

城市电力隧道规划及结构设计分析

宋 涛

身份证号码: 120101199009234031

摘要: 结合近年来电力隧道工程建设, 提出电力隧道总体路网规划, 平、纵曲线设计及工作井选址的技术原则, 提出超高压线路深埋而低压电缆相对浅埋的设计理念。以世博输电隧道为例, 对超大截面电力隧道结构设计及特点进行了归纳总结, 为今后电力专用输电隧道结构设计提供可借鉴的技术和经验。

关键词: 电力专用隧道; 路网规划; 结构设计

Analysis of Urban power tunnel planning and structural design

Tao Song

Id number: 120101199009234031

Abstract: Combined with the construction of power tunnels in recent years, the overall highway network planning and horizontal and vertical curve design, and the technical principles of site selection working well are put forward. And the design concept of deep-buried ultra-high voltage lines and relatively shallow buried and low-voltage cables are also put forward. Taking the Shibo power transmission tunnel as an example, the structure design and characteristics of the super-large cross-section power transmission tunnel are summarized, and the technology and experience can be used for reference for the future structure design of a dedicated power transmission tunnel.

Keywords: Power tunnel; highway network planning; structure design

一、电力隧道设计难点

电力隧道设计尽管在很大程度上与地铁隧道类似, 比如采用盾构法施工, 其直径、管片分块方式及厚度等等都可以沿用常规的地铁设计方案。然而, 电力隧道也需要解决一些特殊的设计问题, 主要有以下几个方面:

1. 选择适合的施工方法。电力隧道的设计通常要求断面直径在4.0m~5.5m之间, 若根据供电需求不需特大的截面净空, 则可以考虑选用较小的隧道截面, 而施工方法也不仅仅局限于盾构法, 可以采用顶管法施工。



图1 电力隧道

2. 截面形状的设计。电力隧道根据其使用功能和输电能力要求, 一般选用圆形盾构隧道; 顶管施工的隧道可选择矩形和圆形两种截面形状, 而矩形截面隧道的净空利用率较高, 相比之下此截面形式较为合理, 但由于各种综合因素, 采用圆形顶管施工电力隧道的工程也不少。

3. 内部设施的布置和荷载。电力隧道内部设施通常为横担支架、电缆以及一些其他电力设备, 其布置方式将影响隧道结构的传力模式, 需要在设计阶段, 根据内部设施布置方案进行衬砌结构受力的合理性及稳定性的验算分析, 确保工程的安全性。

4. 电力隧道需要设计一定数量的电缆引出井, 电力隧道内敷设的电缆线路将由电缆引出井引出。盾构隧道由管片拼装而成, 管片之间或环与环间均采用螺栓连接, 这种结构受力不适合承受外力集中荷载, 因此给引出井的设置造成了一定困难。

5. 电力隧道转弯半径在理论上是不受电缆敷设限制

的,然而盾构或顶管直径越大则隧道转弯越困难,解决开挖面积与转弯半径之间的矛盾,也是电力隧道设计的一个重点课题。

二、电网总体及电力隧道规划

电力隧道线路规划应结合中心城区总体规划,其难点主要包括:(1)隧道线型设计及埋深确定;(2)工作井选址;(3)变电站布点三方面内容。相对工作井和变电站选址而言,电力隧道的路网规划受到更多现实条件的制约及不确定因素的影响。应根据城市和电网的发展规划,首先统一规划电力隧道网络。

1. 电网总体规划

中心城区主要电源应由深入城区的500kV终端站,现有和已纳入计划的220kV中心站以及接入220kV电网的地区电厂三个部分共同组成。500kV终端站和220kV中心站作为城市主要电源,其相应的供电区域和出线方向应统筹安排,并应为电网的进一步发展适当留有裕度。以上海为例,中心城区电力供应逐年显现出高负荷密度的特点。为达到优化网架结构和提高投资效益的要求,至少在中心城区建设3~6座500kV终端站。根据目前规划,中心城内将引入静安(世博)、虹杨、市西等3座500kV变电站,并结合220kV中心站(规划有41座),逐步实现中心城区的电缆化供电模式并达到远景供电需求。主要电源应多布置于内环线和中环线之间,且尽量靠近内环线,如图2所示。采用大容量输变电设备,电源进线应考虑采用大截面电缆线路,并按隧道方式敷设,以满足大容量、高可靠性的电力输送要求。电源进线应当由环线及纵向和横向的电力隧道组成,并形成网络。

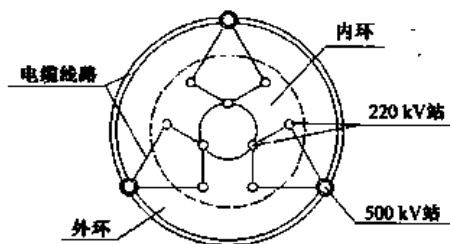


图2 电网结构环网规划示意

变电站站址的选择应考虑与现有及规划电力隧道网络相协调,主要变电站应沿电力隧道呈网格化分布,其选址应尽可能沿电力隧道网络布置,从而充分发挥电力通道网络的优势及其输送电力的主干力量。

