

29256

29256

火电工程调试技术手册

电气卷

010
1

0101 100 01010101

河南省电力公司 编

010 1 01 1

1 0101 01



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

火电工程调试技术手册

 综合卷

 汽轮机卷

 锅炉卷

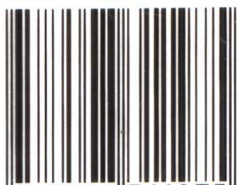
 金属卷

 热工卷

 化学卷

 电气卷

ISBN 7-5083-1197-3



9 787508 311975 >

ISBN 7-5083-1197-3
两册定价：130.00 元

火电工程调试技术手册 电气卷 ①

河南省电力公司 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

《火电工程调试技术手册 电气卷》共分1、2两册。第1册包括继电保护及自动装置、高电压及启动调试三个分卷；第2册为电测量分卷。

继电保护及自动装置分卷对发电机变压器组保护、母线差动保护、发电机励磁系统及自动励磁调节装置、自动准同期装置、故障录波器等的原理、检验项目、检验方法以及信号系统、厂用电系统、二次回路等公用部分作了详细的介绍。高压分卷主要介绍一些电工基础理论常识，如电介质物理基本知识、电气绝缘性能；电器设备通用试验项目的常规实验方法、实验仪器设备的性能及使用方法；各种具体电气设备的试验项目、实验方法、安全措施、注意事项、标准判据等。启动调试分卷讲述机组启动试运各阶段电气调试方案的编制、试验项目、试验前应具备的条件、注意事项、试验步骤和方法等。电测量分卷讲述误差理论等基础知识以及各种电测量指示仪表、数字仪表、检定装置、电能表、计量装置、变送器等工作原理及检定方法；此外还有电流、电压互感器的现场检验；常用仪器和测量设备简介等。

本书可以为电力工程调试人员在继电保护及自动装置、高电压、启动调试以及电测量测试等方面提供相关的知识，也可以作为从事电力工作的技术人员学习参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

火电工程调试技术手册. 电气卷. 1/河南省电力公司编.
—北京: 中国电力出版社, 2003
ISBN 7-5083-1197-3

I. 火… II. 河… III. ①火力发电-发电机-机组-调试-技术手册②火力发电-电气设备-调试-技术手册 IV. TM31-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 049007 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004年1月第一版 2004年1月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 35.75印张 879千字
印数 0001—3000册 两册定价 130.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

《火电工程调试技术手册》编委会

主任：吴华斌

副主任：尚全忠 方志民 刘毓珣

委员：（按姓氏笔画排列）

马淮军 石光 白明九 刘韶林 刘遵义

刘静宇 张强 李丙军 李庆渝 李春茂

李春林 陈守聚 时进荣 邱武斌 易绪涛

郭子仁 袁立平 崔文涛 阎留保

责任编辑：尚全忠 李庆渝 白明九

《火电工程调试技术手册》

（电气卷 1、2）编写人员

石光	阎永生	陈强	范龙	赵军	郭一夫	程宏伟
杜习周	韩伟	厉志波	陈振宇	赵勇	陈守聚	潘勇
郭子仁	於舜华	华盘勇	尤儒臣	张科	王志萍	韩金华
刘祖军	张强	丁恒春	李耿和	张可恩	赵铎	李光伟
王纪增	刘忠	张家梁				

电力工程调整试运行工作是电力基本建设不可替代的重要环节。调试工作既是一个相对独立的阶段，同时又贯穿于整个工程建设全过程。通过对整套设备的调整试运行，可使各系统单个设备形成具有活力和生产力的有机整体。

在长期的电力建设中，广大电力工程调试工作者善于学习、勇于探索、勤于实践、开拓创新，积累了丰富的调试经验，为电力建设整体水平的不断提高奠定了坚实的基础。随着现代化、大容量、高参数火电机组迅猛的发展，新设备、新技术、新工艺、新材料广泛运用，对电力工程调整试运行工作提出了更高、更新的要求。

