



国家电网公司
电力科技著作出版项目



高压电缆工程建设 技术手册



吴峻 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为适应城市建设发展规划需要,采用高压电缆线路输电已成为城市电网越来越重要的输电方式。为统一电缆建设全过程标准化流程,特编写本手册。

本手册分为设计篇、施工篇和运维管理篇,对高压电缆建设的全过程、全周期进行介绍,通过梳理江苏地区高压电缆建设管理工作,总结中国高压电缆典型建设经验,旨在为高压电缆工程建设精益化管理提供借鉴。

本手册可供电缆专业(建设、设计、施工、监理等)相关单位的建设管理人员和技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

高压电缆工程建设技术手册 / 吴峻主编. —北京: 中国电力出版社, 2018.7
ISBN 978-7-5198-2127-2

I. ①高… II. ①吴… III. ①高压电缆-电缆敷设-电气工程-技术手册 IV. ①TM757-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 125130 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号(邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 王春娟(010-63412350) 高 芬

责任校对: 常燕昆 太兴华

装帧设计: 张俊霞

责任印制: 邹树群

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

版 次: 2018 年 7 月第一版

印 次: 2018 年 7 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 31.75

字 数: 732 千字

印 数: 0001—2000 册

定 价: 198.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

编委会

主任 吴峻

副主任 丁道军 孙雷 陆东生

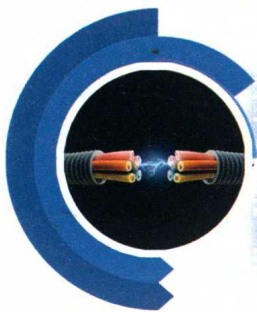
委员 娄海鹏 周昊 韦炜 生红莹 王展 王昊 夏睿
何宏杰 李为民 陈勇 吴新宇 吕桂萍 蔡可庆

主编 吴峻

副主编 周昊 王光明 陈德凤 蔡可庆 刘小明

参编人员 杨明 李晨 顾卫兵 施圣东 高飞 龚正 徐晟宇
章铖 赵晓锋 单明 张蕾 于唯 丁天 徒有锋
夏靖文 洪涛 罗辑 刘金品 黄翔 王深哲 杜长青
邢晓雷 蔡诗伟 王雨阳 韩宇泽 潘荣 章守宇 徐然
陆毅 夏添 王代兵 郑仔弟 殷云峰 吴科华 李哲
衡湘炜 芦航标 张路明 闫增林 张洪亮 费成香 郑旭景
李宁 孙军强

参编单位 国网江苏省电力有限公司南京供电分公司
南京苏逸实业有限公司
国网江苏省电力工程咨询有限公司
中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司
北京市市政四建设工程有限责任公司
常嘉建设集团有限公司
南京同力建设集团股份有限公司
天津世纪东大管道穿越工程有限公司
中天科技海缆有限公司
南京威安消防设备工程有限责任公司
上海谷元电气科技有限公司



前言

为深入响应国家“一带一路”倡议，适应城市建设发展规划的需要，国家电网公司在传统的高压架空线路已基本不适应中心城市规划要求的情况下，积极转变电网发展方式，将传统的架空线路调整为高压电缆。高压电缆线路具有受外界环境干扰小、维护方便、安全性能高等优点；高压电缆入地敷设也有效地节约了土地资源，对城市的整体规划效果具有明显优势。因此，随着经济社会的发展，采用高压电缆线路输电已成为我国城市电网中越来越重要的输电方式。

《高压电缆工程建设技术手册》包括设计篇、施工篇和运维管理篇，对高压电缆建设的全过程、全周期进行介绍，通过梳理江苏地区高压电缆建设管理工作，总结中国高压电缆典型建设经验，旨在指导全国电缆专业（建设、设计、施工、监理等）相关单位的建设管理人员和技术人员对高压电缆工程建设进行精益化管理。

