

500kV 变电所 电气部分设计及运行

下 册

500kV BIANDIANSUO
DIANQIBUFEN
SHEJI JI YUNXING

何新民 宋继成

水利电力出版社

500kV变电所电气部分设计及运行

下 册

何新民 宋继成

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 13.75印张 308千字 2 插图

1989年5月第一版 1989年5月北京第一次印刷

印数0001—6340册定价6.90元

ISBN 7-120-00571-5/TM·148

内 容 提 要

本书是在总结我国第一批500kV变电所的设计、施工、调试和运行实践经验的基础上，参阅了有关的资料和文献而写成的。

书中全面、详细地介绍了500kV变电所二次线设计和运行方面的特点。全书共分十二章，包括500kV变电所的控制系統，微处理机的应用，元件保护， $1\frac{1}{2}$ 断路器接线二次线设计的特点，电流电压互感器的选择，同期、二次回路抗干扰，无功——电压的自动调节，工程心理学知识在二次线设计上的应用，直流以及二次回路的运行维护等。

本书内容丰富，体裁新颖，技术先进并紧密联系实际。除了文字论述外，书中还有大量图表、公式以及工程应用的实例。本书可供从事500kV变电所电气专业的设计、运行和安装的工程技术人员阅读。本书又是对二次线专业主要问题的综合论述和进一步提高，因此它可供所有从事二次线专业设计、运行和安装人员参阅，也可作为高等院校电力工程系的教学参考书。

前 言

自1982年我国第一个以进口设备为主的500kV平武输变电工程投入运行以来,我国500kV电网有了较快的发展。一批500kV变电所相继建成并投入运行。1984年东北电网的500kV锦州、辽阳变电所投入运行;1985年华北电网的500kV房山变电所投入运行。目前在东北、华北、华东、中南、华南等电网中还有一批500kV变电所正在建设和设计之中。第七个五年计划期间,在我国电网中还将兴建更多的500kV变电所。

由于500kV变电所本身的特点,使得在二次线设计上遇到了一些与220kV变电所不同的新问题。对这些问题的研究和解决,促进了二次线设计的进步。通过第一批采用国产设备并由我国技术人员自行设计的500kV变电所的设计、施工、调试和运行,在各方面都积累了一些可贵的经验。为了总结这些经验,交流技术,促进二次线专业设计的进步,并为今后500kV变电所设计和运行提供参考,我们撰写了本书。

本书所讨论的内容都是500kV变电所设计和运行中所遇到的特有的问题,对于那些与220kV变电所有共性的问题,本书不再讨论。本书所涉及的一、二次设备均以国产设备为主,对于一些问题的讨论也是从我国的实际情况出发,提出了作者的意见和看法。但在讨论每一问题时,为了使读者能开扩眼界,更全面地了解情况,书中也力求介绍一些国外情况,以供借鉴。

本书共分十二章,其中第一、二、三、四、七、八、九、十一、十二章由宋继成同志编写;第五、六、十章由何新民同志编写。全书由宋继成同志统稿。

由于条件所限,作者对某些问题的看法也可能带有片面性,书中难免有谬误和不当之处,欢迎读者随时批评指正。

丁顺安同志审阅了全部书稿,提出了许多宝贵意见,还有许多同志也提出了不少建设性意见,在此一并致谢。

作 者

一九八七年一月

目 录

前 言

第一章 500kV变电所的控制系统	1
第一节 500kV变电所控制系统的基本特征	1
第二节 500kV变电所的控制方式	3
第三节 断路器的控制方式	14
第四节 500kV断路器的控制回路接线	21
第五节 隔离开关的控制和闭锁	27
第六节 控制屏(台)的选择	38
第七节 主控制室设计及有关工程心理学方面的问题	42
第二章 计算机在500kV变电所监控系统中的应用	49
第一节 现有变电所的监控系统	49
第二节 现有监控系统存在的问题	50
第三节 在监控系统中应用计算机	52
第四节 计算机系统和现有监控系统的关系	56
第五节 计算机的应用举例	58
第三章 500kV变电所的信号装置	62
第一节 概述	62
第二节 事故信号和预告信号装置	63
第三节 位置信号和动作信号	72
第四节 信号系统的其他问题	78
第四章 $1\frac{1}{2}$ 断路器接线在二次线上的特点	80
第一节 安装单位的划分	80
第二节 交流电流回路	81
第三节 交流电压回路	86
第四节 直流及控制信号回路	87
第五节 同期回路	87
第六节 隔离开关的安全操作闭锁	90
第七节 断路器失灵保护和远方跳闸	90
第八节 自动重合闸	91
第九节 保护及二次回路停电检修的考虑	92
第五章 变电所用的同期捕捉装置	93
第一节 同期操作的现状和问题	93
第二节 ZTB-1型同期捕捉装置的工作原理	94
第三节 ZTB-1型同期捕捉装置的技术性能和整定计算	97
第六章 电流互感器和电压互感器的二次回路	100
第一节 电流互感器正常参数的选择	100
第二节 电流互感器暂态过程的计算和分析	104

