

上海电缆输配电公司 史传卿 主编

电力电缆安装运行技术问答



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电力电缆安装运行技术问答

上海电缆输配电公司 史传卿 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是在1981年版本的基础上,吸取了近20年来电力电缆安装运行技术的发展和实践经验,重新组织编写的。作者以其丰富的实践经验和扎实的理论基础,针对生产现场的实际工作中经常遇到的、重要的问题,系统介绍了220kV及以下电力电缆的结构性能、敷设施工、各种电缆终端和接头的制作工艺、电缆线路的电气试验与故障测寻技术和运行维修及技术管理方面的理论、方法与经验。

本书可供从事电力电缆安装与运行职业的技术人员、工人以及有关学校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力电缆安装运行技术问答/上海电缆输配电公司史传卿主编. - 北京:中国电力出版社,2002

ISBN 7-5083-1045-4

I. 电… II. 史… III. ①电力电缆-输配电线路-安装-问答 ②电力电缆-输配电线路运行-问答 IV. TM726.4-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第030372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

*

2002年8月第1版 2002年8月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 14.375印张 372千字

印数0001—5000册 定价27.00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)

前言

本书是为适应电力电缆应用技术的迅速发展,为适应电缆专业工作人员和有关学校师生的需要,由我公司在 1981 年版本的基础上,总结了近 20 年来电力电缆理论、技术的发展以及运行和安装工艺等实践经验,重新组织编写的。它以问答形式,系统介绍了 220kV 及以下电力电缆的结构性能、敷设施工、各种电缆终端与接头的制作工艺、电缆线路的电气试验与故障测寻技术和运行维修及技术管理方面的理论、方法与经验。

本书由我公司史传卿主编并编写第一章至第三章,杨文威编写第四章至第六章,孟卓青编写第七章、第八章,范慈生编写第九章。龚尊、盛龙宝对本书的编写工作给予了关心和指导。书稿由张丽主审,姜芸、徐国柱、戴慈万、朱绍彬、张林润、赵家康等对书稿提出了宝贵意见,林曾荣绘制了部分插图,在此一并表示感谢。

书中不当之处,敬请读者批评指正。

上海电缆输供电公司

2002 年 5 月

前言

第一章 电缆结构和特性

第一节 电缆的特点和种类	1
1.1 电缆具有什么特点?	1
1.2 电缆有哪些种类? 各有什么特点?	2
第二节 电缆的导体	9
1.3 电缆导体材料的性能及结构怎样?	9
1.4 低压电缆为什么用四芯? 其中性线为什么要 与三相导体等截面?	12
1.5 怎样测量导体截面积?	12
1.6 怎样计算电缆线路的导体电阻?	15
第三节 电缆的绝缘层和屏蔽层	17
1.7 电缆绝缘层结构及其材料的性能怎样?	17
1.8 电缆绝缘层厚度是怎样确定的?	19
1.9 电缆屏蔽层起什么作用?	23
1.10 电缆内渗入水分会有什么危害?	24
第四节 电缆的护层	25
1.11 电缆护层的结构和作用怎样?	25
1.12 电缆护套有哪几种? 各有何特性?	25
1.13 电缆外护层的结构怎样?	27
1.14 充油电缆的外护层有什么特点?	28
第五节 电缆的型号	28
1.15 我国电缆型号的编制方法是什么?	28

1.16 常用的电缆型号及其使用范围怎样?	30
第六节 电缆载流量	32
1.17 电缆最高允许工作温度是多少?	32
1.18 怎样计算电缆的载流量? 影响电缆载流量的 主要因素有哪些?	33
1.19 怎样根据电缆载流量计算和测算来选择电缆 截面积?	41
1.20 什么是电缆截面的经济最佳化?	43
1.21 什么叫短路电流热稳定性? 怎样计算电缆允 许短路电流?	44

第二章 电 缆 敷 设

第一节 电缆线路设计的几个问题	46
2.1 确定电缆线路路径主要依据哪些原则?	46
2.2 确定水底电缆线路路径有哪些特殊要求?	47
2.3 单芯电缆的金属护套连接方式有几种? 为什么要采取单点互联或交叉互联?	48
2.4 什么是电缆线路的回流线? 它的作用是什么?	50
第二节 电缆线路的土建设施	51
2.5 电缆线路土建设施主要有哪些种类?	51
2.6 电缆排管和工井有哪些技术要求?	52
2.7 电缆桥架和电缆沟有哪些技术要求?	57
2.8 电缆隧道有哪些施工方法? 隧道中应有哪些辅助设施?	59
第三节 电缆的质量检验和运输	61
2.9 怎样对电缆进行质量检验?	61
2.10 运输电缆有什么规定?	67
2.11 电缆仓储应注意什么?	68
第四节 电缆敷设方式	69
2.12 电缆敷设包括哪些项目? 敷设方式有哪几种?	69
2.13 怎样进行电缆直埋敷设?	69
2.14 怎样进行电缆排管敷设?	72

