

高压电力电缆

高落差敷设技术

何光华 主编



非外借



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

高压电力电缆 高落差敷设技术

何光华 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

目前国内城市环高架公路、高铁、轻轨等立体交通建设规模的快速增长,高落差高压电缆线路包含变电站进线或高铁、重要用户的供电线路,供电可靠性要求极高,一旦故障抢修耗时长、成本高,造成的社会恶劣影响及人民生命财产损失不可估量。

关于多振动源、高落差高压电缆工程的研究较少,缺乏专用的高落差电缆敷设固定工法、配套工器具以及有效的检测手段,本书以无锡的 220kV 长江变电站—无锡东牵引站电缆线路工程为例,立足于我国输配电工程的需要,对多振动源、高落差高压电缆工程中需要重点关注的敷设固定工法及配套工器具进行介绍。本书共分 6 章,包括概述、高落差高压电缆工程概况和设计高落差电缆敷设技术的研究,高落差电缆专用工器具的研究,高落差、多振动源环境下的局部放电检测及综合指纹库研究,多振动源检测方法 & 振动应力检测设备研究,以及高落差高压电缆的敷设及验收要点。

本书可供从事电力电缆敷设工程的工程技术人员、管理人员在工作实践中阅读,也可作为电力电缆工程的研究人员、相关专业师生的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

高压电力电缆高落差敷设技术/何光华主编. —北京:中国电力出版社,2018.12

ISBN 978-7-5198-2763-2

I. ①高… II. ①何… III. ①高压电缆—电力电缆—电缆敷设 IV. ①TM757

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 281576 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:安小丹 (010-63412367) 董艳荣

责任校对:黄 蓓 闫秀英

装帧设计:赵姗姗

责任印制:吴 迪

印 刷:北京瑞禾彩色印刷有限公司

版 次:2018 年 12 月第一版

印 次:2018 年 12 月北京第一次印刷

开 本:787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张:14

印 数:0001—1500 册

字 数:291 千字

定 价:135.00 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

本书编委会

主 编：何光华

副主编：张志坚 吕 峰

参加编写：王永强 李鸿泽 高 超 柏 仓 周 鹏

史如新 徐 欣 刘贞瑶 陈志勇 刘 洋

陶风波 陈 杰 谭 笑 何建益 徐 骏

陈峻宇 卞 栋 张培伦 秦正明 薛 奇

陈 嵩 张 刚 徐 超 齐金龙、周宇丰

庄 裕 李 焯 胡丽斌

前 言

近年来，我国城市输配电线路电缆化应用趋势显著，全国已投运的高压电缆总长度达 68.3 万多千米，成为城市供电的主要输送形式之一。另外，全国各城市的高速内环高架公路、城际高铁、城市轻轨等立体交通建设规模均成快速增长趋势，这种变化导致多振动源、多点高落差高压电缆线路项目开始不断涌现，该类型电缆线路供电可靠性要求极高，一旦故障抢修耗时长、成本高，造成的社会影响和经济损失巨大。

为了解决高落差高压电缆线路敷设工程，及时总结和介绍适用于高落差环境下高压电缆“可调式适位敷设打弯法”和配套工器具，满足广大读者的需要，编写了这本书。

本书以 220kV 长江变电站—无锡东牵引站工程为例，对高落差高压电缆线路在设计施工检测等各个建设施工环节开展系统的研究，从而提高其运行可靠性，为区域社会经济发展提供坚强的供电保障。

本书重点介绍了电缆敷设技术及专用工器具，研究敷设模型、牵引力计算、敷设方式、固定方式，研制电缆敷设、打弯及固定专用工器具。通过对这类电缆线路在设计施工检测等各个建设施工环节开展系统的研究应用，为区域社会经济发展提供坚强的供电保障。