第三节	暂态保护型电流互感器的分级和参数选择	108
第四节	国产的500kV电流互感器及其使用	110
第五节	500kV变电所的电压互感器	113
第七章	500kV电力变压器的继电保护	118
第一节	500kV电力变压器继电保护的特点	118
第二节	差动保护	119
第三节	相间后备保护	136
第四节	接地后备保护	138
第五节	过励磁保护	142
第六节	瓦斯保护	144
第七节	过负荷保护	146
第八节	分裂变压器的差电压保护	146
第九节	变压器保护的配置实例	148
第八章	并联电抗器的保护	152
第一节	概述	152
第二节	接在线路上的并联电抗器保护	153
第三节	接在变压器低压侧的并联电抗器保护	157
第九章	电力电容器的保护	159
第一节	概述	159
第二节	电力电容器的故障和不正常运行方式	159
第三节	电力电容器的保护特点	161
第四节	电力电容器的熔断器保护	161
第五节	电力电容器的过电压保护	164
第六节	电容器组的过电流保护	168
第七节	电容器的失压保护	168
第十章	500kV变电所所用变压器的继电保护	169
第一节	500kV变电所所用变压器继电保护的特点	169
第二节	500kV变电所所用变压器相间短路保护	170
第三节	500kV变电所所用变压器0.4kV侧的单相接地短路保护	171
第十一章	500kV变电所二次线方面的其他问题	174
第一节	无功-电压的自动调节	174
第二节	500kV变电所的抗干扰问题	183
第三节	500kV变电所二次设备的运行维护	189
第十二章	直流系统	192
第一节	概述	192
第二节	直流系统的接线	192
第三节	直流系统的工作电压	194
第四节	蓄电池组及其附属设备的选择	197
第五节	充电和浮充电设备的选择	209
参考文献		212

第一章 500kV变电所的控制系统

第一节 500kV变电所控制系统的基本特征

500kV变电所与330kV及以下变电所相比，具有许多特点，其中对控制系统设计有影响的特点如下：

一、对控制系统的可靠性要求高

500kV变电所的容量大，电压高，出线回路数多，在电力系统中一般都是电力输送的枢纽性变电所。在我国已经投入运行和正在建设中的500kV变电所，一般都装设有两组750MVA主变压器。其容量约为330kV变电所的3~5倍；为220kV变电所的5~8倍。变电所的高压和中压母线一般都有大量的功率转送。大多数500kV变压器的低压侧都装有大容量的无功功率补偿设备。所以，500kV变电所在电力系统中的地位是极为重要的。由于控制、保护等方面的任何失误，造成变电所的故障或事故，不仅影响变电所自身的安全运行，而且对电力系统的影响也很大，往往会造成极为严重的后果。因此，要求500kV变电所的控制系统应具有高度的可靠性。

二、被控制的对象多

因500kV变电所的容量大，并且在高、中压侧还转送大量功率，所以，高、中压侧的出线回路数较多。一般，一个500kV变电所500kV侧出线为4~8回；220kV出线为10~14回。为提高运行的可靠性，500kV和220kV配电装置都采用了可靠性高的接线方式。例如，双母线分段带旁路或 $1\frac{1}{2}$ 断路器接线等。在变电所中，220kV及以上的隔离开关都装有带动力的操动机构，可实现就地或远方控制。除了高压配电装置中大量的断路器和隔离开关需要控制外，还有变压器的有载调压开关、无功功率补偿装置、变电所的自用电系统、直流系统、不停电电源系统等都需要控制。所以，500kV变电所需要控制的对象数量远大于330kV及220kV变电所。表1-1列出了六个500kV变电所需要控制的220kV和500kV高压设备的数量。

表 1-1 500kV变电所被控的对象统计表

变 电 所 名 称	断 路 器				隔 离 开 关			控制对象
	500kV	220kV	其 他	总 数	500kV	220kV	总 数	总 数
500kV锦州变电所	17	9		26	51	31	82	108
500kV辽阳变电所	16	20	24	60	51	69	120	180
500kV海城变电所	15	16	24	55	47	57	104	159
500kV凤凰山变电所	16	19	4	39	36	68	104	143
500kV双河变电所	16	19		35	36	68	104	139
500kV房山变电所	14	16	130	60	34	61	95	155

由表可见500kV变电所需要大量的控制设备。如果采用过去一般220kV变电所常用的强电一对一控制方式，就需要大量控制屏才能布置下这些控制设备，从而增加了主控制室的监视面，给运行人员的正常监视和处理事故时的操作带来了不便。因此要求在500kV变电所控制方式选择时，尽可能采用小型化的控制设备，以求达到缩小监视面，方便运行人员的监视和操作的目。

三、控制对象的距离远

在500kV变电所中，500kV和220kV配电装置多采用中型布置，规模庞大，各配电装置之间以及各配电装置和主控制室之间距离较远，整个500kV变电所的占地面积远大于330kV及220kV变电所的占地面积。近年来对投入运行的变电所的统计表明：一般220kV变电所的平均占地面积为 $2.8 \times 10^4 \text{m}^2$ ，控制电缆长度一般在200m以内；330kV变电所的平均占地面积为 $4.1 \times 10^4 \text{m}^2$ ，控制电缆长度一般在300m以内；500kV变电所的平均占地面积为 $12 \times 10^4 \text{m}^2$ ，最长控制电缆为500m。由于控制对象远，控制电缆长，因而加大了控制电缆中的电压降。所以，在控制回路工作电压的选择，控制电缆的截面计算以及在控制回路的构成方式设计时，都必须充分考虑这种情况，并妥善解决由于控制电缆中电压降而产生的若干问题。另外，由于电流、电压互感器二次回路电缆长，引起二次负担加大，影响测量表计和继电保护装置测量环节测量的准确度，甚至有可能造成这些装置的不正常工作。在500kV变电所设计时，对这些问题也必须采取相应的对策。

四、控制电缆用量大

在500kV变电所中，由于被控制的对象多，控制距离远，控制、信号、继电保护的接线也比较复杂，这就引起了控制电缆用量的大幅度增加。根据近年来东北电网新投入运行的220kV变电所的统计，控制电缆的平均用量不超过25km。而500kV变电所的控制电缆用量一般都要超过100km，500kV辽阳变电所，按最终规模统计控制电缆用量为158.2km。

在采用集中控制方式的情况下，由于控制电缆根数多，户外配电装置的主要电缆通道和主控制室的电缆入口部分，不能采用一般的电缆沟，往往需要采用大断面的钢筋混凝土电缆隧道。主控制楼也要加电缆半层，这就增加了变电所的土建投资。所以，在500kV变电所控制方式的选择和控制回路设计时，如何采取对策，尽可能减少控制电缆用量，简化电缆敷设的辅助设施，是降低变电所造价，提高经济效益不可忽视的部分。