2. 平面线路规划

电力隧道线路规划需根据中心城区电网分布结构及电力输送方向及方式等确定。特别是中心城区电力隧道的走向受地下建筑、立交桥、地铁区间、车站及市政管

网限制,电力建设部门需与各相关部门协商,确定合理的线路走向。

电力隧道的选线通常沿一些路幅宽、长度长、线形顺直的城市主干线铺设,例如于田路曹安路电力隧道、西藏路电力隧道及新江湾城电力隧道等。

于田路曹安路电力隧道自安亭变电站东侧向南至昌吉路,敷设在于田路西侧,过昌吉路后至曹安路南侧,敷设在于田路东侧,沿途设置5座工作井。曹安路段电力隧道始自5号井,向东至黄渡变电站,敷设在曹安路南侧,沿途设置1座工作井,2座直线井和1座转角井。

西藏路电力隧道北起新疆路、南至复兴中路,全长3.033km,为顶管施工。其中一期工程北起新闸路、南至会稽路,隧道穿越南京路地下人行通道和苏州河,途经申花总会大楼、沐恩堂、大世界等著名保护建筑,顶管轴线平面最小曲线半径仅300。

这些实例表明,受技术条件及其他市政工程制约,一条完整的电力隧道仍需设置很多工作井或是通过减小转弯半径来满足线路走向要求,无可避免时会穿越地铁线路及重要建筑等重点工程。为尽量减少工程难度,在降低风险的同时达到经济合理,电力隧道平面线路规划应把握以下几点原则:

(1) 选线应以规划道路网为基础,选择合理的隧道走向,统一规划,分布实施。

(2) 电力隧道尽量敷设在市政道路下方一侧,与道路方向一致,并距离红线5~10m,可布置在人行道路下,或者道路绿化带下,从而便于工作井的设置并与高层建筑保持一定的距离。

(3) 与此同时,还应尽量缩短隧道总长度,保证隧道线路走向顺直,从而确保电力隧道、周边建筑物及既有管线的安全及降低工程造价。

工作井作为施工竖井以及运营期检修通道,不得影响周边地块的建设及影响道路交通,其选址应遵循以下几点原则:

(1) 受电缆制造长度的限制,每一盘500kV电缆的盘长均不超过400m,因此电缆接头位置需设置工作井。

(2) 受电缆放线施工技术的制约,相邻两井之间的距离不宜超过1000m,220kV电缆接入电力排管处需设置工作井,井内设置排管孔。

(3) 电力隧道需满足检修人员工作环境及高压电缆散热通风需求,但通风井可不单独设置,宜结合其他工作井共同设置。

(4) 需满足城市景观、环保的要求,可与周围建筑

相结合，或者隐藏在绿化地块内，避免对城市景观造成不良影响。

3. 线路曲线半径

电力隧道根据其本身的使用功能，无需对线路曲线半径做出严格规定。在规划线路大转角或是地形受限的情况，通常以多边形或圆形的转向工作井连接两条电力隧道。平面曲线半径的确定主要取决于施工技术及电缆敷设两方面要求，其中施工技术要求往往起控制作用。对急曲线盾构隧道设计要进行多种工法比选，选择转弯灵活施工机具及相应工法，如带铰结的土压平衡盾构。通常在地下管线密集，无法设置转向工作井的情况下必须采取急曲线施工。当工址受限于道路宽度或是到达井位置既定的工况下，采用急曲线施工可避免转向工作井的设置。

根据目前的技术手段和查阅到的文献资料，已有工程实例，其曲线半径最小可达到10m，相关技术实例见图2。

工程名称	盾构形式	盾构外径/ m	地层	曲线半径/ m
日本平野川调节池 筑造工程 4	土压式	11.52	黏性土、 砂质土	70
日本东金羽雨水干 线之 3 工程	土压式	6.15	淤泥、 黏土	10
日本竹芝干线	土压式	7.11	淤泥、砾、 硬土层	35
日本南部处理区冈 村第 2 干线	泥水式	5.25	硬土层、砂 砾、黏性土	10
台湾高雄一五甲— 高雄电力隧道		5.20	砂质、砾石	50
台湾 2 变电所间输 电隧道		3.90	粉土、砾	28

图3 小半径曲线盾构实例

根据表中资料，目前已有盾构外径 $>6\text{m}$ 的隧道，曲线半径仅为10m的工程实例。但急曲线盾构施工需采取一些施工对策，特别是对于管片的设计和加固有一定的技术要求。解决技术主要包括：减小管片宽度，或同时减小管片外径以确保必要的安装余量；根据需要对肋外包钢板及接头螺栓等进行加固；除RC管片外，可以考虑采用钢管片。

