[电缆]

330 kV交联电缆管沟设计的技术要点

文/陕西省电力公司经济技术研究院　姚新宇

330 kV交联电缆管沟设计，主要从管沟施工方法的选择、管沟结构及截面形状的选择、管沟内部布局及电缆支架设计和管沟内附属设施设计等方面进行综合考虑，达到安全、合理和节约的目的，满足330 kV交联电缆敷设要求。

西安市电网以主城区外围330 kV电网为主网架，330 kV变电站为电源点，110 kV架空及电缆线路为供电线路，向主城区内辐射供电。随着西安市城区规模不断扩大，需要有330 kV电源点直接进入主城区负荷中心。在日渐拥挤的城市道路上，电力走廊采用架空方式已不具备可行性，采用330 kV等级的交联电缆线路已势在必行。330 kV交联电缆管沟形式是330 kV交联电缆工程设计、施工和后期运行维护的关键问题，是决定工程项目投资的主要因素。

从电缆管沟的特点和设计难点出发，借鉴上海500 kV世博输变电工程电缆隧道工程、北京海淀500 kV电缆隧道工程以及全国区域220 kV电缆管沟工程等设计、施工及运行经验，对330 kV交联电缆管沟设计和规划进行归纳总结，以期为330 kV交联电缆工程设计、施工及运行提供借鉴和帮助。

管沟施工方法的选择

目前，管沟常用的施工方法分为:明挖法和暗挖法。其中暗挖法多采用矿山法、顶管法和盾构法3种。明挖法主要适用于覆盖层薄、周边建筑物稀少、地面交通车辆不多、地下各种管线少和周围环境要求不高的地区。暗挖法适用于城市繁华地段、不适用直接开挖区域。

暗挖法中的矿山法主要适用于黏土、粉土、砂土、卵石和岩石等地层，对于高水位地层，采取堵水或降水、排水等措施后也适用。顶管法按开挖方式主要分为挤压式、人工顶管、泥水平衡式和土压平衡式4种施工方式；其中挤压式顶管适用于软黏土，且覆土要求比较深，通常不需要辅助施工措施；人工顶管法常用管径为800～3 000 mm，与其他顶管相比，其施工成本一般较低，顶进过程中遇有障碍物容易处理；泥水平衡式和土压平衡式顶管掘进机基本与盾构掘进机相同，因其在含水地层中施工沿线不需降水（仅在工作井范围内降水）、地层变形影响最小，容易实现长距离顶进、施工安全等优点，已成为城市地下管线顶管施工中的首选施工方法。盾构法按机械原理分为泥水盾构和土压平衡盾构，泥水盾构常用于冲积黏土和洪积砂土地层，土压平衡盾构适应于在软弱的冲积土层中使用。

西安市城区主干道多以红线宽度30 m、40 m道路为主，几乎所有市政管线集中在道路红线内，城区道路交通繁忙，拥堵已成为交通常态，道路以外各类建筑及构筑物比比皆是。因此，用于330 kV交联电缆管沟的施工方法只能采用暗挖法。根据西安主城区地质资料，结合市区南二环电力落地改造工程已施工建设部分的330 kV交联电缆管沟经验，人工顶管法是最佳选择。

管沟结构及截面形状的选择

电缆管沟的结构及截面形状取决于管沟的施

工方法。根据不同的施工方法，截面形状分为矩形、马蹄形和圆环形隧道3种。明挖法一般选用钢筋混凝土现浇矩形截面隧道,空间比较小,内高一般约为2～3 m左右。矿山法一般选用马蹄形截面隧道。顶管法多采用圆环形截面预制钢筋砼管,钢筋砼管外径一般约为3～5 m。盾构法隧道为圆形截面,隧道外径为4～6.2 m。盾构法电力隧道由于修建时间跨度大，20世纪90年代以前修建的电力隧道，普遍为双层衬砌，隧道内无中隔板；新建的盾构法电力隧道，普遍为单层衬砌,并且结构中设置中隔板。

管沟内部布局及电缆支架设计

电缆管沟内部的布局应根据电缆规划的回路数、附属设施等进行充分的优化设计，选取最佳的截面尺寸和支架布置方案，压缩工程规模，节约建设资金，并能有效提高管沟的敷设容量。

