

Comprehensive Application of Various Construction Techniques in the Same Project —Brief Description of the Construction Methods in the Power Channel Project of the Supercomputing Center

Hanbing Yin¹ Houqiang Wan² Liangjun Deng³

1.Chengdu Huayang Construction Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

2.Chengdu Tianfu New District Investment Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610042, China

3.Sichuan Rongkeqiang Engineering Management Consulting Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

In modern construction, no matter municipal construction, industrial and civil construction, highway, pipe network, bridge or complex construction, is not a single technical construction, is often the intersection of various construction technologies, integrated together. After years of construction accumulation and improvement of construction, engineering construction can be summarized and searched for convenient and efficient solutions according to the previous construction experience. At the same time, it also put forward higher requirements for construction management, which must make various construction technologies be clear in mind and integrated.

Keywords

supercomputer center project; various construction technology; integrated application

各种施工技术在同一工程中的综合应用——浅述超算中心电力通道项目中的施工方法

尹寒冰¹ 万厚强² 邓良军³

1. 成都华阳建筑股份有限公司, 中国·四川成都 610000

2. 成都天府新区投资集团有限公司, 中国·四川成都 610042

3. 四川蓉科强工程管理咨询有限责任公司, 中国·四川成都 610000

摘要

在现代建设中, 无论市政建设, 工业与民用建设, 公路、管网、桥梁或综合体建设, 都不是单一的技术施工, 往往是各种施工技术交汇、融合在一起。施工技术经过多年建设的积累、完善, 工程建设可以根据以往的建设经验, 总结寻找便捷高效的解决方案, 同时也对施工管理提出了更高要求, 必须对各种施工技术了然于心并融会贯通。

关键词

超算中心项目; 各种施工技术; 融合应用

1 引言

在中国成都市超算中心配套电力通道项目施工中, 包含了深基坑作业、浅埋暗挖、顶管等各种施工技术。该项目位于成都市兴隆镇科学城中路东段绿化带中, 工程主要分为三大作业区域: 明挖段、暗挖段、顶管段(含电力排管安装)。

下面, 针对这几种不同的施工技术在超算中心配套电力通道项目工程中的综合应用简要谈谈。

【作者简介】尹寒冰(1971-), 男, 中国四川成都人, 中级管理工程师, 从事建筑施工与项目管理研究。

2 深基坑作业

深基坑一般是指开挖深度超过5m(含5m)。本工程的最大开挖深度为14m, (含上部3m大开挖加二级平台下一侧或双侧7~11m桩支护)已达到重大危险性的范围, 需编制专项施工方案, 经专家论证可行后方可进行施工。本次设计电力隧道长度1113.65m, 原则上周围无建筑物影响段深度 $\geq 3\text{m}$, 采用分级放坡开挖+挂网喷锚防护, 深度 $< 3\text{m}$ 采用喷素砼防护; 部分地质条件较差段采用大放坡开挖+灌注桩。

2.1 分段设计

K0+008.6~K0+480.00段基坑支护, 基坑采用放坡开挖,

基坑深度小于 6m, 放坡坡比 1 : 0.75, 基坑深度 < 3m 时, 坡面采用喷 5cm 素砼防护, 基坑深度 ≥ 3m 时, 坡面采用挂网喷锚 + 土钉防护。

K0+840.00~K1+80 段基坑支护, 由于该段基坑深度 > 7m 且周边地下管线较多, 基坑采用放坡开挖 + 灌注桩支护, 基坑深度 7.0m。北侧采用放坡开挖, 放坡坡比 1 : 1.5, 坡面采用挂网喷锚 + 土钉防护; 南侧基坑采用 φ 800@1500 灌注桩支护。桩顶设置 2.8m 宽施工平台, 桩后采用 1 : 1.0 放坡开挖, 坡面采用挂网喷^[1]。

K1+80~K1+120 段基坑支护, 由于该段基坑深度 > 7m 且周边地下管线较多, 基坑采用上部放坡开挖 + 下部双侧灌注桩支护, 基坑深度 11.0~14.0m。上部放坡坡比 1 : 1.5, 坡面采用挂网喷锚 + 土钉防护; 下部基坑采用 φ 800@1500 灌注桩支护。桩顶设置 2.8m 宽施工平台, 桩后采用 1 : 1.0 放坡开挖, 坡面采用挂网喷锚。见图 1~ 图 3。

2.2 施工技术措施

2.2.1 基坑支护施工流程

①施工准备→机械设备、材料就位→施工定位放线→旋挖挖孔桩施工→冠梁施工→分层分段开挖土方→分层分段混凝土板支护施工→分项工程检查、验收。

②锚杆(土钉)制作土钉采用 C20 的螺纹钢制成。水平间距为 1.5m, 竖向间距为 1.2m 布置, 每隔 1.5m 设置一定位器, 定位器由三根 φ 6.5 钢筋沿锚杆截面按 120° 夹角焊制而成。锚杆焊接必须符合规范要求。

③插筋。土钉安放时应绑好注浆管一同放入孔内, 注浆管底部要求比锚杆下端短 20cm, 以确保浆液注入孔底。插筋时应保证支撑朝下, 以使锚杆位于孔中部位置。

④注浆。注浆材料为纯水泥浆, 水灰比 0.45~0.55, 注浆压力不低于 0.5~1.2Mpa。注浆时, 见到水泥浆外溢时将注浆管逐步拔出至孔口, 并保证孔内水泥浆饱满。水泥采用 42.5 普硅水泥。

