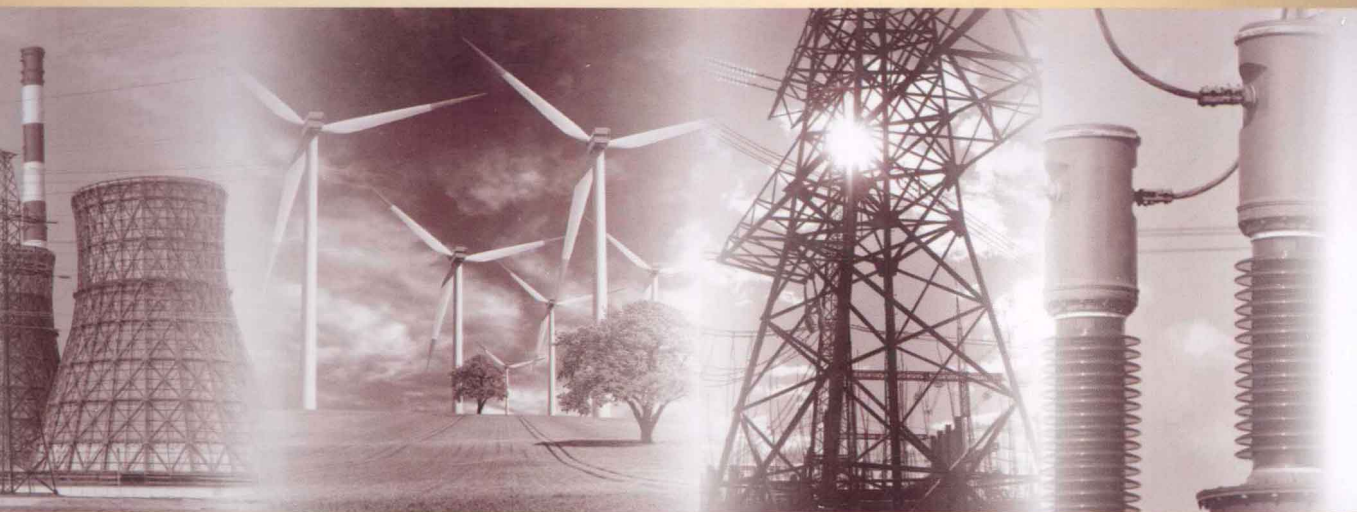


电气工程安装 及调试技术手册

DIANQI GONGCHENG ANZHUANG
JI TIAOSHI JISHU SHOUCHE

白玉岷 主编

第3版 下册



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电气工程安装及调试技术手册

下 册

第3版

主 编	白玉岷				
副 主 编	刘 洋	宋宏江	陈 斌	高 英	
	张艳梅	田 明	桂 垣	董蓓蓓	
	武占斌	王振山	赵洪山	张 璐	
	莫 杰	田 朋	谷文旗	李云鹏	
	刘晋虹	白永军	赵颖捷	王 建	
主 审	悦 英	赵颖捷	桂 垣		
土 建 工 程 顾 问	李志强				



机械工业出版社

本书以实践经验为主，并辅以理论知识，详细讲述各类电气及自动化工程、电气设备及弱电工程的安装、调试、送电及试运行的技术技能，同时讲述安装调试中的故障处理方法。

全书分为上册、下册出版，共 19 章。本书为下册，主要内容包括：电缆的安装敷设，变配电装置的安装，特殊环境电气工程的安装，防雷与接地系统的安装，电梯的安装，自动化仪表及自动装置的安装，空调系统电气设备的安装，弱电系统的安装，电气安装调试工程安全技术等 9 章。

本书可供从事电气工程的安装、调试、运行、设计、管理的人员以及电气安装单位的技术人员、电工技师参考，也可作为青年电工、各类从事电工工作的初学者的培训教材，以及工科院校和职业技术学院电气专业师生的教学用书或实践教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气工程安装及调试技术手册·下册/白玉岷主编. —3 版. —北京: 机械工业出版社, 2013. 6

ISBN 978-7-111-42975-3

I. ①电… II. ①白… III. ①电气设备-设备安装-技术手册 IV. ①TM64-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 133302 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 牛新国 责任编辑: 朱林 等

版式设计: 霍永明 责任校对: 王欣

封面设计: 马精明 责任印制: 乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013 年 7 月第 3 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 71.25 印张 · 4 插页 · 2454 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-42975-3

定价: 199.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

电气工程安装及调试技术手册第3版编写人员名单

章号	主编	副主编	编写人员	责任编辑
1	白玉岷	刘洋	宋宏江、陈斌、高英、王川、高志平、马千里、志农	朱林
2	白玉岷	朱振华	闫文武、康永太、张丰录、王明月、闫玉琴、江涛、胡义彬	朱林
3	武占斌	韩健北	薛玉明、刘继、吴小环、宋智、石小永、闫莉、于长河	赵任
4	王振山	范学忠	吴大力、李金福、王宇山、赵艳芬、袁小琴、于大广、吴大敏	赵任
5	白玉岷	刘志林	张海亮、李红军、任秉富、张连兵、张文武、耿华、张瑜军	翟天睿
6	宋宏江	姚亮	闫文桓、杨玉明、刘广大、武双有、闫敬敏、马媛、徐金玉	郑彤
7	赵洪山	贺祖贤	刘有义、海纳川、王峰、马小力、武永胜、席跃文、胡加梁	江婧婧
8	白玉岷	董仁辉	冯永志、黄小河、于江、王世东、张小峰、吕英华、刘凯	王欢
9	莫杰	刘玉丰	李晓华、康洪、史有进、王玉斌、杨晓华、姚义、杨爱	王欢
10	田明	梁川	田锋、郑生、安智慧、席成军、刘海龙、李晓龙、胡有志、韩树红	吕潇
11	莫杰	刘玉萍	武雁栋、刘正宏、胡静海、郭小启、邹振勇、廉瑞金、梁玉芳	赵玲丽
12	白玉岷 谷文旗	陈继 田朋	王佳乐、叶鹏飞、王琼、吴大喜、王小兵、武玉香、刘侠、贾连忠	任鑫
13	桂垣	董蓓蓓	范锐、刘伟、赵宏德、张利敏、李君、王建、李树兵	罗莉
14	桂垣	张艳梅	宋宏江、陈斌、高英、田朋	罗莉
15	李云鹏	宋琴	徐阳、王大志、刘小环、王玉洁、胡志朋、郝海东、闫静敏	林桢
16	张璐	芦春	郭志琪、王金银、姚立婷、成儒、建春、达峰、赵玉春	顾谦
17	刘晋虹	倪小君	万川、久安、万柳、王金玉、李方、师北屏、春琴、马玉琴	顾谦
18	白玉岷 白永军	董蓓蓓	高立明、赵英、赵小树、赵必胜、建玉华、闫玉奇、康大力	闫洪庆
19	赵颖捷	罗林	赵北华、赵红军、谢小华、常兴、陈玲、陈世森、王佩燕	闫洪庆

