

DIAN LI DIAN LAN AN ZHUANG
YUN XING JI SHU WEN DA

上海供电局

电力电缆安装运行技术问答

水利电力出版社

前 言

本书是为适应电缆专业工作人员及技工学校有关专业师生的需要而编写的。它以问答方式，主要介绍了220千伏及以下电力电缆的构造、性能、敷设、接头、试验、故障测寻、运行维护与管理等内容。本书结合生产实际，既有实践经验总结，又有必要的理论阐述，着重介绍了各种电力电缆的中间接头和终端头的基本理论及制作方法，详细介绍了电缆线路的敷设方法与故障测寻。

本书由我局电缆工程处屠俊良同志主编，徐国福、李懿荪、许精潜、史传卿同志参加编写，陆德绥同志进行了指导。电力工业部电力科学研究院郑肇骧同志、电力工业部武汉高压研究所王焜明同志以及上海电缆研究所、广州供电局、西安供电局、昆明供电局、北京供电局等单位对书稿进行了审阅并提出了宝贵意见，在此一并表示感谢。我局生技科张宝发同志在该书编写过程中也作了大量工作。

书中有不当之处，望读者批评指正。

上海供电局

一九八〇年十月二十日

目 录

前 言

第一章 电缆的选用	1
第一节 概述	1
1.为什么要用电力电缆?	1
2.电力电缆有哪几种?各主要特点是什么?	2
3.电缆的基本结构如何?常用电缆的结构及其优缺点是什么?	6
第二节 电缆的导体	11
4.电缆的导体有哪几种?各结构及性能如何?	11
5.低压四芯电缆的中性线起什么作用?	14
6.怎样判断电缆的截面积?	14
第三节 电缆的绝缘	16
7.怎样根据电缆的绝缘来判断电缆的电压等级?	16
8.电缆绝缘厚度与截面积有什么关系?	16
9.电缆的内屏蔽与外屏蔽各有什么作用?	20
10.为什么塑料电缆也不允许进水?	22
第四节 电缆的护层	22
11.电缆的护套有哪几种?各性能怎样?	22
12.电缆外护层的主要材料与结构性能怎样?	25
13.单芯交流电缆为什么不采用钢带铠装?	27
第五节 电缆的型号	28
14.我国电缆产品型号的含义是什么?	28
15.各种型号的电力电缆的应用范围怎样?	29

第六节 电缆的输送容量	37
16. 电缆的最高运行允许温度是多少?	37
17. 电缆的长期允许载流量是怎样规定的?	39
18. 怎样选用电缆截面?	47
第二章 电缆的敷设	53
第一节 电缆线路选择	53
1. 怎样选择电缆线路?	53
2. 水底电缆线路的选择有什么特殊要求?	55
第二节 电缆线路的安装方式	56
3. 敷设电缆的方式有哪几种?	56
4. 电缆的弯曲半径是怎样规定的?	58
5. 直埋敷设电缆有哪些技术要求?	58
6. 电缆安装在沟内及隧道内有哪些规定?	61
7. 电缆安装在桥梁构架上有哪些规定?	66
8. 电缆敷设在排管内有哪些规定?	67
9. 水底电缆的敷设方式是怎样的?	68
第三节 电缆运输与结构质量检查试验	69
10. 电缆运输与贮存应注意哪些事项?	69
11. 电缆出厂前已做过哪些试验?	69
12. 电缆结构质量的检查包括哪些项目?	71
第四节 电缆敷设方法	75
13. 敷设电缆应备有哪些机具?	75
14. 直埋电缆的敷设方法是怎样的?	76
15. 在电缆沟和隧道内、屋内电缆的敷设方法是怎样的?	82
16. 在排管内电缆的敷设方法是怎样的?	83
17. 怎样施放水底电缆?	85
18. 充油电缆的敷设有何特点?	90
19. 寒冷季节敷设电缆应采取什么措施?	94
20. 充油电缆线路的信号装置有哪些要求?	96

