

# 美纳斯水电站450米垂直竖井230KV电缆安装技术

李勇

中国水利水电第八工程局有限公司

**摘要:** 本文主要是对于在厄瓜多尔美纳斯水电站首次进行深度450米垂直竖井230KV电缆敷设, 在施工环境及敷设条件方面都存在困难的前提下的安装过程阐述, 及安装总结, 为后续高垂直竖井大直径电缆敷设的安装提供了参考方案及借鉴作用。

**关键词:** 厄瓜多尔; 美纳斯; 水电站; 450米垂直竖井; 230KV电缆

## 一、工程概况

美纳斯水电站, 是厄瓜多尔共和国主要河流Río Jubones重要水利枢纽, 位于该国第三大城市昆卡市(Cuenca)西南方向, 相距约90公里, 距厄瓜多尔第一大城市和主要海港瓜亚基尔市(Guayaquil)约150公里

厄瓜多尔美纳斯水电站机电部分包括3台90MW冲击水轮发电机组及其辅助设备、水工机械(金结部分)等; 该电站是一座引水式电站, 整个河流分两级开发, 本电站是其中的第一级, 电站装机3台, 单机容量90MW, 总装机容量270MW。最大年发电量将达1.29亿千瓦时。

厄瓜多尔美纳斯水电站根据厂房和230kV开关站布置的实际情况, 230kV高压电缆的布置路径从开关站控制楼外的230KV电缆终端沿约250米长的230KV电缆沟至450米深的垂直电缆竖井进入到主变洞, 再顺着离地面10米高的主变洞顶到达主变高压侧电缆终端。

## 二、工程施工

### (一) 前期工作

1. 确认支架基本安装完毕, 能够满足现场敷设条件。
2. 认真检查敷设施工场地和电缆沟, 充分了解现场环境, 检查并确认电缆就位点和电缆敷设路径, 协调施工人员平整场地和处理敷设障碍及清理对电缆有损伤的一切物体。
3. 施工电源接入敷缆机总控制箱及各分控箱的连接; 竖井内每层平台照明到位。
4. 按图复核电缆走向, 记录电缆路径的主要弯道、危险点并做好安全措施; 明确标示电缆的走向和相序, 确定电缆输送机、滑轮安装位置并提前告知施工人员, 电缆输送机及滑轮在混凝土面区域采用膨胀螺栓固定, 钢结构区域采用工装与钢结构焊接固定, 搭设平台区域采用与平台绑扎固定。
5. 落实人员、施工敷设材料及进场工器具, 并对进场电缆和支托架进行验收。
6. 施工前进行技术安全和工作内容交底并学习《安规》, 使每人熟知自己的职责、操作方法及安全注意事项, 指挥者和重要岗位操作者明确相关责任人。

### (二) 敷缆设备安装

#### 1. 套辊组架的安装

- a) 电缆入电缆沟上、下位置各设置1套套辊组架, 套辊组架由搭设的钢管脚手架支撑, 套辊组架上面用四方滚轮。
- b) 竖井上口、下口位置各设置1套套辊组架, 套辊组架由搭设的钢管脚手架支撑, 套辊组架上面用四方滚轮。

#### 2. 2敷缆机安装

- a) 竖井敷缆机设置在自制钢平台上, 450米竖井设置15台敷缆机, 间隔30米一台。由于监理告知井内检修平台无法承受电缆敷设期间的施工载荷, 故将敷缆机通过自制钢平台固定在竖井壁上。竖井段敷缆机做工装如下, 敷缆机通过专用支架与钢平台采用螺栓固定, 钢平台与竖井壁采用膨胀螺栓固定。
- b) 井内敷缆机布置必须就位于自制钢平台的一侧, 若电缆敷设顺序是A、B、C, 敷缆机布置必须在C相上, 置于最后

一根电缆敷设的位置, 这样避免从新定位敷缆机。因为空间狭小, 敷缆机已于井壁上的支架接触, 没有空间避让另一根电缆。电缆取出的时候, 只需将敷缆机往后挪动就行, 再平移至安装位置。

c) 电缆沟等其余路径上根据现场情况每30米左右设置1台敷缆机。混凝土区域直接与地面采用膨胀螺栓固定。

#### 3. 其余设备安装

- a) 水平段直滑车3-5米设置一套
- b) 各转弯处设置转弯滑轮。
- c) 竖井除敷缆机固定的检修平台不需要安装四方滚轮, 其余检修平台及有易与尖锐硬质物体接触的部位均安装四方滚轮(因孔洞预留空间小, 竖井不是绝对垂直, 将会造成电缆与尖锐硬质物体的刮碰, 只能靠四方滚轮来做调导向及约束电缆的晃动)