第3版前言

《电气工程安装及调试技术手册》1998年第1版、2008年第2版，至今已有十几个年头了，该书的出版和发行受到了广大读者的青睐和推崇，它确实给读者解决了很多工程技术方面的实际问题。特别是对一些刚刚踏入电工技术这一行业的青年人来讲更是如鱼得水，从中学到了很多原本需要很长时间才能学到的技术技能。本人曾多次接到读者们的来电，也看到过许多网上的评论，他们最多的一句话就是：“读您的书解渴”，真正为他们的实际工作解决了难题。同时他们对本书也提出了很多宝贵的意见和建议，并对本书的再版寄予了厚望，我感到非常欣慰，这里我和本书的全体编写人员向广大读者表示衷心的感谢！

我们编写本书的目的就是使读者特别是电气专业的大学生能在较短的时间内掌握从事电工这个职业应该具备的技术技能，缩短从理论到实践的时间和距离，使其成为一部电工技术的“实用手册”，在遇到难题时查阅本书相关章节内容便可即时找到方法和要点。今天，我们这个目的和愿望得以实现，真正能为读者解决工作中的实际难题，正是我们的初衷。这里祝愿所有读者，在通往电工技术技能职业技术高峰的道路上，乘风破浪、勇往直前、兢兢业业、独占鳌头。

随着时代的进步和科学技术的发展，电工技术、电气工程技术、电气设备元件及材料都在发展，为了适应读者的需求，尽快地全面掌握电工技术，对《电气工程安装及调试技术手册》我们接受了读者的建议，我们从结构、内容、系统上都做了较大的改动，主要体现在以下几个方面：

1. 将原书版面分为两本单独出版，第一本为《电气工程安装及调试技术手册》，第二本为《电气工程项目管理与策划技术手册》。第一本专门讲述电气工程的安装、调试、试运行的技术技能，从电工安装调试基本技术技能、制作加工技术、配合土建管路施工讲起，讲述照明、动力、低压发电、起重机械、架空线路、电缆、变配电所、特殊环境电气工程、防雷接地、电梯、自动化仪表、空调系统电气、弱电系统等安装、调试实际操作技术技能，循序渐进、由易到难、由简单到复杂，便于初学者阅读并指导实践，同时又可查阅不同电气工程的安装调试技术、技能指导工程施工。万丈高楼平地起，必须从最基础开始，点点滴滴积累经验技术，才能完成重大、复杂的工程，急于求成便会一败涂地。

第二本专门讲述电气工程开工前的准备工作及技术技能，主要有审图、常用计算方法、设备元件及材料选择、施工组织设计编制、预算及物资供应、质量环境安全管理体系建立及实施、现场质量安全环境管理、开工前的协调组织及准备工作等工程项目管理方面的内容，以确保工程的质量、安全、进度、投资、环境，创造优质工程。

2. 本书在第2版基础上，每章都增加了新内容，特别是国家颁布的电气工程相关的新标准、新规范使内容焕然一新，既保留了传统的技术技能，又有新技术、新工艺、新设备、新材料的涌现，使该书更有指导性，更能答疑解惑。

如，第二章增加了电气故障判断及处理方法，详细列出了照明、管线、电动机、低压电器、变配电装置常见故障的判断处理方法；第三章增加了高压开关柜制作要点及规定；第五章变化较大，增加了新标准规范要求的相应方法；第六章增加了公共场所照明及单相电气装置的

安装；第九章增加了新型电气设备；第十章增加了线路杆塔基础施工要点；第十一章按新标准规范要求敷设及试验，增加了矿用电缆的施工；第十三章增加了新国标（GB3836.15—2000）的内容；第十四章增加了新标准的内容和材料、规格试验及要求；第十六章增加了部分智能数字测控仪表的内容；第十八章增加了信号隔离器及新标准规范的内容；其他章节也有新标准及新内容的增加和变化。

当前，我们的国家正处于改革开放、经济腾飞的伟大转折时代。在这样的大好形势下，我们可以看到电工技术突飞猛进的发展，新技术、新材料、新设备、新工艺层出不穷、日新月异。电子技术、计算机技术以及通信、信息、自动化、控制工程、电力电子、传感器、机器人、机电一体化、遥测遥控等技术及装置已与电力、机械、化工、冶金、交通、航天、建筑、医疗、农业、金融、教育、科研、国防等行业技术及管理融为一体，并成为推动工业发展的核心动力。特别是电气系统，一旦出现故障将会造成不可估量的损失。2003年8月美国、加拿大大面积停电，几乎使整个北美瘫痪。我国2008年南方雪灾，引起大面积停电，造成1110亿人民币的经济损失，这些都是非常惨痛的教训。

电气系统的先进性、稳定性、可靠性、灵敏性、安全性是缺一不可的，因此电气工作人员必须稳步提高，具有精湛高超的技术技能，崇高的职业道德以及对专业工作认真负责、兢兢业业、精益求精的执业作风。

本书汇集了众多实践经验极为丰富、理论知识精通扎实、能够将科研成果转化为实践、能够解决工程实践难题的资深高工、教授、技师承担编写工作，他们分别来自设计单位、安装单位、工矿企业、高等院校、通信单位、供电公司、生产现场、监理单位、技术监督部门等。他们将电气工程及自动化工程中设计、安装、调试、运行、维护、检修、保养以及安全技术、读图技能、施工组织、预算编制、质量管理监督、计算机应用等实践技术技能由浅入深、由易至难、由简单到复杂、由强电到弱电以及实践经验、绝活窍门进行了详细的论述，供广大读者，特别是青年工人和电气工程及自动化专业的学生们学习和参考，以期在技术技能上取得更大的成绩和进步。

本书的特点是实用性强，可操作性强，通用性强。但需要说明，本书讲述的技术技能及方法不是唯一的，也可能不是最先进、最科学的，然而按照本书讲述的方法，一定能将各种工程，包括复杂且难度大的工程顺利圆满地完成。读者及青年朋友们在遇到技术难题时，只需翻阅相关章节的内容便可找到解决难题的办法。