第三章 对电缆终端头和中间接头的要求.....97

第一节 电缆终端头和中间接头的基本要求.....97

1. 什么叫电缆终端头和中间接头?97
2. 对电缆终端头和中间接头有哪些基本要求?97
3. 安装电缆终端头要遵守哪些配电装置的规定?98
4. 户外终端头的引出线应符合哪些规定?99
5. 怎样装设接地线?100
6. 电缆线路上需装设零序电流互感器时, 电缆终端头接地线怎样安装?101
7. 电缆中间接头的防腐蚀问题怎样解决?103

第二节 导体连接104

8. 电缆导体的连接有哪些基本要求?104
9. 锡焊导体连接有些什么特点?105
10. 怎样进行铝芯电缆的机械冷压接?106
11. 怎样进行铜芯电缆的机械冷压接?112
12. 大截面铝芯电缆的氩弧焊接有些什么特点?117
13. 不同材料、不同截面的电缆怎样连接?118

第三节 绝缘119

14. 绝缘胶和绝缘带的性能要求怎样?119
15. 使用沥青绝缘胶应注意哪些问题?121
16. 电缆接头用绝缘带的加工方法怎样?122
17. 手工绕包绝缘应注意哪些问题?125
18. 胀铅和应力锥有什么作用? 怎样绕包应力锥?125
19. 绝缘梯步(反应力锥)有什么作用? 怎样剥切绝缘梯步?130

第四节 密封134

20. 封铅和配制封铅焊条应注意什么?134
21. 对铝包电缆封铅有何特殊要求?136
22. 对电缆头的橡皮压装密封应注意哪些问题?138

第五节 油压钳和喷灯	139
23.怎样检修油压钳?	139
24.怎样检修喷灯?	144
第四章 粘性纸绝缘电缆终端头和中间接头的制作	147
第一节 一般工艺程序	147
1.制作电缆终端头和中间接头的一般工艺程序是怎样 的?	147
第二节 10千伏及以下户内终端头的制作	148
2.怎样安装户内尼龙终端头?	148
3.怎样安装户内环氧树脂终端头?	153
4.怎样安装1~3千伏干包终端头?	158
第三节 10千伏及以下户外终端头的制作	159
5.10千伏及以下户外终端头有哪些品种?	159
6.怎样安装鼎足式铸铁电缆终端头?	160
7.怎样安装倒挂式铸铁电缆终端头?	162
8.怎样安装鼎足式瓷外壳电缆终端头?	163
9.安装户外环氧树脂电缆头应注意哪些问题?	165
第四节 10千伏及以下中间接头	166
10.怎样安装铅(铜)套管式中间接头?	166
11.怎样安装铸铁中间接头?	170
12.怎样安装环氧树脂中间接头?	170
13.如何处理电力电缆的分支问题?	173
第五节 35千伏户内外电缆终端头的制作	176
14.怎样安装558乙型电缆终端头?	176
15.怎样安装551型压力式电缆终端头?	179
16.怎样安装户内聚丙烯外壳电缆终端头?	181
第六节 35千伏中间接头的安装	182
17.怎样安装35千伏铅套管式中间接头?	182
18.怎样安装水底电缆中间接头?	185