本书内容具有较强的专业性，施工工艺详细具体，有技术要求，有注意事项，配套工器具结合原理和图解说明，并均列举了现场应用。

由于作者水平有限，不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2018 年 11 月

目 录

前言

1	概述	1
1.1	高落差高压电缆工程施工的特点	1
1.2	国内外研究现状	2
1.3	研究重点及关键技术问题	5
2	高落差高压电缆工程概况和设计	7
2.1	高落差高压电缆工程概况	7
2.2	高落差高压电缆工程设计	9
3	高落差电缆敷设技术的研究	13
3.1	高落差电缆敷设模型的建立	13
3.2	模型各部分牵引力计算和牵引方法选择	14
3.3	高落差高压电缆的蛇形敷设	34
3.4	电缆的固定方式优化分析	40
3.5	高落差电缆连续敷设的其他技术要求	51
4	高落差电缆敷设专用工器具的研究	53
4.1	高落差电缆敷设工器具	53
4.2	高落差电缆打弯工器具	57
4.3	高落差电缆固定工器具	64
5	高落差、多振动源环境下的局部放电检测及综合指纹库研究 ...	89
5.1	电缆及附件典型缺陷库	89

5.2	电缆及附件典型缺陷模拟	91
5.3	电缆及附件典型缺陷局部放电特性分析	95
5.4	现场电缆线路典型干扰检测试验	115
5.5	基于 CPDM (脉冲电流法) 的局部放电特征指纹库	130
5.6	高落差环境下高压电缆线路缺陷局部放电检测的应用	130
6	多振动源检测方法 & 振动应力检测设备研究	136
6.1	电缆不同高落差运行环境下的振动等因素对电缆 长期稳定运行的研究	137
6.2	基于加速度传感器的电力电缆运行振动检测系统设备的研制	139
6.3	设备现场布置与检测 (监测) 数据分析研究	142
6.4	现场振动检测的应用	143
6.5	多点复杂振动源检测方法 & 振动应力系统设备的试验验证	151
6.6	防振措施的研究	153
7	高落差高压电缆的敷设及验收要点	157
7.1	高压大截面电缆线路高落差无接头连续敷设标准化作业要点	157
7.2	高压电缆线路敷设施工要点	171
7.3	高压电缆线路敷设施工管控责任要点	177
7.4	220kV 2500m ² 电缆高落差敷设电缆线路验收要点	185
附录 A	高压大截面拉管段、高落差弧形段的牵引力、 侧压力简化计算程序表	195
附录 B	电缆热应力计算公式	199
附录 C	电缆线路带电检测局部放电判别图谱库	200
参考文献	215

1 | 概 述

1.1 高落差高压电缆工程施工的特点

电力电缆在电力系统中以地下紧凑型运行方式实现传输和分配大容量电能，被喻为城市电网的“血管”。相比架空导线，更能提高电网抵御冰雪、台风等自然灾害能力，可有效解决城市环境美化、线路走廊、变电站站址、电磁干扰等突出难题，尤其是在寸土寸金的一、二线城市，电力电缆的运用可大量节约地面土地资源，因此得到了越来越广泛的应用，近十年来，高压电力电缆的敷设回路长度以超过 15% 的年平均增长率稳步增长，相应地承担起城市输配电主干线路的作用。

高压电力电缆线路增长十分迅速，据统计，2016 年底国家电网公司高压电缆线路路径长度已达 68.3 万 km（以单相路径长度统计），作为城市供电的主要输送形式，在江苏地区国民经济发展过程中扮演着极为重要的角色。

另外，随着我国社会经济的发展、商业模式的变革，高速便利的交通物流对于经济发展的作用日益凸显。当前，全国一、二线城市的高速内环高架公路、城际高铁、地上地铁等重要交通枢纽建设作为城市建设的重要规划正在不断增长，其成为辅助社会经济发展的重要支撑。各个城市的建设规模均成快速增长趋势，其带来的变化是：

(1) 高铁等配套高压电缆线路建设工程日益增长。这些 220kV 高压电缆线路的供电可靠性要求极高，其失电带来铁路运行安全隐患、造成的社会恶劣影响及人民生命财产损失不可估量。