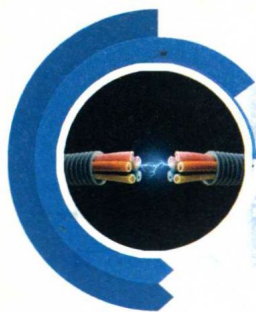
本手册紧紧围绕精益化管理的目标，深入分析工作流程，严格把握各个环节的管控要点，对各个环节的常见问题进行分析，分门别类进行归纳。同时，积极提升技术要领，使高压电缆建设过程更加高效，不断拓展管控手段，统一谋划设计、施工和运维管理工作。高压电缆工程建设相关管理制度的完善、人才储备和信息技术的应用推动了全过程精益化管理。本手册规范化、智能化的核心内容概括为：设计篇加强项目前期规划的合理性、规范性，确定设计原则与范围，规范电缆路径、构筑物、终端站（塔）设计及附属设施设计，明确电缆、附件选型，梳理电缆工程设计工作的质量控制关键点，实现电缆设计工作标准化、流程化、实用化，从源头上进行控制。施工篇总结典型地区实践经验，深度挖掘施工建设中常见的问题，分门别类，系统总结了土建、电缆电气安装、附属设施的典型施工方法，通过对各种典型施工方法进行详细介绍，拓展了新的管控方法，提高标准化管理水平，实现了技术管理上的突破。运维管理篇积极落实首件、中间和竣工环节的验收工作，参与事前、事中和事后控制，提高了验收一次性通过率。通过常见

问题分析警示建设过程中的重要环节。高压电缆系统及通道精益化管理结合互联网技术的应用，大大降低了工作人员的劳动强度，互联网的应用也创造一个自由开放的环境，激励员工进行技术创新。

本手册率先为全国电缆建设全过程统一了标准。本手册编制凝聚了国网南京供电公司及参建单位广大工程管理、技术人员的智慧和心血，在此向大家付出的辛勤劳动表示衷心的感谢！

编者

2018年6月



目录

前言

— 设计篇 —

第一章 高压电缆设计概述	2
第一节 高压电缆工程设计原则及设计范围	2
一、设计原则	2
二、设计范围	3
第二节 高压电缆的种类及结构	4
一、陆地高压电缆的种类及结构	4
二、海底电缆的种类及结构	6
第二章 电缆路径设计	10
第一节 设计流程和控制要点	10
一、工程开工需具备的 4 个前置条件	10
二、路径设计流程和控制要点	10
第二节 电缆路径平面路径和纵断面路径走向控制	13
第三节 海底电缆敷设路径设计	14
一、海底电缆敷设方式	14
二、海底电缆敷设方法	14
三、海底电缆路径设计原则	14
第三章 电缆及其附件设计	16
第一节 电缆设计选型	16
一、电缆技术参数确定	16
二、常用典型电缆的截面	18
三、海底电缆选型	18
第二节 电缆主要电气量计算	19
一、电缆载流量计算	19
二、电缆感应电压计算	26

三、	电缆机械性能计算	27
第三节	电缆附件选择	31
一、	电缆接头选型	31
二、	接地箱选型	33
三、	接地电缆选择	34
四、	电缆护层保护器选择	35
第四节	电缆线路接地系统设计	35
一、	电缆隧道接地	35
二、	排管工作井接地	36
三、	电缆沟接地	36
四、	电缆桥架接地	36
五、	电缆金属护层接地方式	36
第五节	电缆线路过电压保护	37
一、	线路系统的过电压保护	37
二、	避雷器的特性参数选择	38
第六节	电缆敷设	38
一、	直埋敷设	39
二、	电缆排管敷设	40
三、	电缆沟敷设	42
四、	电缆隧道敷设	42
五、	桥梁敷设	45
六、	电缆工作井敷设	47
七、	电缆固定	51
八、	海底电缆工程设计和施工敷设	53
第七节	电缆防火设计	56
一、	电缆火灾事故成因分析	56
二、	电缆本体防火设计原则	57
第八节	直流电缆设计介绍	58
一、	直流电缆选型	58
二、	直流电缆截面选择	60
三、	金属护套选择	61
四、	非金属外套选择	61
第九节	综合管廊设计介绍	62
一、	入廊管线规划	62
二、	管廊断面选型	62
三、	管廊结构设计	64