五、要求自动化水平高

要求500kV变电所在控制上有较高的自动化水平，这是出于以下两方面的考虑：一方面，500kV变电所的被控对象数量多，工作电压高，操作功率大。全靠人力操作，不仅增加运行人员的体力劳动，而且有的设备在正常情况下不允许用人力去操作。例如，220kV以下隔离开关一般可以由人力来操作，而500kV隔离开关则必须由带动力的操动机构操作，才能保证主触头开合闸时所需要的速度。另一方面，由人力操作对人身和设备都不安全。所以，为了实现对高压设备安全可靠的操作，减轻运行人员的劳动强度，在500kV变电所的控制系统设计上，尽可能多的采用可靠的自动化和省力化设备。

随着电力系统的不断发展，为保障安全可靠地供电，对电力系统自动化水平要求也越

来越高。尽管我国目前大多数发电厂和超高压变电所还都是有人值班的运行方式，但最终必将过渡到由系统的调度中心进行统一的集中操作管理。所以，提高500kV变电所控制系统的自动化水平，也就为实现电力系统的全盘自动化打下了基础。这就要求在设计500kV变电所的控制系统时，要考虑为将来实现电力系统自动化提供方便。

500kV平武工程中的变电所，首先采用了由微处理机构成的信息处理系统。我国自行设计的500kV变电所，对微处理机的应用研究工作已经全面展开。第一套由我国工程技术人员自己研制的，用于500kV变电所的微处理机监测系统已经在500kV海城变电所投入运行。微处理机引入二次线领域，将引起二次线设计带根本性的变革。可以预言，二次线领域内的控制、保护、测量、信号、调节等必将逐步地被微处理机构成的装置所代替。不言而喻，微处理机在500kV变电所中的应用将会越来越广泛，越来越深入。在设计新的500kV变电所时，应用微处理机是采用新技术，提高设计水平带方向性的问题之一。我们将在第二章着重论述这个问题。

六、抗干扰问题突出

在500kV变电所中，由于电压等级的提高，配电装置的电磁场强度增强。因此，在500kV变电所中的电磁干扰水平普遍提高。另一方面，在500kV变电所中越来越多地采用由半导体元件和微处理机构成的弱电设备，这些设备对电磁干扰的抗御能力一般都低于强电型二次设备。例如，500kV凤凰山变电所投入运行的初期，就因断路器的可控硅加速回路受电磁干扰而发生过多次数断路器误动作。所以，御防电磁干扰是500kV变电所控制系统设计中必须引起注意的一个问题。我们将在第十一章第二节中详细讨论这个问题。

第二节 500kV变电所的控制方式

在确定500kV变电所的控制方式时，除了考虑前节所述的基本特征外，还要考虑到运行习惯，运行水平，一、二次设备的生产供应情况等因素。在实用上，可供选择的500kV变电所的控制方式，大体上可分成集中控制和分散控制两种，现就这两种控制方式的有关问题分述于后。

一、集中控制

变电所的集中控制就是全所只设一个主控制室。全部控制、信号、继电保护、测量等二次设备都集中安装在主控制室内。主控制室内经常有值班人员。值班员通过信号系统、测量系统和控制设备对全所进行监视和控制；通过通讯设备和电力系统的调度中心联系。变电所内的各断路器、隔离开关等开关设备的位置信号以及线路、变压器、无功功率补偿装置的有功功率、无功功率等电气量，通过远动装置发送到系统的调度中心。系统调度对变电所各断路器和隔离开关的控制是通过下达调度命令，由变电所的值班员执行。

在变电所内，运行人员对各断路器、隔离开关、变压器有载调压开关的控制，通常是在主控制室的控制屏（台）上进行的。在非常情况下值班员也可以通过这些设备的就地控制开关或按钮，就地控制。

对变电所中的其他辅助设施，如所用电系统、直流系统、不停电电源系统、空气压缩

机系统等的控制，一般不在主控制室主环内的控制屏（台）上进行，而在就地或控制室主环以外的地方控制。

在我国，现已投入运行的330kV和220kV变电所，绝大多数都是采用这种控制方式。八十年代投入的凤凰山、双河、锦州、辽阳、海城等500kV变电所也是采用这种控制方式。我国运行人员对集中控制方式既熟悉又习惯，并有丰富的运行经验。它的优点是：控制、继电保护、信号、测量等系统的设备都集中安装在控制室内，设备之间的联系电缆短；运行人员对这些设备的监视、检修和维护都比较方便；控制、信号系统的接线也比较简单。运行实践证明，集中控制方式的可靠性是相当高的。

500kV变电所采用这种控制方式之后，出现下面一些新的问题：

1. 控制电缆用量大

正如前节所述，变电所的控制对象多，距离远，一次系统及二次设备接线复杂，使得控制电缆的用量大增。采用集中控制，控制电缆用量增加的问题就更为突出。例如，500kV辽阳变电所，控制电缆的总长度已达158km之多，其中84.2%用于户外。由于控制回路和电流电压回路电缆的加长，为了减少控制电缆中能量和电压的损失，往往还要加大电缆截面，这就进一步增加了有色金属的消耗，增加了电缆工程的费用，这是集中控制方式的一个主要缺点。

因电缆的数量多，使电缆敷设麻烦。在配电装置的主要电缆通道往往需要采用大断面的电缆隧道或特殊结构的电缆沟；电缆埋管长而且多，处理不好管内积水，在冬季容易造成冻断电缆事故。在500kV变电所，对电缆的维护工作量也比220kV变电所大的多。