(2) 城市高点跨越、多振动源的位置除了以往的河流、桥梁等以外，又增加了高速公路、高铁、地上地铁等环境，且数量越来越密集，不少区域的落差也越来越高。而 220kV 高压电缆线路供电半径长，近几年长距离电缆线路增长迅速，其跨越或近距离平行桥梁、河流、高架公路、铁路等区域敷设也越来越频繁。

以 220kV 长江变电站—无锡东牵引站工程为例，路径长度达 10km，一回路电缆截面采用 2500mm²，为长江变电站—香楠变电站的联络线；另一回路电缆截面采用 1600mm²，为长江变电站—无锡东牵引站的供电线路，路径经过 9 个跨越高架桥、铁路等的落差段，最大落差达 30 余米；通道形式包括隧道、非开挖拉管、竖井、涵洞、桥

架等；电缆部分线路跨越或近距离平行高铁、高速公路等区域，环境复杂。其核心特征如下：①全线具有多个几字型高落差敷设区；②全线具有多处临近高速公路、高铁等的复合振动源的敷设区；③全线具有多类型复合通道；④电缆线路电压等级高、截面大、重量大。

高落差高压电缆工程施工面临四大难题：①缺乏几字形高落差电缆无接头敷设固定工法，传统的下降法不适应 GB 50217《电力工程电缆设计规范》及《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》（国家电网生〔2012〕352号）“桥架不宜布置电缆接头”的技术要求，成本高、工期长、运维困难、易产生运行隐患；②缺乏高落差狭小环境下高压电缆“可调式适位敷设打弯法”的配套工器具；③缺乏高落差狭小环境下高压电缆“可调式适位固定”的配套工器具；④缺乏有效的检测手段。

高落差高压电缆线路供电范围广、负荷容量大，供电可靠性要求极高，一旦发生故障，其故障检修非常耗时且成本很高，社会影响大，造成的经济损失影响巨大，本书主要介绍这类电缆线路在设计施工、检测等各个建设施工环节开展系统的研究应用，为区域社会经济发展提供坚强的供电保障。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 高落差高压电缆高点无接头敷设及固定工艺方法的研究

高落差高压电缆线路主要包含两种形式：一种是高压电缆两个终端的水平位置差较大；另一种是高压电缆线路上最高与最低点的位置差较大。本书主要研究第二种形式，即高压电缆线路上的连续两点的高度落差在 25~30m 及以上。而本书研究的高落差电缆连续敷设是对连续敷设段落所涉及的“几形”所有电缆通道内的电缆敷设进行研究。高落差连续敷设的“几形”模型如图 1-1 所示。

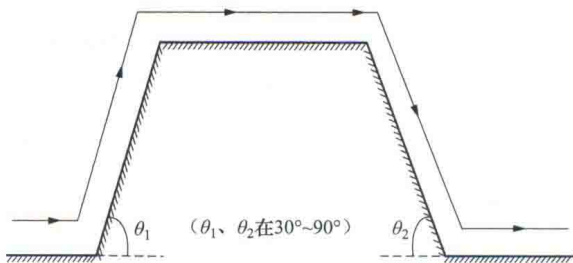


图 1-1 “几形”高落差（高点无接头连续敷设方式）

通过调研统计发现，当前的高压电缆高落差敷设模式主要以图 1-2 模式居多，涉及的高落差通道主要为变电站电缆夹层、竖井、电缆隧道（电缆沟、涵洞）、排管、拉管等，敷设方式均为下降法（即由高落差通道的

高点向低点敷设)；部分为“几型”，涉及的高落差通道主要为竖井、电缆隧道(电缆沟、涵洞)、桥架等，敷设方式采取了非连续敷设方式(详见图 1-3)，也为下降法，即在高落差的高点向两侧