第四章 电缆构筑物设计	69
第一节 岩土工程勘察	69
一、岩土工程勘察的意义	69
二、岩土工程勘察的基本规定	69
三、岩土工程勘察的主要工作	70
第二节 电缆构筑物设计	72
一、直埋	73
二、排管	74
三、电缆沟	75
四、水平定向钻	76
五、专用桥架	76
六、电缆工作井	77
七、小口径顶管	78
八、明挖隧道	79
九、顶管隧道	80
十、暗挖隧道	81
十一、盾构隧道	82
十二、沉管隧道	83
第三节 电缆构筑物基坑设计	84
一、基坑工程的作用	84
二、基坑设计的基本要求	84
三、基坑设计依据	85
四、基坑设计内容	86
五、基坑支护选型	86
第四节 电缆终端塔、站规划设计	91
一、设计原则	91
二、电缆终端塔、站结构形式	92
三、电缆终端防护	97
第五章 电缆构筑物附属设施设计	98
第一节 通风系统设计	98
一、通风设计基本要求	98
二、通风方式的选择	98
三、通风设计要点	99
第二节 排水系统设计	99
一、隧道排水范围	99
二、排水设计要点	100
第三节 消防系统设计	100

一、消防系统设置原则	100
二、隧道消防系统设计要点	101
第四节 隧道照明、动力、供配电系统	101
一、供配电系统	102
二、导体选择和敷设	102
三、电缆隧道照明设计	102
第五节 隧道在线监测系统	103
一、电缆监测	103
二、运行环境监测	104
三、安防监测	104
第六章 电缆工程常见的质量通病和设计质量控制	106
第一节 电缆通道建设	106
第二节 电缆及其附件	108
第三节 电缆固定和敷设	108
第四节 电缆防火	109
第五节 电缆隧道附属设施	109
第七章 电缆工程设计新技术和新工艺	110
第一节 高压电缆垂直蛇形敷设技术	110
一、技术提升背景	110
二、技术简介	110
第二节 高压电缆大规格钢拉管穿越设计技术	111
一、技术提升背景	111
二、技术简介	112
第三节 分布式电缆伸缩节技术	114
一、技术提升背景	114
二、技术简介	114
第四节 人员逃生系统	117
一、隧道逃生系统建设的界定范围	117
二、隧道逃生系统的设置和条件	117
第五节 隧道内、外通信系统	117

— 施 工 篇 —

第八章 电缆土建工程	120
第一节 明挖隧道	120
一、明挖隧道典型施工工法	120
二、管理控制要点	128

三、常见问题及对策·····	132
第二节 工作井 ·····	135
一、工作井典型施工工法·····	135
二、管理控制要点·····	141
三、常见问题及对策·····	145
第三节 盾构隧道 ·····	149
一、盾构典型施工工法·····	149
二、管理控制要点·····	164
三、常见问题及对策·····	170
第四节 顶管隧道 ·····	171
一、顶管典型施工工法·····	171
二、管理控制要点·····	177
三、常见问题及对策·····	182
第五节 沉管隧道 ·····	185
一、沉管典型施工工法·····	185
二、管理控制要点·····	200
三、常见问题及对策·····	202
第六节 浅埋暗挖隧道 ·····	203
一、浅埋暗挖典型施工工法·····	203
二、管理控制要点·····	210
三、常见问题及对策·····	213
第七节 定向钻 ·····	214
一、定向钻典型施工工法·····	214
二、管理控制要点·····	224
三、常见问题及对策·····	232
第八节 人身健康、安全、环境保护 ·····	237
一、健康管理·····	237
二、安全保护·····	237
三、环境保护·····	238
第九章 电缆电气施工部分 ·····	242
第一节 电缆典型施工方法 ·····	242
一、高压电缆直埋敷设典型施工方法·····	242
二、高压电缆在排管、工作井内敷设典型施工方法·····	248
三、高压电缆在隧道内敷设典型施工方法·····	258
四、高压电缆在沉井、顶管、盾构内敷设典型施工方法·····	267
五、高压电缆沿桥梁敷设典型施工方法·····	278
六、海底电缆工程典型施工方法·····	287

