

火电工程调试技术手册

化学卷

010

0101 100 01010101

河南省电力公司 编

0101 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 化学卷

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(化学卷)》主要介绍了火力发电机组化学调试工作的内容和经验。对补给水处理、凝结水处理、循环水处理、热力系统化学清洗、吹管及整组启动阶段的化学监督、制氢系统和废水处理等系统的工作原理、调试经验进行了介绍和总结,以供电厂化学工作者特别是化学调试人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

火电工程调试技术手册.化学卷/河南省电力公司编.
北京:中国电力出版社,2004
ISBN 7-5083-1199-X

I.火… II.河… III.①火力发电-电力工程-调试-技术手册②火力发电-电厂化学-调试-技术手册 IV.TM621-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第122206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>)

三河市宏达印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004年4月第一版 2004年4月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 28印张 682千字

印数0001—4000册 定价60.00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 刘 煜

《火电工程调试技术手册(化学卷)》

编写人员

邱武斌 赵战省 郝党强 王卫军 陈明静 周晓湘

吴文龙 冯 宾

前 言

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。

本书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

编写说明

电力行业是国民经济的支柱和优先发展产业之一。改革开放以来，电力工业得到长足的发展，一批 300MW 和 600MW 机组相继投产并成为主力机组。随着机组容量的增大和参数的提高，机组基建调试工作的重要性日渐突出，成为机组能否顺利投产移交和能否长期安全经济、稳定运行的关键因素。

基建机组的化学专业调试工作，从最先开始的化学补给水系统调试到机组整套启动阶段的化学监督，其间包含了化学清洗、制氢系统调试、凝结水处理系统调试、循环水处理系统调试、机组试运过程的化学监督、废水处理系统调试等多项工作，这对化学专业调试工作者和化学专业调试工作质量提出了更高的要求：第一，随着机组参数的提高和容量的增加，蒸汽对杂质的携带特性发生了巨大的变化，杂质对机组安全经济、稳定运行的影响逐渐增大，机组联合启动阶段水汽品质已成为影响机组顺利投产、制约机组基建达标投产的主要参数之一；第二，电厂化学技术的发展，新设备、新材料的应用，迫使化学专业调试工作者还要着眼于热力设备的结构和材质，乃至电力生产的全过程；第三，环境的恶化和水资源的短缺，给电厂化学专业带来了许多新的挑战，化学调试专业工作者将面临许多新问题。另外，通常调试阶段手头资料凌乱、匮乏，很多情况下收集到的都是一些调试大纲方案，系统性差。为了总结交流电厂化学调试经验，提高化学调试水平，为化学调试工作者提供一套可资借鉴的资料，特编制了本手册。

本手册共分八个部分：

第一篇：锅炉补给水处理系统调试。主要介绍相关系统的设备基本情况、工作原理、设计安装要求、系统调试经验及故障处理等。最近几年，化学补给水处理已从常规的一级除盐+混床系统向多方向扩展，最主要表现在预脱盐膜处理和弱型离子交换树脂的广泛应用上。导致补给水处理系统出力不足或出水水质差的原因表现了更多的复杂性。树脂和膜的污染、再生剂质量差、预处理效果不佳、树脂垫层质量差、设备制造安装等原因而造成的介质分布不均，都有可能造成水处理系统运行达不到设计要求。作为分系统调试的化学补给水处理系统调试已经成熟，化学补给水处理系统调试工作的重心逐渐前移，放在了水处理设备系统安装检查和水处理材料的把关检验上，主要目的是防止垫层、树脂等质量差。当然，真正化学补给水处理系统运行优化调试往往在试生产期才逐渐完成。

第二篇：凝结水精处理系统调试。主要介绍相关系统的设备基本情况、基本工作原理、设计安装要求、系统调试经验及故障处理。由于机组参数的提高，凝结水处理系统的重要性日渐显现出来。凝结水处理系统逐渐由低压系统向中压系统过渡，凝结水处理系统更加复杂，对系统的可靠性要求也更高。凝结水处理系统主要存在的问题有混床阴阳树脂分离不彻底、树脂的铁污染、再生剂的质量等。凝结水处理系统投入时机是一个值得探讨的问题，凝结水处理系统尽早投入有利于给水品质和蒸汽品质的尽快合格，但却可能给凝结水处理系统本身带来严重的后果；反之，凝结水处理系统投入时间后移，随之而来的是给水、蒸汽品质合格时间后移，不但浪费大量的“优质水”，而且影响机组的启动计划。凝结水处理系统投