⑤喷锚施工。

a. 施工流程。施工准备→基坑测量放线→分层开挖土方→分层施工土钉墙喷锚支护。

b. 施工准备。布置施工平面, 测放基坑顶边线, 施工设备进场, 同时水泥、钢材进场并按规定送检, 修砌坡顶排水沟。施工前组织有关人员进行技术与安全交底, 明确设计意图, 执行施工设计与施工规范。布设好变形及沉降观测点, 并观测初始读数, 做好原始测量记录, 并对周边存在质量问题的建筑物进行拍照和做好标记^[2]。

c. 修边坡。基坑开挖采用机械大开挖, 但机械开挖的断面无法满足施工的要求, 需进行修整, 修整后要求断面平整, 为后续工序提供便利。

d. 挂网。网筋采用 φ 8 @ 150x150 双向布置, φ 8 钢筋采用绑扎的方法与坡面缝隙大于 20cm, 网筋与锚头用纵横 2 φ 16 加强筋焊成一体, 使面层的侧向压力能有效地传递到

锚杆上。钢筋的绑扎与焊接长度严格按设计及规范施工。

e. 施工前组织有关人员进行技术与安全交底, 明确设计意图, 执行施工设计与施工规范。布设好变形及沉降观测点, 并观测初始读数, 做好原始测量记录, 并对周边存在质量问题的建筑物进行拍照和做好标记。

f. 喷面层混凝土。坡面挂网喷射砼随土钉锚杆分层施工, 采用 42.5 普硅水泥、中粗砂、碎石(粒径. 1~5mm)拌合而成, 喷射砼强度 C20, 配合比按配合比报告。分两次进行, 首喷在坡面开挖修平后即刻进行, 待锚杆施工完并挂网焊接加强筋后进行第二次喷砼, 喷射厚度应保证钢筋网和加强筋的保护层厚度, 首喷、终喷总厚度 100mm。

2.2.2 旋挖桩施工顺序和施工方法

①施工测放旋挖桩桩位, 开始进行旋挖桩施工→待旋挖桩灌注完毕→施工桩顶冠梁并设置变形观测点→土方开挖至设计底标高。整个土方开挖过程中配合桩间支护施工。

②旋挖成孔首先是通过底部带有闷门的桶式钻头回旋转破碎土层, 并直接将其装入钻头内, 然后再由钻机提升装置和伸缩式钻杆将钻头提出孔外卸土, 这样循环往复, 不断地取土卸土, 直至钻至设计深度。具体流程为: 钻机就位→埋设护筒→钻进成孔→终孔及清孔→成孔检查。

③钻孔开始后应随时检测护筒水平位置和竖直线, 如发现偏移应采取有效处理措施。当钻孔达到设计终孔标高后, 施工单位首先进行自检, 然后请监理工程师检, 确定终孔。

2.3 施工要求

①施工前应收集周围建筑物基础资料, 以及周围管线资料, 然后对各桩位进行放线, 放线测量应精确。若遇桩与其他结构物冲突的情况, 请及时通知设计单位调整。

②本工程桩为旋挖桩, 隔桩开挖, 每次间隔 1~2 个桩孔, 待桩身混凝土浇筑完毕达到设计强度后, 再开挖临近桩孔。

③纵向受力钢筋的连接, 本孔桩钢筋直径 22mm, 可采用焊接接头; 在接头中心至长度为 35 倍钢筋直径且不小于 500mm 的范围内, 同一根钢筋不得有两个接头, 在该区段内有接头的受力钢筋面积不得超过该截面钢筋总面积的 50%。

④桩身混凝土必须连续灌注, 不得间断, 并按水下混凝土施工规范办理。

⑤桩及冠梁的钢筋必须具备出厂合格证明, 使用前, 应对钢筋进行随机抽样, 做力学试验, 满足规范要求后方可使用。

⑥桩及冠梁均采用 C30 混凝土浇筑, 浇筑前, 应按设计的配合比, 做混凝土试块, 并做抗压强度试验, 其强度设计值满足规范要求后, 方可按设计的配合比拌制混凝土进行浇筑, 混凝土质量及其骨料应满足规范要求。

⑦混凝土保护层厚度: 冠梁为 50mm, 桩为 50mm。

2.4 挂网喷锚施工要求

①施工工艺。

土方开挖→修整壁面→植筋→挂钢筋网→喷射混凝土→……按上述工序逐层向下循环, 直到基坑底, 完成支护。

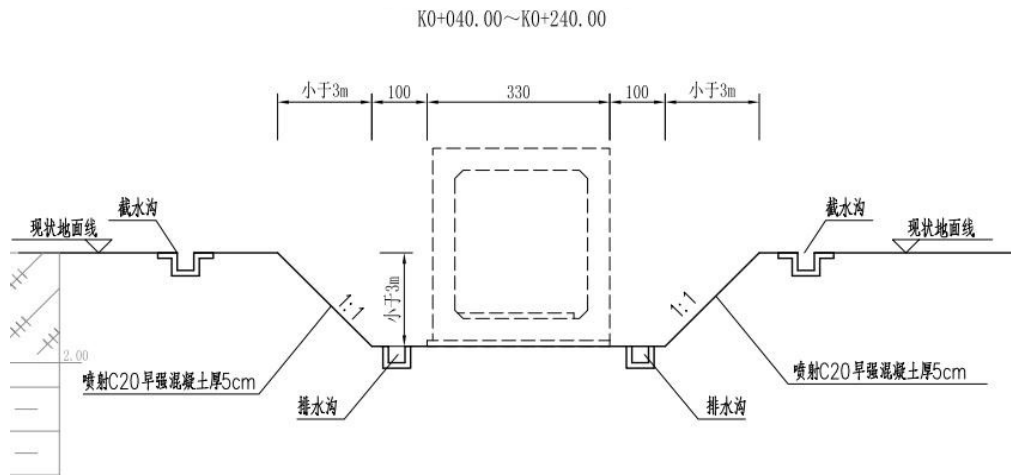


图1 基坑开挖支护设计图(一)