“工欲善其事，必先利其器。”为适应调试技术不断发展的需要，提高电力调试队伍的整体素质和调试技术水平，我们组织了电力工程调试战线上的一批专家和工程技术人员，立足电力工程基本建设的实际，重视经验的总结和积累，努力跟踪国内外电力工程调试前沿新技术，从大量纷繁零散的资料中综合提炼，融会贯通，历时两年，几易其稿，终于完成了这套火电工程调试技术手册的编辑出版工作。

该《手册》详细阐释了火电工程中汽轮机、锅炉、金属、热工、化学、电气等各系统基础知识、基本原理、技术参数、经济指标以及调试的标准、方法、步骤等等。其内容既是电力工程调试工作经验的升华，又充分反映了当今国际国内调试技术的最新成果，具有较强的科学性、实用性，对指导电力建设工程调试工作、提高工程调试人员的综合素质都大有裨益。

本套技术手册能在 21 世纪的开元之际如期付梓，要感谢各位作者以科学、严谨的治学态度，满腔热情投入资料的整理和编写中，为确保手册的高质量完成，付出了辛勤的汗水。要感谢各位专家，他们的学术造诣和敬业精神令人钦佩，使本套手册既有较强的实用性，又具有较高的学术价值。同时还要感谢出版社各位编辑的辛勤劳动。在此谨向他们致以诚挚的谢意和崇高的敬意。

火电工程调试是一个复杂的系统工程。电力调试工作的技术含量之高、配

合分工之严，使我们在编辑过程中感到压力和责任。尽管经过专家和编者的认真审查和核校，百密一疏，错误和纰漏在所难免，敬请各位同仁和广大调试工作者斧正，以期在今后的修订中不断完善。

吴华斌

2002年1月3日于郑州

前言

第一分卷

继电保护及自动装置

编写说明	2
第一章 发电机变压器组保护装置调试	3
第一节 发电机变压器组保护装置调试工作的一般程序	3
第二节 试验电源	4
第三节 误差和常用系数的基本概念	6
第四节 常用试验接线及调节方法	7
第五节 保护继电器检验	9
第六节 发电机变压器组保护装置静态调试	13
第七节 发电机变压器组保护装置带负荷试验	16
第二章 WFB-100 型发电机变压器组保护装置原理及调试	19
第一节 WFB-100 型发电机变压器组保护装置概述	19
第二节 装置硬件调试	23
第三节 保护原理介绍	30
第四节 差动保护调试	50
第五节 匝间保护调试	56
第六节 发电机变压器后备保护调试	58
第七节 定子接地保护调试	62
第八节 转子接地保护调试	63
第九节 低励失磁保护调试	64
第十节 失步保护调试	65
第十一节 负序过流保护调试	66
第十二节 过励磁保护调试	68
第十三节 发电机变压器异常工况保护调试	69
第十四节 非电量类保护调试	72
第十五节 WFB-100 型发变组保护装置带负荷检验	73
第三章 母线差动保护	76
第一节 概述	76
第二节 中阻抗型母线差动保护调试	76
第三节 微机母差保护的调试	87
第四章 同步发电机励磁系统的调试	100
第一节 励磁系统的构成和作用	100
第二节 同步发电机晶闸管励磁系统的分类	100
第三节 发电机励磁系统的调试	100
第五章 DQLT-2B 励磁系统调试大纲	108