电气工作是个特殊的职业，从前述分析可以得知电气工程及自动化工程的特点，主要是：安全性强，这是万万不容忽视的；专业理论性强，涉及自动控制、通信网络、自动检测及复杂的控制系统；从业人员文化层次较高；技术技能难度较大，理论与实践联系紧密；工程现场条件局限性大，环境特殊，如易燃、易爆等；涉及相关专业广，如机、钳、焊、铆、吊装、运输等；节能指标要求严格；系统性、严密性、可靠性、稳定性要求严格，从始至终不得放松；最后一条是法令性强，规程、规范、标准多，有150多种。电气工作人员除了技术技能的要求外，最重要的一条则是职业道德和敬业精神。只有高超的技术技能与高尚的职业道德、崇高的敬业精神结合起来，才能保证电力系统及自动化系统的安全运行及其先进性、稳定性、可靠性、灵敏性和安全性。

因此，作为电气工程工作人员，特别是刚刚进入这个行业的年轻人和刚毕业的电气专业的大学生，应该加强电工技术技能的学习和锻炼，深入实践，不怕吃苦、不怕受累；同时应加强或加深电工理论知识的学习，并与实践紧密结合，提高技术水平。在工程实践中加强职业道德

的修养，加强和规范作业执业行为，才能成为电气行业的技术高手。

在国家经济高速发展的过程中，作为一名电气工作者肩负着非常重要的责任。国家宏观调控的重要目标就是要全面贯彻落实科学发展观，加快建设资源节约型、环境友好型社会，把节能减排作为调整经济结构、转变增长方式的突破口。在电气工程、自动化工程及其系统的每个环节和细节里，每个电气工作者只要能够尽心尽责，兢兢业业，确保安装调试的质量，做好运行维护工作，就能够减少工程费用，减少事故频率，降低运行成本，削减维护开支；就能确保电气系统的安全、稳定、可靠运行。电气工作人员便为节能减排、促进低碳经济发展，保增长、保民生、促稳定做出巨大的贡献。

在这中华民族腾飞的时代里，每个人都有发展和取得成功的机遇，倘若本书能为您提供有益的帮助和支持，我们全体编者将会感到万分欣慰和满足。祝本书的所有读者，在通往电工技术技能职业高峰的道路上，乘风破浪、一帆风顺、马到成功。

白玉岷
2013年3月

目 录

下 册

第3版前言

第十一章 电缆的安装敷设	1131
第一节 总体要求	1131
一、电缆敷设的总体要求	1131
二、电力电缆的测试试验要求和方法	1132
第二节 准备工作	1142
一、检查电缆安装预埋件及对土建工程的要求	1142
二、电缆保护管的加工及敷设	1142
三、电缆支架的制作与安装	1144
四、电缆的运输、保管及试验	1145
五、其他准备工作及施工组织	1145
第三节 电缆安装敷设技术要求	1146
第四节 电缆的安装敷设工艺方法	1148
一、地下直埋电缆敷设法	1149
二、电缆沟内敷设法	1153
三、钢索悬吊架空敷设	1154
四、管道内敷设	1156
五、电缆槽架内敷设	1156
六、电气竖井内敷设	1157
七、沿建筑物明设	1157
八、电缆在穿越桥梁时的敷设	1159
九、水中电缆的敷设	1159
十、冬季电缆敷设的技术措施	1161
十一、敷设电缆的安全注意事项	1162
十二、电缆穿越建筑物孔洞时的防火封堵方法	1162
第五节 电缆终端头的制作及安装	1167
一、电缆头的制作条件、准备工作及要求	1167
二、塑料绝缘电缆干包电缆头的制作	1170
三、室内环氧树脂电缆头的制作	1175
四、室外环氧树脂电缆头的制作	1178
五、室外生铁盒(WD系列)电缆头的制作	1180
六、6~35kV交联电力电缆热缩型护套	

终端头的制作	1183
七、3~35kV交联电力电缆冷缩型电缆头的制作	1188
八、电缆头的安装	1190
九、各类电缆中间头的制作	1190
十、电缆头制作的安全注意事项	1195
十一、各种型式电缆头的试验	1197
第六节 特种电缆的安装	1197
一、防火电缆的安装工艺方法	1197
二、屏蔽电缆的安装工艺方法	1199
三、铝包对称通信电缆的安装	1200
第七节 矿用电缆的安装敷设	1204
一、矿用电缆的接头与终端	1204
二、矿用电缆的安装敷设	1209
第十二章 变配电装置的安装	1225
第一节 总体要求	1225
第二节 准备工作	1226
一、土建工程应具备的条件	1226
二、设备的检查、验收和保管	1226
三、施工组织及施工方案的编制	1226
四、设备、元件、材料的检查及试验	1226
第三节 变压器的运输及吊装就位	1226
一、变压器运输的特点及要求	1226
二、变压器运输的准备工作	1227
三、变压器的装车和卸车	1227
四、变压器的运输	1235
五、变压器的吊装就位	1239
第四节 室外变电装置的安装	1241
一、混凝土支架和杆的安装	1241
二、变压器的安装	1242
三、横担、绝缘子及金属构架的安装	1263
四、避雷器的安装	1264
五、电流互感器的安装	1269
六、电压互感器的安装	1271
七、高压隔离开关的安装	1273
八、断路器的安装	1279
九、35kV跌落式熔断器的安装	1288