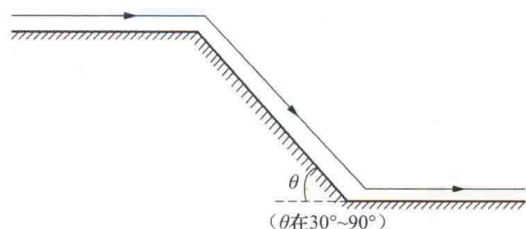


图 1-2 “L形”高落差(下降法)

低点敷设电缆，然后在高点制作中间接头进行对接的方式。目前尚没有 30m 及以上的较高落差的无接头连续敷设方式，即先自底部向顶部敷设—再过桥架—自桥架对端顶部向底部敷设的工艺方法(详见图 1-4)，因此，缺乏与高落差无接头连续敷设方式相对应的非开挖拉管、带中间限位的弧形垂直敷设力学简化计算公式研究，缺乏相对应的牵引力、侧压力、热机械力、电动力等综合力学模型研究，也缺乏相对应的施工方案、作业指导书、施工质量手册、验收规范等系统施工方法文件。

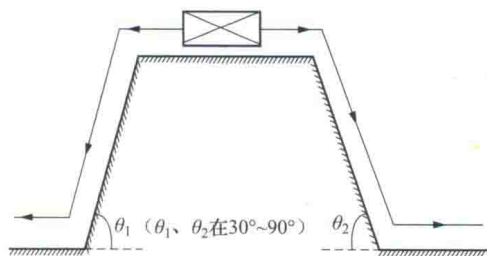


图 1-3 “几形”高落差
(高点接头连接敷设方式)

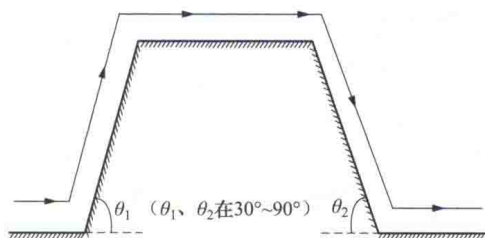


图 1-4 “几形”高落差
(高点无接头连续敷设方式)

通过调研发现，目前没有针对高落差连续敷设的系统固定方式研究。但针对其各段落的固定，各地结合各自工程环境的实际情况，采用了不同的电缆布置和固定方式。如在拉管段出口处，有的采用了伸缩节，有的采用了刚性固定；如在高落差段落，“L形”采用挠性固定方式居多，当竖井空间有限时，有的采用了刚性固定方式。当截面较大、热膨胀的应力过大，采用刚性固定敷设有困难时，则采用挠性固定方式。

可见，无论是采用刚性固定还是挠性固定方式，只要设计和安装正确，电缆线路都能满足运行要求。至于采用何种固定方式以及刚性固定与挠性固定在同一条线路上的正确过渡，都要根据电缆线路的实际情况，进行合理的设计和选择，并应配置满足机械性能、防腐性能、防涡流导磁性能等的固定夹具。

正确的设计和使用电缆夹具是高压电缆敷设安装的重要环节。固定电缆的夹具，

一般从3个方面进行考虑；一是材质，二是组合形式，三是使用场合。针对高电压大截面电缆，目前主要采用有型钢、玻璃钢复合材料支架、铝合金、复合材料抱箍、普通钢材伸缩节等，但缺乏可根据高落差倾斜角度、高度调整的塑料工程支架和抱箍的应用经验，缺乏塑料支架的强度、刚度校核研究，缺乏处理狭小空间传统伸缩节空间不够问题的经验。

1.2.2 高落差高压电缆“可调式适位敷设打弯”施工配套工器具的研究

国内外针对现场环境，开展适应各自施工工艺方法的配套施工工器具的研究也较为普遍，但目前尚无高落差高点无接头敷设及固定工艺方法，针对不同高度落差及狭小环境，相对应的适应于“可调式适位敷设打弯”配套工器具研究尚处空白。

