

# 深大基坑支护开挖施工技术分析

李道君

中交建筑集团有限公司

**摘要:**为提升深大基坑支护开挖施工技术水平,文章在简单介绍了工程案例情况后,对比了不同开挖支护技术方案,选择了最佳方案内容,即混凝土灌注桩+预应力锚索支护技术。最后,对该技术方案关键施工技术内容进行了讨论,实践表明,相应关键施工技术的应用,有效提升了深大基坑施工质量水平。

**关键词:**深大基坑; 支护; 开挖; 施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.15.033

**前言:**相较于普通基坑,深大基坑面积较大,深度较深,且开挖施工变形因素影响较多。因此为保证深大基坑开挖施工质量,必须要加强支护技术方案研究分析,落实相应关键施工技术内容,才能有效降低基坑的变形。从而在进行基坑开挖时,可以有效营造一个安全合理的施工环境,防止出现基坑失稳或者更为严重的安全事故。

## 一、工程项目概况

现有某建筑工程项目,整体的建设规模相对较大,属于公共项目。其中地基与基础内容为地下2层人防工程及车库,需要开挖深基坑。本次深基坑最大开挖深度为12m,且开挖的面积比较大,属于典型的深大基坑。在基坑东侧及北侧,为已有建筑工程,建筑工程的地下室为1层。在建造前,周围建筑花费了大量资金进行了装修及室外工程,因此在进行基坑施工时,必须要加强老建筑工程变形控制。在基坑东侧及北侧,分布有大量居民区。因此在进行基坑开挖时,必须要减少周围的扰动,一方面保护周围建筑安全,另一方面,避免出现扰民的现象。基坑南侧距离城市道路较近,并且附近的区域分布有非常多的地下埋设管线。因此实际开挖的过程中,必须要加强地下管线保护。上述这些问题的存在,均在不同程度上增加了深基坑支护的难度。

## 二、支护技术方案对比选择

在本工程项目中,由于基坑施工的内容比较复杂多变,因此必须要综合分析,通过对比多种支护方案,才能确保支护施工的安全与质量。相关方案内容的优缺点具体如表1所示。结合表1信息来看,首先,如果选择土钉墙支护方式,虽然造价低,但因为本工程属于深大基坑,土钉墙开挖很容易产生较大变形,因此并不适合<sup>[1]</sup>。其次,如果采用地下连续墙支护方式,虽然这种支护方式优点众多,比如对周围环境扰动较小,整体刚度大,适合软土土质支护,因此满足深大基坑支护条件。但结合本工程实际情况来看,该基坑地质情况良好,不属于软土地质范畴。再加上地下连续墙支护整体施工成本最高,因此也不是最佳支护技术方案选择。而采用混凝土灌注桩+预应力锚索支护技术,则非常适合本基坑东侧场地施工。这种支护技术一方面可以弥补土钉墙支护技术基坑开挖变形大缺陷,且相较于内支撑技术,成本也比较低。并且这种支护技术施工噪音比较小,带来的开挖变形较小,不会对居民日常生活造成扰动,符合绿色文明安全施工原则。因此,在该区域的基坑支护施工的工程中,最终决定基坑东侧采用混凝土灌注桩+预应力锚索施工技术。该项支护施工技术也是本次重点研究内容。但在基坑南侧与北侧,并不适合采用上述施工技术方案。因为基坑北侧原建筑存在地下室,不适合锚索钻孔施工。二是基坑南侧分布有道路以及地下管线,很容易带来管线扰动。对比来看,内支撑支护技术为最佳选择,可以有效弥补混凝土灌注桩+预应力锚索施工技术的缺陷。

## 三、深大基坑支护开挖关键施工技术内容分析

### (一) 混凝土灌注桩施工技术

在具体实践中,应落实以下几点施工技术要点:

(1) 测量定位。以甲方提供的桩位平面设计图为依据,采用经纬仪进行定向,借助钢尺量距,准确确定各个桩位点,要求点位偏差在15mm以内。(2) 护筒埋

表1: 不同基坑支护技术优缺点对比

序号	深基坑支护技术	优点	缺点
1	土钉墙支护技术	施工速度快,施工成本低	深基坑开挖很容易产生较大变形
2	地下连续墙支护技术	不会对周边环境带来严重的扰动影响,整体的刚度也非常的大	施工成本高,周期长
3	混凝土灌注桩+预应力锚索支护技术	占用施工空间较小,相较于内支撑成本低,施工噪音小,施工工艺简单	对地下管线影响较大,如果土质较弱,不适合这种支护技术
4	内支撑支护技术	整体刚度与强度较大,适合周边存在道路红线或者建筑存在地下室的情况	施工周期长,造价成本高