2.15	怎样进行电缆隧道敷设?	73
2.16	怎样进行电缆沟敷设?	76
2.17	怎样进行水底电缆敷设?	77
2.18	怎样进行竖井电缆敷设?	82
2.19	充油电缆敷设有哪些特殊注意事项?	84
2.20	冬季敷设电缆应注意什么?	85
第五节 电缆敷设的质量控制		86
2.21	电缆弯曲半径是怎样规定的?	86
2.22	敷设施工时, 作用在电缆上有哪几种机械力?	87
2.23	怎样计算敷设电缆时的牵引力和侧压力?	89
2.24	举例说明牵引力和侧压力的计算方法。	90
2.25	怎样制作电缆牵引端?	93
2.26	常用电缆敷设机械有哪些?	94
2.27	电缆的固定有哪些技术要求?	95

第三章 电缆附件安装概述

第一节 电缆附件安装的基本技术要求		98
3.1	什么叫电缆终端和电缆接头? 其型号编制方法如何?	98
3.2	电缆终端和电缆接头有哪些基本技术要求?	104
3.3	电缆终端在电气装置方面应符合什么规定?	106
3.4	对电缆终端和接头的接地线有什么规定?	108
3.5	电缆接头用什么材料作防蚀和机械保护?	108
第二节 导体连接		109
3.6	电缆导体连接有哪几种方法?	109
3.7	怎样进行电缆导体的压缩连接?	110
3.8	铜和铝以及截面不相同的导体如何连接?	118
第三节 绝缘		119
3.9	电缆应力锥起什么作用?	119
3.10	电缆反应力锥起什么作用?	123
3.11	在电缆终端和接头处, 电缆屏蔽层怎样连接?	124
3.12	常用绝缘剂有哪几种? 其性能怎样?	126

3.13 常用绝缘带有哪几种? 其性能怎样?	130
第四节 电缆附件的密封	133
3.14 电缆附件的密封工艺有哪几种?	133
3.15 搪铅操作和封铅焊条的使用应注意什么?	136
3.16 怎样进行波纹铝护套电缆的搪铅操作?	137
第五节 接头专用机具	139
3.17 导体压接机具有哪几种? 使用中应注意什么?	139
3.18 剥切塑料电缆护套、绝缘和外屏蔽层用什么 专用工具?	143
3.19 电缆矫直机起什么作用? 高压交联聚乙烯电 缆为什么要进行加热矫直?	145

第四章

35kV 及以下电缆附件安装

第一节 附件的分类及工艺特点	148
4.1 电缆附件有哪些适用标准?	148
4.2 35kV 及以下电缆终端有哪些种类?	149
4.3 35kV 及以下电缆接头有哪些种类?	150
4.4 安装油纸绝缘电缆附件有哪些注意事项?	150
4.5 安装挤包绝缘电缆附件有哪些注意事项?	151
4.6 电缆分支如何处理?	152
4.7 交联聚乙烯电缆进水后如何处理?	153
第二节 35kV 及以下油纸绝缘电缆终端制作	153
4.8 35kV 及以下油纸绝缘电缆终端有哪些型式? 主要技术要求是什么?	153
4.9 如何安装 35kV 油纸绝缘电缆瓷套式终端?	156
4.10 如何安装 10kV 油纸绝缘电缆瓷套式终端?	158
4.11 如何安装油纸绝缘电缆热缩式终端?	160
第三节 35kV 及以下油纸绝缘电缆接头制作	162
4.12 35kV 及以下油纸绝缘电缆接头有哪些 型式?	162
4.13 如何安装 35kV 及以下油纸绝缘电缆接头?	163

4.14 如何安装水底电缆接头?	164
第四节 35kV 及以下挤包电缆终端制作	166
4.15 35kV 及以下挤包电缆终端有几种? 有何特点?	166
4.16 挤包电缆终端应力控制方法有几种?	167
4.17 如何安装热缩式终端?	169
4.18 如何安装预制式和冷收缩式终端?	171
4.19 插入式终端有什么特点?	173
4.20 如何安装插入式终端?	176
第五节 35kV 及以下挤包电缆接头制作	178
4.21 35kV 及以下挤包电缆接头有几种?	178
4.22 挤包电缆接头应力控制方法有几种?	180
4.23 如何安装热缩式接头?	181
4.24 如何安装预制装配型式和冷缩式接头?	182
4.25 如何安装绕包式接头?	185
第六节 35kV 及以下电缆过渡接头制作	187
4.26 35kV 及以下电缆过渡接头有哪些特点和种类?	187
4.27 如何安装热缩式过渡接头?	188
4.28 如何安装绕包式过渡接头?	189
4.29 如何安装浇铸式过渡接头?	190