三、电力隧道结构设计

1. 电力隧道地层荷载研究

当前，作用在隧道结构上的荷载主要为以下三种：主要荷载、特殊荷载和附加荷载。主要荷载指的是一种

具有长期作用的荷载，包含土压力、水浮力和自身的重力等，而附加荷载指的是不经常作用的一种荷载，其包含施工荷载等，主要是由一些施工操作过程中出现的问题而造成的。最后是特殊荷载，其指的是一些由于特殊的原因，像自然灾害等造成的荷载。以上所说的荷载是所有的隧道建设过程中都存在的，除此之外，还有像人群荷载、设备荷载等都会对隧道形成一定的荷载。

为了能够更好的解决这些问题，人们随着对这些问题认识的深入，逐渐发现这些问题主要是由周边的围岩和支护结构两个部分造成的，两者之间存在着相互作用。而对于周边围岩主要有两个作用：一个是作用在结构上，承担一定的荷载；另一个作用是作为结构的一部分。根据当前国际上比较流行的模型设计，可以将地下结构的设计模型分为以下几种：首先是经验设计法，这种方法主要是利用过去的设计经验，然后比对当前的建筑工程进行相应的隧道建设，另一种是约束法，其主要是根据现场的数据测量，将测量数据作为基础进行地下隧道的设计，第三种是作用和反作用模型，在这种模型中，通过弹性地基圆环计算公式等，对需要进行建设的隧道结构进行计算，得到最佳的设计方案，最后一种是连续介质模型，这种模型中包含了解析法和数值法两种，通过这两种计算方法的结合，得到最佳的隧道设计方案。

本文主要介绍的是荷载—结构模型的设计方法，在这种方法中，将支护和围岩分开进行考虑，其中，作为承载主体的是支护结构，而地层仅仅是在地下结构上产生一定的荷载，然后通过一定的计算方法，在荷载作用的基础上，形成一定的内力和变形。在进行设计时，将围岩按照一定的标准进行分级，然后通过弹性支撑实现对支护结构的变形约束，而对于围岩的承载能力，则需要围岩的压力和弹性支撑约束能力确定后再进行考虑。在这种模型中，围岩所能承载的能力越大，支护结构所需要承担的压力则越小，相应地，弹性约束支护结构的变形反弹力就越大，总的来说，支护结构的作用就显得越小。

2. 平面线路的规划

电力隧道在进行选择时，一般会沿着城市中路幅宽且长度较长的主要干道，这样在电力隧道内的电缆出现问题时，能够更加方便的进行维修。如在西藏路电力隧道中，北起新疆路，南至复兴中路的电力隧道，有一段隧道会穿越南京路地下行人通道和苏州河，然后通过一些著名的建筑物，对于顶管轴线的平面直径最小要求在

300m以上。通过这些事例可以发现,电力隧道在建设过程中会受到较多的阻碍,这时,可以通过设立一些工作井来减小建设过程中隧道的转弯半径,从而满足线路的走向改变。为了减小建设过程中的难度,需要遵循以下几点原则:

首先,在进行线路的选择时,需要将规划的道路网作为基础,然后选择合适的隧道走向,在走向选择完成后,将其进行统一的建设和规划。其次,电力隧道应尽量选择在市政道路的下方一侧,且方向一致,在进行建设时需要距离道路5m~10m,这样能够保证工作井的位置同高层的建筑物之间存在一定距离,保护建筑物的安全。最后,隧道的建设是一项非常耗费财力的工程,因此,在进行线路的选择时,需要选择尽量简短的路径,这样既能保证线路沿着直线进行,同时,还能保证电力隧道周边建筑物的安全,降低建设成本。

3. 电力隧道设计的新技术研究

随着电力隧道的作用被发现,其在建设中的设计受到越来越多的关注,各种新技术层出不穷,当前,双孔电力隧道以其断面的巨大优势,使用越来越广泛。通过对其模拟数据的分析可以发现,其结构更加适合电力设施的运行,在进行开挖过程中,地层的变化和地表的沉

降均能满足该技术的应用。其中,整体式的双孔电力隧道能够更加充分的利用进站道路地下空间,从而使地下的建筑物不再需要进行迁改,这样大大节约了工程的投资,也保证了设备运输的安全性。

随着城市供电需求和电网建设规划发展,地下电力传输及变配电设施正在逐步的发展和完善,电力隧道结构及内部设施设计都面临着新的问题和挑战。本文就现代电力隧道修建过程中所遇到的技术难点及所采用的新技术进行了归纳总结,为今后电力专用输电隧道结构及电缆支架设计提供可借鉴的技术和经验。

参考文献:

- [1]周艳文,陈亚军,龙彪,彭帆.城市电力隧道施工发展前景及工法比选[J].山西建筑,2019,45(08):144-146.DOI: 10.13719/j.cnki.cn14-1279/tu.2019.08.077.
- [2]姚丙君.对城市电力隧道施工关键技术的应用分析[J].电子世界,2017(13):193.DOI: 10.19353/j.cnki.dzsj.2017.13.155.
- [3]周金海,周虹霞,王鑫,张庆贺.城市电力隧道规划及结构设计研究[J].铁道建筑,2012(01):69-72.
- [4]李亮亮,陈红艳,路迎光.电力隧道监控系统[J].科技创新导报,2011(35):62.