2. 电流互感器二次负担重

由于电流回路电缆长，增加了电流互感器的二次负担。国产电流互感器的二次电流有两种，一种是5A，一种是1A。500kV电流互感器的二次电流一般为1A；220kV电流互感器的二次电流为5A或1A。计算表明，为保证电流互感器二次负担不超过允许值，在二次电流为1A，电缆长度不超过500m时，电流回路电缆截面不大于4mm²。在同样条件下，二次电流为5A时，电流回路电缆截面需要10mm²以上。而电缆截面到6mm²时，一般在端子排上连接已经很困难了。所以，对于500kV变电所，继电保护集中布置在主控制室的情况下，电流互感器的二次电流不宜采用5A而采用1A。这样，在大多数情况下都可以满足电流互感器二次负担不超过允许值的要求。

3. 电压回路测量误差大

电压互感器二次回路电缆的增长，增加了测量回路的误差。电压互感器二次侧接有继电保护和测量表计的电压线圈，电压回路电缆中的压降增大就增加了电压测量回路的误差，可造成如下的不良后果：

①使阻抗继电器的测量误差增大，可能失去选择性；

②对指示性表计，如电压表、功率表等，由于测量误差增大而不能真实反应一次系统的情况，使得在正常情况下不利于对系统的监视，事故时不利于对事故的分析 and 处理；

③对电能测量误差增大会造成经济上的损失，例如，由于到用户线路的电度表电压回路压降增大，会少计电量，使电力部门蒙受经济上的损失，由于线路送电侧和受电侧电能

测量误差的不同，造成电网电能不平衡的假象，而无法分析电网的经济运行情况。

《电气测量仪表装置设计技术规程》SDJ9-82规定“电压互感器至0.5级的电度表，计费用的电度表和功率表等二次回路应采用单独的电缆引接，其电压降不应超过额定二次电压的0.5%”。在500kV变电所，每回500kV线路都接有专用的电压互感器，并且，每组电压互感器都有专供接测量表计的二次绕组。所以，一般情况下无需特殊加大测量回路电缆截面，就能满足对电压回路测量误差的要求。220kV线路，一般没有专用的线路电压互感器。每段母线上各元件测量表计的电压都取自公用的母线电压互感器。当前国产的220kV电压互感器都没有专供测量的二次绕组。在实用中都是保护和测量共用一个二次绕组，以往的设计还共用二次电缆和电压小母线。这就更增加了电压互感器和测量表计之间的电压降，使之很难满足规程的要求。即使电度表和功率表的电压回路采用单独的电缆引接，在500kV变电所中，由于电压回路电缆太长，压降大的问题还是难以解决。例如，220kV每段母线接7个连接元件情况下，每个元件电度表和功率表的总数按6个计算，电压互感器二次电缆长度为300m，计算得出，要求电缆截面为12mm²。这样，测量表计电压回路的电缆就要选用电力电缆，或采用多芯控制电缆并联，并且还要设置单独的测量表计电压小母线，致使电压回路接线复杂化，给施工运行都带来不便。

4. 关于电磁干扰方面的问题

二次回路中出现的干扰电压，主要来自二方面：一方面是来自二次回路本身，例如，接点的开断引起的脉冲电压；同一根电缆中的不同回路间的电磁耦合引起的干扰等。另一方面是一次系统对二次回路的干扰。来自一次系统的干扰又分为正常状态下的干扰和暂态干扰。暂态干扰就是在一次系统受到雷击、短路、操作时出现的暂态过程对二次回路的干扰。暂态干扰对二次回路的危害最大。随着一次系统电压的升高和短路容量的增大，暂态干扰电压的幅值相应增高，持续时间也相应的延长，对二次回路的威胁也就更大。

一次系统的暂态干扰电压是通过一次和二次回路之间的电磁耦合（如一次母线与二次电缆间的电磁耦合，互感器一次绕组与二次绕组间的电磁耦合）和静电耦合（如互感器的一次绕组与二次绕组间存在的静电耦合）作用于二次回路的。在主控制室远离高压配电装置的情况下，有利于降低高压电磁场对控制室内二次设备的直接干扰。但因控制电缆增长，而加大了高压母线与高压设备通过电磁耦合和静电耦合作用到控制电缆上的暂态干扰电压。如控制电缆不采取有效的抗干扰措施，干扰电压侵入二次回路，必然要影响其安全运行。这就要求500kV变电所在户外的控制电缆，都必须选用带有屏蔽措施的控制电缆，并且在敷设时还要采取有效措施降低干扰电压。

500kV平武和锦辽工程在设计 and 施工时都注意了对抗干扰问题的处理，选用了带屏蔽的控制电缆，电缆的屏蔽层两端接地，还充分利用了电缆路径上的各种金属屏蔽物的屏蔽作用。较为有效的降低了二次回路的干扰电压水平。现场实测的结果表明，采取了上述措施之后，在各种情况下二次回路中出现的干扰电压均未超过300V；频率在100kHz到1MHz之间，这个干扰电压的幅值和频率都在我国现行的继电保护抗干扰试验标准的试验值之内。这说明，500kV变电所的电磁干扰问题尽管严重，但只要在设计上引起注意，并采取有效的抗干扰措施，问题是完全可以解决的。

综上所述, 500kV变电所采用集中控制, 虽然带来一些新的问题, 但是, 这些问题在现有技术条件下都可以得到满意的解决。所以, 这种控制方式在技术上是可行的。由于控制电缆用量大, 电缆敷设用的附属设施费用也高, 采用集中控制会增加变电所的投资。

二、分散控制

分散控制就是在变电所内除了设一主控制室外, 不同电压级别的配电装置还就地设若干个单元控制室。将继电保护装置和部分控制设备及辅助设施下放到单元控制室。在单元控制室不设值班人员, 通过信息传递装置把必要的信息传至主控制室。在主控制室设有经常的值班人员, 对全所进行监视和控制。主控制室发出的操作命令也是通过信息传递装置送到单元控制室。在需要时, 也可在单元控制室对相应元件进行直接控制。实际上, 这种控制在平时也是集中控制, 只是二次设备分散布置, 为了区别于前一种集中控制方式和叙述上的方便, 以后, 我们称这种控制方式为分散控制。