1.2.3 高落差高压电缆施工“可调节适位固定法”配套夹具的研究

国内外针对现场环境，开展适应各自施工工艺方法的配套施工工器具的研究也较为普遍，但目前尚无高落差高点无接头敷设及固定工艺方法，针对不同高度落差及狭小环境，相对应的适应于“可调节适位固定法”的配套夹具研究尚处空白。

1.2.4 高压电缆局部放电检测技术及综合指纹库的研究

当前除耐压试验外，施工阶段的检测技术均处于经验积累阶段。国内外不同原理的局部放电检测技术的研究也是热点难点。目前，国内外开展的现场局部放电检测研究也较为普遍，但缺乏针对高落差、多振动源环境下基于CPDM（脉冲电流法）的电缆缺陷综合指纹库，构建基于综合脉冲时、频域、统计算子、特征谱图的多维度的局部放电特征指纹库及检测诊断研究仍处于空白，对于以无锡地区为代表的现场典型干扰局部放电指纹库研究也处于空白，其研究对于提升现场检测的有效性和效率具有重要意义。

1.2.5 复杂多振动源检测方法及振动应力监测设备的研究

在多点高落差高压电缆防振方面，桥梁上的电缆线路在设计和运行过程中都需要考虑桥梁振动及自身振动对电缆线路的影响，国内外对于电缆线路跨高铁、道路的振动与应力检测（监测）尚未有系统检测（监测）和研究，高铁高速运行对桥架上电缆的振动应变影响研究尚处空白。

1.3 研究重点及关键技术问题

1.3.1 高压电缆高落差高点无接头敷设及固定工艺方法的研究

(1) 高落差高压电缆敷设力学工程模型和计算分析。针对多通道、高落差电缆模型的特点,发现拉管段、带中间限位的弧形垂直沉井段牵引力计算尚没有工程经验借鉴。根据实际敷设环境进行了敷设深度与弧形段高度差区段归类,分别建立了工程力学模型,采用理论计算和现场实测校核,确定了直线段加安全裕度的方法取代实际弧形理论公式的思路,确定工程计算公式。

(2) 高压电缆高落差无接头敷设工艺及相关配套施工工器具技术参数的研究。综合考虑高压电缆所受重力、牵引力、侧压力、热应力、电动力等在轴向、径向的情况,结合现场施工环境,确定输送机、卷扬机等敷设台数和位置,形成可行的电缆高落差无接头敷设工艺作业指导书,并根据高压电缆技术参数及各种力的影响,确定相关配套施工工器具的技术参数要求。

(3) 高落差高压电缆固定的研究。针对高落差复杂施工运行环境(如跨河、跨铁路、桥梁等)的模型,考虑热机械应力大,瞬时短路电动力、重力等影响,综合分析模型中桥架、拉管及垂直等关键位置的特点,结合设计规范,开展热膨胀、滑移量、夹具间距以及固定方式的计算研究,从而确定关键点位置处的固定方式。

1.3.2 高压大截面电缆高落差、狭小空间“可调式适位敷设打弯”施工配套工器具的研究

结合跨越高落差以及狭小空间环境,增加规范要求的安全系数,明确研制新型工器具的技术要求,设计或改造配套的新型工器具,并结合现场应用,对新型敷设打弯工器具的结构、便携性、空间布置要求、施工中的动态受力情况等进行分析,进一步改进新型工器具结构。