19.怎样安装水底电缆软接头?	187
-----------------------	-----

第五章 塑料电缆终端头和中间接头的制作

190

第一节 制作塑料电缆头需用特殊材料与工具

设备	190
----------	-----

1.制作塑料电缆头需用哪些特殊材料?	190
--------------------------	-----

2.制作塑料电缆头需用哪些包带材料?	193
--------------------------	-----

3.哪些材料可用作塑料电缆中间接头的外金属屏蔽?	196
--------------------------------	-----

4.制作塑料电缆头需要哪些专用工具和设 备?	197
------------------------------	-----

第二节 1 千伏塑料电缆头的安装

204

5.怎样安装 1 千伏塑料电缆的户内及户外终 端头?	204
----------------------------------	-----

6.怎样安装 1 千伏塑料电缆中间接 头?	207
-----------------------------	-----

第三节 6~10 千伏塑料电缆头的安装

209

7.怎样安装 6 千伏聚氯乙烯绝缘电缆的户内及户外 终 端头?	209
--	-----

8.怎样安装 6 千伏聚氯乙烯绝缘电缆的中间 接头?	211
----------------------------------	-----

9.怎样安装 6~10 千伏交联聚乙烯绝缘电缆户内及 户 外终端头?	212
---	-----

10.怎样安装 6~10 千伏交联聚乙烯绝缘电缆中 间接 头?	214
--	-----

11.聚乙烯电缆的电缆头有什么特 点?	219
---------------------------	-----

第四节 35 千伏塑料电缆头的安装

219

12.怎样安装 35 千伏交联聚乙烯绝缘电缆的户内 终 端头?	219
--	-----

13.怎样安装 35 千伏交联聚乙烯绝缘电缆的户 外终 端头?	221
--	-----

14.怎样安装 35 千伏交联聚乙烯绝缘电缆中间 接 头?	224
--	-----

第六章 充油电缆接头制作

228

第一节 制作充油电缆接头的特点

228

1.高压电缆油有什么要求?	228
---------------------	-----

2. 充油电缆接头的制作有哪些注意事项?	229
3. 内油道的导体应怎样连接?	232
4. 提高充油电缆封铅的质量可采取什么措施?	233
5. 在安装充油电缆终端头和中间接头时, 怎样处理加 强带和铠装?	234
6. 制作充油电缆的中间接头和终端头时, 对环境有什 么特殊要求? 如何采取措施?	235
第二节 制作充油电缆接头专用工具和设备	235
7. 制作充油电缆接头用的真空装置由哪些部分组成?	235
8. 试述油处理装置的结构及其操作程序。	237
9. 充油电缆导体压接工具有什么特点?	240
10. 制作充油电缆接头用哪些特殊工具?	241
11. 冷冻盒有哪些要求? 怎样进行冷冻?	242
12. 麦氏真空表的构造原理及其使用中的注意事项怎 样? 如何清洗?	244
第三节 油务及真空工艺	249
13. 真空注油工艺有哪些要求?	249
14. 对有落差的充油电缆线路进行真空注油有哪几种方 法?	253
15. 电缆及其附件内的油介损不合格, 如何处理?	256
第四节 充油电缆终端头及中间接头的安装	256
16. 简述110千伏充油电缆终端头安装工艺程序。	256
17. 简述220千伏直线和绝缘接头安装工艺。	259
18. 简述220千伏塞止接头安装工艺。	262
第五节 供油系统	266
19. 压力箱工作原理、型式及特性怎样?	266
20. 怎样决定充油电缆的油压上限与下限? 什么条件下 要用塞止接头?	271
21. 压力箱的需用个数怎样确定? 应放在什么位置?	272

22. 油管路有哪些组成部分?	273
第六节 护层保护器	275
23. 护层电压是怎样产生的? 对电缆有什么影响?	275
24. 消除护层循环电流有哪些方法? 什么条件下要用绝缘接头?	277
25. 铅包两端接地线路的护层绝缘有何作用? 接地装置有什么要求?	279
26. 护层保护用的阀片有哪几种? 简述其性能。	280
27. 简述保护器和同轴引出线的装置。	280
第七节 制作充油电缆接头安全注意事项	281
28. 如何防止火灾?	281
29. 从事充油电缆工作中接触有害、有毒物品时, 应注意些什么?	282
第七章 电缆线路试验与故障测寻	284
第一节 电缆线路试验	284
1. 电缆线路试验需用哪些仪器? 它们的主要用途是什么?	284
2. 电缆线路投入运行前, 应做哪些试验? 其目的是什么?	285
3. 为什么要核对电缆线路两端的相位? 怎样核对?	286
4. 为什么要测量电缆线路的绝缘电阻? 怎样测量?	287
5. 为什么要测量电缆导体的直流电阻? 怎样测量?	291
6. 为什么要测量电缆电容? 怎样测量?	294
7. 为什么要测量正序阻抗及零序阻抗? 怎样测量?	298
8. 电缆线路为什么要进行直流耐压试验?	300
9. 运行中电缆的预防性试验电压与试验周期是如何考虑的?	302
10. 试比较几种泄漏电流测量接线的优缺点。	304
11. 泄漏电流测量设备的规格、容量是怎样决定的?	307