为了说明采用分散控制的目的, 很有必要对集中控制的实质再作进一步分析。

在集中控制的情况下, 布置在主控制室的二次设备与分布在各配电装置的被控对象之间通过一对一的电缆联系在一起。其中控制电缆的作用有二, 其一, 是作为信息的传输通道, 主控制室发出的各种控制信息通过控制电缆送至各被控对象; 有关各被控对象的电流、电压、功率等信息通过互感器和控制电缆传至主控制室。其二, 是作为动力的传输通道, 操作各开关设备所必需的动力由主控制室送至各开关设备的操作机构; 继电保护和测量表计正常运行所需的动力通过互感器和控制电缆传至主控制室。这样, 集中控制就产生以下两个较为突出的问题: 第一, 由于需要传输的信息数量多, 采用一对一的方式就需要大量的通道, 即需要大量的控制电缆。第二, 由于控制电缆中存在阻抗, 在传输动力时, 不可避免的要在电缆中产生能量损失和电压的降落, 而这正是前面叙述的集中控制方式中存在的各种问题的主要根源之一。

上述集中控制存在的这两方面的问题, 随着变电所规模的扩大, 控制距离的增长, 而变得更为严重。在设计和设备制造上尽管采取了各种措施(如选用二次电流为1A的电流互感器; 尽可能减少操作机构的操作功率; 降低继电保护和测量表计的功耗等)来力图减少控制电缆中的能量损失和电压降落。但是, 在当前技术水平的条件下, 这些措施的收效是有限的。所以, 控制电缆中的能量损失和电压降落仍然是影响测量表计和继电保护装置测量准确度的提高和控制电缆截面降低的主要因素。

采用分散控制, 将继电保护和二次设备分散布置到各配电装置的单元控制室内, 就能大幅度地缩短一次和二次设备之间的电缆长度, 减小电缆的阻抗, 从而能有效的解决由于控制电缆中的能量损失和电压降落而带来的若干问题。同时, 也能节省大量价格昂贵的控制电缆及其辅助设施。

就信息的传输而言, 采用分散控制以后, 主控制室与各配电装置之间的信息联系变成了主控制室与各单元控制室间的信息联系。虽然主控制室和各单元控制室之间还需要有传输信息的通道, 但因传输的信息数量减少了, 所需的通道数量也大为减少。特别是近年来信息的加工和传输技术有了长足的进展, 数字技术、光纤通讯等在信息传输方面的应用已经达到了工程实用的阶段。这又为主控制室和配电装置的单元控制室之间的信息传输提供

了新的途径。

这样，分散控制就可以描述成这样一种情景：在变电所各配电装置的适当地点设置若干个单元控制室，几个安装单位的二次设备布置在一个单元控制室内。电流、电压互感器的全部负载都集中在单元控制室内；开关设备的操作动力也由单元控制室提供。全所设一个主控制室，各被控对象可在单元控制室控制，也可在主控制室内控制。只有在主控制室内设经常值班人员，而单元控制室不设。在主控制室和单元控制室之间通过多路信息传输通道交换信息。正常情况下全所集中在主控制室控制，而在非常情况下，可以在各单元控制室实现对变电所的分散控制。

采用分散控制可以获得以下的技术和经济效益：

- 1) 继电保护的电流、电压回路电缆长度大为缩短，减少了互感器的二次负担，有利于继电保护特性的改善。
- 2) 减少了控制电缆的用量和敷设电缆的费用，从而可降低变电所的造价。
- 3) 分散在各配电装置的单元控制室具有独立运行能力，在变电所主控制室发生事故的情况下（例如火灾），单元控制室还可以维持变电所中部分设备的运行，不致于造成全所停电，从而提高了变电所乃至电力系统进行的可靠性。

这种分散控制方式目前在我国的高压变电所中还没有采用。在美国、日本和西欧一些工业发达国家的500kV变电所，已经普遍地采用了，有的变电所还实现了无人值班。

图1-1为一个日本采用分散控制的500kV变电所示意图。在日本把这种分散控制称作单元化组合化的控制。从图1-1可见，变电所的500kV和275kV侧都采用了双母线四分段

