

电力隧道新型电缆支架应用分析

王松周

中国能源建设集团湖南省电力设计院有限公司

摘要：随着我国现代城市电力建设发展，架空线路运用渐少，而电缆入地则日趋增加，电缆入地可减少对地面空间的占用，也有利于美化城市环境，减少外界不利因素对电缆运营的影响。本文首先分析了我国电力隧道电缆支架的运用情况，其后详细探讨了我国电力隧道电缆支架常见类型与布置方式，探讨了圆形隧道常规电缆支架布置方法的缺陷，并提出了相应的改进方法，最后详细论述了新型电缆支架在电力隧道的应用情况，以期可供参考。

关键词：电力隧道；电缆支架；常见类型；布置方式；改进方法

一、引言

随着现代城市的发展，电力系统不断完善，电力隧道的运用越加常见，如何提高电力隧道利用率、优化电缆运营环境，成为一大关键问题。在电力隧道修建中，电缆支架的应用十分关键，支架材料、结构以及固定方式等，均直接影响电缆敷设数量、运营可靠性以及维护便利性等，本文主要围绕此问题展开详细分析。

二、电力隧道电缆支架的运用情况

随着我国城市建设规模的扩大，高楼大厦、高架立交等分布广泛，电力线路建设空间受到制约，地下电力隧道的开发运用具有重要意义。近年来，我国各大城市规划中，架空线路入地成了重要的内容之一，除了可减少占地面积以外，还可美化市容、防止车辆碰撞电杆、减少恶劣天气对供电的影响。

电力隧道中，电缆支架用于支承、固定高压电缆，为提高电力隧道内部空间利用率、增加电缆容纳并增强电缆敷设的稳固性，我国不断研究各种新型电缆支架材料、结构形式以及预埋件构造等，如：上海500kV静安一三林电力电缆隧道中，采用了新型不锈钢矩形方管支架，具有设计结构合理、经济性好、

美观等诸多优势；广州220kV 奥林电力隧道分为4 舱，创新了内支架圆弧钢环片与管片的连接方式，有效加快了施工进度，且不存在焊接污染；长沙市万家丽路220kV电力隧道采用新型环形电缆支架设计，结构受力合理，布局紧凑，经济效益好。

此外，不少学者对电力隧道支架类型、材料、固定方式、防腐以及接地方式等进行了总结分析，并提出改进方向，包括产品规格化发展、加强支架与电缆家具选材、优化结构形式等。本文主要以圆形隧道为研究对象，通过对常规电缆支架的运用情况进行调查分析，并在此基础上提出一定的改进的方法，实现新型电缆支架的推广。

三、我国电力隧道电缆支架常见类型与布置方式

(一) 电缆支架类型

为满足不同电力隧道环境、电缆敷设要求，我国电缆支架类型众多，根据不同的划分方法，可将其归纳如下表1所示。

表1 电缆支架类型

| 序号 | 分类依据 | 电缆支架类型 |
|----|--------|-------------|
| 1 | 支架材料 | 金属角铁电缆支架 |
| | | 水泥电缆支架 |
| | | 高分子复合材料电缆支架 |
| 2 | 端部固定方式 | 直埋式 |
| | | 螺栓式 |
| | | 插入式 |
| | | 组合式 |

(二) 电缆支架布置方式

本文以圆形电力隧道的电缆支架布置为例展开分析，常规采用弧形电缆支架系统，具体布置方式如下：

- (1) 各层支架横担等长布置；
- (2) 底层支架用作接头位，各层电缆绕至此处安装接头；

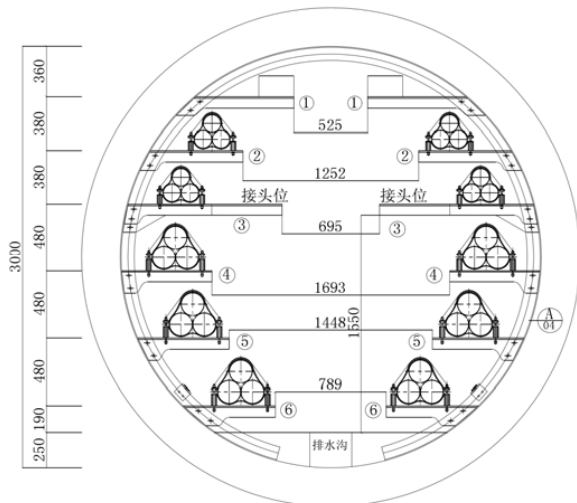


图1 电缆支架布置型式

- (3) 左右支架梁相互独立，预埋件固定；
- (4) 预埋件与支架梁焊接；
- (5) 完成焊接后，采用热镀锌或涂刷油漆防腐。

此种布置方式具有安装简单、工期短、耐腐蚀等优点，但是存在隧道管容浪费的问题，电缆接头区相互干扰，给后期运维管理带来较大的不便。

四、电力隧道新型电缆支架应用分析

(一) 新型电缆支架布置方案

基于上述问题，下文针对弧形电缆支架系统存在的缺陷提出相应的改进建议，新型电缆支架布置方案如下：

- (1) “长—短”支架交替布置：接头区—长支架、非接头区—短支架，此种布置方式可提高圆形隧道空间利用率；
- (2) 拱形铰接钢环梁：支架梁分左右两片，顶部螺栓连接、底部混凝土浇筑固定；
- (3) 预埋螺栓套筒、卡扣螺栓套件：隧道管节预制时预埋螺栓套筒，使用卡扣螺栓套件连接支架钢环梁与隧道内壁；
- (4) 静电粉末喷涂表层：此种防腐工作在工厂进行，无须现场进行防腐施工，造价适中且耐候性好。

