

供电企业生产技能人员实训教材

变电运行(500kV)

国网河北省电力公司 组编

GONGDIANQIYE
SHENGCHAN JINENG RENYUAN
SHIXUN JIAOCAI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

供电企业生产技能人员实训教材

变电运行(500kV)

国网河北省电力公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为加强供电企业岗位培训的基础建设,提高培训针对性和实效性,根据公司精益化管理、标准化建设的工作要求,以规范、规程和生产作业指导书为依据,国网河北省电力公司组织直属各供电公司、检修分公司、培训中心的专家编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(共18本)。

本书为《变电运行(500kV)》,主要内容包括:第一篇实训概要,介绍清苑仿真站的运行方式、保护配置情况及仿真系统使用说明;第二篇实训项目,介绍变电站安全工器具、标示牌和常用仪器仪表的使用,电力设备异常情况处理、电力故障处理,设备验收及投运,变电站常用二次回路图分析等。

本书可供供电企业变电运行(500kV)专业技能、管理人员使用,也可作为提高变电运行岗位人员工作能力的培训用书,还可作为电力职业院校教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

变电运行. 500kV / 国网河北省电力公司组编. —北京:
中国电力出版社, 2015.10

供电企业生产技能人员实训教材

ISBN 978-7-5123-5058-8

I. ①变… II. ①国… III. ①变电所-电力系统运行-技术培训-教材 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 248384 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年10月第一版 2015年10月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 19.75印张 373千字

定价 50.00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

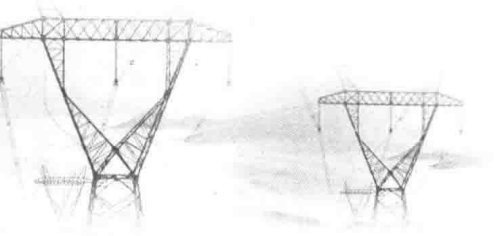
版权专有 翻印必究

供电企业生产技能人员实训教材 变电运行（500kV）

编 委 会

主 任 刘克俭
副 主 任 董双武 苑立国
成 员 赵 宁 侯书其 齐向党 王向东
倪广德 赵立刚

编审组组长 赵 宁 齐向党
副 组 长 侯书其 王向东 倪广德 赵立刚
主 编 赵晓波
主 审 贾志辉
成 员 王 辉 马助兴 宋彦军 王 民
王 宁 陈铁雷 吕云飞 金 怡



序

国家电网公司董事长刘振亚曾经说过：“在改革发展的关键时期和攻坚克难的考验面前，能不能勇担责任、战胜挑战，完成好各项任务，根本要靠高素质的干部员工队伍。”从某种意义上讲，人才是企业的发展之基、转型之要、跨越之本。作为现代化国有特大型企业，必须从发展的视角、战略的高度充分认识人才培养在企业发展中的地位和作用。

国家电网公司“三集五大”体系建设进一步深化，特高压电网进入全面大规模建设阶段，河北省产业调整、工业升级、生态建设同步推进，长远来看电力需求将稳步增长，对电网发展提出更高要求。只有持续提高电网安全运行水平，才能切实担负起服务京津冀协同发展、促进产业转型、服务保障民生的重任。电网生产技能人员是电网企业安全生产的基础，如何培养出一支满足公司发展和电网发展需要的生产技能人才队伍是当前乃至以后较长一个时期的重大课题。

近年来，河北公司以岗位核心技能为重点，以高技能人才队伍建设为抓手，以考试考核为手段，大力开展全员培训取得了明显效果。同时由于培训、竞赛、调考力度的加大，也暴露出了课程教材题库等基础建设的薄弱，由于缺乏长期、统一和规范的教材开发体系，培训教材普遍存在偏重理论知识、技能操作内容较少、针对性差、实用性低的问题，特别是针对高技能人才培训的教材数量尚少，无法满足公司发展对员工

岗位能力不断提高的要求。

本着“干什么练什么，缺什么学什么”的目的，公司提出以科学发展观为指导，紧密结合现场实际操作要求，以技能训练为核心，以规范、规程、作业指导书为依据，以实训室设备设施为基础，在保证知识够用、技能必备的基础上，重点突出实用性、针对性、典型性，组织公司本部专业处室、培训中心、基层单位 18 个专业 115 名专家，在全面收集、分析、筛选现有技能培训教材和现场作业项目，借鉴优秀培训教材的基础上，结合生产一线岗位技能培训的实际需要，编制完成了《供电企业生产技能人员实训教材》。