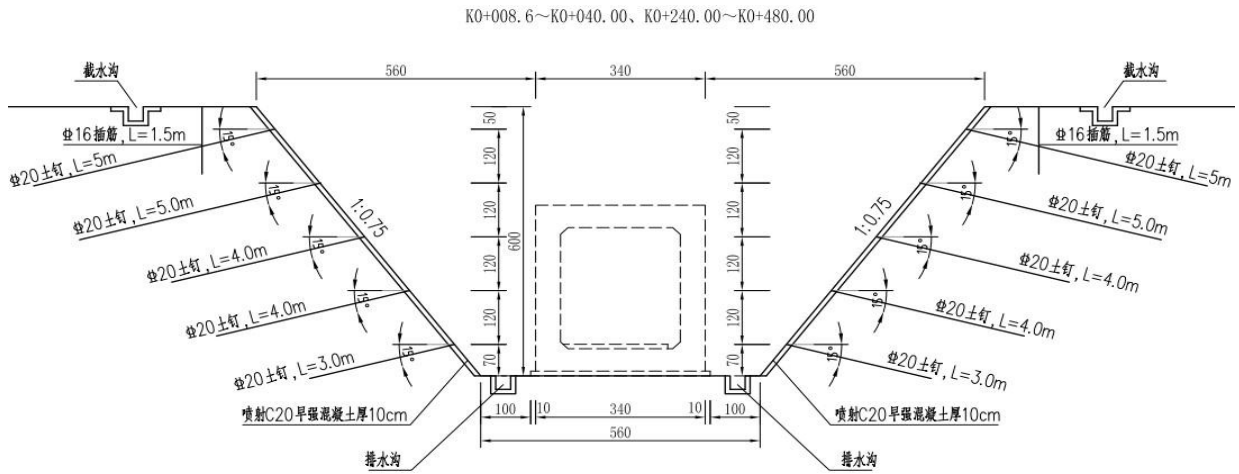


图2 基坑开挖支护设计图(二)

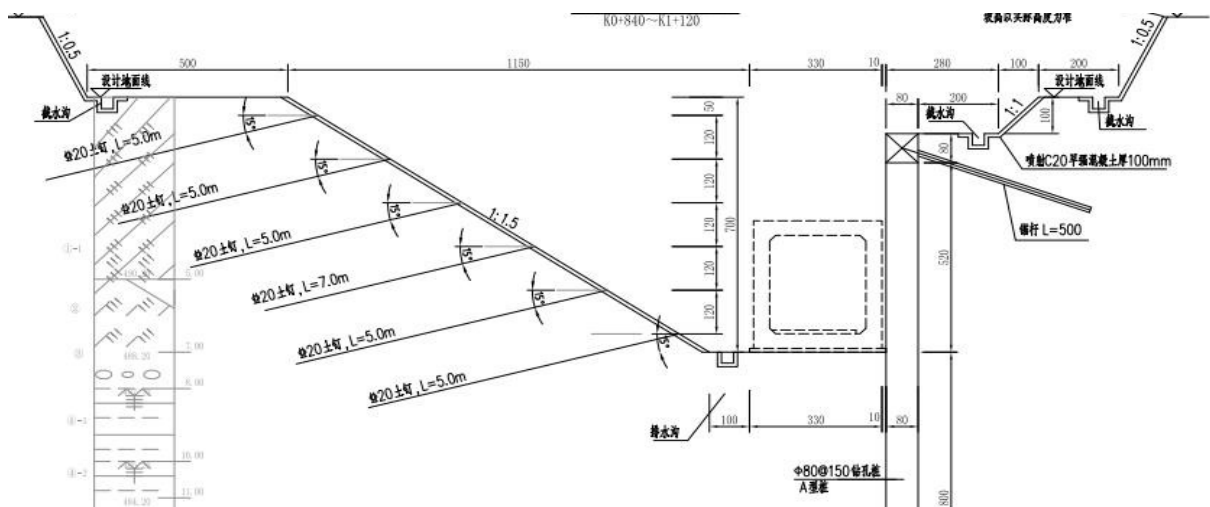


图3 基坑开挖支护设计图(三)

②修整坡面。

当坡面采用机械开挖成型后,应及时对坡面采用人工修整,使坡面平整度控制在 $\pm 5\text{cm}$ 内。

③挂钢筋网。

将坑壁面人工修平整,然后把按设计方案要求预制好的钢筋网片(A8@150×150)安放到壁面上,再用 16 的螺纹钢钢筋按间距 1.5m 连接,压住钢筋网片。网片钢筋的间距必须严格控制,误差不得大于 20mm;钢筋与钢筋的连接,必须焊接牢固。钢筋网片通过固定于桩体中的膨胀螺栓与桩连结。

④喷射混凝土。

混凝土的喷射施工,是采用混凝土喷射机,以空压机作动力完成的。混凝土使用的配合比为:水泥:骨料=1:5.0~5.5,其中骨料由细骨料砂和粗骨料豆石组成,骨料的含砂率为 45%~55%。开工前,将混凝土拌和材料送到有资质的单位作材料检验及混凝土配合比试验,施工时严格按试验配合比执行。

施工过程中做好混凝土的厚度检查工作,不得小于 80mm。在喷射混凝土施工完成 24h 后,定期对已成的壁面进行喷水养护。

⑤施工中注意事项。

基坑的网喷支护是和土方开挖工作交叉协调进行的。要求土方开挖每一层深度不得大于 2.0m,否则,将增加网喷施工难度及影响基坑壁的稳定和安全,造成不必要的损失。

根据喷射混凝土施工的具体情况,必要时加入速凝剂。

2.5 土方开挖注意事项

①基坑开挖施工以保证施工节点工期和周围环境安全为原则。土方开挖的顺序方法必须与设计工况相一致,严格按照时空效应理论,掌握好“分层、分段、对称、平衡、限时”五个要点,并遵循“先支撑,后开挖;边开挖,边支撑;先中间,后两侧,主体结构紧跟”的施工原则,形成流水作业,确保工程安全质量前提下快速施工。土方开挖应严格保证支撑及时跟进。