第一节	总则	108
第二节	检查调试前的准备工作	108
第三节	DQLT-2B 励磁调节器静态调试大纲	109
第四节	DQLT-2B 调节器动态试验大纲	124
第五节	励磁系统常规检查项目	131
第六章	WKKL 系列微机励磁调节装置调试	133
第一节	设计原理	133
第二节	静态调试	147
第三节	发电机空载下试验	154
第四节	发电机负载试验	166
第七章	MNER-2 型微机非线性励磁调节装置调试	170
第一节	设计原理	170
第二节	静态调试	181
第三节	发电机空载下试验	186
第八章	发变组微机故障录波器	188
第一节	概述	188
第二节	性能指标和技术特点	188
第三节	主要功能	190
第四节	硬件结构及说明	191
第五节	系统软件使用说明	193
第六节	FG-2 发电机故障录波器内部调试方法	204
第七节	FG-2 发电机故障录波器现场调试	206
第九章	SID-2V 型发电机微机准同期控制器	211
第一节	概述	211
第二节	主要功能及技术指标	211
第三节	基本原理及组成	213
第四节	结构与接线	216
第五节	使用说明	217
第六节	与上位控制计算机的联机	221
第七节	调试方法	222
第八节	二次线设计要点	224
第十章	公用部分	228
第一节	信号系统	228
第二节	厂用电系统	246
第三节	二次回路简介	256
第四节	二次回路检验	278
附录 1A	常用参量约定符号一览表	299
附录 1B	故障数据离线分析说明	300

第二分卷

高 电 压

编写说明	302
------------	-----

第一篇 基础理论

第一章 电介质物理基本知识	303
第一节 电介质的极化	303
第二节 电介质的电导与性能	306
第三节 电介质的损耗及等值电路	310
第四节 电介质的击穿	314
第五节 电荷与电场	316
第二章 常用绝缘材料的等级分类	319

第二篇 基本试验方法

第三章 绝缘电阻试验	321
第一节 概述	321
第二节 试验步骤	324
第三节 注意事项	324
第四节 各种因素对绝缘电阻的影响	325
第五节 吸收试验反映 B 级绝缘和 A 级绝缘局部缺陷及其受潮程度的作用	326
第四章 直流泄漏电流试验	328
第一节 概述	328
第二节 几种试验接线的比较	328
第三节 试验步骤	331
第四节 注意事项和异常情况分析	331
第五节 影响试验结果的因素	332
第五章 测量介质损耗的试验	334
第一节 概述	334
第二节 介质损耗角正切值与频率及温度的关系	337
第三节 试验方法	339
第四节 测量介质损耗角正切值的一般注意事项	350
第五节 介质损耗与设备局部缺陷的关系	351
第六章 交流工频耐压试验	355
第一节 概述	355
第二节 试验方法及接线	356
第三节 操作步骤	357
第四节 注意事项	358
第七章 局部放电试验	360
第一节 概述	360
第二节 局部放电测试原理	365
第三节 局部放电测试技术	372

第三篇 电气设备试验

第八章 交流电机试验	380
第一节 同步发电机的基本原理、结构特点	380
第二节 同步发电机及调相机和交流电动机的试验项目和标准	384
第三节 测量定子绕组直流电阻	389

第四节	双水内冷发电机定子绕组绝缘电阻测定和交、直流耐压试验	390
第五节	定子绕组端部手包绝缘质量的检测	395
第六节	定子铁芯试验	397
第七节	超瞬态电抗试验	400
第八节	负序电抗试验	402
第九节	测定定子绕组的极性和相序	402
第十节	测量转子绕组的交流阻抗和功率损耗	403
第十一节	测量三相短路特性	403
第十二节	测量空载特性曲线	405
第十三节	测录发电机定子开路时的灭磁时间常数	406
第十四节	测量发电机自动灭磁装置分闸后的定子残压	406
第十五节	测量轴电压	406
第九章	直流电机试验	408
第一节	直流电机的工作原理、结构特点	408
第二节	直流电机的交接试验项目和标准	409
第三节	测量直流电机各绕组的直流电阻	410
第四节	测量电枢整流片间的直流电阻	410
第五节	炭刷中性线位置的测定	411
第六节	检查电机绕组的极性及其连接的正确性	413
第七节	测录直流发电机的空载特性和以发电机转子绕组为负载的励磁机负载特性曲线	415
第十章	中频发电机试验	417
第一节	中频发电机的交接试验项目和标准	417
第二节	测量绕组的绝缘电阻	417
第三节	测量绕组的直流电阻	417
第四节	绕组的交流耐压试验	418
第五节	测录空载特性曲线	418
第六节	测定相序	418
第十一章	电力变压器试验	419
第一节	试验的基本知识	419
第二节	交接试验的项目	419
第三节	测量绕组连同套管的直流电阻	420
第四节	测量绕组所有分接头的电压比	424
第五节	检查变压器的接线组别和极性	427
第六节	测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数	429
第七节	测量绕组连同套管的介质损耗角正切值	431
第八节	测量绕组连同套管的直流泄漏电流	435
第九节	绕组连同套管的交流耐压试验	436
第十节	绕组连同套管的局部放电试验	438
第十一节	有载调压装置的检查 and 试验	451
第十二节	绝缘油试验	457
第十三节	绝缘油的电气试验方法	461
第十二章	电抗器及消弧线圈的试验	466
第一节	电抗器及消弧线圈的试验项目和标准	466
第二节	电抗器及消弧线圈的试验方法	468
第十三章	互感器试验	477