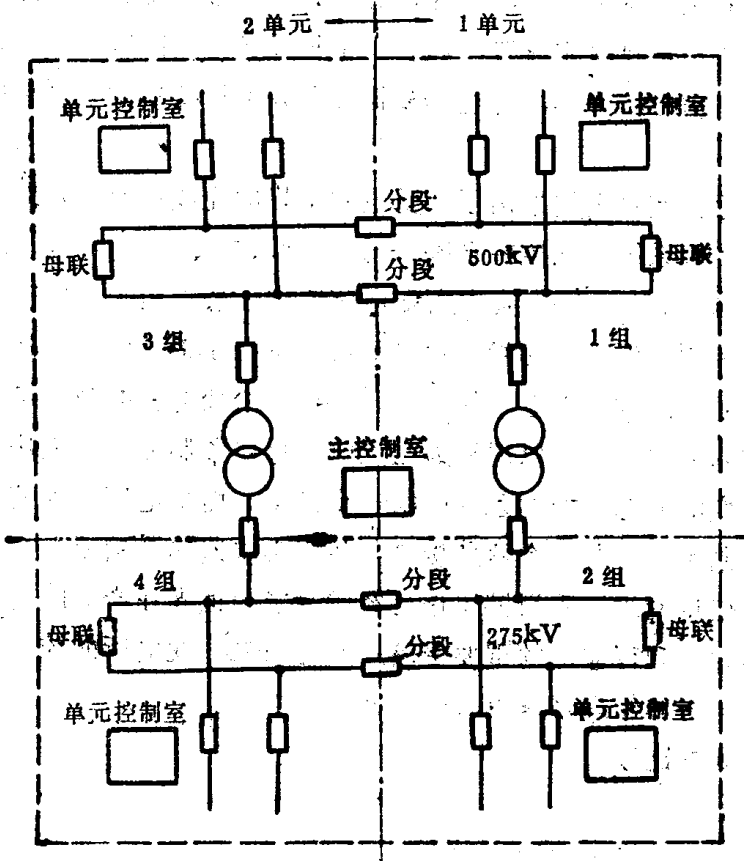


图 1-1 单元化组合化控制的500kV变电所示意图

的接线方式。所谓单元化就是以500kV和275kV侧的分段断路器作为分界线，把500kV变电所竖割成两个单元。每一单元包括一段高压母线和一段中压母线及一台主变压器，具有独立的变电所的机能。当一个单元内发生事故时，分段断路器断开，将变电所分成为两个独立的单元。故障单元对非故障单元没有影响。为了谋求更高的可靠性，再以两台主变压器的二次侧断路器作为分界线，又将两个单元横割分成四个组。某一组内发生故障时不影响其他组的正常运行，这就是所谓变电所的组合化。日本东京电力系统，把这种单元化组合化的控制方式，作为500kV变电所的标准型式。

在这种单元化组合化的控制方式中，每一个组内单独设一个单元控制室，每一组的继电保护屏和控制屏都布置在这一组的单元控制室内。单元控制室内还设有独立的直流系统、蓄电池组、空气压缩机等辅助设备，供本组的控制和保护用。

主控制室和单元控制室之间的信息传递方式以及控制设备的型式等也随着技术的发展在不断更新。最初，信息的传递采用近距离的脉冲编码调制（PCM）系统，在主控制室内采用选控方式对断路器和隔离开关进行控制，一般设有2~4面控制屏，每面控制屏上只有一个主令开关，统管所有断路器和隔离开关的操作。操作时先在模拟接线上通过按钮选择对象（断路器或隔离开关），然后操作主令开关发出操作命令。在单元控制室采用直接控制方式。断路器与隔离开关的联锁回路以及位置信号回路等均采用间接回路。开关设备的辅助接点在控制屏用重动继电器增加接点，双母线的电压互感器二次回路通过重动继电器的接点自动切换。

日本最新设计的500kV变电所，采用了以计算机为核心的所内远方监视系统。在主控制室装有监控用的计算机及辅助设备，作为计算机监控系统的总站。在配电装置的单元控制室装有就地控制设备和信息采集装置，后者用来收集各一次回路的电气量、继电保护装置和各开关设备的状态信号，并且，把这些模拟量和开关量变换成容易传输的信息形式后传至主控制室。

在主控制室和单元控制室之间采用了不受电磁干扰的光缆传输技术。为提高可靠性，采用了双重化的信息传输系统。该监控系统如图1-2所示。

在法国、瑞典等国，有的500kV变电所配电装置中还装了由工厂成套生产的单元控制室。单元控制室中的控制、保护、测量、信号等设备全在制造厂装好，运到现场整体安装后，在接口处与有关的一次设备接上，便可投入运行。给变电所的施工带来极大方便。

变电所的分散控制方式，又可以理解为是变电所总体控制方式的模块化。每一个单元控制室可以理解为是变电所总体控制系统中的一个模块。而变电所的主控制室则是这些模块的控制中心，主控制室设有若干个信息接口与各个模块连接，构成一个能对变电所进行保护、控制和监视的信息网络。采用模块化已经成为当今世界在产品的生产、交通运输、工程设计中提高工作效率和可靠性的重要手段。不言而喻，变电所的控制系统采用模块化结构，必将给设计、运行和管理带来更大的方便。