第五章 充油电缆附件安装

第一节 充油电缆附件安装的特点	192
5.1 高压电缆油有什么特点?	192
5.2 怎样防止空气进入电缆?	195
5.3 内油道的导体应怎样连接?	197
5.4 怎样保证充油电缆的封铅质量?	199
5.5 在安装充油电缆附件时, 怎样处理加强带和铠装?	200
5.6 在安装充油电缆的附件时, 应注意些什么?	201
第二节 安装充油电缆附件的专用工具和设备	201
5.7 安装充油电缆附件需用哪些专用工具?	201
5.8 真空装置由哪些部件组成?	202

5.9	油处理装置的结构及操作程序怎样?	203
5.10	怎样进行电缆油冷冻操作?	205
5.11	麦氏真空表的工作原理及其使用中有哪些注意事项?	206
第三节	油务及真空工艺	209
5.12	真空注油工艺有哪些要求?	209
5.13	对有落差的充油电缆线路进行真空注油有哪 几种方法?	213
5.14	电缆及其附件内的油介损不合格时如何处理?	215
第四节	供油系统	216
5.15	压力箱工作原理、型式及特性怎样?	216
5.16	怎样决定充油电缆的油压上限与下限?	220
5.17	如何合理安置压力箱? 安装时应注意些什么?	221
5.18	供油管路有哪些组成部分?	222
第五节	油压示警系统	223
5.19	油压示警系统由哪几部分组成?	223
5.20	直发式和继发式油压示警系统的区别是什么?	224
5.21	如何安装油压示警系统?	225
第六节	护套感应电压及其防护	226
5.22	护套感应电压对电缆有什么影响?	226
5.23	单芯电缆的护层绝缘有何作用?	228
5.24	单芯电缆接地装置有哪些特殊要求?	228
5.25	护层保护器的阀片性能怎样?	229
5.26	简述保护器和同轴引出线的装置。	230
第七节	安装充油电缆附件安全注意事项	231
5.27	安装中如何防止火灾?	231
5.28	安装充油电缆附件有何注意事项?	231
第八节	充油电缆终端安装	232
5.29	为什么要采用“死密封”结构?	232
5.30	安装户外终端应注意哪些问题?	233
5.31	安装 GIS 终端应注意哪些问题?	235
第九节	充油电缆接头安装	236
5.32	充油电缆接头设计有哪些特点?	236

5.33	如何选用和安装同轴电缆?	237
5.34	直线接头和绝缘接头外屏蔽恢复上有什么不同?	237
5.35	如何安装绝缘接头?	238
5.36	如何安装塞止接头?	241
5.37	如何安装充油-交联电缆过渡接头?	243

第六章

高压交联电缆附件安装

第一节	交联电缆附件安装的特点	247
6.1	高压交联电缆附件安装有哪些特殊要求?	247
6.2	高压交联电缆附件安装对密封处理有哪些特殊要求?	248
6.3	什么是“绝缘回缩”? 怎样消除“绝缘收缩”?	249
第二节	高压交联电缆施工专用工具和设备	251
6.4	高压交联电缆附件安装有哪些通用工具? 简述使用方法。	251
6.5	高压交联电缆铝热剂熔焊焊接有哪些特点?	254
6.6	如何正确使用预制件安装工具?	256
6.7	如何使用绕包机?	258
6.8	如何进行电缆的加热矫直?	259
第三节	高压交联电缆终端安装	262
6.9	简述高压交联电缆终端的施工要点?	262
6.10	高压交联电缆终端的压力补偿设计有何特点?	264
6.11	如何防止绝缘剂渗入电缆导体?	267
6.12	安装油中终端有哪些特殊的要求?	268
6.13	如何安装预制式终端?	269
6.14	预制装配式终端的应力控制有何特点?	272
6.15	如何安装预制装配式终端?	275
第四节	高压交联电缆接头安装	276
6.16	高压交联电缆接头有哪些种类?	276
6.17	影响绕包式接头施工质量的因素及相应对策是什么?	279
6.18	绕包式接头的施工要点是什么?	279
6.19	如何安装整体预制式接头?	283