设。在埋设护筒前，需要重新复核一次点位。护筒埋设要与地面保持垂直。在完成护筒埋设后，需要对护筒顶部高层进行测量。在本工程中，护筒长2.5m，直径为900mm。（3）钻机就位。在完成护筒埋设后，需要移动钻机设备到护筒区域。要求钻机放置的基础平稳、牢固。还应做好钻机调平。确保钻机与地面保持垂直，桩位、转盘等保持在同一铅垂线上。（4）钻孔施工。在操纵钻机进行钻进施工时，要求保持钻杆垂直，科学合理控制泵量。在本工程中，采用了正循环成孔工艺，泥浆参数指标为：黏度26" -29"；密度1.25-1.35。在钻进过程中，要求一次性成孔，禁止中途停钻。在完成钻孔后，需要将钻具适当提高，距离孔底20—30cm，然后进行清孔。清孔应采用高密度泥浆，一次性彻底清孔。

（5）钢筋笼制作与安装。在施工现场，完成钢筋笼制作。在设计图纸的指导下，要求钢筋下料准确，不存在锈蚀、损坏问题。严格按照图纸，完成钢筋笼绑扎施工<sup>[2]</sup>。在安装钢筋笼时，注意采用吊机将钢筋笼吊起，并对准孔位。慢慢下放钢筋笼，避免出现摇晃问题，破坏护壁。在钢筋笼之上，还应设置定位筋，避免因钢筋笼自重过度下沉。（6）安装导管。在完成钢筋笼安装后，及时安装导管，为后续混凝土灌注创造有利条件。要求导管安装不存在凹陷、弯曲等问题。采用密封圈，做好导管接头的密封处理。导管深度应距离孔底40—50cm。（7）混凝土灌注。在进行灌注施工前，可以先进行二次清孔。清孔后的沉淀厚度在100mm以内，含砂量在3%以内，泥浆比重在1.06-1.09范围内。在灌注过程中，导管应始终深埋于混凝土中，埋深控制在4—9m为宜。（8）在完成灌注桩施工后，还需要进行冠梁施工。结合实际施工要求，完成钢筋绑扎。最后，还应开展配筋验收工作。在验收合格后，即可开展冠梁浇筑施工。

### （二）土方开挖施工与修坡

在本工程中，将基坑南侧设置了工地大门。因为该区域距离公路较近，便于土方外运。在进行土方开挖施工时，采用了分层开挖方式。为了及时排水，在基坑周围，开挖了排水沟。在开挖时，还应加强挖深控制。本工程开挖深度为锚索下0.5m，加强对开挖施工检查，避免出现超挖问题。

在修坡时，采用了人工+机械方式。先采用机械进行开挖，再通过人工进行修坡。在之前进行基坑修坡施工时，修桩间土出现了多次塌方问题。后续经过调查发现，在修坡时，没有将其修成“拱形”，而是修成了一个平面。因此本次深大基坑修坡吸取了经验教训，将桩间土修成了拱形，成功解决了塌方问题。

### （三）混凝土面层喷射施工

在进行混凝土面层喷射施工前，应先悬挂钢筋网。在本工程中，钢筋网采用了直径6mm的钢筋制作。钢筋

网的网格大小规格为0.25×0.25mm。在网格节点位置处，采用了低碳丝进行绑扎<sup>[3]</sup>。在桩间土体中，采用了直径为14mm的插筋。不同插筋之间的距离为0.5m，插筋长度为1m。同时设置了纵向与横向加强筋。其中横向加强筋直径为16mm，长度为1m。在放坡位置处，设置了纵向加强筋，规格与横向加强筋相同。最后，完成加强筋与插筋焊接工作。在完成上述钢筋网片制作与连接钢筋施工后，需要进行混凝土面层喷射施工。在本工程中，采用了空压机+干式喷射机作为喷射施工工具，喷射厚度必须符合设计要求，喷射混凝土强度等级为C20。为了保证喷射施工安全，保证喷射施工质量，在启动喷射设备前，需要先接通风、水、电，开启进气阀，从而让喷射设备慢慢地达到额定的喷射压力。同时启动电动机，使其处于空载运转状态，在确保不存在故障后，方可进行投料，正式开展混凝土喷射作业。