第一节	互感器的交接试验项目和标准	477
第二节	测量绕组的绝缘电阻	480
第三节	测量 35kV 及以上互感器一次绕组连同套管的介质损耗角正切值	481
第四节	绕组连同套管对外壳的交流耐压试验	482
第五节	测量电流互感器的励磁特性曲线	483
第六节	测量 1000V 以上电压互感器的空载电流	484
第七节	测量电压互感器一次绕组的直流电阻	484
第八节	互感器极性检查	484
第九节	互感器的变比测量	485
第十四章	高压断路器试验	487
第一节	高压断路器的工作原理和结构特点	487
第二节	高压断路器的试验	493
第三节	隔离开关、负荷开关及高压熔断器的试验	505
第四节	套管的试验	506
第五节	悬式绝缘子和支柱绝缘子的试验	507
第十五章	电力电缆试验	508
第一节	电力电缆的试验项目和标准	508
第二节	测量绝缘电阻	510
第三节	直流耐压试验及泄漏电流测量	511
第四节	检查电缆线路的相位	512
第五节	充油电缆的绝缘油试验	513
第十六章	电容器试验	514
第一节	电容器的试验项目和标准	514
第二节	电容器试验方法	515
第十七章	避雷器试验	520
第一节	避雷器的工作原理、结构特点	520
第二节	避雷器的试验项目和标准	522
第三节	测量绝缘电阻	523
第四节	测量电导或泄漏电流, 并检查组合元件的非线性系数	523
第五节	测量磁吹避雷器交流电导电流	525
第六节	测量金属氧化物避雷器的持续电流	526
第七节	测量金属氧化物避雷器的工频参考电压或直流参考电压	527
第八节	测量 FS 型阀式避雷器的工频放电电压	528
第九节	检查放电计数器动作情况及避雷器基座绝缘	529
附录 2A	介质损耗角正切值温度换算系数参考值	531