《供电企业生产技能人员实训教材》共计 18 分册，涵盖了供电企业 16 个专业工种。以技能训练为主线，结合现场使用的《电力生产标准化作业指导书》、《操作导则》等技能操作规范，与各工种现场设备、技术手段、标准化作业程序同步。本教材可用于实训操作训练指导，亦可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

我们相信，在众多专家的共同努力和广大生产技能人员的支持下，实训教材体系将日趋完善，电网生产技能人员综合能力会日渐提高，企业安全生产根基将持续夯实，建设世界一流电网、国际一流企业的目标将不再遥远。真诚希望本书能够为您带来帮助。

苑立国

2015 年 2 月



前 言

为满足供电企业一线员工现场培训需求，加强供电企业生产技能岗位培训的基础建设，推动生产作业标准化，国网河北省电力公司选择 18 个专业（工种），编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》（简称《实训教材》）。《实训教材》由国网河北省电力公司一线生产专家编写，省公司组织专业审核把关，并由经验丰富的技术专家担任主审，经省公司组织试用、研讨、反复修改后成稿。

《实训教材》紧密结合现场实际操作要求，以技能训练为核心，以供电企业技术规范、规程、作业指导书为依据，突出教材可操作性、实用性、针对性和典型性。在内容定位上，以专业技能为重点，突出标准化作业，规范作业行为。在编写模式上，各专业（工种）实训指导教材不分层级，要求参训人员均按规范的、标准的作业要求完成实训项目，以操作流程为主线，相关知识和技能有限度展开，由浅入深。在使用功能上，直接用于实训室操作训练指导，并可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

本书为《变电运行（500kV）》，第一篇实训概要，重点介绍清苑仿真站的运行方式、保护配置情况及仿真系统使用说明；第二篇实训项目，重点介绍变电站安全工器具、标示牌和常用仪器仪表的使用，电力设备异常情况处理、电力故障处理，设备验收及投运，变电站常用二次回路图分析等。同时本书对当前应用的新技术予以介绍，引用标准、规范力求最新。本书每章内容后面附带小结和思考练习题，针对实训给出项目评分细则，便于读者掌握重点内容和培训考核使用。本书最大程度地力求内容与实际紧密结合，理论与实际操作并重。

本书由赵晓波任主编，由贾志辉任主审，第一篇的第一章和第二章、第二篇第三章和第十章由赵晓波编写，第二篇第四章和第八章由马助兴编写，第五章和第六章由王辉编写，第七章和第九章由宋彦军编写。本书的编写工作得到了国网河北省电力公司领导的大力支持，李永华、白廷玉对该教材部分章节也提出了宝贵意见。对以上支持和关心本教材的单位、各位专家以及为编写作出贡献的同志们致谢。

本书对供电企业变电运行人员岗位技能培训有较强的指导作用，也可给现场技术人员流程研究和优化提供参考，由于编者水平所限，加之时间仓促，书中难免存在疏漏或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 2 月



目 录

序
前言

第一篇 实训概要

第一章 清苑仿真站的概况	3
第一节 简介	3
第二节 运行方式	3
第三节 仿真站继电保护与自动装置	7
第二章 仿真系统使用说明	34
第一节 仿真系统启动	34
第二节 仿真站屏盘的使用	38
第三节 仿真系统异常及故障设置	43
第四节 仿真站监控系统基本操作	47
第五节 仿真站一次设备巡视及操作	49

第二篇 实训项目

第三章 变电站安全工器具、标示牌及仪器、仪表	59
项目一 变电站安全工器具及标示牌	59
项目二 常用仪器、仪表使用方法及注意事项	63
第四章 巡视检查与维护	66
项目一 设备正常及全面巡视	69

项目二	设备夜间熄灯巡视及特殊巡视	84
项目三	设备定期试验、轮换	87
项目四	设备维护	105

第五章 倒闸操作

项目一	线路停送电操作	112
项目二	母线操作	123
项目三	主变压器操作	135
项目四	站用变压器操作	141
项目五	电压互感器操作	145
项目六	电容器及电抗器操作	146
项目七	高压并联电抗器操作	150
项目八	光纤和高频通道投退操作	150
项目九	直流系统操作	151
项目十	二次设备操作	153
项目十一	倒闸操作评分细则	154

