流之比，称为额定变比，也等于绕组匝数的反比。

为适应不同负荷电流测量的需要，可适当选择电流互感器的变比。电流互感器变比的选择实际上是选择一次额定电流，一般是按长期通过电流互感器的最大工作电流来选择，我国国家标准已对一次额定电流规定了系列化标准，有从 10~25000A 等不同规格的电流互感器可供选择。有时，通用的电流互感器变比不能满足需要时，可适当改变一次绕组的匝数进行调整（此法适用于低电压情况）。

2.1.3 电流互感器的构造特点

(1) 电流互感器一次绕组串接在一次系统电路中，绕组匝数少（一至数十匝），流过较大的负荷电流（几十至数万安），导线粗，阻抗小。

(2) 电流互感器二次绕组串接电流表、功率表及继电器等的电流线圈，阻抗相对较小，额定电流为 5A 或 1A（500kV 系统中采用）。

(3) 电流互感器二次绕组不能开路运行。因为是正常运行时，二次绕组感应的磁