第三分卷

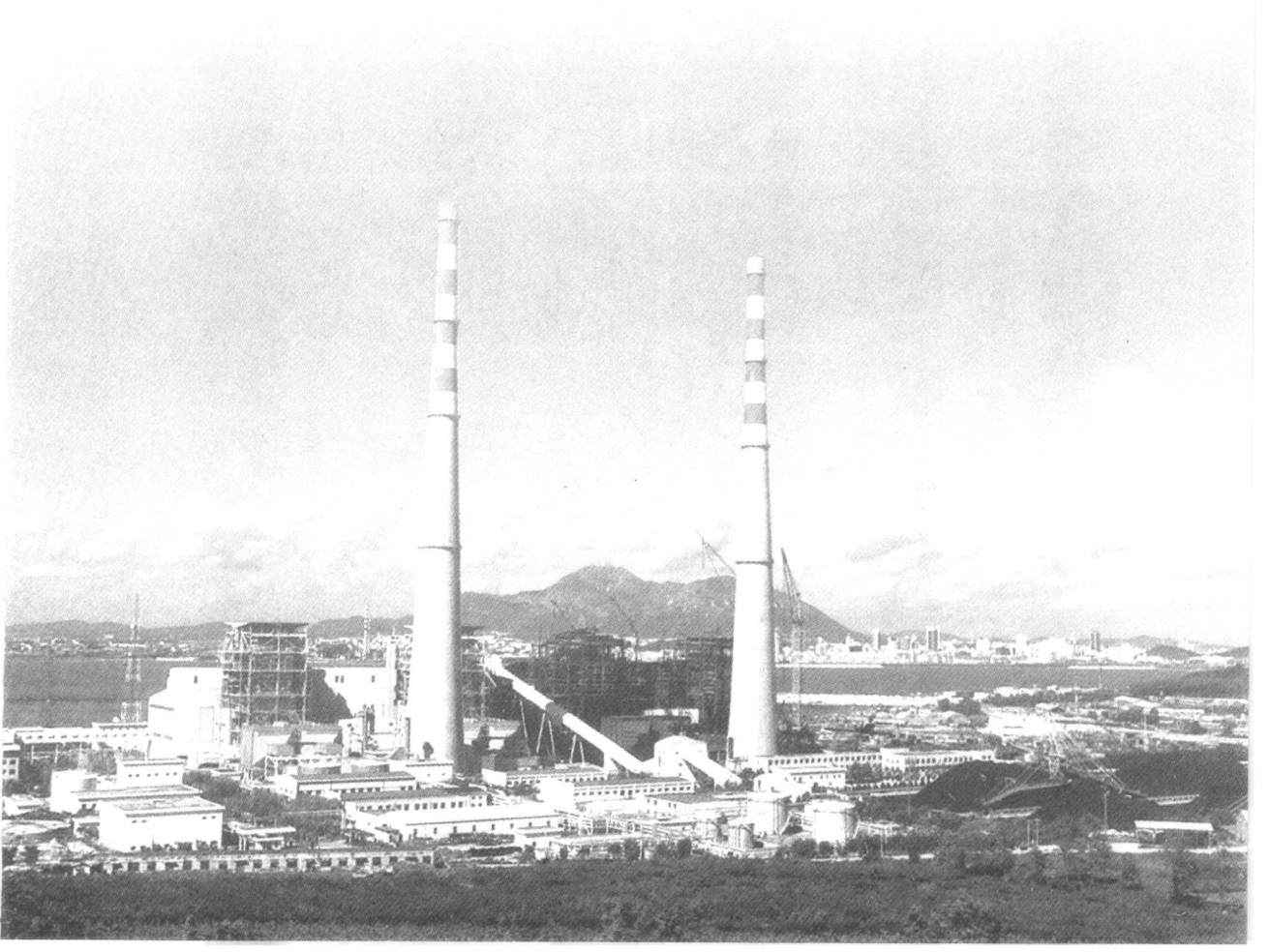
启动调试

编写说明	534
第一章 分部试运阶段	535
第一节 厂用电系统受电	535
第二节 单机试运	539
第三节 分系统试运	541
第二章 机组整套启动	542

第一节	编制整套启动试运电气调试方案	542
第二节	空负荷调试	544
第三节	发电机与系统并列带初负荷	551
第四节	发电机带负荷	556
参考文献	560

第一分卷

继电保护及自动装置



编写说明

《继电保护及自动装置》分卷共分十章。其中第一~第三章对发电机变压器组各种保护装置、母差保护装置的原理、调试程序、试验电源、试验接线、调试方法、静态调试及带负荷试验作了详细介绍；第四~第九章对发电机励磁系统、故障录波器、准同期装置的设计原理、工作性能、硬件结构、软件使用、调试方法及动态试验作了详细说明；第十章对信号系统、厂用电系统、二次回路等公用部分作了全面介绍。

