

XINYIDAI ZHINENG BIANDIANZHAN
YUNWEI JIANXIU JISHU

新一代智能变电站 运维检修技术

国网湖南省电力公司株洲供电分公司 组编



 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

XINYIDAI ZHINENG DIANDIANZHIAN
YUNWEI JIANXIU JISHU

新一代智能变电站 运维检修技术

国网湖南省电力公司株洲供电分公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以国网湖南省电力公司株洲供电分公司两座新一代智能变电站：220kV 杉树变电站和 110kV 君山变电站运检技术的应用为主线，系统地介绍了新一代智能变电站运行维护及检修技术，对智能变电站建设、改造工程及运行维护等方面具有较大的参考价值。

全书共分 6 章，包括概述、智能一次设备技术、网络二次设备技术、智能变电站防止误操作逻辑、异常处理案例、运维检修总结与防范。

本书可供从事智能变电站技术、管理、运行、调试和维护等专业技术人员学习使用，也可供大专院校及电气设备制造厂相关专业人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

新一代智能变电站运维检修技术 / 国网湖南省电力公司株洲供电分公司组编. —北京：中国电力出版社，2016.9
ISBN 978-7-5123-9629-6

I. ①新… II. ①国… III. ①智能技术—应用—变电所—电力系统运行—维护 IV. ①TM63-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 182322 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 9 月第一版 2016 年 9 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 6.75 印张 98 千字

印数 0001—2000 册 定价 35.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《新一代智能变电站运维检修技术》

编 委 会

主 任 戴庆华

副 主 任 蒋晏如 李喜桂 凌志勇

编委会成员 黎 刚 雷红才 彭 铖 毛文奇

辛 华 姜国辉 刘安定 罗瑞刚

曾 波 黄飞扬 唐梦娴

编 写 组

主 编 李国雄

副 主 编 韩忠晖 廖丽萍

参编人员 谌 彬 刘 曼 张 勇 刘易珠

徐雪雷 李国栋 曾 鹏 岳昌斌

潘纪良 陈 当 肖 玮 姚 华

黄艳丽 殷琼琪 杨准明 石海英

陈海波 王 璞 王焕琼

前言

改革开放以来，变电站的二次系统经过了两次大变革：第一次是保护微机化，第二次是以计算机局域网为基础的变电站自动化。但是我们只做到了间隔层和变电站层的网络化，过程层仍然是老旧设备，虽然变电站所有的二次设备都已数字化，却仍然用来自传统电流互感器和电压互感器的二次电缆来向这些数字设备提供测量值。2015年12月31日，新一代智能变电站——220kV 杉树变电站和 110kV 君山变电站在湖南省株洲地区成功送电，标志着数字化变电站的技术已有了突破性的进展。

新型互感器、IEC 61850 标准、网络通信技术和智能断路器技术的发展已经为新一代智能变电站的应用打下了技术基础，并且已有一批应用这些新设备和新技术的变电站投入了运行。新一代智能变电站的应用不仅为变电站内各二次专业提供了一个崭新的发展机遇，而且使整个电网的运行和控制都具备了实现重大技术突破的可能性，因此，从事电力系统的各个专业的技术和管理人员都应予以关注。例如，继电保护装置在全数字化的环境内将变得“面目全非”，现在微机保护装置中占体积最大的两个部分——模拟量输入回路（包括隔离变压器和模数变换等）和开关量输入输出回路（包括大量电磁继电器）都将不再存在，新的输入输出回路将是一种非电光纤式的全新回路。

本书以 220kV 杉树变电站和 110kV 君山变电站运检技术的成功应用为主线，系统地介绍了新一代智能变电站运行维护及检修技术，既结合了实践经验，同时不乏理论分析，对智能变电站建设、改造工程及运行维护等方面具有较大的参考价值。

本书参编人员既有较强的理论基础，又具有丰富的现场实践经验，本书包括概述、智能一次设备技术、网络二次设备技术、智能变电站防止误操作

逻辑、异常处理案例、运维检修总结与防范 6 章。第 1 章由李国雄、韩忠晖、廖丽萍编写；第 2 章由谌彬、刘曼、张勇、李国栋、曾鹏、岳昌斌编写；第 3 章由刘曼、张勇、潘纪良、陈当、肖玮编写；第 4 章由刘易珠、姚华、黄艳丽、殷琼琪编写；第 5 章由谌彬、刘曼、张勇、刘易珠、杨准明、石海英、陈海波编写；第 6 章由谌彬、刘曼、张勇、徐雪雷、王璞、王焕琼编写。本书由廖丽萍、谌彬主审。

在本书编写过程中，得到了国网湖南省电力公司运维检修部、电力科学研究院、国家电网湖南省电力公司株洲供电分公司等单位技术专家的大力支持，本书的编写还参阅了相关文献及技术标准，在此，对以上单位及个人表示衷心的感谢！