1.3.3 高压大截面电缆高落差、狭小空间“可调式适位固定”施工配套工器具的研究

结合现场施工环境,综合考虑电缆安装、运行及维护需要的各种受力、电气等方

面的影响，根据敷设方式确定垂直固定方式，并研制匹配的固定金具，满足刚性、挠性固定要求，确保高压电缆线路安装、运行及维护期间的安全可靠性能。

1.3.4 高落差、多振动源环境下的高压电缆局部放电检测技术及综合指纹库的研究

调研高落差、多振动源环境下的高压电缆易发故障、缺陷，收资并确定其特征，制作该类真型缺陷电缆及附件标本，通过实验室检测试验分别获得各种缺陷基于脉冲电流法的综合脉冲时域及其频谱分布、各个频段的谱图、信号统计及特征分离谱图，通过分析建立统计算子，创建该类型典型缺陷局部放电指纹库；同时结合无锡及江苏其他部分地区现场实测数据，获得现场高压钠灯、噪声、电晕干扰典型干扰局部放电特征数据，作为该局部放电指纹库的补充。通过局部放电指纹库的应用，解决单纯依赖检测人员经验对信号进行识别带来的对检测人员经验要求高、分析耗时长、工作效率低的问题。

1.3.5 复杂多振动源检测方法及振动应力监测设备的研究

针对高压电缆线路高落差的不同环境，研制基于振动形式、振幅、振动频率的振动及应力监测系统，监测收集相关数据，结合长距离、大截面、高落差的高压电缆线路的运行特点及所收集的试验数据进行相关计算，分析高落差环境下的振动及应力对电缆运行的影响方式和程度，提出防振建议和措施，从建设源头做好质量管控。

2 | 高落差高压电缆工程概况和设计

近年来，高铁等配套高压电缆线路建设工程日益增长，路径存在不少区域的高落差，该类型工程电缆线路供电范围广、负荷容量大，供电可靠性要求极高，一旦发生故障，其故障检修非常耗时且成本很高，社会影响大，造成的经济损失影响巨大，因此非常有必要对这类电缆线路在设计施工检测等各个建设施工环节开展系统的研究应用，从而提高其运行可靠性，为区域社会经济发展提供坚强的供电保障。本章以 220kV 长江变电站-无锡东牵引站工程为例对高落差高压电缆工程的设计进行介绍。

2.1 高落差高压电缆工程概况

为确保无锡高铁站的可靠供电，建设 220kV 长江变电站—无锡东牵引站电缆线路。该工程共 2 回线路，一回电缆线路自长江变电站 220kV GIS 终端（安装在气体绝缘封闭开关设备内部以六氟化硫气体为外绝缘的电缆终端）至牵引站侧，另一回电缆线路自长江变电站 220kV GIS 终端至香楠变电站侧，电缆路径长度均为 10km；全线通道包含电缆夹层、电缆沟、涵洞、顶管隧道、排管、沉井、非开挖拉管、桥架、直埋等各类型，户外终端头 6 只，GIS 终端 6 只，中间接头 192 只，工程共有 9 个较高的落差段，其具体情况如表 2-1 所示。

表 2-1 高落差通道类型及敷设方式的统计分析表

序号	跨越项目	跨越高度（最高点至最低点）	通道类型	长度	敷设方式	备注
1	河流	约 15.5m	左侧顶部为距离地面 -2.5m 电缆沟涵，通过约 45° 斜坡沟涵与距离地面约 -18m 的底部直径为 2.4m 的圆形顶管隧道的沉井沟通	约 365m	下降法+上引回拖法	受变电站侧现场环境限制，采用沉井下降法人隧道后，再通过上引法回抽至电缆沟涵