三、两种控制方式的比较

1. 技术比较

两种控制方式在技术上的特点比较如表1-2所示。

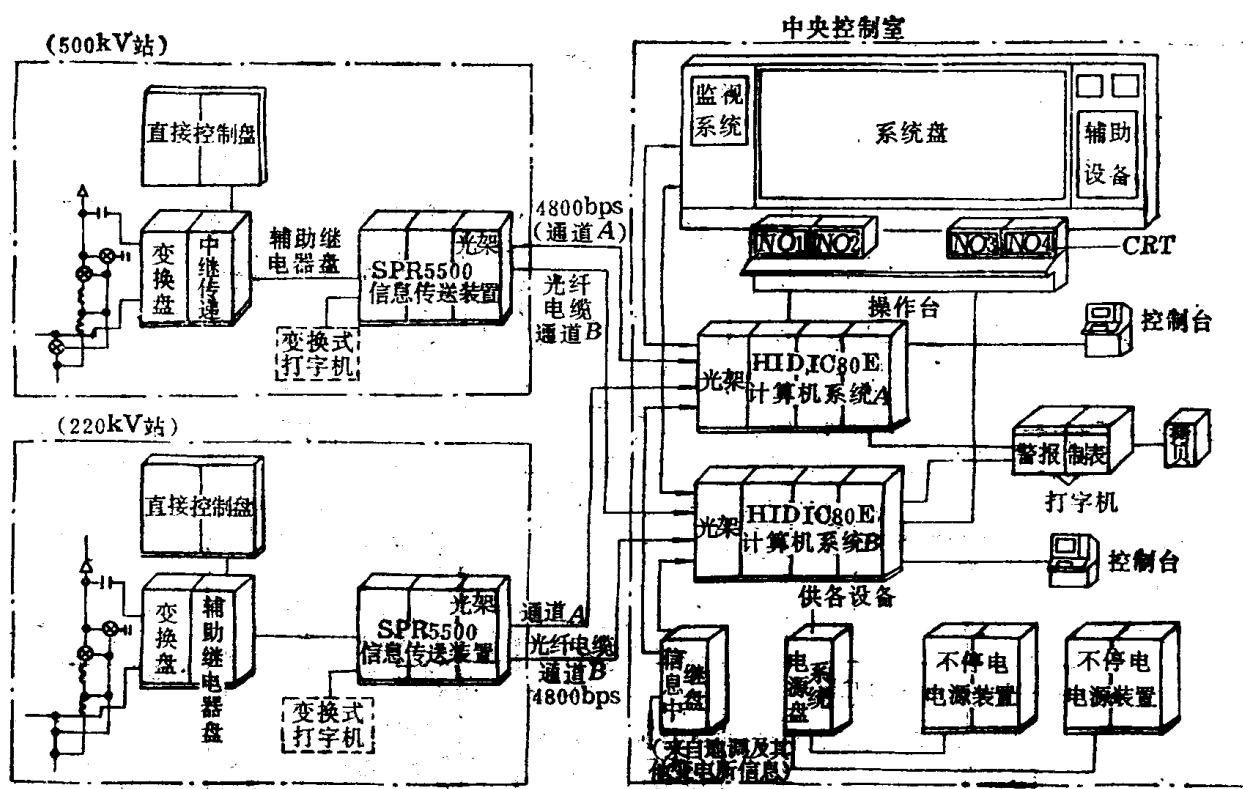


图 1-2 日本500kV南九州变电所监控系统图。

表 1-2

两种控制方式比较表

序 号	集 中 控 制	分 散 控 制
1	控制、保护、信号、测量等二次设备布置集中，运行人员对二次设备的监视维护方便	控制、保护设备布置分散，平时对二次设备的监视、维护不方便
2	全所的控制、保护等二次设备都集中布置在一个主控制室内，在事故时互相影响	二次设备分散布置，在事故时，一个变电所可分成几个独立运行的部分，不容易造成全所停电，可靠性较高
3	控制电缆长，控制回路和电流、电压回路的压降大，增加了电流、电压互感器的二次负担	控制回路和电流、电压回路电缆较短，压降小，电流、电压互感器的二次负担较小，容易满足精度要求
4	有成熟的运行经验，运行人员熟悉，控制、测量、信号回路接线简单，不需要较复杂的所内信息传输技术	该控制方式国内没有采用过，运行人员不熟悉，二次回路接线较复杂，需要较复杂的信息传输技术

2. 投资比较

现以某一投入运行的500kV变电所为例，来比较集中控制与分散控制的投资差别。该变电所的规模是：500kV出线6回，双母线分段带旁路接线；220kV出线13回，双母线分段带旁路接线；二台750MVA主变压器；15.75kV侧装设390Mvar电力电容器，120MVA电抗器。电气主接线如图 1-3 所示，电气平面布置图如图 1-4 所示。图中实线所示的为集中布置方案的主控制室位置；分散布置的主控制室及单元控制室的位置如带斜线的方框所