限于编写时间仓促，书中难免存有疏漏或不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 1 月

目 录



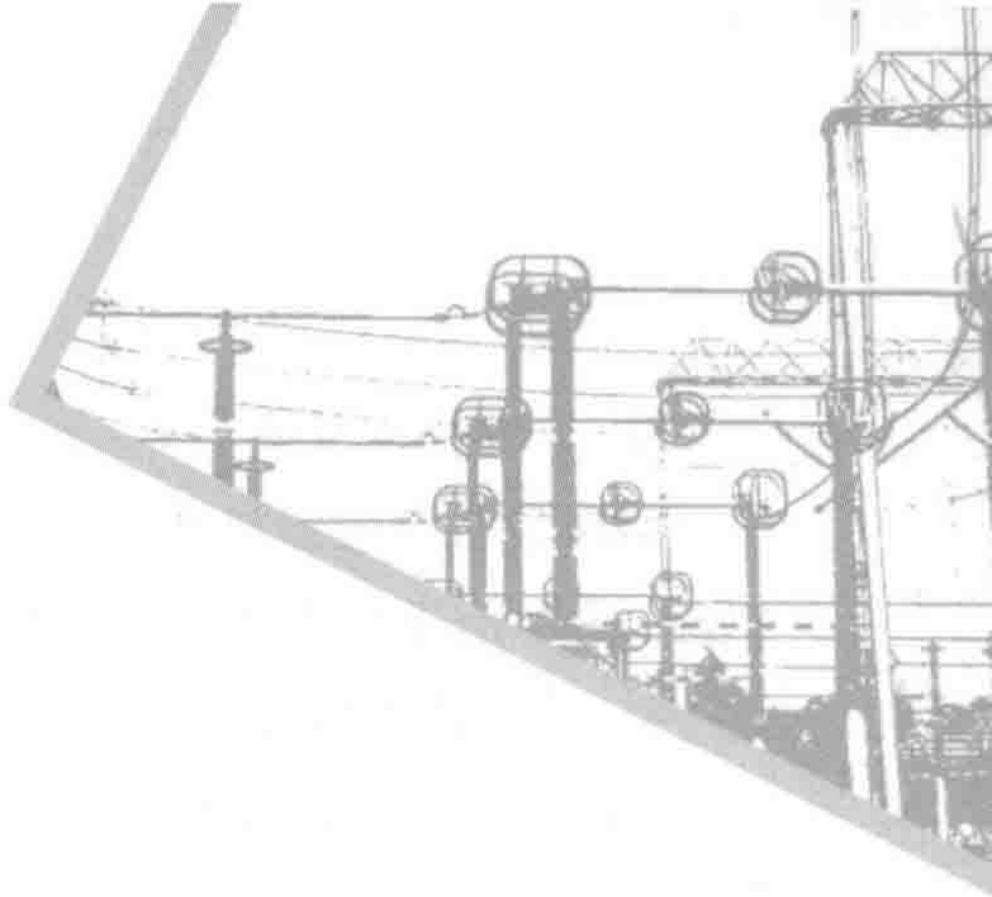
前言

第 1 章	概述	1
1.1	新一代智能变电站主要技术特征	1
1.2	新一代智能变电站运检特点	2
第 2 章	智能一次设备技术	3
2.1	智能式隔离断路器	3
2.2	三工位隔离开关	6
2.3	非常规互感器	9
2.4	充气式开关柜	23
2.5	户外气体绝缘母线 (GIB 母线)	24
2.6	预制舱	25
第 3 章	网络二次设备技术	33
3.1	站域保护	33
3.2	网络二次结构	39
3.3	220kV 杉树变电站应用实例	46
3.4	110kV 君山变电站应用实例	50
3.5	智能变电站二次安全措施可视化设计及应用	59
第 4 章	智能变电站防止误操作逻辑	61
4.1	站控层“五防”	61
4.2	间隔层“五防”	62
4.3	过程层“五防”	63

4.4	“五防”逻辑	63
4.5	验收内容	67
第 5 章	异常处理案例	69
5.1	常见异常信号分析	69
5.2	常见异常处理意见	70
5.3	GIS 组合电器安装异常处理	78
第 6 章	运维检修总结与防范	84
6.1	核对信号点表总结	84
6.2	TV 并列问题调试总结	86
6.3	“三遥”问题调试总结	86
6.4	防范	89
附录 A		91
附录 B		93
附录 C		95
参考文献		99

第 1 章

概 述



变电站运维检修技术是确保变电站长期可靠稳定经济运行的重要保障，已在全球范围推广应用，形成了一系列方法特点，一直以来我国电网企业高度重视变电站运维检修技术，并将其规范化、标准化，同时又注重不同地区不同设备的特点，严格制定了相关运检技术规程规要。

新一代智能变电站采用低功率、紧凑型、数字化的新型全光纤式电流互感器和电压互感器代替常规电流互感器和电压互感器；将高电压、大电流直接变换为低电平信号或光信号，利用高速以太网构成变电站数据采集及传输系统，实现基于 IEC 61850 标准的统一信息建模，并采用智能断路器控制等技术，这使得变电站自动化技术在常规变电站的基础上实现了巨大跨越。

然而由于新一代智能变电站全光纤电流互感器等新型设备的应用，其无磁饱和、容量大、传输快等特点突出的同时，运维检修的方法也发生了显著变化，湿度、温度、熔纤以及其他因素将对运维检修带来一定的挑战。

1.1 新一代智能变电站主要技术特征

1. 数据采集数字化

电流、电压的采集环节采用非常规互感器，如光电式互感器或电子式互感器，实现了电气量数据采集环节的数字化应用。

2. 系统分层分布化

根据 IEC 61850 标准的描述，智能变电站的一、二次设备可分为 3 层：①站控层（变电站层）；②间隔层；③过程层。过程层通常又称为设备层，变电站综合自动化系统主要指间隔层和站控层。

3. 系统结构紧凑

紧凑型组合电器将断路器、隔离开关和接地刀闸、TA 和 TV 等组合在一个 SF₆ 绝缘的密封壳体内，实现了变电站布置的紧凑化。

4. 系统建模标准化

IEC 61850 标准为智能变电站自动化系统定义了统一、标准化信息和信息交换模型。

5. 信息交互网络化

新一代智能变电站内设备之间连接全部采用高速的网络通信，二次设备不再出现常规功能装置重复的 I/O 现场接口，通过网络真正实现数据共享、资源共享，常规的功能装置变成了逻辑的功能模块。