(二) 新型电缆支架工程应用

本文仅以某220kV 电力隧道工程为例，具体分析新型电缆支架工程的应用情况。

1. 原设计方案

本工程原设计方案下的电缆支架布置型式如下图1所示，220kV、550kV高压电缆单根重量 40kg/m、50kg/m，电缆接头长2m、重量180~200kg/m，每回电缆由3根电缆组成，设计电缆支架荷载如下表2所示。

表2 设计电缆支架荷载 (kg)

| 支架间距 (m) | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
|-----------------|-----|-----|-----|
| 短支架 (1回电缆) | 150 | 300 | 450 |
| 长支架 (2回电缆) | 300 | 600 | 900 |
| 长支架 (1回电缆+1个接头) | 250 | 350 | 800 |

根据试验电缆支架加载试验显示：支架1端部荷载 > 4kN 时，钢材开始屈服；支架2、3、4最大弹性荷载分别为6kN、7kN、9kN，为提高电缆支架应用经济性、可靠性，决定实施优化设计。

2. 支架优化设计

(1) 横担支架

根据试验结果与有限元分析可得，原设计方案中短支架存在设计冗余，尤其是4号支架需优化；1号支架弹性荷载4kN，需做加强设计。经强度验算，决定对长短支架截面尺寸做出如下优化：

- ①短支架：截面100×70mm、长450~550mm；
- ②长支架：截面100×140mm、长1050mm，腹板牛腿角度45°。

(2) 弧形钢环梁

本工程通过抗弯强度计算，钢环梁取对称等边角钢 (100×100×7mm)。

(3) 预埋螺栓孔

考虑2倍安全系数，选用φ20mm、长80mm螺栓套管，可承

受40kN的拉力。

(4) 连接螺栓

横担支架与钢环梁、钢环梁与混凝土连接螺栓分别为M16、8.8级M20螺栓。

对优化后支架系统进行有限元分析，显示支架横担受力更为合理，支架1、2最大弹性荷载增至8kN，支架3最大弹性荷载8.5kN，支架4则是降至8kN；支架5、6最大弹性荷载10kN，满足施工、运营要求，减少了钢材消耗、提高隧道容量利用率。

3. 电缆支架制作安装

(1) 电缆支架制作

本工程采用的钢结构支架，所有构件在工厂加工，按1:1大样校对尺寸；管片制作时，严格按图纸预留螺栓孔；构件出厂前，打砂、静电粉末喷涂，并进行1000h 盐雾试验，确保构件具有良好的耐腐蚀性能。

(2) 电缆支架安装

本工程电缆支架构件运至施工现场后，需进行全面检查，主要检查内容包括：构件数量、尺寸、螺栓孔位置是否正确；根据构件尺寸、安装位置选择合适的吊装方法，严禁构件出现过大的弯扭变形的情况；构件吊装就位后，及时固定。

4. 新型电缆支架运营效果

本工程使用此电缆支架系统1年半后，根据运维检修情况来看，隧道容量利用率大大提高，且电缆运营环境较好，便于运维管理。

五、结语

综上所述，随着我国电网规模的持续扩大，城市建设中电缆入地逐渐替代了架空线路，电力隧道的建设越加普遍。从电力隧道的构成来看，电缆支架材料选用是否适当、结构布置是否合理直接关系到隧道容量利用率与电缆敷设可靠性，为适应不同的电力隧道环境与电缆敷设要求，我国目前已经发展了多种电缆支架，本文以圆形隧道为例加以分析，探讨了常规敷设方法存在不足，并提出相应的改进措施，对此种新型电缆支架在实际工程中的运用情况进行了分析，为其他项目提供了可靠的参考。

参考文献

[1] 李学文, 张华. 隧道内电力电缆敷设方法分析和探讨 [C]//2011年全国电力电缆安装与运行经验交流会. 2011.

[2] 李春, 刘纯. 电力隧道及综合管廊电缆支架常见问题与防治措施 [J]. 湖南电力, 2018, 38 (06): 46-48+51.

[3] 中国能源建设集团湖南省电力设计院有限公司. 万家丽路(福元路—火炬路) 220kV电力隧道工程可行性研究报告 [R]. 长沙: 中国能源建设集团湖南省电力设计院有限公司, 2015

[4] 周辉, 方浩, 张永隆. 新型电缆支架在长距离500kV电力隧道中的应用 [J]. 华东电力, 2010, 38 (04): 549-551.

[5] 张伟, 胥犇, 夏才初. 上海世博会电力电缆隧道的运营维护系统和长期监测 [J]. 特种结构, 2009, 26 (006): 101-103.

[6] 吴彦伟, 郭广才. 中型电力盾构隧道电缆支架设计及应用技术 [J]. 广东建材, 2013, 29 (11): 57-60.

[7] 徐霞, 王斌. 电力隧道内长距离500kV电缆敷设设计 [J]. 华东电力, 2010, 038 (004): 529-532.