七、	高压电缆终端制作典型施工方法	303
八、	高压电缆中间接头制作典型施工方法	312
九、	高压电缆交流耐压试验典型施工方法	322
十、	高压电缆线路局部放电试验典型施工方法	327
第二节	管理控制要点	330
一、	高压电缆工程电缆安装关键节点管控	330
二、	高压电缆工程电缆电气施工验收	332
第三节	常见问题及分析	332
一、	高压电缆在管道（工作井与排管结合敷设断面）内敷设行进中 被异物划伤	332
二、	电缆品字形排列敷设时绑扎固定不规范	333
三、	电缆在沉井内垂直固定不规范	333
四、	单芯电缆穿过封闭式防火门金属构架的隔磁问题	334
五、	电缆中接头两侧预留裕度不规范	334
第十章	附属设施工程	335
第一节	通风、照明、排水系统	335
一、	典型施工工法	335
二、	管理控制要点	341
三、	常见问题及分析	343
第二节	消防系统	346
一、	典型施工工法	346
二、	管理控制要点	351
三、	常见问题及分析	353
第三节	综合监控系统	353
一、	系统功能和技术要求	353
二、	管理控制要点	368
三、	常见问题及分析	369
第十一章	电缆施工新技术	370
第一节	土建管理新技术	370
一、	冬季混凝土保养及绿色施工	370
二、	顶管隧道射频技术应用	371
三、	顶管隧道 BIM 模拟技术应用	371
四、	土压平衡盾构机双螺旋改造	372
五、	定向钻射流反循环技术应用	372
六、	定向钻超长距离穿越	372
第二节	电气管理新技术	373
一、	电缆弯道敷设滑轮组新技术	373

二、	电缆敷设蛇形打弯机新技术	374
三、	电缆伸缩补偿装置新技术	374
四、	充气式电缆管道密封装置新技术	375
五、	大截面单芯电缆中接头支架新技术	375
第十二章	电缆施工管理	377
第一节	卡片管理	377
一、	土电交接关键环节管控责任卡	377
二、	电缆到货验收关键环节管控责任卡	381
三、	附属设施关键环节管控责任卡	383
四、	电缆敷设关键环节管控责任卡	396
五、	电缆附件安装关键环节管控责任卡	403
六、	电缆交接试验关键环节管控责任卡	426
七、	标准工艺应用作业及检查卡	435
第二节	制度管理	437
一、	影音交底制度	437
二、	卡片管理制度	438
三、	首件样板制度	438
四、	每周例会制度	438
五、	资质审核制度	439
六、	视频监控制度	439
七、	协同监督制度	439
八、	“回头看”制度	439

— 运维管理篇 —

第十三章	高压电缆线路工程运维管理	442
第一节	可行性研究审查	442
一、	概述	442
二、	工作要点	442
三、	工作流程	443
第二节	工程方案设计审查	443
一、	概述	443
二、	审查要点	444
三、	工作流程	445
第三节	施工技术交底	446
一、	概述	446
二、	交底要求	447