6. 设备操作智能化

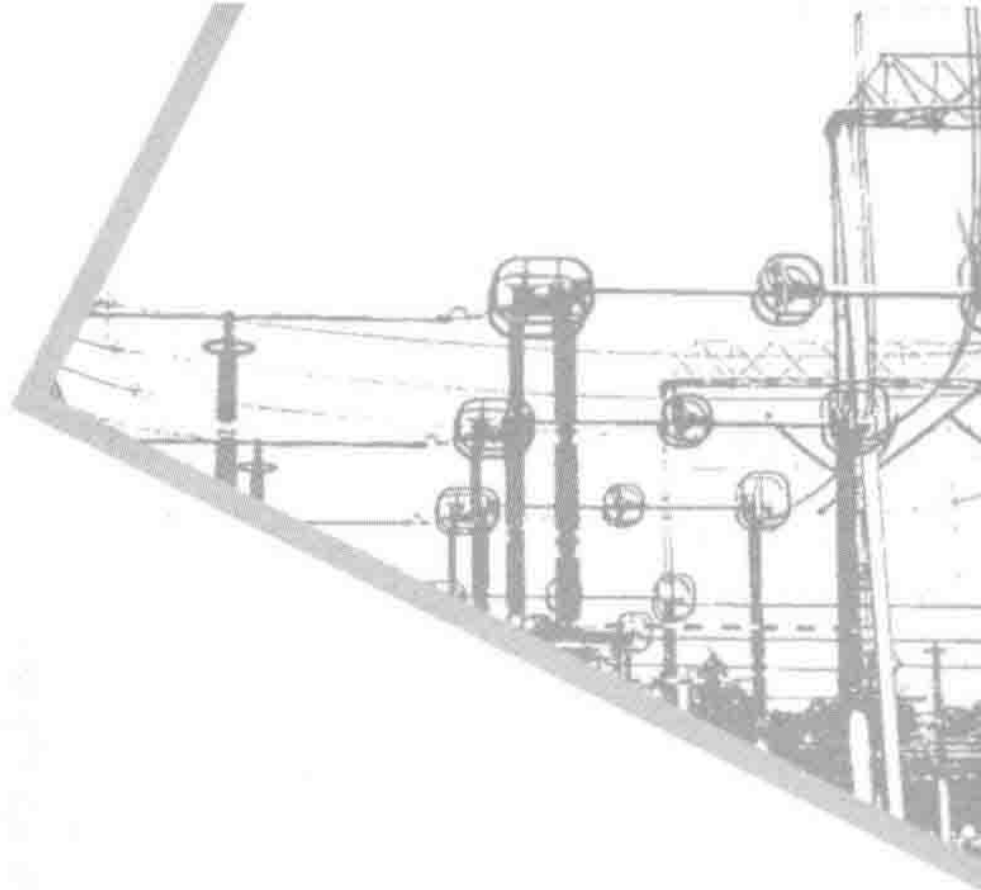
高压断路器二次技术的发展趋势是用微电子、计算机技术和非常规互感器建立新的断路器二次系统。

1.2 新一代智能变电站运检特点

为适应新的要求及形势，同时充分利用智能变电站全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化等突出特点，借助 220kV 杉树智能变电站和 110kV 君山智能变电站投运的契机，变电运维人员成立智能变电站研讨攻关小组，借力打力，全方位参与智能变电站的出厂设计、设备安装、运行调试和检修，例如我们首次与厂家沟通，将智能变电站二次安全措施可视化与监控系统后台对接，完成《智能变电站二次安全措施可视化探讨与研究》QC 成果，我们将智能变电站防止误操作从站控层、间隔层开始完善，并取消了与传统变电站相冲突的逻辑回路等，这些在全省乃至全国，都是智能化变电站运维突破性的成果。

第2章

智能一次设备技术



本章将介绍作为智能变电站内重要一次元件的智能式隔离断路器、三工位隔离开关、非常规互感器、充气式开关柜、户外气体绝缘母线（gas insulated bus, GIB）、预制舱的基本功能和实现技术，以微电子、计算机技术和新型传感器建立新的二次系统，这意味着数字化技术的应用从二次延伸到了一次系统，保护和控制命令可以通过光纤网络实现与断路器操动机构的数字化接口，这种实现技术使得变电站的过程层也得以数字化。因此，过程层总线和间隔层总线的合并将成为可能，这将为全数字化变电站技术的实现提供基础。

2.1 智能式隔离断路器

变电站的设计原则由原来的断路器两侧设置隔离开关，改为将隔离功能集成到断路器中，这样取消了线路侧隔离开关而形成的断路器，称之为智能式隔离式断路器（disconnecting circuit breakers, DCB）。

2.1.1 智能式隔离断路器的基本结构及优势

额定电压为 126kV 的智能式隔离断路器是三相机械联动式，额定电压为 252kV 的集成式智能隔离断路器是分相式，每一相包括隔离断路器、断路器机构、接地开关、接地开关机构、闭锁装置、智能化组件、无源光电式电流互感器等部件，其最大的特点是：没有线路侧隔离开关。126 和 252kV 集成式智能隔离断路器分别如图 2-1 和图 2-2 所示。