第六章 工作票及现场安全措施

项目一	220kV 清固 I 线 278 断路器、TA、278-5 隔离开关检修 预试	171
项目二	母联 202 断路器、202-2 隔离开关检修，202 断路器 加装水气分离装置	173
项目三	2 号主变压器 B 相变压器专用蝶阀（放油阀）渗油缺陷 检查处理	176
项目四	2 号主变压器 B 相高压套管严重漏油处理	178

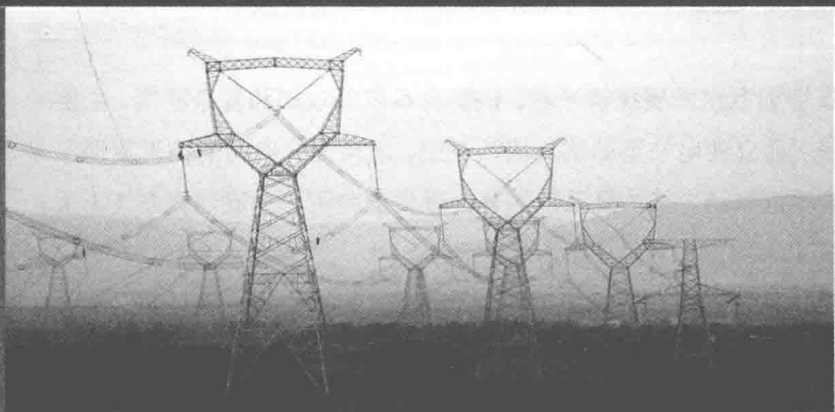
第七章 异常处理

项目一	变压器的异常处理	182
项目二	断路器的异常处理	187
项目三	隔离开关的异常处理	194
项目四	互感器的异常处理	197
项目五	避雷器的异常处理	201
项目六	站用电全停异常处理	202

项目七	直流系统接地处理	203
项目八	监控系统异常处理	204
项目九	智能组件异常处理	205
第八章 故障处理		207
项目一	线路故障	210
项目二	母线故障	221
项目三	主变压器故障	235
第九章 设备验收及投运		243
项目一	设备验收项目与标准	245
项目二	新设备投运方案实例分析	261
第十章 二次识绘图实训项目		272
项目一	清苑仿真站 500kV 断路器控制回路	273
项目二	清苑仿真站 500kV 隔离开关控制回路	279
项目三	清苑仿真站 220kV 隔离开关控制回路	283
项目四	清苑仿真站主变压器控制回路	287
项目五	站用变压器控制回路	294
项目六	电压切换回路	297
参考文献		301

供电企业生产技能人员实训教材

变电运行 (500kV)



第一篇

实训概要

电网的建设和安全运行关系着国民经济的发展和社会的稳定,而变电运维人员的素质和管理水平的高低直接决定电网的安全、经济运行。500kV 电网是河北南网主干网,而 500kV 变电站作为电网中的连接点,发挥着变换电压、汇集、分配电能的关键作用,提高变电运维人员的整体素质和技能水平对保障电网安全稳定运行很重要。传统的跟班培训以及师傅带徒弟的方式已远远不能满足实际的需求;随着计算机技术的迅猛发展,仿真实训作为一种先进的培训手段,在提高变电运维人员技能水平方面发挥着重要的作用。

从目前电网变电仿真培训系统发展现状来看,按仿真系统的规模和复杂程度,主要可分为三种类型仿真系统:孤立变电站型的仿真培训系统、考虑简化电网的仿真培训系统、考虑实际电网的仿真培训系统。按仿真系统的有无硬件盘台可分为硬仿真系统(采用物理屏)和软仿真系统(采用虚拟盘台)。

孤立变电站型的变电仿真培训系统优点是造价相对较低,但缺点也非常明显,例如投切电磁环网中的联络线,潮流无法确定;调整变压器分接头时,系统电压及无功分布无法确定;投切电容器后,电压变化无法确定;同期操作不真实;全网保护配合无法完成;表计数据指示不准;无法考虑故障后的动态过程等。

简化电网的变电仿真培训系统最主要的缺点是电网模拟不真实。在一个简化电网中,每台发电机或每个负荷都占有重要地位,投切每台发电机或每个负荷都会对电网产生巨大冲击,运行参数变化很大,甚至造成整个系统瓦解。而上述操作是电网生产运行过程中的常规性操作,在一个真实的复杂电网中,不会带来灾难性后果,因此,简化电网的变电仿真培训系统是不真实的,它往往会带给变电运维人员的是一个错误的概念。