②基坑开挖前,应对支护桩进行检测,支护桩、桩顶冠梁达到设计强度后方可进行。

③基坑开挖时,其纵横向边坡放坡应根据地质、环境条件采取安全坡度。每一大层开挖深度控制在下一层锚索下 0.5m,每一大层根据厚度分层开挖每次开挖深度不超过 2m。严禁在一个工况条件下,一次开挖到底。钢筋、弃土等严禁堆放在基坑边,防止侧压力过大。

④加强明水排放,在基坑开挖后,应及时设置坑内排水沟和集水井,配备潜水泵及时排除集水井里的集水,防止坑底积水。在雨季施工,严格执行雨季施工方案。

⑤机械挖土时,坑底应保留 200mm 厚土层时进行验收,

合格后用人工挖除整平,防止坑底土扰动。

⑥挖土机械和车辆不得直接在冠梁上行走操作,严禁挖土机械碰撞支护桩,冠梁顶面严禁堆放、悬挂杂物。

2.6 排水沟施工

土方开挖时要注意地下水情况,如果在开挖中或在基坑底出现地下水,应做好基坑排水工作。排水沟留置在坡脚外 30cm 处,截面 40×40cm,两边以 120 灰砂砖砌筑,内面以 1:3 水泥砂浆抹面压光,沟底用 C15 混凝土做 100 厚垫层。集水井沿排水沟设置,除在基坑底角部设置外,中间间隔 30m 设置一个,集水井大小 800×800mm(比底标高高低 500mm),120 厚红砖砌筑,内面以 1:3 水泥砂浆抹面压光,底部用 C10 细石混凝土做 100 厚垫层。

基坑顶面沿护顶外缘设置排水沟(做法同基坑底排水沟),排水沟与市政污水管接通,污水在排入市政管网须经沉淀池充分净化。

2.7 特殊情况的应急处理措施

基坑支护工程是风险性较大的工程,施工过程中可能会遇到各种意外情况,为做到有备无患,针对本工程特点,制定以下应急措施:

①边坡局部涌水的处理:迅速止水材料缩小范围,埋管引流。

②位移、沉降过大的处理:在位移沉降过大区域根据产生的原因或加大加密土钉,或加大注浆量。

③坑底局部管涌、突涌的处理:如因特殊情况出现突涌,应立即用粘土或水泥封浆,在最短的时间内制止突涌的发展。

2.8 施工监测

为了确保基坑安全,少影响周围建筑物,要求随时掌握开挖及支护施工整个过程中边坡的动态变化,因此必须在支护施工过程中实施信息化施工,施工监测应按规范要求,包括对环境保护的保护监测和对工程本体的监测,及时预报施工中出现的问題,并把获得的信息通过修必设计反馈到施工工作中去,以指导施工。监测内容如下。

2.8.1 变形监测布置

基坑支护结构需设水平位移和沉降监测点,监测点在坑顶按 15~25m 间距设置,本工程共布设沉降、位移监测点 26 组;变形观测的精度应符合现行的《工程测量规范》有关变形量的规定;观测精度不低于三等精度要求。

2.8.2 变形监测周期

变形监测应在开挖前建立初始读数,开挖过程中监测间隔不宜超过两天(具体间隔时间根据施工工况及监测结果确定);支护施工结束后两个月内监测间隔不宜超过十天;支护施工结束两月后且变形趋于稳定时可适当延长间隔时间,直至回填结束。遇暴雨或其他影响边坡稳定的情况应加密监测。

基坑变形允许值按规范执行;基坑周边建筑物沉降控制值由监测单位按相关规范要求计算其不均匀沉降度进行

安全评估。

2.8.3 其他相关监测项目的预警值

①基坑周边坡体位移、沉降按其设计安全等级（均按三级 1.0% H 控制， H = 基坑深度）所对应的最大变形允许值进行控制，控制值的 0.8 倍为预警值。

②监测应委托有专业资质的单位进行，监测前应编制相关的监测方案，确保监测的科学性和准确性。并可对本设计布置的相关监测点的位置和数量进行调整，以确保监测结果的准确性和科学性。

2.9 小结

综上所述，在建筑施工中，深基坑技术对于整个工程而言是至关重要的，在深基坑技术应用中要根据具体的施工地理位置和特点进行选择合理施工方案，为整个工程的顺利完工打下一个坚实的基础。

3 浅埋暗挖施工

浅埋暗挖法是在软弱围岩浅埋地层中修建山岭隧道洞口段、城区地下及其他适用于浅埋地下工程的施工方法。它适用于不宜明挖施工的土质或软弱无胶结的砂、卵石等第四纪地层，对于水位高的地层，需要采取堵水、降水和排水等措施。

3.1 预加固和预支护

施工过程中，经常会遇到砂砾土、砂性土、黏性土或强风化基岩等不稳定地层，自稳时间短、自承载能力低，初期支护尚未施作时隧道围岩便开始坍塌。因此，该条件下需要采取地层预加固和预支护来提高地层的自稳能力，降低地表沉降。浅埋暗挖隧道施工过程中，地表的沉降量和土层的沉降量都在隧道的初期支护作用中所产生。因此，应在施工前将土体的加固工作和支护工作完成，这是控制施工沉降中的一个关键部分。浅埋暗挖隧道施工时常用的预加固和预支护方法有：注浆法、降水法、超前小导管法、长管棚法、水平旋喷法等，下面就本工程使用方法进行一个了解。