十、软母线的安装及一次设备的接线	1290	七、试运行	1412
十一、穿墙套管的安装	1291	第八节 室内 35kV 变电站的安装	1418
十二、硬母线的制作安装	1294	一、电气设备布置方案及安装要点	1418
十三、电缆的敷设	1294	二、35kV 开关柜的安装及调试	1419
十四、接线端子箱的安装	1295	三、室内 35kV 变电站安装工艺程序	1423
十五、阻波器的安装	1295	四、注意事项	1430
十六、防雷接地系统的安装	1295	第九节 110kV 变电所的安装	1432
第五节 室内变配电装置的安装	1298	一、工程概况	1432
一、10kV 开关柜的安装及调整	1298	二、安装工艺程序及要求	1432
二、电容柜的安装及调整	1334	三、110kV 室外电气设备的安装调试	1433
三、直流屏的安装及试验	1339	四、35kV 室内电气设备的安装调试	1460
四、控制屏的安装及调试	1344	五、中心监控室电气监控系统的安装 调试	1460
五、保护屏的安装及调试	1349	六、系统调整试验	1519
六、中央信号屏的安装及试验	1363	七、并网试验及并网试送电	1520
七、站用变配电屏的安装及试验	1368	第十节 大型高压电动机的安装	1520
八、低压配电屏的安装	1368	一、开工条件	1520
九、母线的安装	1368	二、基础的检查验收及处理	1520
十、小母线的安装	1371	三、底板的安装	1521
十一、UPS 的安装	1375	四、轴承座的安装	1522
十二、计量屏的安装	1375	五、联轴器的安装	1523
十三、室内接地系统的安装	1375	六、转子和定子的安装	1523
十四、电缆头的制作	1375	七、轴承间隙的测量和轴瓦的研磨	1527
十五、照明电路及检修间动力控制箱的 安装	1375	八、油路系统的安装	1529
第六节 控制、保护及二次回路的接线	1376	九、电气系统的安装及试车	1529
一、二次回路接线的要求	1376	第十一节 变配电装置安装调试质量标准 及检验方法	1546
二、变压器端子箱的接线	1376	第十三章 特殊环境电气工程的安装	1595
三、电压互感器端子箱的接线	1376	第一节 总体要求	1596
四、电流互感器的二次接线	1379	第二节 基本概念	1596
五、油断路器操动机构控制箱的接线	1382	一、特殊环境名词及术语解释	1596
六、隔离开关辅助开关的接线	1384	二、爆炸和火灾环境危险区域的分区	1597
七、站用变低压配电屏的接线	1384	三、爆炸危险环境危险区域范围的划分	1597
八、直流屏的接线	1384	四、爆炸性气体环境危险区域的范围	1598
九、保护屏的接线	1384	五、爆炸性粉尘环境危险区域的划分	1604
十、控制屏的接线	1384	六、火灾危险环境危险区域的划分	1605
十一、中央信号屏的接线	1384	第三节 爆炸危险环境电气装置及安装 要求	1605
十二、计量屏的接线	1384	一、国标要求 (GB3836.15—2000)	1605
十三、小母线的连接	1392	二、爆炸性气体环境中的电气设备 及线路在设计、选型、安装上的要求	1617
第七节 系统调试、送电及试运行	1396	三、爆炸粉尘环境中的电气设备 及线路在设计、选型、安装上的要求	1621
一、系统调试前的检查	1396	四、防爆电气设备附件	1623
二、室外电气设备的分段测试	1397	五、防爆电气设备安装要求	1657
三、室内电气设备的调整试验	1398		
四、继电保护回路的试验调整	1398		
五、零起升压倒送电试验	1405		
六、正式送电	1407		

六、爆炸危险环境电气线路安装要求	1660	第二节 准备工作及施工组织	1734
第四节 火灾危险环境电气装置及安装		一、开工条件及机房和井道土建工程的	
要求	1662	验收	1734
一、火灾危险环境的电气设备及线路在		二、熟悉图样及厂商提供的资料	1735
设计、选型、安装上的要求	1662	三、编制施工方案及施工组织	1735
二、火灾危险环境的电气装置安装要求 ..	1664	四、设备的清点、堆放和试验验收	1736
第五节 特殊环境电气装置的接地	1664	五、施工用电	1738
一、特殊环境电气装置的接地要求	1664	六、搭设脚手架	1738
二、特殊环境中防静电接地的要求	1665	七、样板制作与安装	1739
第六节 爆炸危险环境电气设备安装实例 ..	1666	八、井道测量及标准线的确定	1740
一、照明电路及设备的安装	1666	第三节 机房设备的安装及调整	1741
二、动力电路及设备的安装	1668	一、放线确定设备的安装位置	1741
三、其他特殊环境电气设备的安装	1670	二、曳引机承重梁的安装	1741
第十四章 防雷与接地系统的安装	1675	三、曳引机的安装	1742
第一节 总体要求及基本概念	1675	四、导向轮和复绕轮的安装	1745
一、总体要求	1675	五、限速装置的安装	1746
二、基本概念和名词术语	1676	六、选层器的安装	1748
第二节 防雷系统的安装	1676	第四节 井道设备的安装及调整	1749
一、避雷针的安装	1676	一、导轨的安装	1749
二、避雷线的安装	1683	二、轿厢的安装	1753
三、避雷器的安装	1683	三、对重的安装	1758
四、避雷网的安装	1686	四、缓冲器的安装	1758
五、特殊场所防雷设施的安装	1689	五、补偿装置的安装	1759
六、防雷装置的材料、规格、试验及		六、穿挂曳引钢丝绳	1761
要求	1692	七、轿门及自动门机构的安装	1763
第三节 接地系统的安装	1701	第五节 厅门的安装及调整	1766
一、电气设备的接地	1702	一、厅门地坎的安装	1766
二、接地极和接地引线的敷设	1703	二、门框及门套的安装	1767
三、高电阻率土壤降低接地电阻的方法 ..	1708	三、厅门导轨的安装	1767
四、特殊电气装置的接地	1711	四、门扇的安装	1768
第四节 防雷与接地的技术要求及注意		五、轿门与厅门联动机构的安装	1768
事项	1720	六、门锁的安装	1769
一、注意事项	1720	第六节 电气设备的安装与接线	1771
二、主要技术要求	1722	一、机房电气设备的安装与接线	1771
第十五章 电梯的安装	1733	二、井道布线	1778
第一节 总体要求	1733	三、井道及轿厢电气设备及元件的安装	
一、安装单位施工现场的质量管理	1733	和接线	1781
二、对土建工程施工质量的控制和		四、控制柜与控制线路的接线	1788
验收	1733	五、接地系统的安装	1789
三、电梯安装前按规范进行电梯设备		第七节 微机控制交流变频调速电梯的安	
进场验收	1733	装	1790
四、电梯安装分项工程质量控制	1734	一、图样分析及安装接线要点	1790
五、电梯安装工程的质量验收	1734	二、布线技术总体要求	1798
六、施工中的安全技术措施	1734	三、电梯初步调整	1819
		第八节 电梯安装质量的检测	1826