本分卷第一章由赵勇、陈振宇编写，第二章由石光、陈振宇编写，第三章由赵军编写，第四、六章由范龙编写，第五章由程宏伟、杜习周编写，第七章由陈强、韩伟编写，第八章由郭一夫、陈强编写，第九章由陈强、郭一夫编写，第十章由阎永生、厉志波编写。

本分卷由白明九同志主审。

在编写过程中许昌继电器研究所、南京自动化研究所等单位给予了大力支持，河南省电力公司及河南电力试验研究所的领导也给予了指导和帮助，在此一并表示谢意。

由于编写人员水平有限、经验不足，文中难免有欠妥或错误之处，恳请广大读者批评指正。

第一章 发电机变压器组保护 装置调试

第一节 发电机变压器组保护装置调试工作的一般程序

发电机变压器组保护一般分为元件调试、静态整组调试和带负荷检查。其装置的调试工作应大致按如下程序进行。

1 准备工作

- (1) 了解和审查有关图纸、资料及规程。必要时应组织收集资料和技术进行学习。
- (2) 对较复杂的保护装置应编制试验方案（包括安全技术措施）。
- (3) 了解有关的定值。必要时还应提前向有关方面报送设备参数。
- (4) 了解工期要求和安装工作进度。
- (5) 准备工具、材料、备品、备件、仪器、仪表、试验设备、试验电源和记录表格等。

2 元件试验

- (1) 继电器检验。
- (2) 与保护有关的外围设备和一次设备检验。

3 单套装置的整组试验

- (1) 检查设备型号，应与图纸相符。
- (2) 检查保护装置接线的正确性。
- (3) 保护装置的整组试验。

4 整组调试

- (1) 检查一、二次设备的型号和规格，应与图纸相符。
- (2) 检查一、二次回路接线的正确性。
- (3) 二次回路绝缘检查及交流耐压。
- (4) 单套保护装置的整组试验。
- (5) 传动试验。
- (6) 一次电流试验。
- (7) 保护装置试投及实际负荷下的试验。
- (8) 向运行人员书面交底，包括定值、回路变动情况、试验结果及能否正式投入运行等内容。

5 整理移交试验记录

- (1) 元件检验记录。
- (2) 外围设备和有关的一次设备检验记录。
- (3) 系统调试记录。

6 编制保护装置调试方案的内容

- (1) 调试的目的和预期结果。
- (2) 调试开始前应具备的条件及应完成的工作。
- (3) 调试项目及顺序。
- (4) 调试方法。
 - 1) 调试电源的选择。
 - 2) 仪器、仪表的选用及试验接线。
 - 3) 按调试项目明确每个项目的具体做法。比如各开关的操作步骤；电流或电压的调节方法、控制数值及接入端子；测点位置；装置的调节方法及最终整定值。
 - 4) 设计调试记录表格。
 - (5) 安全技术措施主要应包括如下内容。
 - 1) 应核实一次系统带电设备对不带电设备及地的断开点、安全距离、接地线的位置、规格及组数。
 - 2) 应核实二次回路与运行系统二次回路的断开点及应解除的联动回路。应核实二次回路的临时改动方案。
 - 3) 对带电系统的绝缘要求。
 - 4) 调试时对运行系统的要求。
 - 5) 防止出现二次并列、高压侧升压、电流互感器二次侧开路和电压互感器二次侧短路的措施。
 - 6) 熔断器容量的选择。
 - 7) 特殊仪器、仪表的使用及注意事项。
 - 8) 人员组织分工。

第二节 试验电源

1 试验电源应具备的条件

- (1) 供电安全可靠，有足够的容量裕度。
- (2) 电源质量满足试验要求。
 - 1) 交流电源要求波形好，频率和幅值稳定，相序正确。
 - 2) 直流电源要求纹波系数小，幅值稳定，极性正确。
- (3) 试验电源必须经开关和容量合适的熔丝与供电系统隔离。电源开关（或自动开关）应设置在试验场所便于操作的地方。电源线不宜过长，并应有足够的截面，电源线的走向应