①注浆法。本方法是浅埋暗挖法施工中应用最多的辅助工法，也叫超前注浆。浆液在注浆压力作用下扩散并挤压土体，起到加固地层和堵水的作用，通常配合小导管和大管

棚使用。注浆方式主要有小导管注浆、大管棚注浆、帷幕注浆和全断面注浆等。注浆材料有普通水泥、超细水泥、水泥水玻璃和化学浆液等。

②降水法。采用降低地下水水位的方法，为浅埋暗挖施工提供干燥的施工条件，尤其在地下水水位较高的地区，必须采取降水措施，才能实现暗挖法施工。降水法主要有井点降水、管井降水、真空降水和电渗降水等。中国北方地区多采用地面深井降水法，也采用洞内轻型井点降水法；南方地区多采用基坑内管井降水法，也采用真空或电渗降水法。本工程无丰富地下水，无须采用该方法施工。

③超前小导管法。超前小导管支护是在松软地层施工时优先采用的地层预加固方法。通过超前小导管注浆，使地层得到加固改良，保证开挖面的稳定，降低地表沉降。超前小导管长度 3~5m，直径 30~50mm，环向间距 20~30cm，通常沿着上半断面开挖轮廓线 120° 范围内向开挖面前方土层以一定仰角（10°~15°）打入带孔小导管，并进行注浆，如图 4 所示。

④长管棚法。长管棚法用于暗挖隧道的超前加固，布置在隧道的拱部周边，本工程不适用。

⑤水平旋喷法。本工程不适用。

3.2 开挖方法

通常在隧道开发的方式选择上应根据工程的实际情况来进行确定，山岭隧道多采取正台阶法进行施工，城市隧道则多采取短台阶法施工或者上台阶分部开挖法进行。在进行施工的过程中应尽量减少对周围建筑的影响和岩层的影响，采取先进的技术方式和人工方式进行开挖。浅埋暗挖施工隧道通常多为复合式衬砌，支护设计可以分为三种不同的情况，第一种是利用初期支护来承担所有的荷载，而二期支护则是作为安全的储备工作。第二种是利用初期支护作为临时支护，二次支护作为支护的主要承载结构。第三种则是初期和二期支护共同作为支护的承载结构。不同的支护方式选取应根据工程的实际情况来进行判断，并在施工中根据数据和信息不断地进行调整和完善。

3.3 隧道开挖

①在松散不稳定地层中采用浅埋暗挖法进行隧道开挖

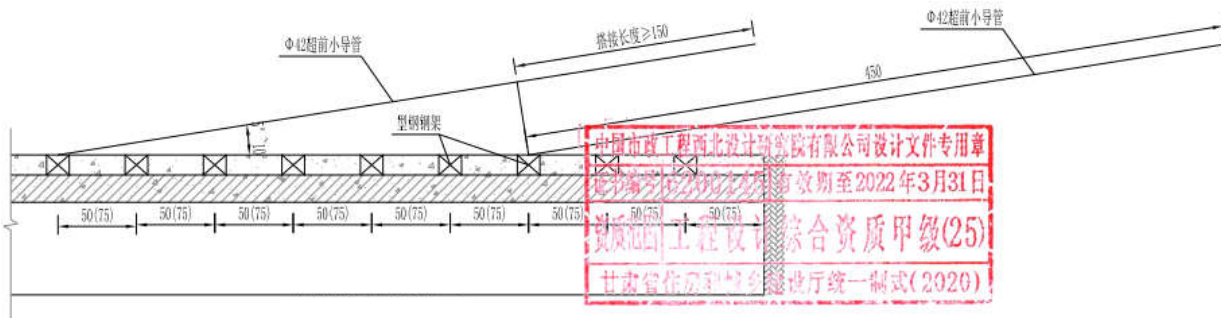


图 4 超前小导管纵向布置

时,选用的施工方法及工艺应该保证最大限度减少对地层的扰动,提高周围地层自承载能力和减少地表沉降。

②在稳定地层中施工时可采用长台阶半断面施工方法,施工机械布置在上台阶,加快施工进度。浅埋暗挖法施工机械除局部坚硬岩层采用爆破施工外,一般均采用单臂掘进机,出渣方式可采用有轨或无轨运输。

③初期支护围岩开挖后应立即进行必要的支护,并使围岩与支护结构密贴贴实。隧道初期支护施作的及时性以及支护的强度和刚度,对保证隧道的稳定性、减少地层扰动和地表沉降等都具有决定性的影响。钢架锚喷混凝土支护的施工工艺流程:

a. 喷射混凝土。喷射混凝土时借助喷射机械,利用压缩空气或其他动力,将一定配合比的搅合料通过管道并高速喷射到受喷面上,凝结硬化而成的一种混凝土。在高速喷射时(速度达到 70m/s),水泥和集料反复连续撞击而使混凝土密实,故可采用较小的水胶比 0.4-0.5,以获得较高的强度和良好的耐水性。特别是与受喷面之间具有一定的粘结强度,可以在结合面上传递拉应力和剪应力,对于任何形状的受喷面都可以良好地结合,不留空隙。

b. 锚杆。浅埋暗挖法中常用的锚杆是预应力或无预应力的砂浆锚杆或树脂锚杆。杆体由热轧钢筋制成,锚杆孔内灌注水泥砂浆,强度不低于 M20,锚杆杆体的抗拉力不应小于 150kN。锚杆必须安装垫板,垫板应与喷射土面密贴。

c. 钢架。钢架支撑的作用主要是在喷射混凝土还未达到必要强度之前,承担地层压力及约束地层变形。钢拱架支撑按照材料可分为两大类:第一类是钢拱架支撑,包括工字钢支撑、钢管支撑、H 型钢支撑、U 型钢支撑等;第二类是格栅拱架支撑。