人运行有时会引起汽包炉水 pH 降低。中压凝结水处理系统正常投运还有许多问题需要解决。

第三篇：循环冷却水处理系统调试。主要介绍基本工作原理、系统调试经验及故障处理。设计阶段对循环水处理关注较少，往往一笔带过，给循环水处理系统调试增加了难度，但也留下了发挥的空间。目前循环水处理方式有药剂稳定处理、石灰处理、树脂弱酸处理等几种模式，循环水处理系统调试与循环水处理的方式是密切相关的。对于不同的循环水处理方式，调试的重点也大不相同。对于药剂稳定处理，关键在于稳定药剂的筛选和现场的监督控制。对于石灰处理方式，关键在于石灰处理系统的运行调整，石灰处理系统出水水质和循环水水质的监测。对于循环水弱酸处理方式，关键在于再生药剂剂量的调整和弱酸系统出水平均碱度的控制。循环水处理系统的调试是一个常被忽视的领域。由于循环水水处理系统调试欠佳而在短期内引起的凝汽器管结垢，管材使用初期的腐蚀并不罕见。

第四篇：热力设备的化学清洗。介绍了化学清洗条件的选择、化学清洗方案的编制、化学清洗工作的实施。热力系统化学清洗是最重要的分步试运步骤之一。热力系统化学清洗看似一项正常的工作，但实施起来问题很多，突出表现在：清洗介质选择困难，各种清洗介质相对应不同的清洗工艺条件和工艺过程，互有优缺点，比选困难；清洗的不可逆性，它是一个特殊过程，对过程的控制要求极严；方案编制时所依据的材料（如管样垢量）通常与实际情况有出入，虽然在实验室内可以对清洗控制参数进行模拟实验，但在实施过程中，常需要调整；清洗步骤多，衔接不易，特别是钝化步骤的控制；废液处理难度大。编制化学清洗方案要求化学调试人员具有综合的分析能力，建立在对热力系统的深刻了解和对环境条件的熟悉程度上；化学清洗方案的实施需要化学调试人员具有较强的现场协调能力和应变能力。这一切都需要化学调试人员具有丰富的现场经验。

第五篇：热力系统吹管及整套启动阶段的化学监督。介绍吹管和整套启动阶段水汽标准、水质异常处理方案。吹管及机组整套启动阶段的化学监督是对热力设备“婴儿期”的呵护过程，工作质量的好坏不但直接影响机组的顺利投产，而且对机组投入生产后的安全经济运行有着重大的影响。“给水品质不合格不进锅炉，蒸汽品质不合格汽轮机不冲转，凝结水品质不合格不回收”是每个化学调试工作者应坚持的原则，而促使给水、蒸汽、凝结水尽快合格是化学调试工作者应尽的义务。吹管及机组整套启动阶段的主要化学监督工作要坚持“预防为主”的原则，工作要体现预见性和超前性。化学调试人员要积极参加热力设备的安装检查和设备的分步试运工作。从水汽系统的安装及内部清理开始到化学清洗，到冷热态冲洗，到锅炉点火，到汽轮机冲转，到蒸汽洗硅，每一步都存在监督、检查与必要的调整。由于蒸汽品质不合格而推迟汽轮机冲转、由于洗硅而影响机组升负荷在调试过程中已非常常见。热力系统设备冷热态冲洗步骤、程序及范围的确定，凝汽器泄漏情况的判断，洗硅工艺过程的调整，都显示了吹管及机组整套启动阶段的化学监督是一个“精细”的过程。当然，给水、炉内处理化学药品的检验也是必不可少的。

第六篇：制氢系统调试。主要介绍相关系统的设备基本情况、基本工作原理、设计安装要求、系统调试经验及故障处理。制氢设备可靠性高，系统简单，调试工作量小，但安全措施是调试方案中首先要考虑的问题。

第七篇：废水处理系统调试。主要包括设备基本情况、工作原理、安装要求、系统调试经验及异常处理。化学专业调试本来只限于中和池废水处理系统调试，目前，随着环保法规

的日趋严格，新建电厂基本都建有综合废水处理系统，废水处理系统的调试常由化学调试人员“代管”，在这里将对废水处理系统调试也进行介绍。

附录：调试过程中涉及的相关标准等。调试阶段资料相对缺乏，得之不便。附件主要是将化学调试人员在工作中常涉及的相关标准进行归纳录入。

本手册在编制过程中主要从以下几个方面考虑。首先是可借鉴性，力争结合化学调试工作的具体特点，简明扼要地介绍各个分系统调试中有可能遇到的问题及处理方法；其次是全面性，考虑到化学调试人员的精简，需要调试人员成为多面手，本手册将化学调试人员在工作中常涉及的电力用油、环保专业相关标准进行归纳录入；第三是权威性，导则、规程是调试人员经常需要翻阅的资料，是方案编制的依据，本书有选择地进行了录入。