12. 做直流耐压和测量泄漏电流的步骤怎样?	309
13. 为什么要采用多倍压直流试验? 其接线图及工作原理怎样?	311
14. 高压试验工作应注意哪些事项?	313
15. 泄漏电流测量值与哪些因素有关?	314
16. 电缆直流耐压试验后, 怎样进行放电?	316
17. 怎样扩大直流微安表的量程? 其内部接线怎样?	319
18. 怎样分析判断电缆的试验结果?	322
19. 怎样进行充油电缆的油样试验? 它包括哪些项目?	324
第二节 电缆线路故障测寻	326
20. 测寻电缆故障需用哪些专用仪器设备?	326
21. 怎样确定电缆线路故障的性质?	333
22. 怎样将闪络性故障转化为接地故障?	335
23. 单相低电阻故障怎样测量?	336
24. 当一条电缆线路由不同导体材料和不同截面组成时, 怎样计算故障距离?	340
25. 两相短路故障或两相短路并接地故障怎样测寻?	342
26. 三相短路故障或三相短路并接地故障怎样测量?	343
27. 高电阻接地故障怎样测量?	345
28. 断线故障怎样测量?	347
29. 闪络性故障怎样测量?	350
30. 怎样进行声测定点试验?	353
31. 怎样用感应法确定相间短路点?	358
32. 怎样测量电缆外护层绝缘损坏点?	360
33. 怎样测定充油电缆的漏油点?	361
第八章 电缆的运行、维修及技术管理	368
第一节 电缆线路的运行	368
1. 电缆线路的运行工作有哪些主要内容?	368
2. 怎样防止电缆线路的外力损坏?	368

3.防止电缆终端头套管污闪有哪些措施?	369
4.为什么要进行高位差垂直装置电缆的外表检查?	370
5.防止高位差垂直装置电缆铅包龟裂事故可采取什么措施?	370
6.为什么要测量电缆负荷电流?	371
7.对不同截面积的多并电缆的负荷有什么特殊规定?	371
8.为什么多并电缆运行中负荷分配会出现严重不均匀现象?	372
9.为什么要测量地温? 怎样选择测温点?	373
10.为什么要测量运行中电缆的外皮温度?	374
11.为什么不允许电缆过负荷运行?	375
12.电缆腐蚀有哪儿种类型? 防止电缆腐蚀有哪些措施?	375
13.户内电缆终端头为什么有时会产生电晕放电现象? 如何防止电晕放电?	382
14.为什么中间接头和终端头处的电缆金属护套和铠装要等电位连接?	383
15.哪些电缆的外护层要加强检查和监视?	384
16.护层保护器的运行维护工作有哪些内容?	385
17.充油电缆定期巡视工作有何特殊要求?	386
18.高压电缆定期试验的内容及周期如何?	387
19.高压电缆的信号装置试验有什么要求?	388
20.怎样处理充油电缆的漏油和机械损伤?	388
21.怎样防治电缆线路上的虫害?	389
22.怎样进行电缆线路的故障分类?	390
23.为什么要收集故障实物标本?	391
24.怎样分析故障原因?	391
25.怎样测量电缆终端头尾线接点的温度?	396
26.常见的电缆故障原因有哪儿种?	398
27.怎样鉴定电缆绝缘老化?	398