第九节 电梯调试及试运行	1836	第三节 元件的校验和试验	2022
一、电梯调试总体原则	1836	第四节 管路、线缆安装敷设	2023
二、交流双速电梯的调试(货梯)	1837	第五节 元件的安装接线	2023
三、交流调速电梯的调试要点	1844	第六节 控制柜的安装与接线	2026
四、直流调速电梯的调试要点	1845	第七节 动力装置的安装	2026
五、微机控制交流变频调速电梯的调试 要点	1849	第八节 系统调整试验及试运行	2026
六、整机调整及试运行中的检测	1864	一、工艺流程图及设置	2026
第十节 电梯工程安装质量监督及标准	1867	二、调节控制原理图	2026
第十六章 自动化仪表及自动装置的 安装	1892	三、送风机的控制原理图	2027
第一节 总体要求及准备工作	1892	四、调试程序内容	2030
一、总体要求	1892	五、调试及试运行方法	2030
二、准备工作	1892	六、调整试验总体要求	2031
三、自动化仪表相关术语	1893	七、常用测试方法	2032
第二节 自动化仪表的类别及功能	1895	第九节 空调系统的竣工验收	2038
第三节 自动化仪表的校验和检定	1905	第十八章 弱电系统的安装	2039
第四节 线缆安装敷设	1905	第一节 总体要求及准备工作	2039
第五节 自动化仪表及自动装置的安装	1907	一、总体要求	2039
一、安装要求	1908	二、准备工作	2042
二、自动化仪表及自动装置的安装图样	1908	第二节 火灾自动报警及自动消防系统 的安装	2043
三、取源部件、传感器及检测元件	1915	一、开工条件及元件的检查测试	2043
四、仪表设备的安装	1932	二、线路敷设及要求	2043
第六节 仪表系统管路的安装	1966	三、探测器的安装及编码	2044
一、总体要求	1966	四、区域报警控制器的安装接线	2056
二、管路的安装	1966	五、集中报警控制器的安装接线	2062
三、安装规定和要求	1966	六、消防控制室控制设备的安装	2063
四、管路的脱脂	1976	七、系统调试及试运行	2076
第七节 仪表柜及仪表的接线	1977	第三节 通信广播系统的安装	2079
第八节 系统调整试验及投入试运行	1993	一、开工条件及元件的检查、测试及 试验	2079
一、调整试验及试运行的准备工作	1993	二、电话系统的安装	2079
二、系统调整试验	1994	三、广播音响系统的安装	2084
三、投入试运行	1996	四、通信广播系统室外线路及光缆的 安装	2090
第九节 智能数字测量控制仪表的安装及 调试	2001	五、公共场所通信广播系统的安装	2104
一、智能数字测量控制仪表基本结构及 功能	2001	第四节 有线电视系统的安装	2104
二、常用智能数字测量控制仪表的安装 接线	2005	一、开工条件与元件的检查、测试及 试验	2104
三、智能数字测量控制仪表使用注意事 项及方法技巧	2011	二、线路敷设	2105
第十七章 空调系统电气设备的安装	2022	三、天线及天线的安装	2106
第一节 总体要求及准备工作	2022	四、前端设备的安装	2113
第二节 元件类别及功能	2022	五、机房设备的安装	2116
		六、分配系统元件的安装	2118
		七、系统调试	2119
		八、常见故障及处理方法	2121

第五节 保安系统的安装	2123	第八节 弱电系统信号隔离器应用技术	2209
一、开工条件及元件、设备的检查、测试 和试验	2123	一、基本概念	2209
二、线路敷设及要求	2124	二、应用技术及要求	2211
三、可视一对讲—电锁门系统的安装	2124	第十九章 电气安装调试工程安全技 术	2219
四、闭路电视保安系统的安装	2124	第一节 总体要求	2219
五、保安防盗报警系统的安装	2136	第二节 电工操作程序和要求	2221
六、出入监控系统安装要点	2145	第三节 安装工程中单相电气设备安全 使用要点	2233
七、电子巡更系统安装要点	2149	一、单相电气设备的特点	2233
八、停车场管理系统安装要点	2150	二、单相电气设备的配电与接线	2234
九、保安集中监控系统的安装	2154	三、单相电气设备运行注意事项	2235
十、系统调整试验及试运行	2155	四、电气照明设备选择和安装注意 事项	2235
第六节 智能建筑及综合布线系统的安装 ..	2157	五、插座的安装和使用	2236
一、概述及总体要求	2157	六、安全电压照明变压器的使用	2237
二、开工条件	2158	七、便携式电气设备安全使用	2237
三、综合布线系统的安装测试	2158	八、移动式电气设备安全使用	2238
四、楼宇及其机电设备自控系统的安装 ..	2170	第四节 电气安装工程安全防护装置的设 置及安全技术	2238
五、三表计量及远程传输系统安装要点 ..	2197	一、电气安装工程安全技术措施	2238
六、小区信息网络智能化服务管理系统 安装要点	2199	二、电气安装工程临时用电安全技术及 要求	2245
七、家居智能信息平台安装要点	2199	三、电气安装工程安装机械的正确使 用	2250
八、小区物业管理自动化系统安装要点 ..	2199	参考文献	2256
九、系统调试及投入试运行	2199		
第七节 微机系统安装要点	2203		
一、安装要点	2203		
二、调整测试要点	2205		

第十一章 电缆的安装敷设

电缆在电气工程中占有很重要的地位，并且电缆的种类繁多，因此电缆的安装方法具有特殊性，技术要求很高。本章将讲述电缆常用的安装方法，包括地下直埋、电缆沟内敷设、钢索悬吊架空敷设、管内敷设等，另外着重讲述电缆头的制作以及电缆的运输保管等内容。电缆的安装应符合电缆线路施工及验收规范的要求，标准号 GB50168—2006，GB50150—2006，GB50303—2011。

第一节 总体要求

一、电缆敷设的总体要求

- 1) 电缆的规格型号应符合设计要求。
- 2) 电缆的运输保存应符合产品的要求。
- 3) 电缆敷设前必须用相应电压等级的绝缘电阻表（匀称兆欧表）进行绝缘电阻的测试，绝缘电阻合格后才能进行直流耐压试验和泄漏电流的测量。
- 4) 无论采用哪种敷设方式，任何时候、任何地点、任何情况下都必须保证电缆的弯曲半径不超过允许值。
- 5) 电缆头的制作必须在干燥清洁的环境下进行，使用的材料应符合电缆产品的要求。电缆头制作好后也必须进行耐压试验。
- 6) 将电缆放入金属导管时，其金属导管管口必须成喇叭口形，以保证穿入时其外扩层和外绝缘层不受损伤。
- 7) 金属电缆支架、电缆导管必须接地（PE）或接零（PEN）可靠。
- 8) 电缆敷设严禁有绞拧、铠装压扁、护层断裂和表面严重划伤等缺陷。
- 9) 电缆支架安装
 - ① 当设计无要求时，电缆支架最顶层至竖井顶部或楼板的距离不小于 150~200mm；电缆支架最底层至沟底或地面的距离不小于 50~100mm；
 - ② 当设计无要求时，电缆支架层间最小允许距离符合表 4-2 的规定；
 - ③ 支架与预埋件焊接固定时，焊缝饱满；用膨胀螺栓固定时，选用螺栓适配，连接紧固，防松零件齐全。
- 10) 电缆在支架上敷设，转弯处的最小允许弯曲半径应符合表 11-20 的规定。