三、	工作流程	447
第四节	材料验收	448
一、	概述	448
二、	验收要点	448
三、	工作流程	457
第五节	首件验收	457
一、	概述	457
二、	验收要点	458
三、	工作流程	464
第六节	转序、中间验收	465
一、	概述	465
二、	验收要点	465
三、	工作流程	466
第七节	竣工验收	467
一、	概述	467
二、	验收要点	467
三、	工作流程	469
第八节	竣工资料管理	470
一、	概述	470
二、	资料内容	470
三、	工作流程	471
第十四章	高压电缆线路常见问题	472
第一节	本体缺陷	472
一、	案例描述	472
二、	原因分析	473
三、	处理措施	473
第二节	附件缺陷	473
一、	案例描述	473
二、	原因分析	473
三、	处理措施	474
第三节	附属设备缺陷	474
一、	案例描述	474
二、	原因分析	474
三、	处理措施	475
第四节	附属设施缺陷	476
一、	案例描述	476
二、	原因分析	476

三、处理措施	476
第十五章 高压电缆网及通道精益化管理	478
第一节 精益化管理系统	479
第二节 在线监测综合管理系统	479
第三节 三维可视化系统	480
第四节 智能巡检机器人	481
第五节 智能巡检车	482
参考文献	484
索引	485



设计篇

为适应城市建设发展的需求，服务城市电网规划总体格局，近年来全国各地大中型城市 110、220kV 的电缆建设工程数量激增，其在城市电网中的应用日益广泛。同时国家电网公司推动建设“世界一流电网”，在城市电网建设中大力推动电缆技术的应用。由于高压电缆工程建设技术复杂、不同地质条件下工程建设差异大，且缺乏有效的全过程管控方法，故本手册依据近年来工程建设实践及创新应用，系统地归纳总结了电缆及电缆构筑物的施工技术和设计管理经验，为从事高压电缆工程建设的技术人员和管理人员，以及普通读者提供电缆工程设计相关的知识。

本篇内容主要包括高压电缆（110、220kV 电缆，含海底电缆）的设计流程和电缆路径、电缆及其附件型式、电缆敷设、电缆构筑物的设计原则，简述了电缆隧道附属设施设计。设计内容按照国家标准、行业标准设计规范，行业管理文件，标准化设计进行编写，并介绍了近年来在电缆工程建设中采用的新技术、新工艺。

高压电缆工程设计阶段确定的电缆路径方案、电缆及其附件型式、电缆构筑物方案，决定了电缆工程的建设质量。在设计中需要全面贯彻工程标准化设计、规范强制性条文执行、质量通病防治措施，对设计进行全过程控制。

第一节 高压电缆工程设计原则及设计范围

一、设计原则

110、220kV 高压和超高压电缆工程设计，是指根据工程接入电力系统审查意见和政府工程立项文件开展可行性研究设计工作。在可研设计阶段首先取得政府规划部门的路径批复文件，确定电缆路径走向、电缆截面、电缆敷设方式和工程投资规模。工程设计中主要遵循和执行以下规程、规范要求。

（一）电气设计规范

高压电缆工程设计时应满足如下设计规范要求：

GB 50168—2006 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》；

GB 50217—2007 《电力工程电缆设计规范》；

GB/T 50064—2014 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》；

GB/T 50065—2011 《交流电气装置的接地设计规范》；

DL/T 401—2017 《高压电缆选用导则》；

DL/T 1253—2013 《电力电缆线路运行规程》；

DL 5221—2016 《城市电力电缆线路设计技术规定》；

DL/T 5484—2013 《电力电缆隧道设计规程》。

（二）土建设计规范

高压电缆工程土建时应满足如下设计规范要求：

GB 50009—2012 《建筑结构荷载规范》；

GB 50010—2010 《混凝土结构设计规范（2015年版）》；

GB 50446—2017 《盾构法隧道施工及验收规范》；

DL/T 5484—2013 《电力电缆隧道设计规程》；

CECS 246—2008 《给水排水工程顶管技术规程》；