在启动混凝土喷射设备时，应注意做好正确操作顺序的落实。第一步，先送入压缩空气。第二步，检查电动机旋转方向，要求其与其体所示箭头方向相符。第三步，再进行加料，并进行喷射施工。停机则按照上述顺序反向操作。即先停止加料。然后，关停电动机。最后，停送压缩空气。加入了的混凝土料，必须满足喷射设备要求，禁止采用劣质喷射材料，比如结块水泥作为喷射料。为了保证混凝土喷射施工安全，要求在喷嘴的前方或左右5m范围内，禁止站人，禁止施工人员穿过通行。在其间停止喷射施工时，注意喷嘴不能对准有人的方向。在进行混凝土喷射施工的过程中，应注意检查气压表、安全阀等仪表是否正常，一旦发现异常，需要及时停止喷射施工。如果期间需要暂停喷射施工，且暂停时间在1h以上。再次进行混凝土面层喷射施工时，注意先将喷枪内扩储料管内的干混合料全部喷出。在进行混凝土面层喷射施工过程中，一旦发生输料管堵塞，可以先尝试采用木棍敲打输料管的外壁，使其变得通畅。如果没有效果，需要将输料管拆下，采用压缩空气吹通。在吹通的过程中，施工人员注意紧握喷嘴，避免甩动管道，否则很容易对周围施工人员安全带来威胁<sup>[4]</sup>。如果管道中有限的压力，禁止直接拆卸管接头。移动时，保证输料软管的顺畅性，禁止随意拖拉，避免出现输料管折弯问题。在喷射时，将喷头直接对准坡面，二者之间的间距控制在0.7—1.1m范围内。在实际进行喷射施工时，应选择从上至下的喷射方式，更能保证喷射施工质量。

### （四）预应力锚索施工

（1）需要做好预应力锚索的制作与安装工作。在实际制作过程中，应采用预应力钢绞线作为制作材料。在设计长度的指导下，将钢绞线截断。然后每间隔1.5m，设置一组对中支架。主要目的是确保钢绞线对中齐整。同时还要注意，要求制作而成的锚索表面干净整

洁,不存在锈蚀、污物等质量问题。在完成预应力锚索制作后,统一保存,置于干燥通风区域,并加强看护,避免出现锈蚀、机械损坏等问题。在进行锚索安装时,应在其自由端外套波纹管。在将锚索放入孔内的同时,还需要随之放入2根注浆管。其中一根注浆管,主要在端部做好密封工作,主要目的是为后续二次注浆提供便利。在锚索制作安装时,做好对中支架选择非常重要。因为如果对中支架直径比较小,在绑扎锚索时,很容易出于对中支架的外缘。此时锚索很容易受自重影响,直接与孔内的土体进行接触。在后续完成注浆后,将很难充分与水泥浆混合,将会严重影响锚索的锚固力,也不利于锚索抗拔能力提升。在早期施工时,选择地对中支架直径比较小,仅有8cm,从而限制了锚索支护作用发挥,基坑开挖变形较大。本次施工吸取了教训,将对中支架由原来的8cm更改为14cm,解决了基坑变形问题。

(2)开展锚索钻孔作业。在这一过程中,必须严格遵循设计要求,明确具体的孔位位置。在本工程中,预应力锚索采用了水平钻进行钻孔。为了保证成孔质量,要求钻机钻进必须有快速、平直。锚索的孔径在15cm以上。在完成钻进成孔后,需要及时清除孔内的残渣。