第七章

电力电缆线路试验

第一节 概述	287
7.1 电力电缆线路试验目的是什么? 有哪些项目?	287
7.2 电力电缆线路试验需要哪些常用设备?	
它们的主要用途是什么?	289
第二节 直流耐压和泄漏试验	292
7.3 为什么油纸绝缘电缆要做直流耐压试验?	292
7.4 为什么交联聚乙烯等挤包绝缘电缆不宜做直流耐压试验?	294
7.5 泄漏电流试验时, 绝缘内泄漏电流的变化规律是怎样的?	295
7.6 在选择电缆线路直流耐压试验电压时要考虑哪些因素?	296
7.7 确定电缆预防性试验周期时应考虑哪些因素?	298
7.8 直流耐压和泄漏电流试验的操作步骤是怎样的?	299
7.9 电缆直流耐压试验要注意哪些事项?	300
7.10 电缆直流耐压试验为什么要用多倍压整流电路? 它的工作原理是什么?	301
7.11 怎样计算和测量直流试验的高压电压?	303
7.12 泄漏电流试验有哪几种接线方式? 各有什么优缺点?	305
7.13 直流高压试验装置有哪些特点? 怎样进行试验?	307
7.14 测量电缆泄漏电流的仪表有哪几种? 各有什么优缺点?	309
7.15 怎样扩大直流微安表的量程和进行过电流保护?	310
7.16 为什么要对电缆泄漏电流进行全程监测? 怎样监测?	313
7.17 直流耐压试验后, 怎样进行放电?	313
7.18 影响泄漏电流测量值的因素有哪些?	315
7.19 怎样分析、判断直流耐压和泄漏电流试验的结果?	316
第三节 电缆线路的参数测量	318
7.20 为什么要测量电容? 怎样测量?	318
7.21 为什么要测量电缆导体的直流电阻? 怎样测量?	322

7.22	为什么要测量电缆的正序阻抗和零序阻抗？ 怎样测量？	325
第四节 其他电缆试验		
7.23	为什么要测量绝缘电阻，怎样测量？	327
7.24	为什么要核对电缆线路两端的相位？怎样核对？	331
7.25	为什么要测量电缆线路接地装置的接地电阻？ 怎样测量？	332
7.26	充油电缆的油样试验包括哪些项目？怎样进行？	336
7.27	什么是电缆线路的在线检测？怎样进行？	341
7.28	怎样对联聚聚乙烯电缆线路进行 0.1Hz 超低频 耐压试验？	345
7.29	怎样在 0.1Hz 正弦电压下测量介质损以判断绝 缘的老化程度？	348
7.30	交流变频谐振试验的工作原理是怎样的？ 有哪些试验设备？	349

第八章

电力电缆线路的故障测试

第一节 概述	353
8.1 电力电缆线路有哪些常见故障？各有什么特点？	353
8.2 常用电缆故障测试方法有哪几种？各有什么特点？	354
8.3 电力电缆线路故障的测试步骤怎样？	356
8.4 电缆故障测试有哪些常用设备？	357
第二节 应用电桥法测试电缆故障	359
8.5 怎样用电桥法测试接地（短路）型电缆故障？	359
8.6 怎样用电桥法测试电缆线路的高电阻接地故障？	362
8.7 怎样用电桥法测试三相短路或接地故障？	363
8.8 用电桥法测试导体材料和截面不同的电缆 线路时，怎样计算故障点的距离？	365
8.9 怎样用电桥法测试电缆电容及断线不接地故障？	366
第三节 应用脉冲法测试电缆故障	367
8.10 脉冲波在电缆线路中传输有哪些特性参数？	367

8.11	低压脉冲法的测试原理是什么? 怎样测试?	370
8.12	怎样用脉冲电流工作方式的直闪法测试闪络型故障?	372
8.13	怎样用脉冲电流工作方式的冲闪法测试短路(接地)型故障?	375
8.14	二次脉冲法的工作原理是什么? 怎样测试电缆线路故障?	379
第四节 电缆故障的精确定点		381
8.15	怎样用声测法进行电缆故障定点?	381
8.16	怎样用声磁信号同步接收法进行电缆故障定点?	384
8.17	金属性短路(接地)型故障怎样定点?	386
8.18	怎样测定电缆外护层绝缘故障点?	387
第五节 路径探测和电缆鉴别		389
8.19	怎样对电缆线路路径进行探测定位?	389
8.20	怎样从多条平行电缆中识别待检修的电缆线路?	392