11) 电缆敷设固定应符合下列规定：

- ① 垂直敷设或大于 45° 倾斜敷设的电缆在每个支架上固定。
- ② 交流单芯电缆或分相后的每相电缆固定用的夹具和支架，不形成闭合铁磁回路。
- ③ 电缆排列整齐，不得交叉；水平敷设的电缆，首尾两端、转弯两侧及每隔 5~10m 处设固定点；当对设计无要求时，电缆支持点间距不大于表 4-3 的规定。
- ④ 当对设计无要求时，电缆与管道的最小净距应符合表 11-1 的规定，且敷设在易燃易爆气体管道和热力管道的下方。
- ⑤ 敷设电缆的电缆沟和竖井，按设计要求位置，有防火隔堵措施。
- ⑥ 电缆敷设时，电缆之间、电缆与管道、道路、建筑物之间平行和交叉时的最小净距见表 11-1。

表 11-1 电缆之间，电缆与管道、道路、建筑物之间平行和交叉时的最小净距

项 目		最小净距/m	
		平行	交叉
电力电缆间及其与控制电缆间	10kV 及以下	0.10	0.50
	10kV 以上	0.25	0.50
控制电缆间		—	0.50
不同使用部门的电缆间		0.50	0.50
热管道(管沟)及热力设备		2.00	0.50
油管道(管沟)		1.00	0.50
可燃气体及易燃液体管道(沟)		1.00	0.50
其他管道(管沟)		0.50	0.50
铁路路轨		3.00	1.00
电气化铁路路轨	交流	3.00	1.00
	直流	10.0	1.00
公路		1.50	1.00
城市街道路面		1.00	0.70
杆基础(边线)		1.00	—
建筑物基础(边线)		0.60	—
排水沟		1.00	0.50

注：电缆与公路平行的净距，当情况特殊时可酌减。

12) 电缆的首端、末端和分支处应设标志牌。

13) 架空电缆与公路、铁路、架空线路交叉跨越时应符合表 11-2 的规定。

表 11-2 架空电缆与公路、铁路、架空线路
交叉跨越时最小允许距离 (m)

交叉设施	最小允许距离	备注
铁路	7.5	—
公路	6	—
电车路	3/9	至承力索或接触线/至路面
弱电流线路	1	—
电力线路	1/2/3/4/5	电压 (kV) 1 以下/6 ~ 10/35 ~ 110/154 ~ 220/330
河道	6/1	五年一遇洪水位/至最高航行水位的最高船桅顶
索道	1	—

二、电力电缆的测试试验要求和方法

电缆的测试及试验是电缆工程中最重要技术手段,无论生产制造、安装使用、运行维护都必须对电缆进行测试和试验,以确保电缆的质量。

电力电缆试验的类别及项目见表 11-3。

1. 电缆直流电阻的测试

直流电阻的测试一般用直流电桥法,测试时应注意以下几点:

1) 被测品的长度不得小于 1m;

2) 电桥的选用按被测电缆估算的范围选定,见表 11-4 ~ 表 11-6。其中,电桥精度不小于 0.5 级,读数应保证三位有效数字。

表 11-3 电力电缆主要试验项目

序号	试验项目	试验类别					
		中间检查	出厂与验收试验	定期试验	研究性试验	安装后交接试验	运行监督试验
1	导体直流电阻		✓				
2	绝缘电阻		✓			✓	✓
3	整盘电缆介质损耗角正切 ($\tan\delta$)		✓				
4	交流短时耐压试验		✓				✓
5	交流长时耐压试验			✓			
6	直流耐压试验					✓	✓
7	热循环下的 $\tan\delta$ 试验			✓			
8	电容					✓	
9	正序及零序阻抗					✓	
10	泄漏电流及三相不平衡度的检查					✓	✓
11	老化试验			✓			
12	局部放电检测					✓	
13	载流量试验					✓	
14	电缆弯曲后的冲击电压试验			✓			
15	火花(干试机)试验	✓					
16	浸水耐压试验	✓					
17	结构尺寸检查	✓	✓	✓			
18	铅套扩张试验	✓	✓				
19	铅(铝)套密封性试验		✓				
20	铅套和加强层的液压试验			✓			
21	充油电缆油样试验	✓	✓			✓	✓
22	粘性电缆油样试验	✓					
23	浸渍剂滴出试验		✓				
24	交联度试验			✓			
25	橡塑类电缆的耐寒试验			✓			
26	浸渍含气量试验					✓	
27	$\tan\delta-t^\circ\text{C}$ 曲线			✓			
28	护层耐压试验			✓			