(3)开展注浆施工。在本工程中,采用了柱塞式压密注浆施工技术。整个注浆过程分为两次完成<sup>[5]</sup>。在第一次注浆时,浆液水灰比控制在0.46-0.50。在泥浆初凝前,及时开展第二次注浆施工。本次注浆水对比宜控制在0.46-0.56。同时还要适当增加注浆压力,注浆压力在4.5Mpa左右。为了防止二次注浆时发生爆管问题,必须要提前检查注浆管质量,避免选择具有质量缺陷的注浆管。值得注意的是,以往在进行二次注浆时,一些施工人员为了提升施工效率,降低施工成本,直接采用一次注浆泵开展二次注浆施工,这种做法并不妥当。究其原因在于,一次注浆泵的注浆压力相对较小,因此难以满足二次注浆时“霹雳注浆”的要求。不仅会严重影响锚索与泥浆之间的握裹力,还会削弱锚索的抗拔力。因此在实际进行二次注浆时,必须要应用专业的二次注浆设备。

(4)混凝土腰梁施工。在预应力锚索张拉前,还应做好混凝土腰梁施工。在本工程中,腰梁采用了直径为9mm箍筋进行绑扎,随后进行模板支设,然后进行混凝土浇筑。混凝土等级为C30。在腰梁成型后,还需要进行垫层施工。主要施工内容为在腰梁之上垫上钢板,主要目的是便于锚固件固定。钢板的规格为250×250×25mm。值得注意的是,在以往进行腰梁垫层施工时,下部采用了混凝土作为垫层。但在后续开挖腰梁之下的土层时,一旦发生超挖,很容易破坏混凝土垫层,导致大块混凝土脱落,危及施工人员生命安全。为解决这一问题,本工程采用了彩条布作为混凝土的替代

品,不仅有利于消除施工安全隐患,还有效降低了施工成本。

(5)锚索的张拉施工。在正式开展锚索张拉施工前,需要结合施工实际,提前做好专业的张拉设备。为保证设备发挥出应有的作用价值,必须要提前做好对张拉设备的标定。在此基础上,还应合理控制锚索张拉的时机。一般在完成注浆施工后,至少间隔7d才能开展锚索张拉施工。与此同时,还应确保锚索的锚固段强度达到设计强度的80%左右时再进行锚索张拉施工。在利用张拉设备进行张拉施工的过程中,必须严格执行分级张拉的操作。每进行一次张拉施工操作,需要记录一次张拉荷载值以及锚索的伸长量,以此来实现锚索张拉过程的准确控制,更好的保证锚索张拉的施工质量。此外,为了有效减少预应力损失,针对锚索,还应做好超张拉施工。在超张拉时,注意观察油表。在油表趋于稳定后,再减少拉力,使其退至设计荷载前,及时进行锁定。在本工程中,严格执行了锚索分级张拉方式,没有直接一次性张拉至锁定荷载。同时在实际张拉前,先开展了预张拉施工。通过预张拉,有利于锚索处于绷直的状态,减少预应力损失。在本次开展锚索与张拉的过程中,结合实际情况,选择了锚具与千斤顶的垫片,从而有效减少了张拉过程预应力损失。除此之外,还应注意,在实际进行锚索张拉施工时,很难完全避免预应力损失。因此当预应力损失出现后,需要注意加强弥补。在本工程中,为了更好地弥补锚索张拉带来的预应力损失,在实际进行张拉施工时,选择最大的张拉荷载为设计荷载的1.1倍。

总结:总而言之,在当前一些建筑工程中,随着建筑层数的不断增加,深大基坑施工应用也越来越广泛。但在实际进行施工的过程中,面临的施工压力与风险问题也比较多。因此必须要结合实际施工案例,加强施工分析。结合实际情况。科学合理选择支护方案。在方案实践中,加强关键开挖与支护技术落实,才能更好的保证基坑施工质量。

#### 参考文献

- [1]潘英龙.深基坑开挖技术与支护施工技术要点[J].黑龙江交通科技,2017,40(10):91-92.
- [2]龚丽飞,邵帅,姚雨萌.深厚软土地基深大基坑安全监测[J].土工基础,2022,36(05):782-786.
- [3]于朋臣.复杂地层盾构工作井深大基坑复合式支护开挖施工技术研究[J].中国水运(下半月),2021,21(11):126-127.
- [4]于逸.钻孔灌注桩在软土地区深大基坑围护工程中的运用研究[J].建筑技术开发,2021,48(08):73-74.
- [5]苏世荣.关于地铁深大基坑支护和土方开挖施工的探讨[J].四川水泥,2020(11):151-152.