### (三) 通话系统安装

- a) 现场若对无线信号有屏蔽作用, 在对讲机通话效果不好的情况下, 解决措施: 一般采取对讲机与有线电话结合使用。为电缆盘、入井口、输送机主控及分控箱等关键部位的施工人员配备内部通话系统, 以保障通话信息传递的有效性。
- b) 每台敷缆机看管工作人员配备一台对讲机, 视现场情况, 电缆沟内每2-3台敷缆机处安装一台内部通话器与对讲机同时使用。
- c) 对各关键部位施工人员进行培训, 并统一指挥口令和行动。  
口令: 准备; 口令说明: 电缆输送前提醒各部位工作人员准备并就位。  
口令: 前进; 口令说明: 电缆向前输送。  
口令: 后退; 口令说明: 电缆向后输送。  
口令: 点动前进; 口令说明: 电缆点动向前输送。  
口令: 点动后退; 口令说明: 电缆点动向后输送。  
口令: 停止; 口令说明: 电缆停止输送。
- h) 前期模拟敷缆通讯, 必须确保对讲机和通话机的可行性。

### (四) 人员安排

- a) 敷缆负责人持对讲机随电缆牵引头前进, 缆盘监管持对讲机负责缆盘与1、2号敷缆机附近50米左右电缆安全, 敷设沿线巡查持对讲机, 其余对讲机分发各输送机操作员负责其段位电缆敷设安全。
- b) 在电缆盘处安排4-5人, 其中1名技工(配对讲机和通讯器)负责解缆控制和刹车。电缆盘的转动必须持续控制并不间断检查。在解缆、放缆和停止时, 相关负责人必须随时检查电缆盘上, 电缆的松紧程度和了解现场情况, 并做安全防护措施。
- c) 在电缆牵引头处分配2-3名行进控制人员(配对讲机和通讯器), 负责检查、调整牵引力和牵引速度(速度6米/分钟, 为避免过大的牵引力或电缆松散进行调整)。牵引速度推荐无起始和停止的6米/分钟的持续速度。
- d) 在电缆头处安排3名辅助工、2名技工和1名负责人, 负责跟随和引导电缆前进, 负责人用对讲机发出指令到指挥总控, 由指挥总控执行敷缆机的前进、停止和倒退。
- e) 在所有的电缆沟中, 沿着电缆路径每隔100米安排巡查人员1名, 电缆路径上的任何难点, 特别是在拐角处检查电缆在滚轮上的行进情况, 使其保持正确的方向和位置, 防止电缆与墙壁或金属支架摩擦, 避免非正常情况的发生。并对敷缆机夹紧度进行检查, 不能过紧或过松。电缆的弯曲半径必须始终

保持大于2.5米。

f) 每台敷缆机均需1名专职人员看守,负责检查电缆行进和前后各20米范围内的情况,发现并及时汇报,排除可能出现的电缆损伤和外护套摩擦。

g) 总指挥负责确保全电缆路径有一个好的放缆条件,因为一旦在放缆过程中被告知发生问题,还需前往情况地点指挥排除问题,如重新设置滚轮等,另需重新发令开始牵引。

#### (五) 准备电缆

1. 吊装时不得磕碰、吊斜,起吊要正确和轻吊轻放。电缆盘(不论有无托架)放置的位置要平整,不得有大于5度的倾斜角。电缆盘侧面上标有“电缆盘滚动方向”的箭头,在放置电缆盘前确认好。电缆盘拆包装时,先拆除托架(如果有),然后由上而下、由外及内进行。注意:拆包铁皮时,不要碰伤电缆;拆包时,应尽量避免大风大雨天气;另需先确定电缆和电缆盘的合计重量,选择合适的放线架。

2. 放线架固定可靠,不得倾斜。电缆应由上放线,不允许在无放线架的情况下放线。电缆的张力要保证铜导体在70N/mm<sup>2</sup>以下,侧压力在300kg/m以下铝护套的弯曲半径应在铝护套的平均直径的20倍以上。

#### 3. 电缆解盘检验

a) 用兆欧摇表测量电缆石墨层与金属护套(牵引头即可)之间的电阻,必须用玻璃将电缆石墨层与牵引头之间刮断开,(阻值大于25兆欧可基本判定电缆外护套未损伤),或10kV直流耐压1分钟通过可判定电缆外护套未损伤。

b) 检查记录盘号、检测数值、规格型号及长度敷设回路和相位,确认长度是否为该回路电缆,护套耐压异常对异常部位进行调查处理,并修复。

#### (六) 电缆敷设、调整固定

##### 1. 电缆盘处电缆敷设

a) 在缆盘电缆下面铺设胶皮等材料防止电缆散盘保护电缆。

b) 安排2-4人用木方对撬着电缆,防止电缆在地面摩擦。

c) 电缆用人工从电缆盘回出,安排2-4人用麻绳扣在电缆牵引头上辅助牵引,将电缆头牵引至敷缆机,电缆利用电缆输送机输送至电缆竖井。

d) 电缆盘处安排4人进行电缆盘操作,2人进行电缆盘刹车。

##### 2. 电缆沟内敷设

a) 电缆固定在敷缆机上后,由敷缆机输送电缆,电缆进入敷缆机后,根据实际情况调节夹紧度。

b) 电缆牵引头部位仍安排2-4人用木方对撬着电缆防止电缆在地面摩擦,安排2-4人用麻绳扣在电缆牵引头上辅助引导,将电缆安置在转弯滑轮、标准滚轮、四方滚轮及其他敷缆机内,依次延放至另一端处。每个敷缆机安排一个人员值守。