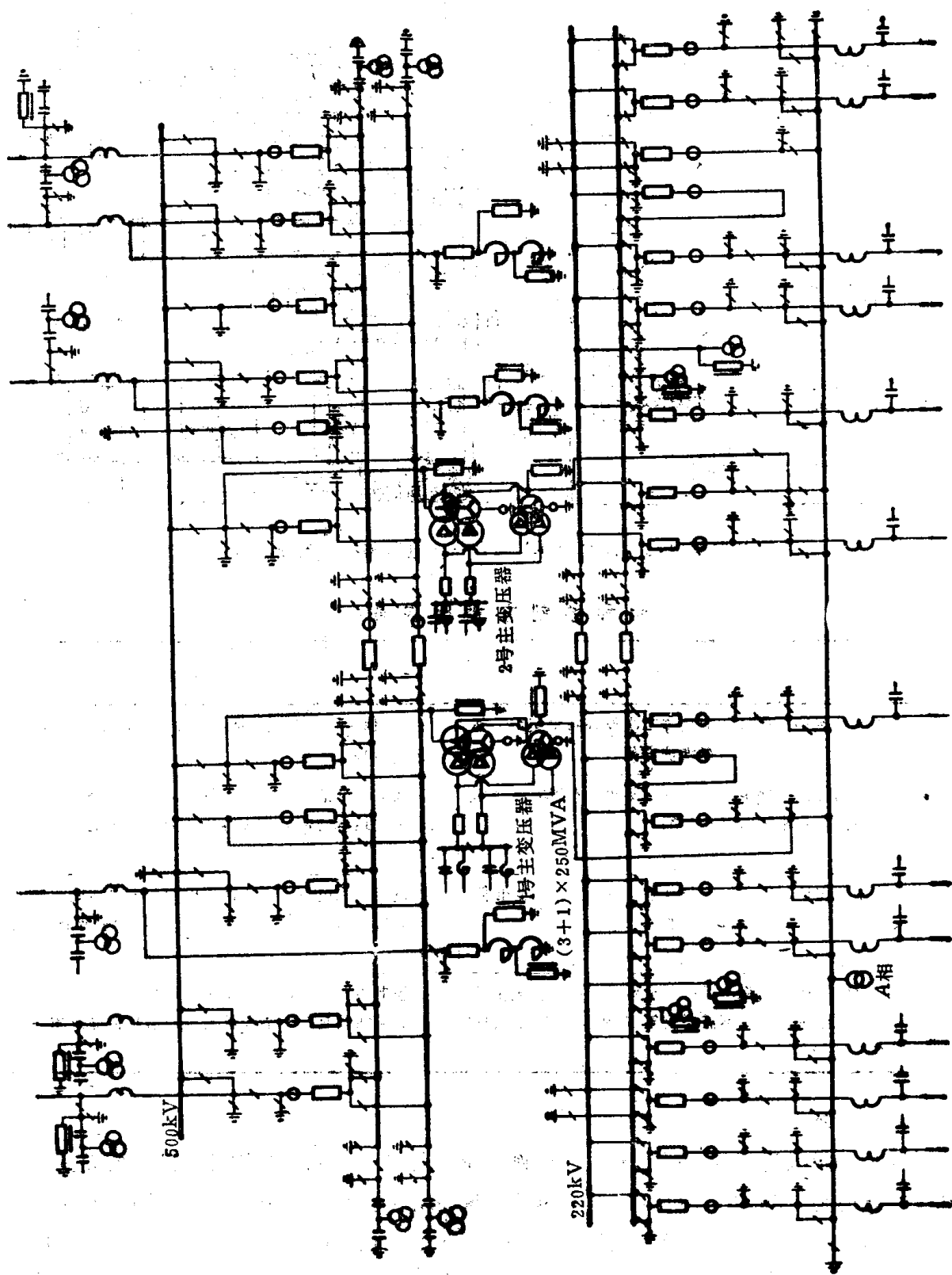


图 1-3 某变电所的电气主接线图

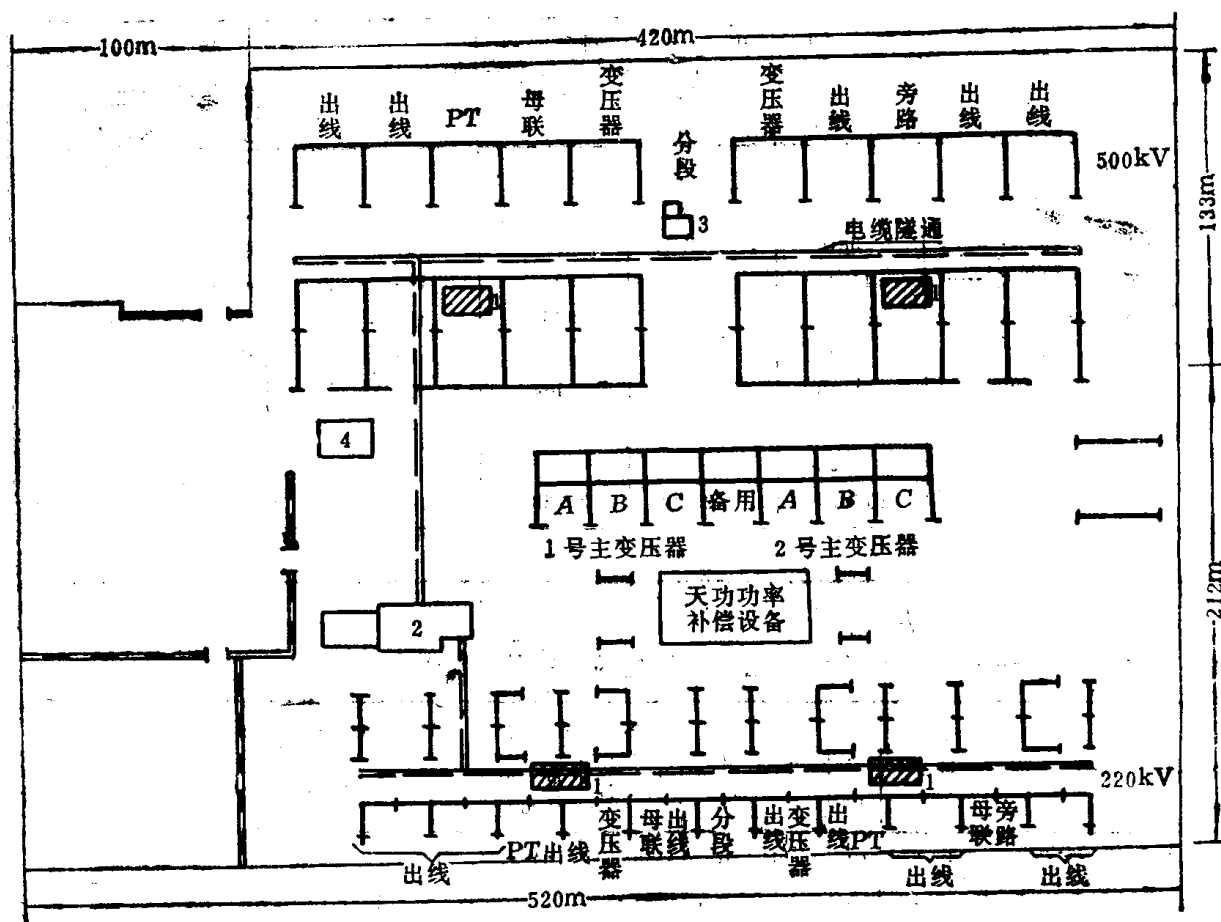


图 1-4 某500kV变电所平面布置简图

1—单元控制室；2—主控制室；3—压缩空气机室；4—变压器检修间

示。

该变电所的控制系统是按集中控制方式设计的，断路器采用弱电一对一的控制方式，隔离开关采用成组选控。假想的分散控制方案中考虑将各安装单位的保护屏、电度表屏、变送器屏等下放到单元控制室。在单元控制室设就地控制屏，屏上装有指示仪表和强电控制开关、光字牌等。断路器和倒闸用的隔离开关在主控制室采用一对一弱电控制。每一安装单位考虑有一根控制电缆与单元控制室联系，专供传输一对一的控制命令和位置信号。单元控制室中的预告信号和测量回路的模拟量均通过微处理机监测系统的信号发送器传输至主控制室，用屏幕显示或制表打印。另外，利用工业电视在主控制室对各单元控制室的控制屏面进行远距离监视，依此作为微处理机系统信号发送器的后备措施。

比较的内容包括控制电缆、直流设备、自动装置、控制室、电缆沟道等。表1-3为两种控制方式的控制电缆统计表；表1-4为两种控制方式的投资比较表。对表中的各项内容说明如下：

1) 控制电缆的数量系根据工程的施工图设计中的电缆清册统计的。户外电缆为KXQ₂₀型；户内电缆为KXQ型。