第二节 电缆线路的维修	399
28.怎样维护户内电缆终端头?	399
29.怎样维护户外电缆终端头?	400
30.怎样维护地面分支箱?	400
31.怎样维护人井、隧管?	401
32.怎样维护电缆沟、隧道?	401
33.怎样维护桥上电缆及专用电缆桥?	402
34.怎样维护电缆线路附属设备?	402
35.怎样检修户内电缆头漏油?	402
36.怎样检修有缺陷的电缆或终端头?	404
37.在电缆、中间接头或终端头故障后,如何进行修 复?	406
38.怎样维护水底电缆及其附属设备?	407
39.迁移电缆、中间接头或终端头的位置时,应注意些 什么?	408
40.在不停电条件下能否迁移电缆或中间接头?为什 么?	409
41.在不停电条件下,紧急修理电缆外皮损伤,应该注 意些什么?	410
42.带电处理电缆缺陷有哪些方法?	411
43.带电拆、接电缆头引出线,有哪些特殊规定?	411
44.怎样修理充油电缆漏油点?	413
第三节 电缆线路的技术管理	416
45.电缆线路的技术管理工作有哪些内容?	416
46.电缆线路需备有哪些技术资料?	416
47.怎样编制电缆的运行、维护与检修计划?	419
48.怎样管理电缆备品?	420
49.对异常运行电缆绝缘的监视有哪些要求?	421
50.因系统升压而改进电缆绝缘有哪些措施?	422

51.在运行工作中对推广新技术、新工艺有什么要求和措施?	423
52.怎样培训电缆线路运行人员?	423
53.怎样进行电缆设备的评级?	423
54.怎样进行电缆绝缘的评级?	424

第一章 电 缆 的 选 用

第一节 概 述

1. 为什么要用电力电缆？

把发电厂发出的电能传送到变电所、配电所及各种用户，就需要用架空线或电缆。用于电力传输和分配的电缆，称为电力电缆。

在建筑物和居民密集的地区，道路两侧空间有限，不允许架设杆塔和架空线，在这种情况下就需要用地下电缆代替；在发电厂或变电所中，要引出很多的架空线路，往往也因空间不够而受到限制，也需用电缆代替架空线输送电能。

采用电缆输送电能比用架空线具有下列优点：

（1）占地小，作地下敷设不占地面空间，不受路面建筑物的影响，易于在城市供电，也不需在路面架设杆塔和导线，使市容整齐美观；

（2）对人身比较安全；

（3）供电可靠，不受外界的影响，不会产生如由雷击、风害、挂冰、风筝和鸟害等造成架空线的短路和接地等故障；

（4）作地下敷设，比较隐蔽，宜于战备；

（5）运行比较简单方便，维护工作量少，费用低；

（6）电缆的电容较大，有利于提高电力系统的功率因数。

对于地下水电站说来，电缆引出线成为它不可缺少的一个重要组成部分；对于过江、过河输电线路，由于跨度太大而不宜敷设架空线时，或者为了避免架空线对船只通航的障碍，宜采用电缆；为避免电力线对通讯产生干扰，则多采用电缆；在大城市人口稠密区的配电网、大型工厂、发电厂以及电网交叉区、交通拥挤区等，也需采用电缆，其占地少、安全可靠，可以减少电网对交通、城市建设的影响。

但是，电缆与架空线比较也存在以下缺点：

(1) 成本高，投资费用较大；(2) 敷设后不易更动，不宜作临时性的使用；(3) 线路不易分支；(4) 故障搜寻困难；(5) 检修费时、费工、费用大；(6) 电缆头的制作工艺要求较高。

综上所述，在什么情况下采用电缆，需综合考虑后决定。

2. 电力电缆有哪几种？各主要特点是什么？

电力电缆按具体用途、绝缘材料、电能形式、结构特征以及安装敷设的环境等有以下分类。

(1) 按绝缘材料分类：

油纸绝缘：粘性浸渍纸绝缘型（统包型；分相屏蔽型）；不滴流浸渍纸绝缘型（统包型；分相屏蔽型）；有油压，油浸渍纸绝缘型（自容式充油电缆；钢管充油电缆）；有气压，粘性浸渍纸绝缘型（自容式充气电缆；钢管充气电缆）。