总之,在浅埋暗挖初衬施工中应严格落实“管超前、严注浆、短开挖、强支护、早封闭、勤测量”八字方针,用以指导工作。

3.4 二次衬砌

3.4.1 基本要求

二次衬砌可在围岩和初期支护变形基本稳定后施作,但在松散地层应及时施作二次衬砌。通过监控量测,掌握初期支护后工作面动态,指导二次衬砌施作时间,这是浅埋暗挖法施工与一般隧道衬砌施工的主要区别,其他工艺和机械设备与一般隧道衬砌施工基本相同。二次衬砌模板可采用临时木模板、金属定性模板和衬砌台车。

3.4.2 衬砌模板

二次衬砌模板可采用临时木模板或金属定性模板,更多情况则使用衬砌台车,因为地下结构的断面尺寸基本不变,便于使用衬砌台车,加快立模及拆模的速度。

3.4.3 混凝土的浇筑与捣固

混凝土浇筑以前,应做好地下水引排工作。浇筑混凝土时,自由落高不得超过 2m,应按照搅拌能力、运输距离、

浇筑速度、振捣等因素确定一次浇筑的厚度、次序、方向,一般情况下应保持连续浇筑。见图 5。

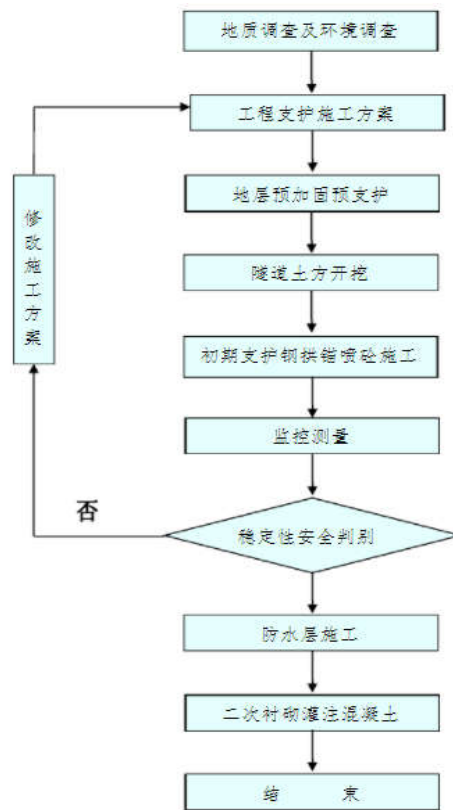


图 5 浅埋暗挖施工工序流程图

4 顶管施工

本电力通道工程位于科学城中路北侧,超算中心位于科学城中路南侧,二者相连必须穿越科学城中路,而科学城中路是条交通流量非常巨大、繁忙的城市主干道,而且在其绿化带近人行道处有各种管网、管道,在南侧还有地铁 18 号线的电缆,在充分考虑各方面的因数后,设计决定该段施工采取地下顶管施工。

该方法施工,有效地解决了各方面不利因素:不破坏环境、无泥尘污染、不干扰交通、不破坏道路结构、铺管精度高、工期短、施工安全性好、成本低、无需阻隔交通,在很深的地下敷设管道,可以安全地穿越公路,对施工周围影响很小,可以穿越障碍物。

该施工技术适用于:穿越公路、铁路和市区道路而不便断绝交通;施工现场条件复杂,地面上工程交叉作业互相干扰时的施工;位置埋设深,开槽施工造成大量土方工程,并需大量支撑材料时的施工;街道狭窄、两侧建筑物多、开槽施工要造成大量拆迁时的施工。

4.1 施工工艺

4.1.1 基本原理

顶管施工技术是一种管道敷设技术,无需开挖地面,

在巨大推力的液压千斤顶作用下使管道穿越土层，达到预先设计的位置上。

4.1.2 工艺流程

测量放样→工作井制作→后背墙施工→工作坑底板、导轨设置→下管→接口→测量→挖土→出土→顶进→校测→接入车道→顶进。

4.1.3 工艺要点

①工作井制作。

由于工作井是施工顶管的入口，人员设备经常位于其中，为此必须做好井壁支护。根据水文地质条件，常用沉井、钢筋砼井壁、钢板桩、木桩等对其井壁进行支护。工作井施工时根据工作设备及人员合理选择井的尺寸及支护形式，同时做好集水井，用于排除施工中积水，保证地下水位在工作坑底30cm以下。

②后背墙施工。

后背位于工作井后部，是顶进施工时千斤顶的支撑面，承受顶进时的水平反力。后背虽是临时构筑物，然而这一构筑物却具有十分重要的作用，必须安全可靠。它自始至终承受着千斤顶的后坐力，为此对后背施工应有如下要求：

- a. 足够的强度和稳定性，不致因顶力大而坍塌。
- b. 后背壁面平整，垂直于顶管中轴线，以便安装。
- c. 后背应一致，压缩均匀，以免顶力大时后背倾斜。
- d. 顶管的后背面积一般为8m²左右，高2~2.5m。