##### 3. 电缆竖井内敷设

a) 电缆进入竖井,依靠输送机系统联动控制。

b) 电缆牵引头部位安排两人顺着竖井跟着电缆一直到底,在竖井下放过程中,全部监视电缆传输情况,一有异常立即上报。

c) 电缆竖井内注意每层平台上方坠物,每层值守人员注意电缆情况,不要被电缆推送或拉扯坠落。

d) 因竖井内潮湿,进入竖井内的电缆表面都会凝结有水,所以每个敷缆机的进缆端,安排一人擦拭电缆表面的水,以确保敷缆机有足够的夹紧力。

e) 由于井内预留孔洞狭小,密集布置了四方滚轮,在电缆输送过程中,严密监视四方滚轮是否有松动或有异常情况或有损伤电缆的情况。

##### 4. 电缆调整固定

a) 电缆敷设到位后,从底部往上进行电缆固定,先将底部尾端电缆路径及位置定好,将电缆卡螺栓紧固,通过敷缆机输送、手链葫芦相结合进行调整下一段电缆路径及蛇形弧度,

依次装电缆卡固定。直至电缆起始端。

b) 由于预留孔洞狭小,敷缆机基本贴近于电缆支架上,电缆取出必须将敷缆机固定螺栓拆除,敷缆机往后挪动,直至电缆能脱出敷缆机皮带。每根电缆从敷缆机脱出都以此重复。

5. 计算并预留足够长度用于装配终端。

#### 6. 注意事项

a) 电缆施工中万一出现故障时对电缆造成损伤,必须立即报请监理,甲方及厂方共同研究决定,采取补救措施。

b) 电缆拖动时,严禁用手搬动电缆,以防压伤。电缆牵引时,所有人员严禁在牵引内角停留,施工人员应站在安全位置,精神集中地听从统一指挥。

c) 不得在电缆上攀吊或登踏、刻画、敲击等破坏电缆的行为,以免损伤电缆。

d) 电缆放缆工作人员在任何时候发现任何问题(电缆松开,电缆与支架摩擦,滚轮出现问题等等)必须立即大声喊“停止”,附近带有对讲机和通话器的工作人员也要再次大声喊“停止”按急停按钮,从而迅速停止放缆工作,随后向主管通知故障情况和地点。

#### (七) 回流线敷设及固定

回流线敷设主要是以敷缆机敷设和人力辅助。

回流线直径约45mm,通过现场核实,可以使用现有设备,采用230kV电缆的敷缆机,通过调整敷缆机夹紧度,使敷缆机能夹紧回流线,敷缆机数量可适当减少,地面放置的滑轮适当增加,并在敷设过程中,随时观察电缆在敷缆机和滑轮里的状态,随时进行调整,敷设过程的监护如敷设230kV电缆一样。

回流线电缆固定方式采用非导磁不锈钢卡子通过不锈钢螺栓固定在230kV电缆支架上,回流线从下往上,依次紧固电缆卡,并逐步松开敷缆机皮带,从敷缆机皮带内退出,调整好敷缆机,以便敷设下一根回流线。

#### (八) 接地线敷设及固定

接地线采用常规方式安装。

### 三、结束语

在230kV电缆敷设过程中,由于井内潮湿,使得进入井内的所有物件都潮湿及凝结水露现象,致使出现了两个制约电缆敷设的情况。一是敷缆机电机受潮不能正常工作,解决措施:采用对电机投入加热除潮和加盖防火布防潮气及水进入;二是因电缆表面有水致使敷缆机处在水滑状态失去了夹紧力,敷缆机已调节至允许的最大夹紧力,电缆出现往下滑的现象,电缆失去了控制,造成电缆无法继续敷设的状态,解决措施:采用吸水棉布不间断的擦拭进入至敷缆机履带前的电缆表面的水,让敷缆机履带有充足的摩擦夹紧力度。

竖井内电缆安装的两个难点,一是由于井内检修平台承载问题,解决措施:井内敷缆机布置没有利用永久钢平台放置,而是布置在自制钢平台上,钢平台与井壁混凝土膨胀螺栓固定;二是预留孔洞狭小而无法敷设电缆及防止电缆磕碰划伤,解决措施:敷缆机置于最后一根电缆位置,通过往后推移敷缆机来取出电缆,再平移电缆至安装位置;加装密集的四方滚轮,将电缆束缚在四方滚轮内,确保电缆不允许有过大的摆动避免磕碰到尖锐硬质物体而产生划痕破损。

厄瓜多尔美纳斯水电站3号机组、2号机组、1号机组先后于2018年10月14日、10月20日、10月30日完成72小时试运行并投产发电,目前3台发电机及230kV电缆运行工况稳定,数据良好。

#### 参考文献

[1] 吴立辉. 浅谈110kV高压电缆的施工[J]. 建筑安全, 2008, 23(8): 53-55. doi: 10.3969/j.issn.1004-552X.2008.08.021.

[2] 胡伟杰. 浅析高压电缆施工的技术要点[J]. 低碳世界, 2017, (23): 110-111. doi: 10.3969/j.issn.2095-2066.2017.23.071.