

# 绝缘管型母线现场安装施工关键技术

赵卫平, 徐应中

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**结合绝缘管型母线的构造特点,详细阐述了其现场施工的关键环节和影响绝缘管型母线安全运行的主要因素,对类似绝缘管型母线安装施工具有一定的参考意义。

**关键词:**绝缘;管型母线;安装;关键技术

中图分类号:TV52;TV7;TV735

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)03-0053-04

## 1 概述

绝缘管型母线是一种新型母线型式,其实质是利用铜或铝质管材作为导体,并在管材外表面外敷绝缘材料的一种母线产品。

绝缘管型母线由于其具有载流量大、机械强度高、外形尺寸小、电气绝缘性能强的优点,安装环境适应性较好,近年来在变电站、发电厂和大型光伏发电工程等领域内得到了越来越多的应用。中国水电十局公司已在尼日尔、老挝多个电站进行了绝缘管型母线的安装施工,实践证明:其现场安装质量的控制直接影响到绝缘管型母线长期安全稳定的运行。

## 2 绝缘管型母线的结构与技术特点

目前,国内生产绝缘管型母线的厂家在生产工艺和结构形式上存在较大的差异,中国水电十局公司安装过的绝缘管型母线就有浇注式绝缘管型母线、绕包式绝缘管型母线,其结构特点如下。

### 2.1 浇注式绝缘管型母线的结构

#### 2.1.1 本体及其结构

如图1所示,母线的构成从内到外依次为金属管型母线导体、导体屏蔽层、绝缘层、绝缘屏蔽层、金属屏蔽层及外护套。

金属管型母线导体采用铜管或铝合金管,导体屏蔽层和绝缘屏蔽层采用非金属半导体材料,绝缘层采用环氧树脂,金属屏蔽层采用铜网,外护层采用热缩套。

#### 2.1.2 中间接头

如图2所示,导体采用铜带软连接,外部为预制的绝缘套筒,绝缘套筒包括环氧树脂绝缘层、内

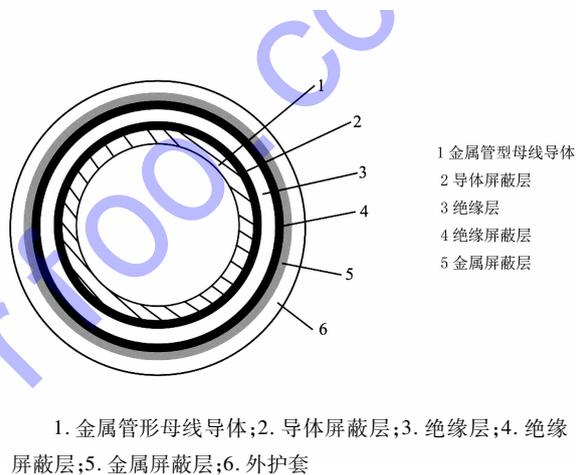


图1 绝缘管型母线本体结构图

外非金属半导体屏蔽层、金属屏蔽层和外护套。

### 2.2 绕包式绝缘管型母线

#### 2.2.1 本体及其结构

如图3所示,母线的构成从内到外依次为金属管型母线导体、导体屏蔽绝缘层、金属屏蔽层及外护层。

金属管型母线导体采用铜管或铝合金管,电容屏蔽绝缘层采用多层聚酯或聚四氟乙烯薄膜和一层铝箔相间组成,金属屏蔽层采用铜带,外护层采用热缩套。

#### 2.2.2 中间接头

中间接头分为两种:一种采用预制环氧树脂筒,一种采用绝缘带现场绕包。

### 2.3 主要技术特点

绝缘管型母线由于采用铜管或铝管母线导体,其具有以下特点:

(1)载流量大。

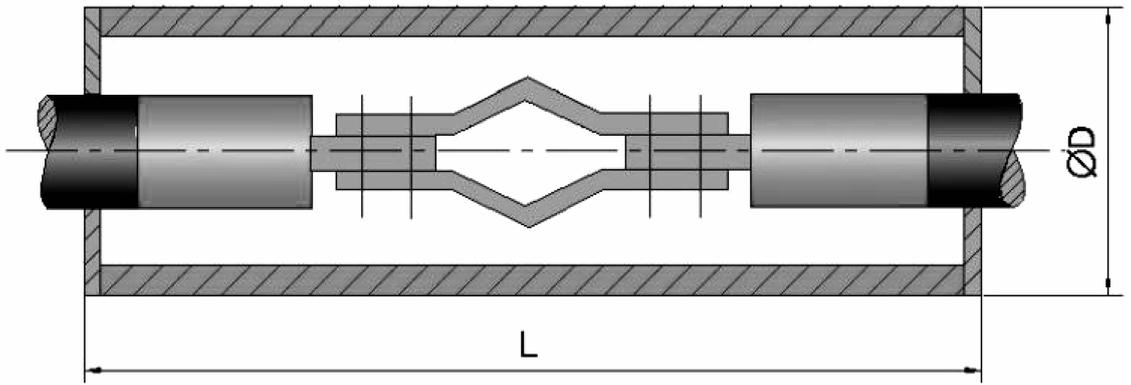


图2 绝缘管型母线中间接头示意图

矩形母线截面模量公式为:

$$W = bh^2/6$$

式中  $b$  为矩形母线宽度; $h$  为矩形母线厚度。

对于同样载流量的母线之抗弯截面模量,管型母线是矩形母线的5倍。管型母线具有较强的机械强度,可承受较大的短路电动力和较大跨距的抗弯和抗震能力。

(4) 散热条件好。

管型母线中间空、表面积大,具有良好的散热条件,其该方面的性能大大优于矩形母线、电缆和其它母线。

除了以上特点外,绝缘管型母线一方面在导体外敷有绝缘层,具有很好的绝缘性能;另一方面其导体外敷有导体和绝缘屏蔽层,母线绝缘承受的电压均匀,敷有金属屏蔽层并接地,使得母线表面电位为零。另外,其具有外护套,对外部日照、风雨、机械、有害气体等进行防护,绝缘管型母线在户内外均可使用,既可以在一般的空间中使用,也可以在沟道、隧道内架设。

绝缘管型母线还具有安装时不需要考虑安全距离、运行可靠性高、环境适应性强等特点。

综上所述,绝缘管型母线的技术优点为:①载流量大;②表面电场强度低;③机械强度大;④散热条件好;⑤绝缘性能好;⑥环境适应性强。

### 3 现场安装施工之关键技术

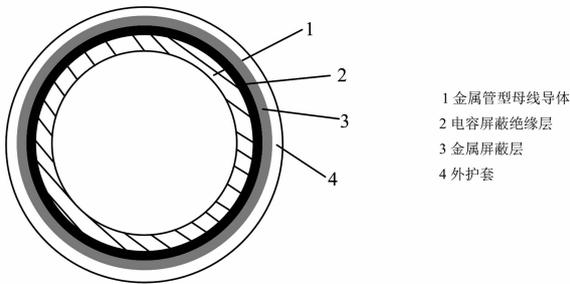
#### 3.1 施工准备

##### 3.1.1 技术准备

按照规程、厂家安装说明书、图纸、设计要求编制施工措施,对施工人员进行技术交底。

##### 3.1.2 人员组织

技术负责人、安装负责人、安全质量负责人和



1. 金属管型母线导体;2. 电容屏蔽绝缘层;3. 金属屏蔽层;4. 外护套

图3 绕包式绝缘管型母线本体示意图

绝缘管型母线导体采用管型结构,其集肤效应低,单位截面导体的载流量大于同等截面其它形式的导体。如载流量为800 A的母线,铜管母线需采用 $\varphi 32 \times 3$ 、电流密度为 $2.93 \text{ A/mm}^2$ 的母线;而矩形铜母线则需采用 $60 \times 6 \text{ mm}^2$ 、电流密度为 $2.22 \text{ A/mm}^2$ 的母线,管型母线的导体效率提高了约30%。

(2) 表面场强低。

根据圆管母线表面的电场强度( $E$ )与电压( $U$ )/半径( $R$ )成正比,同样截面的铜管母线与矩形母线相比,管型母线表面的场强是矩形母线的 $1/10 \sim 1/15$ 。因此,管型母线外敷绝缘承受的场强较低,因此其带电运行较为安全可靠。

(3) 机械强度大。

根据母线截面模量公式:

管型母线截面模量公式为:

$$W = \pi(D^4 - d^4)/(16D)$$

式中  $D$  为管型母线外径; $d$  为管型母线内径。

技术工人。

### 3.1.3 机具的准备

按施工要求准备机具并对其性能及状态进行检查和维护。

### 3.1.4 施工材料的准备

绝缘管型母线、管母线固定金具、槽钢、钢板、螺栓、铜皮软连接、角铁、方管等。

## 3.2 母线支架的制作

由于母线的走向设计是根据现场的地形以及各设备的位置关系确定,所以其支吊架的形状呈多样化。母线支架制作前,先测量母线的总长度,确定固定金具的位置,以保证复合屏蔽绝缘管型母线受力合理且两固定金具之间的间隔不大于6 m,安装固定金具的位置距母线接头的距离应不小于50 mm。支架所用钢材的规格及尺寸按设计要求并根据现场实际对实际情况与图纸不符合的部分进行完善,安全净距必须符合规范要求,接地可靠、焊接及终接线端子的防护要符合要求。

焊接要求:(1)槽钢和立柱的每个焊点必须有5 cm长,双面进行焊接;(2)焊点光滑、无气孔;(3)槽钢与方钢的焊接必须四面焊;(4)每个焊点必须除去焊渣,刷防锈漆。

## 3.3 母线固定金具的安装

安装前应检查固定金具和金具固定板,安装孔应对应,采用符合规格要求的热镀锌螺栓并连接紧固,安装在同一水平面的固定金具应位于同一平面上,直线段的固定金具的安装中心线应在同一直线上,其中心误差不超过10 mm。

## 3.4 穿墙套管的安装

安装前,检查瓷件完好并经试验检验合格,水平安装时法兰在外,安装孔径应比套管直径大5 mm以上,1 500 A以上套管周围不能形成闭合磁路,套管板应按规定进行接地。

当母线要进室内、墙上没有穿墙套管时,可在穿墙部分管型母线外壁加装10 mm厚的橡胶防护层和环氧防护筒并将其热缩为一整体,避免与水泥墙体直接接触,以起到缓冲的作用,既可以防止水泥的腐蚀,又达到了有效防护的目的。

## 3.5 母线软连接及接头的安装

软连接处的制作为先把软连接的一端固定到母线或套管上(固定时不要忘记在搭接处涂

导电膏),然后根据软连接中间铜编织带处的长度截热缩管,把热缩管依照软连接的形状热缩好。软连接或套管与母线端部的连接处需要做可拆卸的护套以便检修,其方法是:先截取足够长的热缩管,将热缩管套到连接处,然后用一片足够长的扁铁放到热缩管内,在热缩管的外面放两片一样的扁铁用大力钳将扁铁和热缩管夹到一起,使其形成一个平面,放到连接处开始热缩,待完全冷却后拆开扁铁、打孔、把热缩管划开,扣好扣子,确认其排水良好。根据施工图纸安装母线接头和软连接,安装时要注意搭接处应平整,所有螺栓应拧紧。

应特别注意:热缩管热缩完不能有存水处,其应顺畅,力求整齐美观,如有碗状开口,应将其碗状口封死,防止鸟或其他小动物筑巢,所有管母连接部分,包括变压器套管导电夹、穿墙套管导电夹等处不能有裸露的金属。

## 3.6 母线接触面的加工

母线搭接连接的尺寸、孔径、螺栓规格应符合规范,要求母线接触面的加工必须平整,无氧化膜并保证清洁。经加工后的铜管母线截面减少值不应超过原截面的3%。母线与母线、母线与分支线、母线与电器接线端子搭接时,其搭接面的处理应符合要求。

## 3.7 中间连接的绝缘处理方式

母线中间接头包括导体连接与绝缘连接。绝缘连接是全绝缘母线系统的薄弱环节,90%以上的故障都发生的这个部位,施工时需特别注意。屏蔽筒的安装方法:

(1)先把足够大(即能穿到屏蔽筒上)的热缩管划成两个400 mm和两个600 mm的长度,并把它们穿到屏蔽筒上,然后用酒精或稀料把连接处的两端擦洗干净(注意要擦洗到两端接地屏蔽处),再把屏蔽筒穿在母线的一端。