③工作坑底板设置。

a. 底板中心线：要与顶管顶进线路中心线一致。
b. 平整度：底板要有较高的平整度，以减小顶进启动时的顶力，否则，过大的启动顶力会将底板拉断或被顶进顶管带走。

c. 光滑度：底板需要光滑，以减小摩擦力。

d. 抗滑能力：底板要有充分抗滑能力，以保证在涵体顶进启动时不会随之被带走，可在浇筑底板前往坑内抛以片石，略加夯实使片石插入土中，然后浇筑混凝土使片石与底板成为一个整体。

e. 仰坡：为防止顶管在顶进过程中扎头，一般底板设有坡度为1%左右前高后低的仰坡。

f. 导向措施：为控制顶管启动后空顶阶段的方向，在底板两边距顶管位置5~10cm处设置混凝土方向墩，以便于导向。

④减小顶进阻力的措施。

在工作面前壁上，对于一定的土层和顶管尺寸，其迎面阻力为一定值，为此对于减少顶进阻力常从减小管壁的摩擦力来考虑。顶进时以膨润土为主要材料的泥浆作为润滑介质，将其灌注在管壁外围，使管节在泥浆套中前进，能大幅度降低顶推力。同样条件下比不用泥浆的顶进方式平均降低顶力50%~70%，且还能利用泥浆的压力防止塌方，发挥液态支撑作用。

⑤下管。

将工作坑上面的管节吊装于工作坑内的导轨上，称之为下管。常用方法有压绳下管法、卷扬机下管、龙门架下管。

⑥稳管与接口处理。

顶进前需将管节在导轨上稳好，即每下一节管，都要检查一下管节的高程和方向是否符合设计要求，管节是否完全贴卧于导轨上。管节稳好后，对正管口并垫上油毡或麻辫圈，在管内用胀圈和木楔将管节连接起来，使接口成为刚性连接以避免在顶进中受力后产生错口，保证顶进过程中管节高程和方向的准确度。

⑦挖土。

顶管一般采用人工挖土的方式，顶进时管节的方向和高程的控制，也主要取决于挖土的方法。走向发生偏差时要用不同的挖土方法加以矫正。对于不同的土质，挖土的操作要求各有不同。

a. 土质良好时，管顶以上的土能形成土拱，因此管端可不安装刃脚，并允许在管前超挖10~30cm后再顶管。

b. 土质差易坍方，不能形成土拱时，管前超挖量宜小，并随挖随顶。

c. 管节下部135°范围内不应超挖，土弧要与管外壁吻合，保持原状土地基。

d. 土质好时，管顶超挖量也不得大于15mm；在重要建筑物和铁路下及土质差时均不得进行超挖。

e. 对顶部地基不允许下沉的地段，管节四周一律不准超挖。

⑧出土。

从工作面挖掘下来的土。一般先通过管内的水平运输至工作坑，再垂直提升到地面运走。土运到管外的的工作坑后，由地面设置的卷扬机、龙门吊或其他机械将土提升至地面运走。

⑨顶进。

顶进要坚持“先挖后顶、随挖随顶”的原则，事先应检查顶铁安装是否平直，以防顶进时产生偏心荷载，顶铁崩出伤人。

顶进的程序为：安装顶铁→启动油泵→管节向前运动→千斤顶的行程结束后关闭油泵→油泵回油→加顶铁→下一行程开始。

顶进中应注意事项：

a. 密切注意油泵压力表的变化情况，如发现压力骤然增大时，应立即停泵检查原因。

b. 千斤顶活塞的外伸长度，应控制在规定的行程范围内，不要超出，以防损坏设备。

c. 要连续顶进，不能长时间停顿，顶进间隔时间过长时，地下水渗透量增加，土拱易坍塌。

d. 将顶速控制在适当范围内，过快，产生偏差后不易纠正；过慢，即当管节顶进速度小于工作面保持稳定的时间

时，则易坍方^[3]。

4.2 质量标准及保证措施

4.2.1 质量标准

质量标准如表 1 所示。

表 1 质量标准

序号	项目		允许偏差 /mm
1	轴线偏位	管长 < 15m	50
		管长 15~30m	100
		管长 > 30m	200
2	高程	管长 < 15m	± 20
		管长 15~30m	± 40
		管长 > 30 m	+ 50, - 100
3	相邻两节高差		20

4.2.2 质量保证措施

①做好施工前准备工作，对原材料的材质按有关规定进行试验复验，所用施工机具必须进行全面检查，保证其工作性能良好。

②贯彻勤顶勤测的原则，随时测量和控制管道的管底标高和中心线。

③对各道工序进行全面质量控制，坚持自检互检和专检，防止施工质量通病发生。

4.3 安全措施

①地下水位的变化直接影响施工的安全，所以要随时检查降水情况，严格控制地下水的高度，确保施工的安全。

②提高测量人员的安全技术素质，完善其岗位职责，定期对四周建筑物进行沉降观测。

③施工时要加强井下通风，保证施工人员有充分的新鲜空气呼吸。

④起吊管节等材料时，井下人员应撤至井上，防止坠物伤人。

⑤顶进时应随时检查顶进作业面处情况，防止出现涌水涌砂事故发生。

4.4 技术经济分析

①采用顶管施工，可以不进行建筑物及各种管线拆迁，节省拆迁费用。

②相对于拆迁后大开挖施工，可以减少临时支护费用。

③相对于其他施工方法，所用工期较短，施工速度较快。

④过河、江及交通繁忙的公路、铁路而不影响交通。

4.5 注意事项及技术措施

①为避免阻断现状交通及影响现状管线，本段电力排管均采用顶进砟方式铺设，土层中有水时，必须采取降水等控制措施。

②人工挖土，土质为砂、砂砾石时，应采用工具管或

注浆加固土层的措施。

③顶管施工中，渗漏、遗洒的液压油和清洗废液等应及时清理，保持环境清洁。

④施工前，应根据顶进方法、管径、最大顶力等对后背结构、顶进设备、中继间等进行施工设计，确定安全技术措施，并制定监控量测方案。

⑤利用已完成顶进的管段作后背时，顶力中心应与已完成管段中心重合；顶力必须小于已完成管段与周边土壤之间的摩擦阻力；后背管口应衬垫可塑性材料保护。

⑥施工过程中应按监控量测方案的要求布设监测点，设专人对施工影响区内的地面、地下管线和建（构）筑物的沉降、倾斜、裂缝等进行观察量测并记录，确认正常；发现异常应及时分析，采取相应的安全技术措施。