实际电网的变电仿真培训系统,可以实现电网和变电站之间的相互影响、全网保护配合;可以对整个电力生产过程进行全仿真,符合变电运行的实际生产过程等。清苑仿真站是河北南部电网仿真培训系统中的一个 500kV 详细仿真变电站,利用该系统可实现变电运维值班人员的倒闸操作、异常处理、事故处理等技能实训。本教材就是以清苑仿真站为基础而编写的一本实训教材。

第一章

清苑仿真站的概况

第一节 简介

清苑仿真站是以国网河北省电力公司检修分公司管辖的清苑变电站为原型,结合培训的实际需求,增加了一台主变压器、500kV 和 220kV 各两条出线以及相关的二次设备仿真而成。清苑仿真站于 2006 年 8 月投入运行,投运 2 号、3 号主变压器各 1 组;清保 I 线、清保 II 线、厂清线、清沧线、北清 I 线、北清 II 线 500kV 出线 6 回;清蠡 I 线、清蠡 II 线、清高线、清固 I 线、清孙线、清固 II 线 220kV 出线 6 回;35kV 无功补偿电容器组 $2 \times 60\text{Mvar}$,电抗器组 $4 \times 60\text{Mvar}$ 。

2 号(3 号)主变压器是由型号为 ODFPS-250000/500 三台单相油浸自耦无载调压变压器组成;500kV 断路器为 LW13-550 型 SF₆ 罐式断路器;220kV 断路器为 LW12-220 型单断口 SF₆ 罐式断路器;35kV 断路器选用 3AQ1-EG-72.5 型单断口 SF₆ 罐式断路器和 LW34-40.5 型 SF₆ 断路器。

清苑仿真站共有 500、220、35kV 三个电压等级,500kV 采用 3/2 断路器接线,220kV 采用双母线双分段接线,35kV 采用单母线接线。

第二节 运行方式

一、本站设备调度管辖范围

1. 分调管辖设备

- (1) 500kV 母线及其接地开关、电压互感器和避雷器。
- (2) 500kV 线路及其断路器、隔离开关、接地开关、电压互感器和避雷器。
- (3) 对应于上述一次设备的继电保护装置、自动装置、录波器、仪表等二次设备。

2. 省调管辖设备

- (1) 2、3 号主变压器 500kV 侧断路器及其隔离开关、接地开关。
- (2) 2、3 号主变压器及三侧避雷器,500kV 侧电容式电压互感器。

(3) 220、35kV 母线及其接地开关、电压互感器和避雷器。

(4) 220kV 线路及其断路器、隔离开关、接地开关、阻波器、耦合电容器、电容式电压互感器。

(5) 35kV 并联电抗器、并联电容器组及其断路器、隔离开关、接地开关。

(6) 对应于上述一次设备的继电保护装置、自动装置、录波器、仪表等二次设备。

3. 本站管辖设备

(1) 35kV 站用变压器及其断路器、隔离开关、接地开关。

(2) 35kV 张清线进线的避雷器。

(3) 全站 380V 系统设备。

(4) 对应于上述设备的继电保护装置、自动装置、仪表等二次设备。

4. 双重调度设备

(1) 5012、5022 断路器及其隔离开关、接地开关为分调和省调双重调度设备。

(2) 35kV 张清线 3700-1 隔离开关及其接地开关属保定市调和清苑站双重调度设备。

(3) 对应于上述设备的继电保护装置、自动装置、仪表等二次设备也为双重调度设备。

二、正常运行方式(如图 1-1 所示)

1. 500kV 运行方式

(1) 1、2 号母线及母线设备运行。

(2) 5011、5012、5013、5021、5022、5023、5041、5042、5051、5052、5053、5061、5062 断路器运行。

(3) 清保 I 线、清保 II 线、清沧线、厂清线、北清 I 线、北清 II 线运行。

2. 220kV 运行方式

(1) 1A、2A、1B、2B 母线及母线设备运行。

(2) 1A 母线带清蠡 II 线 275 运行, 2A 母线带清蠡 I 线 274、清高线 276 运行, 1B 母线带清孙线 281、清固 II 线 283 运行, 2B 母线带清固 I 线 278 运行。