(2)在母线的中间连接并装好后,再用1.2 m长的铜丝绕成环形弹簧状,绕成的弹簧要求其上下对称,每个弧型均匀。

(3)从母线接头处向两边分,各分屏蔽筒的一半并做好记号,将屏蔽筒放在两记号的中间,即把屏蔽筒居中放在中间连接上面,尤其注意屏蔽筒内的铝环一定要压到连接板(或伸缩接头板上的弹簧)。

(4)用酒精或稀料把屏蔽筒和其周围的母线擦拭干净,然后在屏蔽筒和母线搭界处的两端打上密封胶,把400 mm长的热缩管缩好,待其凉后在400 mm长的热缩管两端打好密封胶,再把600 mm长的热缩管缩好;另一端同样。

(5)接地线的制作。用一细棒将接地线缠绕成弹簧状,然后将其连接到固定金具的其中一螺栓的根部,再旋紧螺栓。

### 3.8 母线的安装

(1)连接螺栓应采用热镀锌螺栓,螺栓连接的母线两外侧均应有平垫圈,相邻螺栓垫圈间应有3 mm以上的净距,螺母侧应装有弹簧垫圈或锁紧螺母,螺栓应由下往上贯穿,长度宜露出螺母2~3扣。

(2)螺栓应受力均匀,不应使接线端子受到额外的应力,母线的接触面应连接紧密,连接螺栓应用力矩扳手紧固,紧固力矩应符合规定力矩要求。

(3)管母线的搭接应符合要求,与变压器套管接线板连接和穿墙套管接线端子的连接应采用铜皮软连接且接头应搪锡处理。

(4)母线的相序排列。当设计无规定时,应符合下列规定:

①上、下布置的交流母线由上到下排列为A、B、C相,直流母线正极在上,负极在下。

②水平布置的交流母线由盘后向盘面排列为A、B、C相,直流母线正极在后,负极在前。

\*\*\*\*\*  
(上接第19页)

等方面都可以大大得到加强,便于工程各参建方基于统一的BIM模型进行沟通协调与协同办公;提升工程质量;优化设计、减少返工、降低工程成本,大大降低招标与合同执行风险;同时,BIM技术的应用可以为企业各层级提供及时、有效、真实的工程数据,实现工程项目全生命周期的数据集成与整合,实现项目与企业信息化管理的有机结合。可以说:BIM技术的全面应用将大大提升工程项目的质量与效益,促进项目精细化管理,对施工企业具有不可估量的影响。

参考文献:

③引下线的交流母线由左至右排列为A、B、C相,直流母线正极在左,负极在右。

### 4 结语

绝缘管型母线的使用领域越来越广,数量也越来越多。但是,绝缘管型母线也发生过许多故障,究其原因主要是接头部位为其薄弱环节。各类绝缘母线的接头基本类似,基本结构如图2所示。绝缘母线的接头内部裸露的导体部分采用空气绝缘,其绝缘筒体两端设置有密封法兰(或使用密封胶),密封法兰通过O型密封圈和绝缘母线表面紧密接触实现密封,法兰和筒体侧面通过密封垫进行密封。从实际运行效果看,由于绝缘母线表面并不十分规则,和O型圈之间的接触可能存在微小气隙,若安装工艺稍微粗糙一些,密封效果就会不理想,在潮湿的环境中,接头内部容易受潮甚至结露,此时极易发生雾闪或直接击穿。为确保接头部位的可靠运行,生产厂家需要从长期可靠运行的角度出发做好接头部位的设计,以便于现场施工,确保密封可靠。对于空气湿度较大的地区,应尽可能改善运行环境,降低空气潮湿和凝露对绝缘母线的影响。

作者简介:

赵卫平(1963-),男,浙江义乌人,高级工程师,从事机电设备安装技术与管理工作;

徐应中(1973-),男,四川巴中人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

[1] 梁冬梅,等.中国建设行业施工BIM应用分析报告[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.

[2] 姜 曦,等.BIM导论[M].北京:清华大学出版社,2017.

作者简介:

陈 行(1985-),男,四川威远人,工程师,学士,从事工程建设施工技术与管理工

苏小明(1969-),男,四川射洪人,高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作;

李 超(1986-),男,河南鹤壁人,工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作;

侯云强(1985-),男,辽宁人,工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)