4.6 顶进施工

①顶进前现场工作坑起重系统、工作坑口平台、顶管机械和配套设备、管路与配电线路应完好；机械设备安装应稳固，防护装置应齐全有效。使用前应经检查、试运行，确认合格；穿越道路、公路加固、防护措施已完成，顶进作业已得到管理单位的同意；监测点已按监控量测方案的要求布设完成，并明确专人负责。

②顶进中，施工人员不得站在顶铁上或两侧。

③土质松软、管径较大时，封门宜在空顶完成后拆除。

④顶进开始后，应连续作业，实行交接班制度，并形成文件。

⑤开始顶进时，千斤顶应缓慢地启动，待各个接触部位密贴后，方可正常顶进。

⑥拆除封门应编制方案，规定拆除程序和安全技术措施，封门宜采用静力法拆除。

⑦每班作业前，应对机械、设备进行检查和试运行，确认合格并记录后，方可作业。

⑧顶进过程中，严禁工作坑内进行竖向运输作业；进行竖向运输作业时，必须停止顶进作业。

⑨封门拆除后，应立即将首节管或工具管、顶管机顶入土体内。洞口与管道之间的空隙应采取密封措施。

⑩掘进过程中，必须由作业组长统一指挥，协调掘进、管内水平运输、顶进和竖向运输等各个环节的关系。

⑪一个顶进段结束后，管道与周边土壤间的缝隙，应及时填充注浆。

⑫顶进过程中，应对监控量测情况随时分析，确认正常，当发现异常时，应及时调整施工方法或采取安全技术措施。

⑬掘进中，拆接电路、油管和泥、浆、水管时，必须在卸压、断电后进行；接长的管路不得进入运输限界，并及时固定在规定位置；管路拆接后，应检查接口密封状况，确认无渗漏方可使用；拆接泥、浆、水管时，应在作业点采取控制和收集遗洒物的措施。

⑭ 采用敞开式掘进顶管应符合下列要求:

a. 敞开式掘进顶管, 严禁带水作业。

b. 每一循环掘进完成后, 应立即将管道推至开挖面前壁。

c. 掘进过程中, 人员必须在管道内或工具管刃脚内作业。

d. 使用设有格孔和正面支撑装置的工具管时, 应在施工组织设计中规定挖掘程序。

e. 当土质较松软时, 宜在管道前端安装带有刃脚的工具管; 掘进过程中, 必须保持刃脚切入土体内。

f. 管端前挖土长度, 土质良好时, 不得大于 50cm, 不良土质地段不得大于 30cm; 铁路下顶进, 轨道下不得大于 10cm, 轨道外不得大于 30cm, 且必须遵守铁路管理部门的规定。

g. 掘进时, 管顶部位超挖量不得大于 15mm; 管底部 135° 范围内不得超挖; 在不允许土层沉降的地段, 管子周围均不得超挖。

⑮ 顶进过程中出现下列情况之一时, 必须立即停止顶进, 待采取安全技术措施并确认安全后, 方可恢复顶进:

a. 开挖面发生严重塌方。

b. 遇到障碍物无法掘进。

c. 后背变形、位移超过规定。

d. 顶铁出现弯曲、错位现象。

e. 顶力骤然增大或超过控制顶力。

f. 管道接口出现错位、劈裂或管道出现裂缝。

g. 影响区内地面、地下管线、建(构)筑物的沉降、倾斜度、结构裂缝和变形等量测数据有突变或超过限值。

5 电力排管安装施工

在顶管施工后期, 涉及电力排管安装。本电力通道顶管内壁为 D1800 直径, 在如此狭小的空间需安装 24 根 D200 的电力排管, 对技术要求非常高, 为此, 根据现场实际情况, 研究了一种新的方法用于电力排管安装。

① 在顶管内使用红外线水平仪根据图纸要求打点放线, 见图 6。

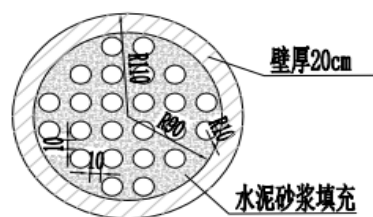


图 6 截面示意图

② 在管内间隔按 1.5m/ 圈设置 A16 的分隔带, 焊在通长防雷扁铁及 A16 的膨胀螺栓上。

③ 在 A16 的分隔带上贴两边管壁按设计间距焊 6 排水平 A18 钢筋, 上套 A20PVC 管材。

④ 在每层钢筋支架上放置通道全长绳索, 根数如上图所示。

⑤ 在工作井中将排管用热熔焊将其连接, 在第一根管的最前端均匀打 5 个孔, 用套上棘手的绳索抓住, 在顶管的另一边使用简易滑轮牵引, 工作井一端推送, 逐根安装电力排管。

该方法有效地解决了空间狭小、施工受限、难度相当高的问题, 是对受限空间安装方法的一种有益尝试, 在以后的施工中可以逐步完善推广。

综上所述, 在现代的工程施工中, 往往并不是单一的施工技术运用, 而是多种技术交汇在一起, 甚至需要不断创新, 探索新技术、新工艺、新方法, 以适应当前的新形势、新格局。

参考文献

- [1] 费玥. 建筑工程项目集成管理中 BIM 技术的应用研究[J]. 百科论坛电子杂志, 2020(14):1282.
- [2] 金四辈. 土建基础施工中的深基坑支护施工技术及其应用[J]. 砖瓦, 2021(7):178-179.
- [3] 郭春雨. 绿色施工技术在建筑工程施工中的应用分析[J]. 建材发展导向(上), 2021, 19(7):300-301.