采用集成式隔离断路器可以大大简化系统的设计和接线方式，优化检修策略，具有减少设备用量、减小变电站占地面积以及节约成本等诸多优势。

传统变电站布置示意图和新一代智能变电站布置示意图分别如图 2-3 和图 2-4 所示。

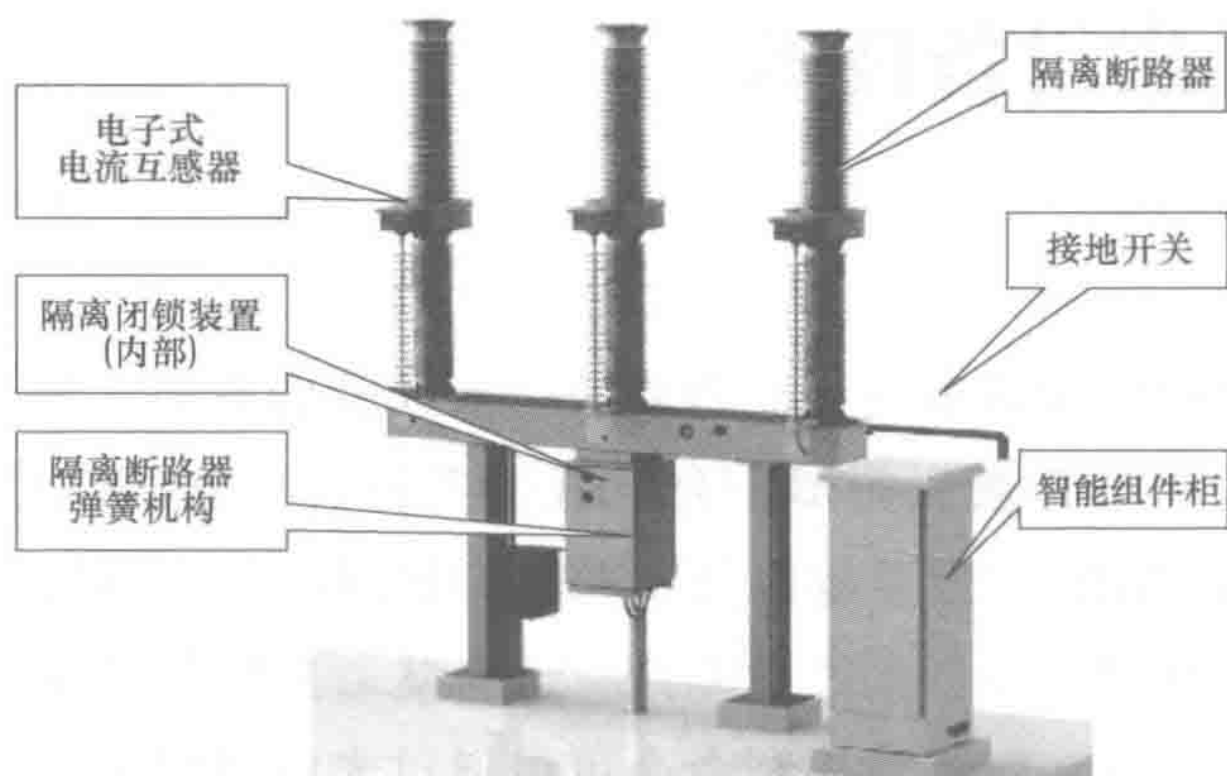


图 2-1 126kV 智能式隔离断路器

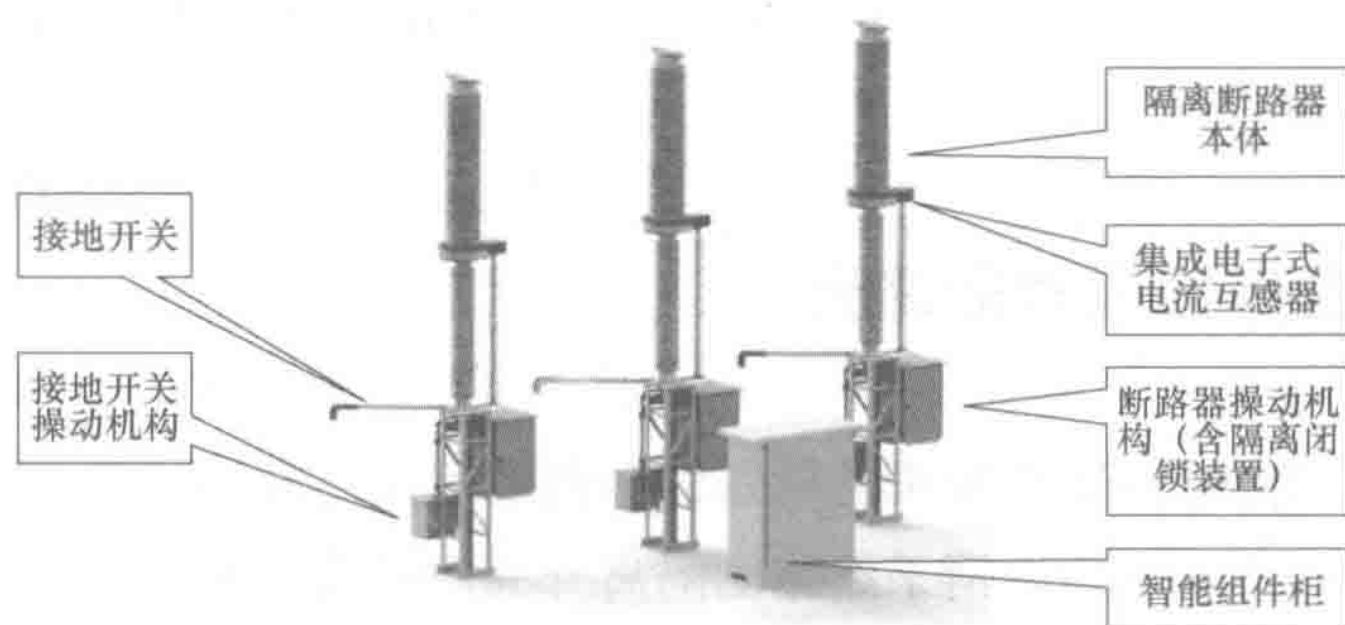


图 2-2 252kV 智能式隔离断路器

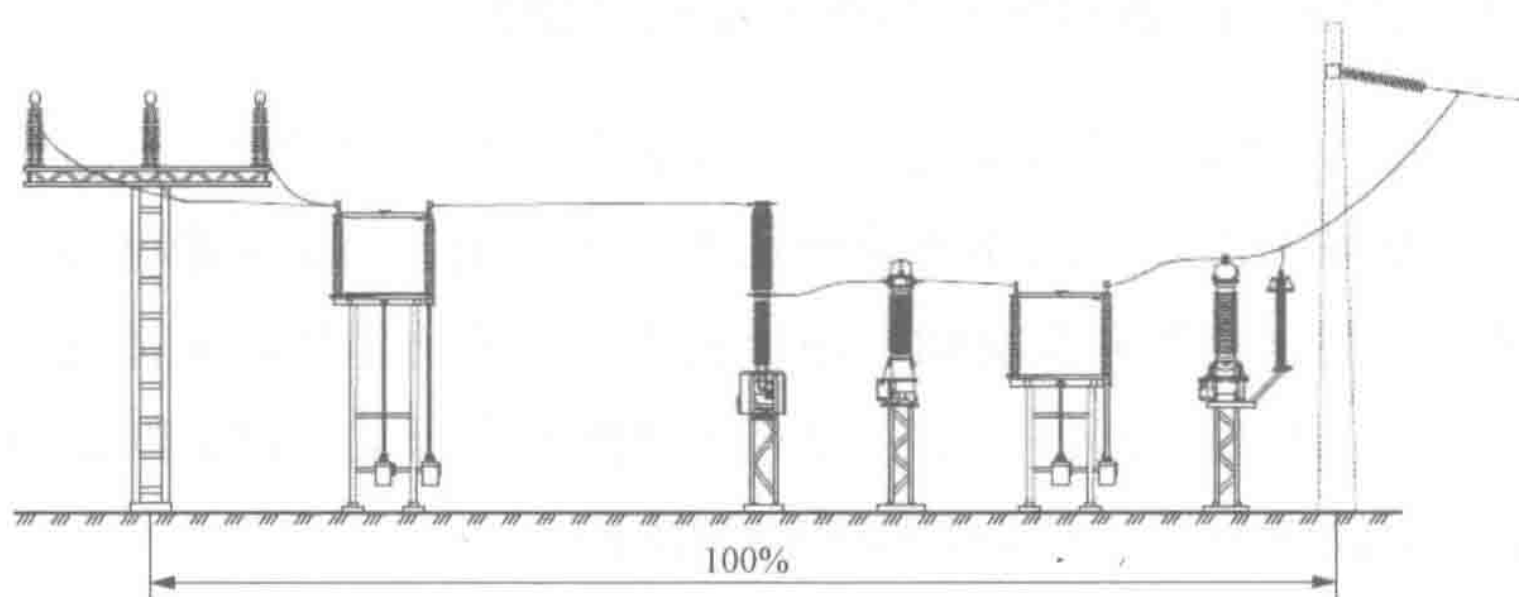


图 2-3 传统变电站布置示意图

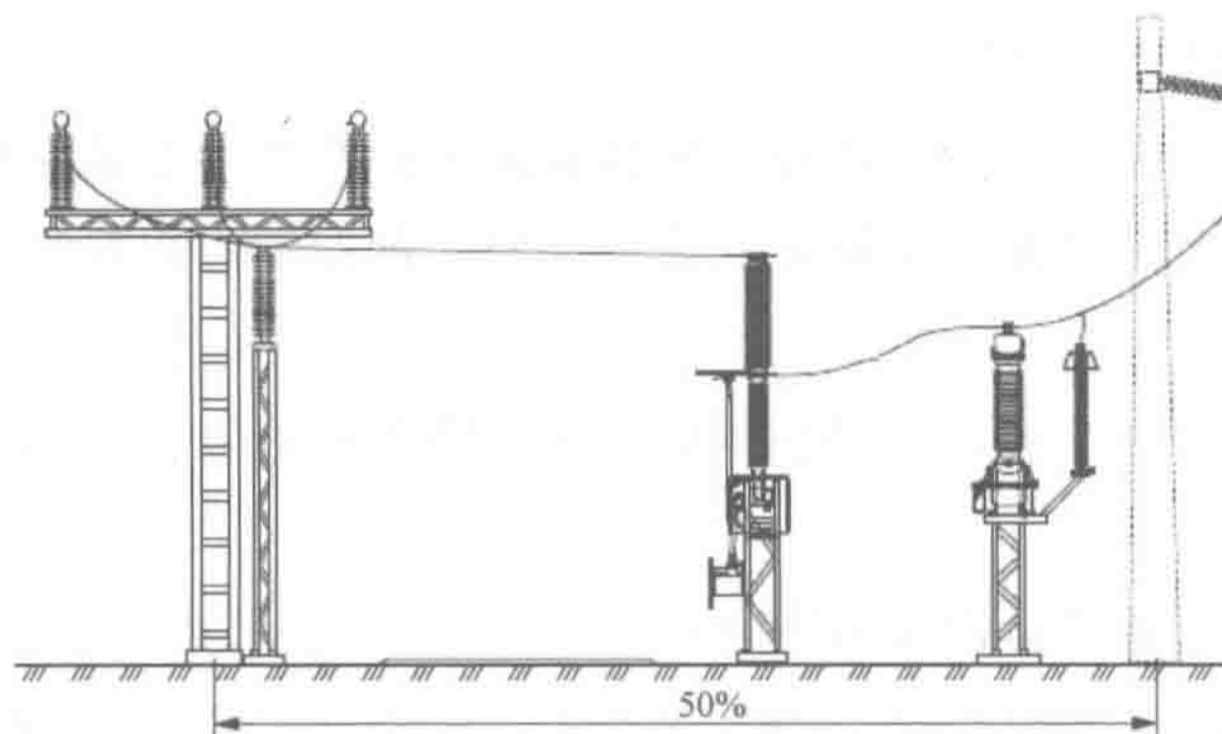


图 2-4 新一代智能变电站布置示意图

2.1.2 智能式隔离式断路器的闭锁及停、送电操作顺序

隔离式断路器的闭锁系统包括机械闭锁系统和电气闭锁系统。

1. 机械闭锁系统