本手册第一、二、六篇由赵战省同志编写，第三、四、五、七篇分别由郝党强、王卫军、陈明静和周晓湘同志编写，吴文龙、冯宾同志也参加了部分章节的编写工作，邱武斌同志编写了大纲并对全书进行了统稿和审核。另外，杨汝周、阎留保同志对手册提出了很多宝贵的建议，在此一并表示感谢！

由于本书成书时间匆忙，手册中一定存在很多不足之处，敬请批评指正。

前言
编写说明



第一篇

锅炉补给水处理系统调试

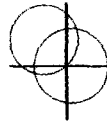
第一章	调试前的准备工作	3
第二章	锅炉补给水的预处理	5
第一节	水的混凝处理	5
第二节	水的沉淀软化和镁剂除硅	8
第三节	沉淀处理设备及设计规范	11
第四节	水的过滤处理	17
第五节	活性炭吸附	24
第六节	除铁除锰	26
第三章	锅炉补给水的预脱盐处理	32
第一节	电渗析	32
第二节	反渗透	38
第三节	超滤	48
第四章	锅炉补给水的除盐处理	49
第一节	离子交换树脂	49
第二节	一级除盐设备的调试	57
第三节	锅炉补给水的混床除盐处理	65
第四节	弱型树脂在锅炉补给水处理中的应用	69
第五节	空气压缩机	75



第二篇

凝结水精处理系统调试

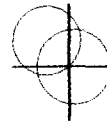
第五章	调试前的准备工作	83
第六章	凝结水前置处理装置的调试	85
第一节	覆盖过滤器	85
第二节	微孔过滤器	88
第三节	磁力过滤器	89
第四节	凝结水前置氢处理	91
第七章	凝结水除盐系统调试	93
第一节	高速混床系统的调试	93
第二节	高速混床体外再生系统的调试	97
第三节	氨化混床	102
第四节	运行监督与故障处理	103



第三篇

循环冷却水处理调试

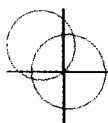
第八章 循环冷却水处理调试	109
第一节 概述	109
第二节 防垢处理	112
第三节 缓蚀剂处理	127
第四节 杀菌灭藻处理	128
第九章 循环水处理模拟试验	132
第一节 现场工况参数	132
第二节 模拟实验	133



第四篇

热力设备化学清洗

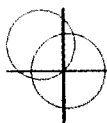
第十章 概述	141
第十一章 化学清洗工艺条件的确定	142
第一节 清洗介质的确定	142
第二节 清洗用缓蚀剂的选用	146
第十二章 化学清洗方案的确定	151
第一节 清洗系统的设计及药品的计算	151
第二节 清洗方案的编制	160
第十三章 清洗系统的安装、检查和清洗前的准备工作	162
第一节 安装清洗系统的基本要求	162
第二节 外部条件及安全措施的实施	163
第三节 正式系统应具备的条件	164
第四节 清洗前的准备工作	164
第十四章 清洗的主要工艺过程	166
第一节 盐酸清洗工艺	166
第二节 EDTA 清洗工艺	168
第三节 柠檬酸清洗工艺	170
第四节 氢氟酸清洗工艺	171
第五节 其他介质及工艺过程	172
第六节 化学清洗时的化学监督	177
第七节 化学清洗时的安全措施	180
第十五章 清洗效果评价及典型的清洗方案和清洗总结	182
第一节 清洗效果评价	182
第二节 编写清洗总结报告	182
第三节 典型的清洗方案和清洗总结	183