续表

序号	跨越项目	跨越高度(最高点至最低点)	通道类型	长度	敷设方式	备注
2	河流 (8号井)	约 22.5m	左侧为至地面约-25m位置的 2.4m 的圆形顶管隧道, 进入距离地面-2.5m 的电缆沟涵	约 268m	下降法	具备单段电缆下降法敷设的条件
3	跨国道公路	约 32.65m (7+2.5/ 2+22+2.4)	顶部距离地面-2.5m 的高 2m 的电缆沟涵通过 40~60m 非开挖拉管与距离地面-2.5m 的高 2m、宽 8m 的电缆井相连, 该井与通过一段约 45°、一段 60° 的斜坡沟涵与底部距离地面+7m 高、高 3.5m 的电缆桥架相连, 经过 116m 电缆桥架, 通过沉井与顶部距离地面-22m 的电缆隧道相连	约 350m	连续法	具备进行单段电缆连续敷设的条件
4	跨铁路	约 30.65m (12+2.4+ 5+2.5/2)	(1) 由距离地面-2.5m 的电缆沟涵通过 45° 斜坡沟涵与距地面-12m 的直径为 2.4m 的顶管隧道的竖井接通, 经过 85m 隧道, 通过竖井与 45° 斜坡沟涵连接至距地面 5m 的桥架, 通过 750m 的桥架。 (2) 桥架对侧通过 45° 斜坡沟涵与距离地面-2.5m 的电缆沟涵连接。 (3) 电缆沟涵与约 80m 水平排管过渡	(1) 约 350m +350m; (2) 约 350m	(1) 从右向左下降法+高端水平敷设。 (2) 从左向右下降法	从高点向两侧敷设电缆, 中间敷设一段水平电缆, 在桥架上制作两组接头
5	跨机场道路 21井	约 12.75m (2+2.5+ 7+2.5/2)	顶部距离地面-2.5m、高 2m 的电缆沟涵通过 45° 斜坡沟涵进入顶部距离地面约 7m 高、50m 长的电缆桥架, 然后通过 45° 斜坡沟涵与顶部距离地面-2.5m、高 2m 的电缆沟涵相连	约 260m	连续法	具备进行单段电缆连续敷设的条件
6	跨航运河流	约 10.75m (2+2.5+ 5+2.5/2)	顶部距离地面-2.5m、高 2m 的电缆沟涵通过 45° 斜坡沟涵进入底部距离地面 5~7m、长 90m、	约 250m	连续法	具备进行单段电缆连续敷设的条件

续表

序号	跨越项目	跨越高度(最高点至最低点)	通道类型	长度	敷设方式	备注
6	跨航运河流	约 10.75m (2+2.5+ 5+2.5/2)	高 3.5m 的跨河电缆桥架, 然后通过 45° 斜坡沟涵与顶部距离地面 -2.5m、高 2m 的电缆沟涵相连	约 250m	连续法	具备进行单段电缆连续敷设的条件
7	跨环太湖高速公路	约 12.75m (2+2.5+ 7+2.5/2)	顶部距离地面 -2.5m、高 2m 的电缆沟涵通过 45° 斜坡沟涵进入约 7m 高、60m 长的电缆桥架, 然后通过 45° 斜坡沟涵与顶部距离地面 -2.5m、高 2m 的电缆沟涵相连	约 300m	连续法	具备进行单段电缆连续敷设的条件
8	跨河流和道路	约 12.75m (2+2.5+ 7+3.5/2)	顶部距离地面 -2.5m、高 2m 的电缆沟涵通过 45° 斜坡沟涵进入约 7m 高、530m 长的电缆桥架, 然后通过 45° 斜坡沟涵与顶部距离地面 -2.5m、高 2m 的电缆沟涵相连	约 310m	连续法	具备进行单段电缆连续敷设的条件
9	跨河流	约 10.75m (2+2.5+ 5+3.5/2)	(1) 顶部距离地面 -2.5m、高 2m 的电缆沟涵通过约 45° 斜坡沟涵进入约 5m 高、530m 长的电缆桥架; (2) 然后通过 45° 斜坡沟涵与顶部距离地面 -2.5m、高 2m 的电缆沟涵相连	(1) 约 320m; (2) 约 350m	(1) 从右向左下降法; (2) 从左向右下降法	从高点向两侧敷设电缆, 在桥架上制作一组接头

2.2 高落差高压电缆工程设计

220kV 长江变电站—无锡东牵引站电缆工程共有 9 个较高的落差段, 这是电缆敷设施工的难点, 本节介绍这种连续敷设方式在不同通道组合的狭小、复杂高落差通道环境下的设计。