目前，西安电网拟在主城区建设3座330 kV变电站，根据其接入系统初步方案情况，330 kV进线多为双回路电缆进线，因此电缆管沟的建设规模，多以敷设双回路330 kV电缆为设计条件，兼顾110 kV送出电缆敷设和附属设施布置。经比较分析，对于采用明挖法施工的电缆管沟，建议其管沟结构及截面形状选择钢筋混凝土现浇矩形截面隧道，截面尺寸为2.5 m×2.5 m（净宽×净高），具体布局、尺寸及支架如图1所示。

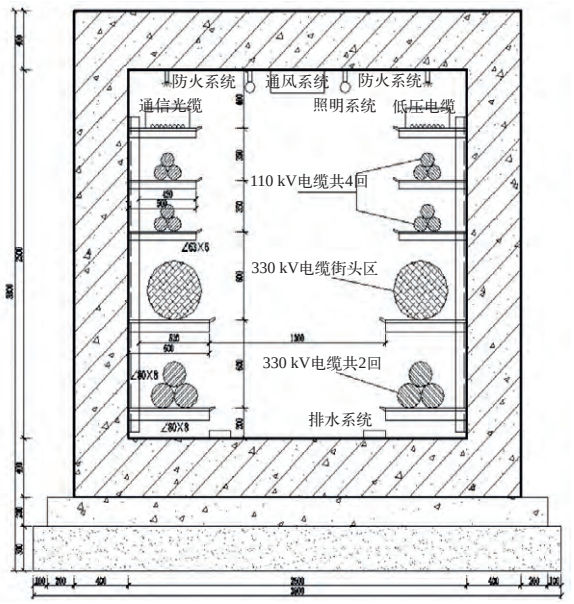

图1　2.5 m×2.5 m隧道剖面图

对于采用暗挖法施工的电缆管沟，建议采用人工顶管法，其管沟结构及截面形状选择圆环形截面预制钢筋砼管，截面尺寸为3.5 m （内径），具体布局及支架如图2所示。

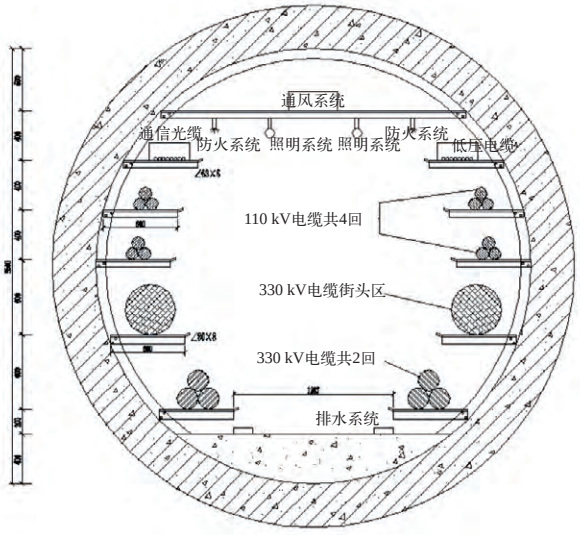

图2　3.5 m（内径）钢筋砼管剖面图

电缆管沟内电缆布置主要有水平和“品”字形这两种布置形式，应根据电缆管沟的实际情况，选择合理的电缆布置形式。在330 kV电缆敷设中，如空间有限则多选择采用“品”字形布置，其具备电缆的感应电压影响小和电缆支架发热较小等优势。在电缆管沟内电缆支架设计中，应主要考虑防涡流、防腐蚀和强度大这三个问题。电缆支架一般采用等肢角钢和矩形方管材料，并采用热浸镀锌防腐方法。如果条件允许，可以考虑采用不锈钢矩形方管横担。当采用工作电流大于1 500 A的交流单芯电缆时，电缆支架应选用非铁磁性材料。

电缆金属夹具固定作用是将电缆的重量和因热胀冷缩产生的热机械力分散到各个金属夹具上得到释放，使电缆免受机械损伤。由于330 kV电缆主要敷设在电力隧道内，采用的是垂直蛇行敷设方法，因此电缆以挠性固定方法为主。固定夹具宜采用非铁磁性材料。

管沟内附属设施设计

电缆管沟主要用于敷设高压电缆，城区的电缆管沟一般距离较长，有时可能长达几公里甚至几十公里，为电缆敷设施工及后期运行维护方便、安全，电缆管沟内需设置通风、防火、照明、防水、排水和安防等设施。