机械闭锁包括断路器分闸状态的闭锁和断路器合闸状态时接地开关的闭锁，具体原理参见图 2-5 隔离式断路器机械闭锁流程图。

2. 电气闭锁系统

电气闭锁实现原则，如图 2-6 隔离断路器位置及操作关系所示：

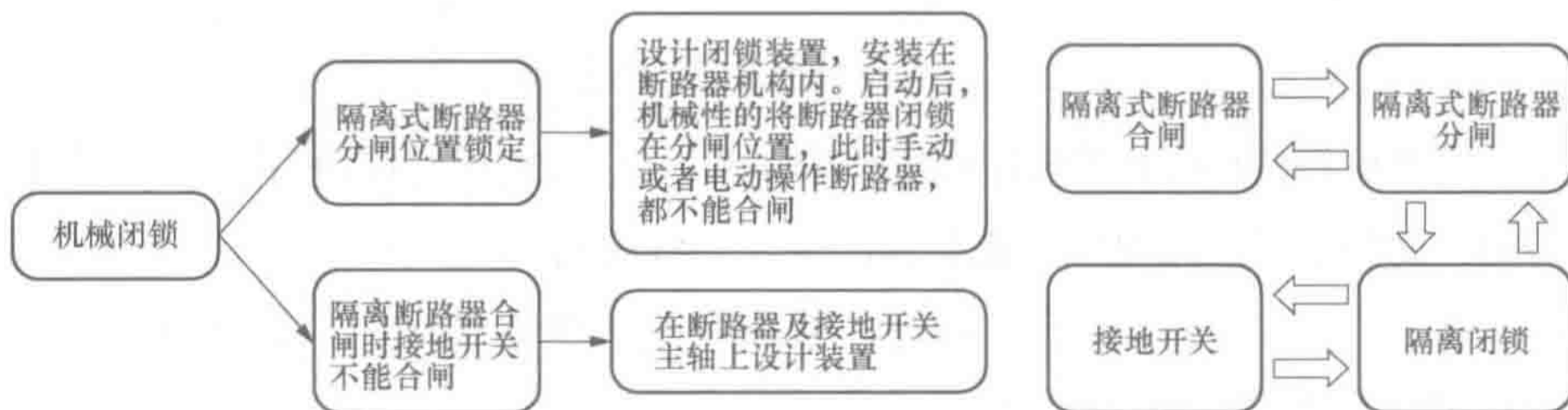


图 2-5 隔离式断路器机械闭锁流程图

图 2-6 隔离式断路器位置及操作关系

- (1) 当隔离式断路器合闸时，闭锁装置和接地开关都被锁在分闸位置。
- (2) 当隔离式断路器分闸、闭锁装置未启动时，隔离式断路器和闭锁装置均可以操作，但接地开关操作被限制。
- (3) 隔离式断路器分闸、闭锁装置启动时，接地开关可以操作，隔离

式断路器被锁在分闸位置。

(4) 接地开关合闸时，闭锁装置和隔离式断路器均不能操作。

(5) 接地开关分闸、闭锁装置未启动时，断路器可以操作，接地开关操作被限制。

(6) 接地开关分闸，闭锁装置启动时，断路器被锁在分闸位置，接地开关可以操作。

因此断路器转检修操作顺序为：