2.2.1 设计原则

(1) 该电缆较高落差的通道形式包含“L形”, “几形”, 且涉及的高落差通道形式多样, 含有隧道、电缆沟、涵洞、沉井、非开挖拉管、桥架等各种形式。

(2) 220kV 大截面电缆考虑到运输的质量, 一般段长在 350m 左右, 应尽量用足该长度, 从而减少电缆接头。

(3) 针对“L形”的较高落差通道, 可采取传统的下降法进行敷设。

(4) 针对“几形”的较高落差通道, 当桥架较长, 无法进行单段敷设, 必须采用接头连接时, 敷设工艺优先采用下降法。

(5) 针对“几形”的较高落差通道, 当涉及高落差通道的长度可确保桥架不放置接头时, 优先采用连续敷设方式, 避免将电缆接头布置在高处桥架上, 从而提高今后的运维质量和效率。

(6) 优化方案应因地制宜, 结合现场实际情况进行方案优化, 如落差点由于受到变电站侧 1 号涵洞入口场地的限制, 无法放置电缆盘, 所以改变了在 1 号涵洞高处往 2 号隧道低处敷设的传统下降法, 而是采取在环境合适的 2 号电缆隧道入口先通过下降法进行敷设, 然后再通过从隧道向涵洞回抽的上引法。

(7) 较高落差的敷设通道组合方式形式多样, 需要考虑不同通道组合对牵引力、侧压力、弯曲半径、热机械应力、电动力的影响, 应结合不同通道形式进行研究, 确保敷设的质量和效率。

2.2.2 不同通道组合敷设形式

本工程针对有涵洞、非开挖拉管、桥架、隧道的复杂高落差设计敷设形式如图 2-1 所示。

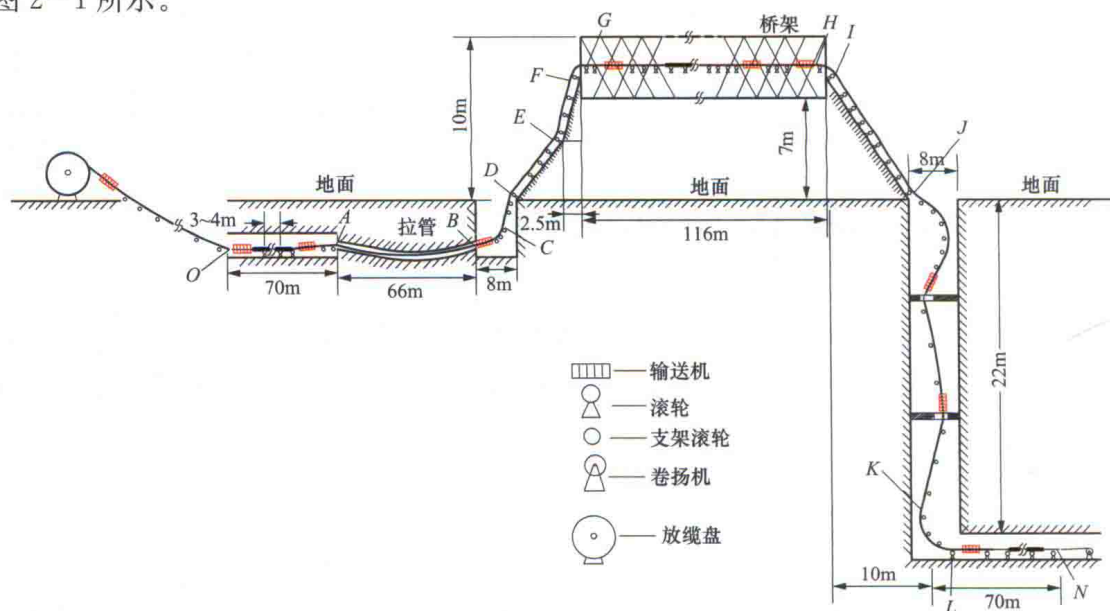


图 2-1 有涵洞、非开挖拉管、桥架、隧道的复杂高落差设计敷设形式