（1）通风系统设计

电力隧道宜采用自然通风，当有较多电缆缆芯工作温度持续达到 70℃以上或环境温度显著升高时，应装设机械通风。当通风区域较长或电缆数量较多，发热量很大，自然通风无法满足要求时，可采取此种机械通风方式。该通风方式可减小风口面积，对进排风口也无高差要求，减少土建造价，同时也减少对城市环境的影响。这种通风方式是城区内电力隧道通风系统应用最多一种方式。

对长距离电缆管沟，需要划分区段实现相互独立的通风系统。划分通风分区的原则是不应跨越防火分区，通风分区的长度还与电缆管沟断面风速、噪音等方面因素有关。规范要求电缆管沟内断面风速不宜大于5 m/s，一般取3 m/s，若风速过大会对检修人员的正常工作造成一定的影响。一般而言，通风区段越长，通风风量越大，断面风速越大，阻力越大，风机风量越大，噪音也越大；反之，通风风量越小，断面风速越小，噪音也越小，所以划分通风分区要按实际情况综合考虑。

（2）防火设计

电缆管沟防火主要从以下几方面考虑:电缆设计自身的防火措施；被动的防火措施，如防火分区、现场监控等；主动的灭火措施，如灭火器、水喷雾等系统。

电缆设计自身的防火措施，电缆材料可选用阻燃型电缆，电缆本体外护层可刷涂防火材料。

被动的防火措施主要包括：管沟的构造防火、火灾自动报警系统等。管沟的构造防火主要是考虑设置防火封堵、防火墙和划分防火分区；防火封堵、防火墙其耐火极限不应低于2 h，同时防火墙上应设置甲级防火门；城镇公共区域明挖式隧道防火分区间距不宜大于200 m，而非明挖式管沟防火分区间距可适当放大，并应根据管沟埋深和结合电缆敷设、通风、消防等综合确定。隧道内火灾自动报警系统应形成独立的系统。根据电力隧道线形布置、距离长特点，报警控制器应该进行分区报警、消防联动，分区范围不超过3 km。在监控中心设置主机，各分区设置分机，相互之间采用专用的通信网络连接。考虑隧道内凝露，空间高度等对保护半径、探头寿命的影响，隧道内温度检测采用分步式光缆检测方式。报警方式通过继电器触点方式传给控制主机。同时按照每20 m^2设置感烟和感温探测器。

采用灭火器主动的灭火措施，在电缆管沟内较难实施。考虑电缆管沟的实际情况及对相关人员和环境的影响，推荐采用水喷雾灭火系统。水喷雾灭火系统的一般设计参照 GB 50219—1995《水喷雾灭火系统设计规范设计》。

（3）照明设计

电缆管沟照明设计应满足采光需求，并满足规范要求。灯具应具有防潮湿、防高温、节能等要求。同时管沟内应合理设置标识牌，岔口处宜设置荧光指示牌，标识牌及指示牌应具有管沟地面以上道路名称，方向以及两侧出口距离等信息。

（4）防水和排水措施

电力电缆及其他电力设施对水非常敏感，尽管高压电缆本体已采取了多道防水措施，如电缆中采用绝缘油和橡胶绝缘材料，铜芯外裹绝缘层等。但是若可以利用电力隧道结构，形成封闭无水环境,则可以提高电缆运行的安全性。在GB 50108—2008《地下工程防水技术规范》中，电力隧道的防水设防等级仅为三级防水,即可以有少量漏水点，不得有线流和漏泥砂。但在实际运营中，出现过隧道内附属电力设备被水淹没损坏的事故，严重影响了城市电网的安全运营，因此应针对性地调整提高电力隧道的防水设防等级，在设计及施工中做好防水、排水措施。

（5）安防设施

管沟出入口处应设置安防装置。电缆管沟上电缆井盖可加装电子锁以及集中监控设备，实现电缆管沟井盖的集中控制、远程开启、非法开启报警等功能。

结束语

1）随着城市用电负荷逐年增长，主城区负荷中心建设超高压电缆线路工程已势在必行！用于敷设超高压电缆管沟的设计成为超高压电缆线路工程设计工作的核心内容。

2）总结了330 kV交联电缆管沟设计的技术要点，将330 kV交联电缆管沟设计中需要考虑的关键技术问题逐一列出，并给出相应技术的推荐方案和解决方法，可以对今后330 kV交联电缆管沟设计起到一定的借鉴作用。EA

（收稿日期：2015.06.01）

（编辑：白文亭）