先拉开断路器，再拉开母线侧隔离开关，后合上三相电气闭锁装置，而后再操作 DCB 的接地刀闸或者母线侧接地刀闸，隔离断路器转检修顺序如图 2-7 所示。

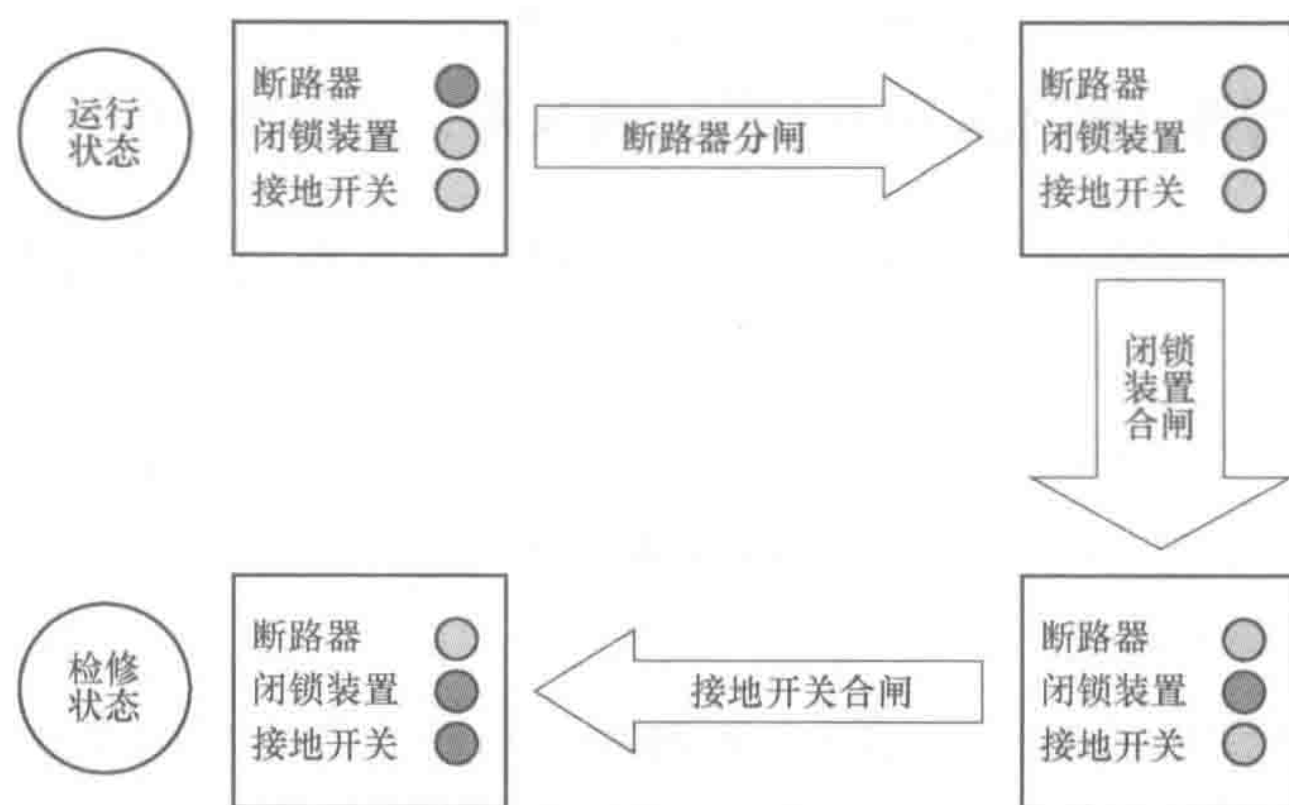


图 2-7 隔离断路器转检修顺序

同理可得，断路器的转运行操作顺序为：拉开 DCB 的接地刀闸、母线侧接地刀闸，而后拉开三相电气闭锁装置，再合上母线侧隔离开关，最后合上断路器。

操作注意：间隔处于检修时，断路器是不能够传动的，因此间隔检修建议在线路侧和母线侧挂地线。

2.2 三工位隔离开关

2.2.1 三工位隔离/接地开关

110kV 君山智能变电站 110kV 部分隔离开关均采用三工位隔离/接地开

关，三工位隔离/接地开关结合了隔离开关和检修用接地开关的功能，用于建立起主回路电气系统的安全工作绝缘距离，同时形成主回路接地，该设备集成于气体绝缘金属封闭开关设备中，作为隔离开关和接地开关使用，隔离开关与接地开关共用一台操动机构。