注: ✓—合格。

表 11-4 按被测电缆估算电阻选用电桥

测量电阻范围/ Ω	$10^{-5} \sim 2$	$2 \sim 10^2$	$10^2 \sim 10^6$
电桥型式	双臂电桥	双臂或单臂电桥	单臂电桥

表 11-5 第一种结构线芯的电阻值

标称截面积/ mm^2	线芯中导线最少根数	20℃时线芯的最大电阻					
		铜 导 体				铝 导 体	
		单线镀金属		单线不镀金属			
		单芯/ (Ω/m)	多芯/ (Ω/m)	单芯/ (Ω/m)	多芯/ (Ω/m)	单芯/ (Ω/m)	多芯/ (Ω/m)
1	1	17.9×10^{-3}	18.2×10^{-3}	17.7×10^{-3}	18.1×10^{-3}	29.3×10^{-3}	29.9×10^{-3}
1.5	1	12.0×10^{-3}	12.2×10^{-3}	11.9×10^{-3}	12.1×10^{-3}	19.7×10^{-3}	20.0×10^{-3}
2.5	1	7.21×10^{-3}	7.35×10^{-3}	7.14×10^{-3}	7.28×10^{-3}	11.8×10^{-3}	12.0×10^{-3}
4	1	4.51×10^{-3}	4.60×10^{-3}	4.47×10^{-3}	4.56×10^{-3}	7.89×10^{-3}	7.54×10^{-3}
6	1	3.00×10^{-3}	3.06×10^{-3}	2.97×10^{-3}	3.03×10^{-3}	4.91×10^{-3}	5.01×10^{-3}
10	1	1.79×10^{-3}	1.83×10^{-3}	1.77×10^{-3}	1.81×10^{-3}	2.94×10^{-3}	3.00×10^{-3}
16	1	1.13×10^{-3}	1.15×10^{-3}	1.12×10^{-3}	1.14×10^{-3}	1.85×10^{-3}	1.89×10^{-3}
25	1	0.715×10^{-3}	0.729×10^{-3}	0.708×10^{-3}	0.722×10^{-3}	1.17×10^{-3}	1.20×10^{-3}
35	1	0.524×10^{-3}	0.535×10^{-3}	0.519×10^{-3}	0.529×10^{-3}	0.859×10^{-3}	0.876×10^{-3}
50	7	0.361×10^{-3}	0.368×10^{-3}	0.358×10^{-3}	0.365×10^{-3}	0.529×10^{-3}	0.604×10^{-3}
120	19	0.149×10^{-3}	0.152×10^{-3}	0.148×10^{-3}	0.151×10^{-3}	0.245×10^{-3}	0.250×10^{-3}
150	19	0.119×10^{-3}	0.121×10^{-3}	0.117×10^{-3}	0.120×10^{-3}	0.194×10^{-3}	0.198×10^{-3}
240	37	0.0767×10^{-3}	0.0783×10^{-3}	0.0760×10^{-3}	0.0775×10^{-3}	0.126×10^{-3}	0.128×10^{-3}
300	37	0.0609×10^{-3}	0.0621×10^{-3}	0.0603×10^{-3}	0.0615×10^{-3}	0.0998×10^{-3}	0.102×10^{-3}

表 11-6 第二种结构线芯的电阻

标称截面积/ mm^2	线芯中导线最少根数			20℃时线芯的最大电阻					
	圆形导体	压紧的圆形或扇形导体		铜 导 体				铝 导 体	
				单线镀金属		单线不镀金属			
		n_1 (一般用于铜)	n_2 (一般用于铝)	单芯/ (Ω/m)	多芯/ (Ω/m)	单芯/ (Ω/m)	多芯/ (Ω/m)	单芯/ (Ω/m)	多芯/ (Ω/m)
1	7	—	—	21.2×10^{-3}	21.6×10^{-3}	20.8×10^{-3}	21.2×10^{-3}	34.8×10^{-3}	35.4×10^{-3}
1.5	7	—	—	13.6×10^{-3}	13.8×10^{-3}	13.6×10^{-3}	13.3×10^{-3}	22.2×10^{-3}	22.7×10^{-3}
2.5	7	—	—	7.41×10^{-3}	7.56×10^{-3}	7.27×10^{-3}	7.41×10^{-3}	12.1×10^{-3}	12.4×10^{-3}
4	7	—	—	4.60×10^{-3}	4.70×10^{-3}	4.52×10^{-3}	4.61×10^{-3}	7.55×10^{-3}	7.70×10^{-3}
6	7	—	—	3.05×10^{-3}	3.11×10^{-3}	3.02×10^{-3}	3.08×10^{-3}	4.99×10^{-3}	5.09×10^{-3}
10	7	6 ^①	1	1.81×10^{-3}	1.84×10^{-3}	1.79×10^{-3}	1.83×10^{-3}	2.96×10^{-3}	3.02×10^{-3}
16	7	6 ^①	1	1.14×10^{-3}	1.16×10^{-3}	1.13×10^{-3}	1.15×10^{-3}	1.87×10^{-3}	1.91×10^{-3}

(续)

标称 截面 积/ mm ²	线芯中导线 最少根数			20℃时线芯的最大电阻					
	圆形 导体	压紧的圆形 或扇形导体		铜 导 体				铝 导 体	
				单线镀金属		单线不镀金属			
		n ₁ (一 般用 于铜)	n ₂ (一 般用 于铝)	单芯 /(Ω/m)	多芯 /(Ω/m)	单芯 /(Ω/m)	多芯 /(Ω/m)	单芯 /(Ω/m)	多芯 /(Ω/m)
25	7	6	1	0.719 × 10 ⁻³	0.734 × 10 ⁻³	0.712 × 10 ⁻³	0.727 × 10 ⁻³	1.18 × 10 ⁻³	1.20 × 10 ⁻³
35	7	6	6 ^①	0.519 × 10 ⁻³	0.529 × 10 ⁻³	0.514 × 10 ⁻³	0.524 × 10 ⁻³	0.851 × 10 ⁻³	0.868 × 10 ⁻³
50 ^②	19	15	6 ^①	0.383 × 10 ⁻³	0.391 × 10 ⁻³	0.379 × 10 ⁻³	0.387 × 10 ⁻³	0.628 × 10 ⁻³	0.641 × 10 ⁻³
70	19	15	15 ^①	0.265 × 10 ⁻³	0.270 × 10 ⁻³	0.262 × 10 ⁻³	0.268 × 10 ⁻³	0.435 × 10 ⁻³	0.443 × 10 ⁻³
95	19	15	15 ^①	0.191 × 10 ⁻³	0.195 × 10 ⁻³	0.189 × 10 ⁻³	0.193 × 10 ⁻³	0.313 × 10 ⁻³	0.320 × 10 ⁻³
120	37	30	15 ^①	0.151 × 10 ⁻³	0.154 × 10 ⁻³	0.150 × 10 ⁻³	0.153 × 10 ⁻³	0.248 × 10 ⁻³	0.253 × 10 ⁻³
150	37	30	15 ^①	0.123 × 10 ⁻³	0.126 × 10 ⁻³	0.122 × 10 ⁻³	0.124 × 10 ⁻³	0.202 × 10 ⁻³	0.206 × 10 ⁻³
185	37	30	30 ^①	0.0982 × 10 ⁻³	0.100 × 10 ⁻³	0.0972 × 10 ⁻³	0.0991 × 10 ⁻³	0.161 × 10 ⁻³	0.164 × 10 ⁻³
240	61	53	30 ^①	0.0747 × 10 ⁻³	0.762 × 10 ⁻³	0.0740 × 10 ⁻³	0.0754 × 10 ⁻³	0.122 × 10 ⁻³	0.125 × 10 ⁻³
300	61	53	30 ^①	0.0595 × 10 ⁻³	0.0607 × 10 ⁻³	0.0590 × 10 ⁻³	0.0601 × 10 ⁻³	0.0976 × 10 ⁻³	0.100 × 10 ⁻³
400	61	53	53	0.0465 × 10 ⁻³	0.0475 × 10 ⁻³	0.0461 × 10 ⁻³	0.0470 × 10 ⁻³	0.0763 × 10 ⁻³	0.0778 × 10 ⁻³
500	61	53	53	0.0369 × 10 ⁻³	0.0377 × 10 ⁻³	0.0366 × 10 ⁻³	0.0373 × 10 ⁻³	0.0605 × 10 ⁻³	0.0617 × 10 ⁻³
630	127	114	114	0.0286 × 10 ⁻³	0.0292 × 10 ⁻³	0.0283 × 10 ⁻³	0.0289 × 10 ⁻³	0.0469 × 10 ⁻³	0.0478 × 10 ⁻³
800	127	—	—	0.0224 × 10 ⁻³	0.0228 × 10 ⁻³	0.0221 × 10 ⁻³	0.0226 × 10 ⁻³	0.0367 × 10 ⁻³	0.0347 × 10 ⁻³
1000	127	—	—	0.0177 × 10 ⁻³	0.0181 × 10 ⁻³	0.0176 × 10 ⁻³	0.0179 × 10 ⁻³	0.0291 × 10 ⁻³	0.0297 × 10 ⁻³