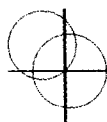
第五篇

热力系统吹管及整套启动阶段的化学监督

第十六章 锅炉给水处理	209
第一节 给水除氧	209
第二节 给水 pH 值的调节	214
第十七章 炉水处理	217
第一节 磷酸盐防垢处理	217
第二节 协调 pH 磷酸盐处理	218
第三节 分散剂处理	219
第四节 络合处理	219
第十八章 冷、热态冲洗及蒸汽吹管	221
第一节 概述	221
第二节 冷态冲洗	221
第三节 热态冲洗	223
第四节 蒸汽吹洗	223
第十九章 机组整套启动期间汽水质量	226
第一节 机组启动前冲洗	226
第二节 机组带负荷洗硅	227
第三节 给水加药系统调试	230
第四节 水汽取样系统	235
第五节 水汽系统化学监督仪表	247
第六节 水汽控制标准	253
第二十章 直流锅炉的水质	261
第一节 直流锅炉水、汽系统概述	261
第二节 直流锅炉的“联氨—氨”碱性水化学工况	263
第三节 中性水化学工况	265
第四节 联合水处理	268
第五节 直流锅炉启动前水冲洗	271
第六节 启动期间的水汽监督	272
第二十一章 热力设备腐蚀及停(备)用保护	273
第一节 热力设备的腐蚀及防护原则	273
第二节 热力设备的防腐方法	278
第二十二章 机组整套启动过程中遇到的问题及处理	294
第一节 凝汽器泄漏	294
第二节 炉水水质的影响因素	295
第三节 影响蒸汽质量的因素	297
第四节 水、汽质量劣化时的处理	299
第五节 吹管及机组启动期间应注意的问题	302



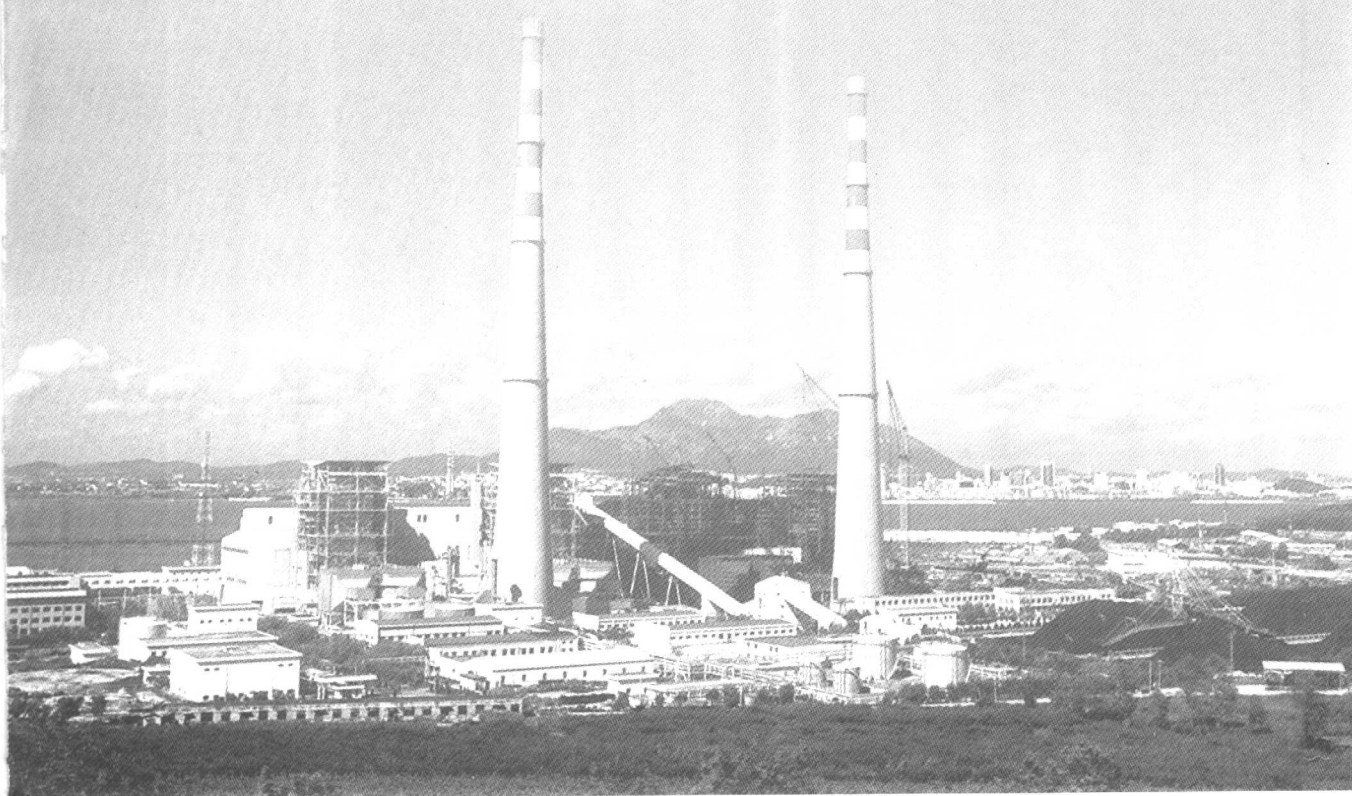
第二十三章 调试前的准备工作	307
第二十四章 氢气的性质及制氢原理	309
第一节 氢气的性质	309
第二节 制氢原理	310
第二十五章 DQ-4 型水电解制氢系统	313
第一节 基本设备规范和主要技术参数	313
第二节 主要设备介绍	314
第三节 安装要求	315
第四节 试运前应具备的条件	315
第五节 调整试运	316
第六节 常见故障及处理方法	319
第二十六章 ZHDQ-32/10 型水电解制氢系统	322
第一节 主要技术参数	322
第二节 主要设备介绍	322
第三节 工艺流程简介	327
第四节 自动调节主要项目的调节原理	329
第五节 安装要求	331
第六节 试运前应具备的条件	331
第七节 调整试运	331
第八节 常见故障及处理方法	336
第二十七章 配制电解液	339
第一节 电解液中的杂质对电解工艺的影响	339
第二节 电解液中的添加剂	340
第三节 碱液要求	341
第四节 配制所用器材	341
第五节 碱液配制方法	341
第二十八章 常用化学监督方法	344
第一节 气体取样方法	344
第二节 奥氏气体分析仪	344
第三节 阿斯曼湿度计	345
第二十九章 QGY-10/3.2 型氢气干燥装置	347
第一节 概述	347
第二节 工作原理	347
第三节 调整试验	348
第四节 常见故障及处理方法	349