2.2.2 总体结构

三工位隔离/接地开关采用 GR 型（直角型），母线侧和出线侧使用同一种结构。外壳上装有 SF₆ 密度计、SF₆ 充气阀门、操动机构等，机构箱上有隔离开关、接地开关位置指示器及电缆插接接口。三工位隔离/接地开关的外形如图 2-8 所示。

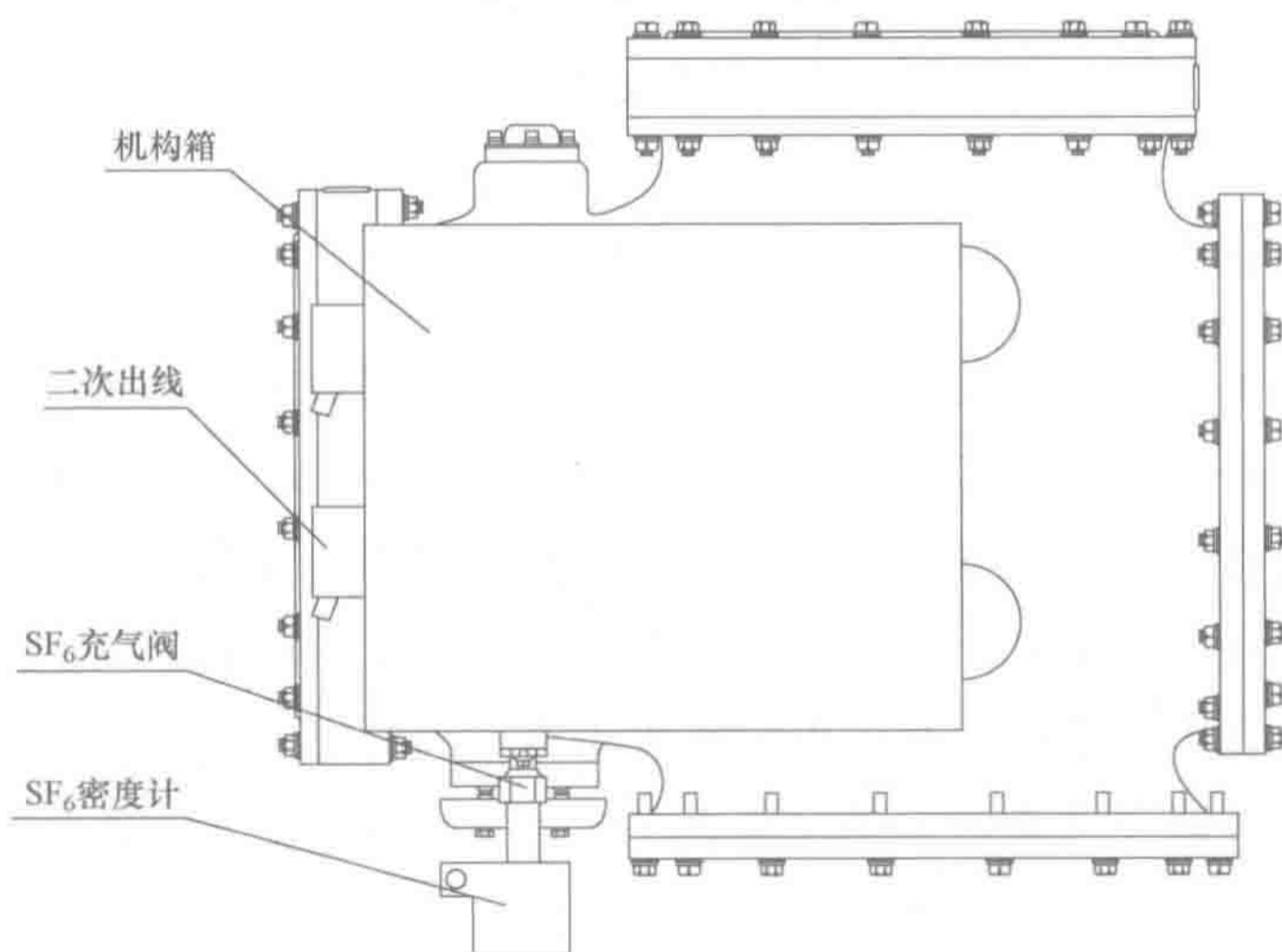


图 2-8 三工位隔离/接地开关

2.2.3 内部结构

三工位隔离/接地开关外壳内充有额定压力的 SF₆ 气体，开关高电位部件由盆式绝缘子绝缘、支撑、定位，接地开关静触头装配由绝缘法兰与壳体支撑、分隔、定位，接地开关可用于主回路的电阻测量，及开关元件时间特性的测量等。传动部分是由操动机构的输出齿轮做旋转运动，带动齿轮、绝缘

拉杆等零部件旋转，绝缘拉杆又带动导体内的齿轮做同步旋转，齿轮带动动触头上齿条运动，从而使三工位隔离/接地开关动触头做往复直线运动来完成分合操作的。三工位隔离/接地开关内部结构如图 2-9 所示。