(3) 母联 202 断路器运行。

3. 35kV 运行方式

(1) 2、3 号母线及母线设备运行。

(2) 3721、3722、3723、3731、3732、3733 断路器运行或热备用。

(3) 3725、3735 断路器运行, 3700 断路器热备用。

4. 主变压器运行方式

2、3 号主变压器三侧运行。

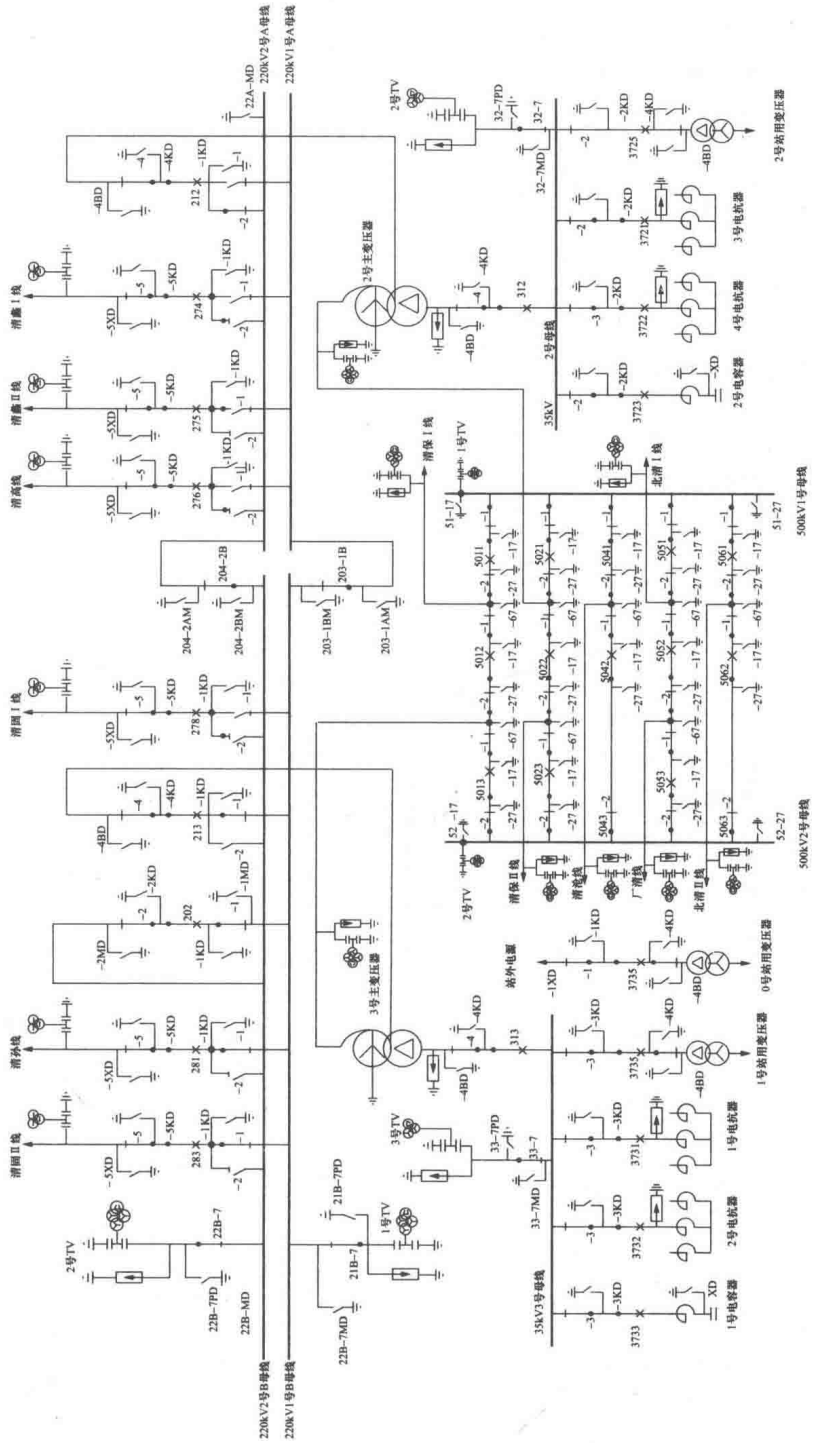


图 1-1 清苑仿真站主接线图

三、一次设备参数(见表 1-1)