塑料绝缘：聚氯乙烯绝缘型；聚乙烯绝缘型；交联聚乙烯绝缘型。

橡胶绝缘：天然橡胶绝缘型；乙丙橡胶绝缘型。

(2) 按传输电能形式分类：交流电缆和直流电缆。

(目前电力电缆的绝缘部分均为应用于交流系统而设计。直流电力电缆的电场分布与交流电力电缆不同,因此需要特殊设计)。

(3)按结构特征分类:

统包型(缆芯成缆后,在外面包有统包绝缘,并置于同一护套内);

分相型(主要是分相屏蔽,一般用在10~35千伏,有油纸绝缘和塑料绝缘);

钢管型(电缆绝缘外有钢管护套,分钢管充油、充气电缆和钢管油压式、气压式电缆);

扁平型(三芯电缆的外型呈扁平状,一般用于大长度海底电缆);

自容型(护套内部有压力的电缆,分自容式充油电缆和充气电缆)。

(4)按敷设环境条件分类:地下直埋、地下管道、空气中、水底过河、矿井、高海拔、盐雾、大高差、多移动、潮热区……等。一般环境因素对护层的结构影响较大(有的要求考虑机械保护,有的要求提高防腐蚀能力,有的要求增加柔软度等等)。

(5)其它:按电压等级可分为高压电缆和低压电缆,按芯数可分为单芯电缆和多芯电缆等等。

现将几种电力电缆的主要特点分别叙述如下:

一、油纸绝缘电缆:

(一)粘性浸渍纸绝缘电力电缆:

1.成本低,工作寿命长;2.结构简单,制造方便;3.绝缘材料来源充足;4.易于安装和维护;5.油易滴流,不宜作高落差敷设;6.允许工作场强较低,不宜作高电压电力传

输。

（二）不滴流浸渍纸绝缘电力电缆：

1. 浸渍剂在工作温度下不滴流，适宜高落差敷设；2. 工作寿命较粘性浸渍电缆更长；3. 有较高的绝缘稳定性；4. 成本较粘性浸渍纸绝缘电缆稍高。

二、有油压、低粘度油浸渍纸绝缘电缆：

自容式充油电缆：

1. 绝缘用油和纸的性能较上述二种好，绝缘处在一定油压下，可避免绝缘中气隙的产生；2. 依靠塞止式连接盒的阻隔油路，可以用于高落差场合；3. 大多制成单芯的，在导体中心放置油道，故导体呈管状结构，工艺较复杂；4. 供油、监督系统和附件结构较复杂。

三、钢管内压力电缆：

（一）钢管油压电缆（高粘度油浸渍，低粘度油加压）：

1. 有较高的绝缘强度；2. 补油系统可由自动油泵站集中供给，线路建设投资比自容式充油电缆小25%左右，但安装敷设比较麻烦；3. 无缝钢管对电缆还提供了可靠的机械保护；4. 不用铅护套，可大量节约用铅；5. 由于钢管的屏蔽作用，可显著减弱对通讯线路的干扰；6. 油量比自容式充油电缆多得多。

（二）钢管气压电缆（粘性浸渍）：

1. 气压由压缩气瓶供给，供气系统较油压电缆简单；2. 气体不渗入绝缘结构，因此对气体的电性能没有要求；3. 封闭性能好；4. 不用铅护套，可大量节约用铅；5. 由于钢管的屏蔽作用，可显著减弱对通讯线路的干扰；6. 能在一定高落差下敷设；7. 与油压电缆相比，其热阻较高。

（三）充气电缆：有粘性浸渍电缆、贫油浸渍电缆和无