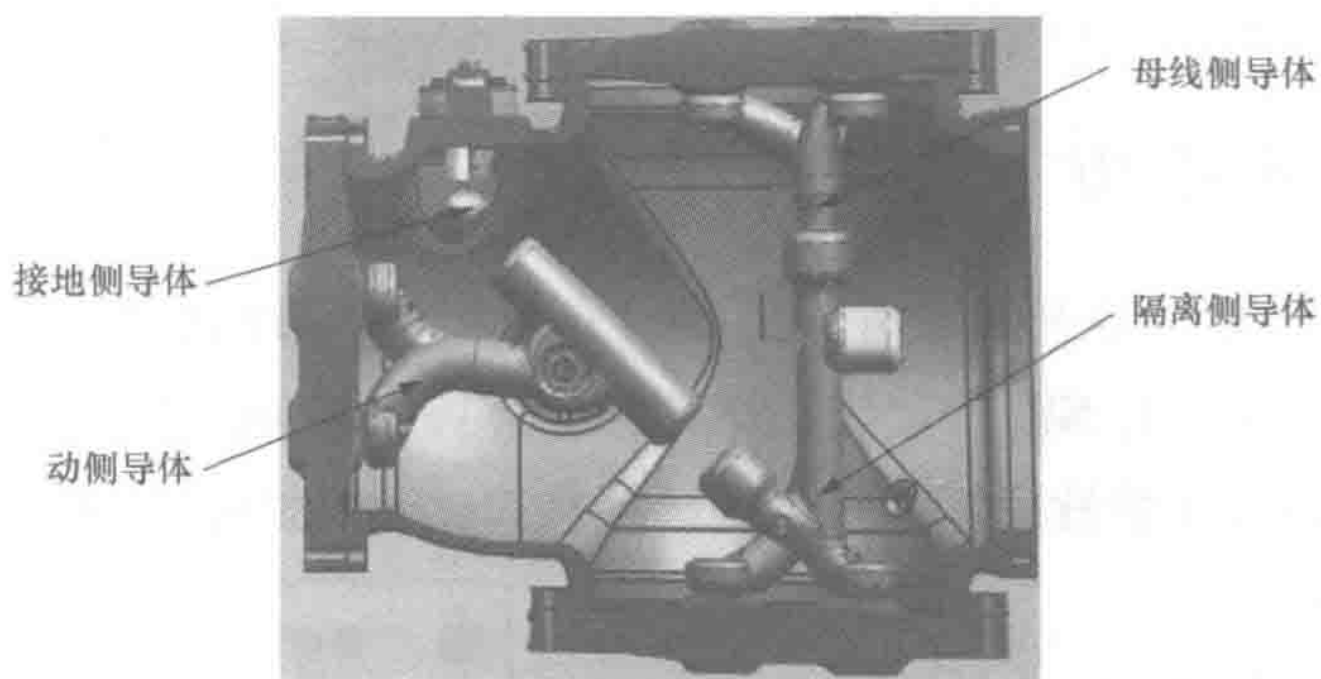


图 2-9 三工位隔离/接地开关内部结构图

2.2.4 工作原理

隔离开关和接地开关共用一个两端式触头，可实现 3 种工况：隔离开关合同时接地开关分；隔离开关分同时接地开关分（中间工位）；隔离开关分同时接地开关合。三位置开关装置的结构特点，可以实现隔离开关和接地开关的机械联锁功能。因此，当接地开关接地后，既可从机械上保证隔离开关必然断开，建立电气系统安全工作的绝缘距离，同时形成安全接地，进行检修段的工作。接地开关静触头通过绝缘子中心导体引出密封的壳体外，可方便地测量主回路电阻和测取开关信号。

2.2.5 操作注意事项

三工位隔离/接地开关可手动操作或电动操作，其中电动操作既可从就地控制柜就地操作也可从主控室远动操作，110kV 君山变电站采用的是在主控室远动操作。

2.2.6 电动和手动操作前确认事项

确认相关的其他设备、元件的状态是否允许该机构进行操作，是否满足

外部联锁条件。

2.2.7 电动操作注意事项

- (1) 确认机构活门是否处于电动操作位置。
- (2) 确认控制回路和电机回路电压是否正常。
- (3) 发出电动操作信号后，应由机构自行完成操作及断电不得人为断电，以免影响分、合闸准确到位（操作过程中发生异常时，必须立即停止操作的情况除外）。不能用手按接触器启动电机进行操作。

2.2.8 手动操作注意事项

确认手摇操作到位，听到“咔、咔”声响后，手柄才能取出。

2.3 非常规互感器

2.3.1 有源电子式互感器

1. 安装方法

220kV 杉树变电站 220kV 和 110kV 区域采用的电压互感器为电子式电容分压电压互感器（electronic voltage transformer, EVT），其基本原理和实物分别如图 2-10 和图 2-11 所示：

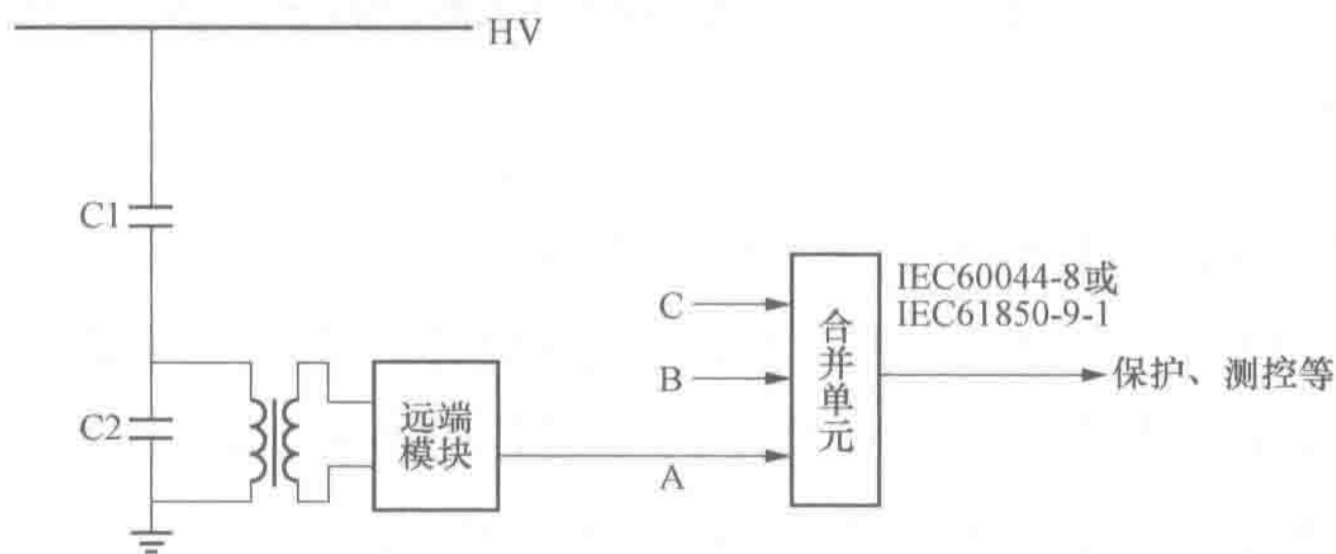


图 2-10 EVT 工作原理图

具体安装方法如下：电子式电容分压电压互感器每一相只含有 1 个电容