第三十章 概述	353
第三十一章 工业废水的性质和治理的主要原则	354
第一节 工业废水的性质	354
第二节 工业废水治理的主要原则	354
第三十二章 废水处理方法	356
第一节 废水的物理处理方法	356
第二节 废水的化学处理方法	357
第三节 废水的物理化学处理方法	360
第四节 废水的生物处理方法	362
第三十三章 废水处理系统	366
第一节 废水处理系统概述	366
第二节 废水的预处理	367
第三节 废水的沉降分离处理	370
第四节 废水的混凝澄清处理	377
第五节 废水的除油处理（上浮、气浮与分离）	393
第六节 废水的过滤处理	397
第三十四章 废水处理系统的选择	408
第一节 分散处理	408
第二节 集中处理	409
附录一 DL/T 712—2000《火力发电厂凝汽器管材选材导则》（节录）	413
附录二 GB/T 7596—2000《电厂用运行中汽轮机油质量标准》（节录）	417
附录三 GB/T 7595—2000《运行中变压器油质量标准》（节录）	419
附录四 DL/T 571—1995《电厂用抗燃油验收、运行监督及维护管理导则》（节录）	421
附录五 GB 8978—1996《污水综合排放标准》（节录）	424
附录六 GB 13223—1996《大气污染物排放标准》（节录）	426
附录七 GB/T 8905—1996《六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则》（节录）	427
附录八 DL 519—1993《离子交换树脂验收标准》（节录）	428

第一篇

锅炉补给水处理系统调试





第一章 调试前的准备工作

一、收集和熟悉图纸资料

(一) 调研

- (1) 了解所调电厂的位置、规模和性质。
- (2) 了解三大主机的设备规范。
- (3) 了解机组用水的质量和用量。
- (4) 了解同类型设备在调试过程中出现的问题及处理方法。
- (5) 了解同类型设备在运行过程中出现的问题及处理方法。

(二) 收资

1. 设备资料

- (1) 设备运行及维护说明书。
- (2) 澄清池、过滤器、离子交换器等设备的结构图。
- (3) 各种泵、风机的设备结构图。
- (4) 离子交换树脂、石英砂等填料的厂家、质量合格证书。
- (5) 混凝剂、工业盐酸、工业烧碱等药品的厂家、质量合格证书。

2. 设计资料

- (1) 设计说明书。
- (2) 锅炉补给水处理系统图。
- (3) 设备和管道布置图。
- (4) 设备和管道安装图。

3. 其他资料

一年四季的原水水质资料。若为地表水，必须有洪水期和枯水期的水质全分析资料以及被污染的情况。

熟悉资料、图纸，深入现场，熟悉实际施工系统，发现设计及施工问题，要及时提出并纠正。

二、制定调试计划

- (1) 根据调试工程量及难度，确定调试工作人员。
- (2) 准备调试使用的仪器、仪表、工具和材料。
- (3) 编写调试文件：
 - 1) 编写调试方案及措施。
 - 2) 编写调试记录卡。

三、调试基本内容及程序

1. 小型试验