① 对于非常特殊用途的线芯可制成实芯导体。

② 实际截面积约为 47mm²。

3) 被测线芯的温度应与环境温度相同。

4) 使用的仪器必须在检定周期内。

2. 电缆绝缘电阻的测试

绝缘电阻的测试一般直流比较法、绝缘电阻测试
仪法、高阻计(电桥)法,测试时应注意以下几点:

1) 测试时对电缆施加的电压一般不小于 100V,最高不大于 3000V;

2) 绝缘电阻的测试应在耐压试验合格后进行;

3) 测试时的读数读取应在接通电流后 1min 时即

时读取。

4) 注意测量时的环境温度并将测量结果按温度系数进行换算。电缆绝缘电阻温度换算系数见表 11-7。

3. 介质损耗角正切值 tanδ 的测试

介质损耗角正切值 tanδ 的测试一般采用交流电桥法、介质试验器法和低功率瓦特法,也可用 SB2204 型智能介质损耗测试仪进行,详见本书第五章电气设备、元件、材料的测试及试验的相应内容。试验时应注意以下几点:

表 11-7 绝缘电阻温度换算系数 (k')

温度/℃	油纸绝缘 电缆	聚氯乙烯绝缘电缆		天然橡胶	天然丁苯(1:1)橡胶	丁基橡胶
		1~3kV	6kV			
-5	0.08	0.016	—	—	—	—
-4	0.09	0.019	—	—	—	—
-3	0.10	0.024	—	—	—	—
-2	0.11	0.029	—	—	—	—
-1	0.13	0.032	—	—	—	—
0	0.14	0.042	—	0.38	0.27	0.34
1	0.16	0.048	0.25	0.40	0.28	0.35

(续)

温度/°C	油纸绝缘 电缆	聚氯乙烯绝缘电缆		天然橡胶	天然丁苯(1:1)橡胶	丁基橡胶
		1~3kV	6kV			
2	0.18	0.054	0.26	0.42	0.29	0.38
3	0.20	0.070	0.27	0.44	0.31	0.40
4	0.22	0.077	0.28	0.46	0.33	0.42
5	0.24	0.091	0.29	0.48	0.36	0.44
6	0.26	0.109	0.31	0.51	0.39	0.46
7	0.30	0.124	0.33	0.54	0.42	0.49
8	0.33	0.151	0.36	0.57	0.45	0.52
9	0.37	0.183	0.37	0.60	0.48	0.54
10	0.41	0.211	0.38	0.63	0.51	0.58
11	0.44	0.249	0.41	0.67	0.54	0.61
12	0.49	0.292	0.48	0.71	0.58	0.64
13	0.52	0.340	0.52	0.74	0.62	0.68
14	0.56	0.402	0.58	0.79	0.66	0.72
15	0.61	0.468	0.59	0.82	0.70	0.76
16	0.64	0.547	0.63	0.85	0.75	0.81
17	0.73	0.638	0.74	0.83	0.80	0.85
18	0.82	0.744	0.78	0.92	0.86	0.90
19	0.91	0.857	0.85	0.96	0.93	0.96
20	1.00	1.000	1.00	1.00	1.00	1.00
21	1.09	1.17	1.11	1.06	1.11	1.07
22	1.18	1.34	1.20	1.13	1.23	1.14
23	1.26	1.57	1.40	1.20	1.36	1.22
24	1.33	1.81	1.80	1.27	1.51	1.30
25	1.44	2.08	1.90	1.35	1.68	1.38
26	1.55	2.43	2.05	1.44	1.87	1.45
27	1.68	2.79	2.40	1.54	2.08	1.55
28	1.76	3.22	2.70	1.65	2.31	1.65
29	1.92	3.71	3.80	1.77	2.57	1.77
30	2.09	4.27	4.10	1.90	2.86	1.89
31	2.25	4.92	4.45	2.03	3.18	2.00
32	2.42	5.60	5.20	2.17	3.53	2.15
33	2.60	6.45	5.80	2.32	3.91	2.32
34	2.79	7.42	7.60	2.47	4.33	2.50
35	2.95	8.45	8.28	2.65	4.79	2.69
36	3.12	9.70	8.50	2.85	5.29	2.90
37	3.37	—	9.66	3.10	5.83	3.13
38	3.58	—	11.60	3.35	6.44	3.38
39	4.06	—	14.50	3.63	7.18	3.65
40	4.53	—	16.00	3.95	8.23	3.94

1) 测压电压为 $0.5U_0$ 、 $1.0U_0$ 、 $1.5U_0$ 、 $2.0U_0$ ，并取与其对应的 4 个 $\tan\delta$ 值及各段的 $\tan\delta$ 增加值 ($\Delta \tan\delta$) 和从 $(0.5 \sim 2.0) U_0$ 之间总增加值，以进行比对。

2) 较为准确地估算电容电流，以免电容电流过大使试验变压器过载或电桥损坏。电容电流估算先按电缆型式和截面积确定其电容值，然后再按公式进行计算。