表 1-1 清苑仿真站一次设备参数

设备名称	参 数	
主变压器	单相油浸自耦无载调压变压器	型号: ODFPS-250000/500
	额定容量比: 250/250/60MVA	额定电压比: $500/\sqrt{3}/230/\sqrt{3}/36kV$
	额定电流: 500kV 侧为 866A, 220kV 侧为 1882.7A, 35kV 侧为 1666.7A	
	接线方式: Ynao-d11	冷却方式: 强迫油循环风冷(ODAF)
	调压方式: 220kV 侧线端无载调压装置, 调压范围: $230/\sqrt{3} \pm 2 \times 2.5\%$	
	中性点接地方式: 直接接地	
500kV SF ₆ 罐式断路器	型号: LW13-550(不带合闸电阻)	额定电压: 550kV
	额定电流: 3150A	SF ₆ 额定气压: 0.65MPa(20℃)
	额定操作压力: 1.5MPa	操动机构: CQ7-I 气动弹簧操动机构
220kV SF ₆ 断路器	型号: LW12-220	额定电压: 252kV
	额定电流: 3150A	SF ₆ 额定气压: 0.65MPa(20℃)
	额定操作压力: 1.5MPa	操动机构: CQ(P2) 气动弹簧操作机构
35kV SF ₆ 断路器	2号、3号主变压器 35kV 侧断路器, 35kV 并联电抗器、电容器、断路器	
	型号: 3AQ1-EG	额定电压: 72.5kV
	额定电流: 4000A	SF ₆ 额定气压: 0.6MPa(20℃)
	额定操作压力: 32MPa	操动机构: 液压操动机构
	1、2、0号站变压器高压侧断路器	
	型号: LW34-40.5	额定电压: 40.5kV
	额定电流: 1600A	额定气压: 0.45MPa
500kV 隔离开关	母线侧隔离开关	
	型号: GW6-500 II DW	额定电压: 500kV
	额定电流: 4000A	操作机构: CJ2-XG II AC 电动操动机构
	出线侧隔离开关	
	型号: GW28-550DW	额定电压: 550kV
	额定电流: 4000A	操动机构: CJ11-G6A3 电动操动机构
220kV 隔离开关	出线-1 隔离开关、母联隔离开关、分段隔离开关、1号电压互感器隔离开关	
	型号: GW7-252DW	额定电压: 252kV
	额定电流: 2500A	操动机构: CJ6-180° 电动操动机构
	出线-2 隔离开关、2号电压互感器隔离开关	
	型号: GW16A-252W	额定电压: 252kV

续表

设备名称	参 数	
220kV 隔离开关	额定电流: 2500A	操动机构: CJ7B-90° 电动操动机构
	-5 隔离开关	
	型号: GW7-252 II DW	额定电压: 252kV
	额定电流: 2500A	操动机构: CJ6-180° 电动操动机构
500kV 电压互感器	母线 (V 相)、线路、主变压器高压侧电容式电压互感器	
	型号: WVVL500-5H	变比: $500/\sqrt{3} : 0.1/\sqrt{3} : 0.1/\sqrt{3} : 0.1\text{kV}$
220kV 电压互感器	母线、线路 (V 相) 电容式电压互感器	
	型号: WVB220-10H	变比: $220/\sqrt{3} : 0.1/\sqrt{3} : 0.1/\sqrt{3} : 0.1\text{kV}$
35kV 母线 电压互感器	电容式电压互感器	
	型号: TYD35/ $\sqrt{3}$ -0.02H	变比: $35/\sqrt{3} : 0.1/\sqrt{3} : 0.1\text{kV}$

第三节 仿真站继电保护与自动装置

一、继电保护及自动装置配置 (见表 1-2)

表 1-2 清苑仿真站继电保护及自动装置配置

设备名称	保护配置及型号	
2、3号主变压器	(1) RCS-978H (主备一体), RCS-916A 失灵保护 (2) PST-1203B 差动保护, PST-1204A 后备保护 (3) RCS-978H (后备), RCS-974FG 非电量保护 (4) CZX-12R 中压侧操作箱 (5) LFP-974BR 低压侧操作箱 (6) CSI-200E 测控装置	
母线 保护	500kV	(1) RCS-915E 型微机母线保护 (2) BP-2B 微机母线保护
	220kV	(1) RCS-915AB 型微机母线保护 (2) BP-2B 微机母线保护
500kV 清保 I、II 线及 清沧线	(1) MCD-HI 分相电流差动 (2) RCS-931A 纵联电流差动保护 (3) RCS-901A 后备保护 (4) RCS-925A 就地判别装置及过电压保护	