第九章

电力电缆的运行、维修及技术管理

第一节 电力电缆线路的运行		395
9.1	电力电缆线路的运行工作有哪些主要内容?	395
9.2	怎样依法做好电力电缆线路的保护工作?	395
9.3	防止电缆终端套管污闪有哪些措施?	397
9.4	为什么多根电缆并列运行时负荷分配会出现严重不均匀现象?	398
9.5	为什么要测量地温? 怎样选择测温点?	399
9.6	为什么要测量运行中电缆的表面温度?	399
9.7	电缆过负荷有什么危害性?	400
9.8	电缆腐蚀有哪几种类型? 防止电缆腐蚀有哪些措施?	401
9.9	户内电缆终端为什么有时会产生电晕放电现象? 如何防止电晕放电?	405
9.10	护层保护器的运行维护工作有哪些内容?	406
9.11	充油电缆定期巡视工作有何特殊要求?	406

9.12	高压电缆定期试验的内容及周期有何规定?	406
9.13	高压电缆的信号装置校验有什么要求?	407
9.14	怎样处理充油电缆的漏油和机械损伤?	408
9.15	怎样防治电缆线路上的虫害?	408
9.16	电缆线路故障的统计口径和故障原因有哪些?	408
9.17	为什么要收集故障实物标本?	409
9.18	分析电缆故障需收集哪些安装、运行资料?	
	电缆故障有哪几种类型?	410
9.19	怎样测量电缆终端尾线接点的温度?	413
9.20	怎样鉴定电缆绝缘老化?	415

第二节 电缆线路的维修 415

9.21	户内电缆终端维修项目有哪些?	415
9.22	户外电缆终端维修项目有哪些?	416
9.23	地面分支箱的维修项目有哪些?	416
9.24	电缆线路土建设施的维修项目有哪些?	417
9.25	过桥电缆及专用电缆桥的维修项目有哪些?	417
9.26	哪些电缆线路附属设备应定期维修? 维修项目 有哪些?	418
9.27	电缆线路发生故障后, 有哪些简便的修复方法?	418
9.28	怎样维护水底电缆及其附属设备?	419
9.29	迁移电缆、中间接头或终端的位置时, 应注意些什么?	420
9.30	哪些电缆缺陷可以带电处理?	420
9.31	带电拆、接电缆终端引出线, 有哪些特殊规定?	421
9.32	充油电缆线路发生低油压示警时, 如何处理?	422
9.33	怎样用冷冻分段法测试漏油点?	423
9.34	怎样用油压法和油流法测试漏油点?	424
9.35	怎样修理充油电缆漏油点?	428
9.36	电缆线路火灾事故有哪些防范措施?	429

第三节 电缆线路的技术管理 431

9.37	电缆线路的技术管理工作有哪些内容?	431
9.38	电缆线路需备有哪些技术资料?	431
9.39	怎样编制电缆的运行、维护与检修计划?	434

9.40	怎样管理电缆备品?	435
9.41	对异常运行电缆的绝缘监视有哪些要求?	436
9.42	怎样培训电缆线路运行人员?	436
9.43	怎样进行电缆设备和绝缘的评级?	437
9.44	怎样进行电缆缺陷的管理?	438
9.45	计算机技术在电缆运行管理方面有哪些应用?	439
9.46	加快电缆故障修复速度有哪些措施?	439
9.47	对电缆运行工作的考核主要有哪些内容?	440



第一节 电缆的特点和种类

1.1 电缆具有什么特点？

1897年，从上海第一条电缆敷设入地我国开始使用电缆，迄今已经一百多年了。现在，我国对电缆的研究、制造和应用，有了迅速的发展。从发电站到城乡电网，从配电所到工厂街道，电缆线路以其独具的特点，得到越来越广泛的应用，在许多场合起着架空线所无法替代的作用。

架空线是裸导线或绝缘导线架空敷设，靠绝缘子实现电气绝缘和机械固定。电缆的结构比架空线复杂，它除了有电缆芯（导体）外，还具有能承受电网电压的绝缘层，以及包覆在绝缘层上，使其长期保持绝缘性能的保护层。电压等级稍高的电缆，其导体外和绝缘层外，还有用半导体或金属材料制成的屏蔽层。电缆能够敷设在地下、水底等各种环境中，满足长期、安全传输电能的需要。

与架空线相比，电缆具有下述突出优点：

电缆敷设在地下，不占地面、空间，同一地下电缆通道，可以容纳多回线路；在城市道路和大型工厂，用电缆供电，有利于市容、厂容整齐美观；自然气象条件（如雷电，风雨，盐雾，污秽等）和周围环境对电缆的影响很小；电缆隐蔽在地下，对人身比较安全，供电可靠性高；电缆线路的运行维护费用比较小。