

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.06.071

智能同步穿心千斤顶在滑降式支撑中的应用

樊天峰
(上海隧道工程有限公司,上海市 200030)

摘 要:某地铁站基坑采用智能同步穿心千斤顶顺利完成滑降式支撑滑降,滑降速度超过采用卷扬机的前代产品,极大减少基坑无支撑暴露时间,更有效控制基坑变形,更重要的是利用千斤顶的智能控制系统,达到 4 个吊点的整体同步滑降,整体倾斜度满足要求。详细介绍了吊装系统的组成、同步系统的原理及工作过程、穿心千斤顶的布置、吊装过程,为滑降式快速支撑吊装提供参考。
关键词:穿心千斤顶;同步吊装;快速支撑;信息反馈
中图分类号: TH211+.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2024)06-0301-03

0 引 言

全国范围内,地铁建设如火如荼,同时,地铁基坑地质条件、周围环境和地下管线越来越复杂,对毗邻建、构筑物的保护的要求越来越高。深基坑的变形控制得到多方关注,因为开挖阶段基坑变形最大、风险最大,所以开挖阶段的变形控制是整个施工阶段中变形控制的重中之重。根据刘建航原始提出的时空效应施工方案,开挖阶段尽量缩短基坑无支撑暴露时间对控制基坑变形至关重要。

架设临时钢支撑是缩短基坑无支撑暴露时间的好方法,但是耗费时间、拆装繁琐、效率不高。对此上海隧道工程有限公司于 2021 年开展滑降式快速支撑施工技术的研发,该技术在华泾站 4 区基坑、建宁西路端头井等方形基坑取得良好的效果。该快速支撑采用卷扬机作为起重设备,占地面积大,无同步纠偏功能,拆卸和移动繁琐,不满足地铁标准段基坑流水作业的要求。

穿心千斤顶替代卷扬机进行快速支撑的整体吊装,通过轴力传感器、位移传感器、倾角传感器收集工程信息,反馈至计算机控制液压同步滑降系统,可以提供安全保障。

1 工程概况

某地铁站长度 170 m(内净),标准断宽度 21.6 m(内净),地下四层双柱三跨混凝土箱形结构。

收稿日期:2024-02-28

作者简介:樊天峰(1987—),男,本科,工程师,从事地铁基坑施工管理工作。

主体基坑采用明挖顺作法施工,标准段基坑深度约 28.20 m,共设八道支撑。第一、三、五道为混凝土支撑;第二道支撑为 $\phi 609(t=16\text{ mm})$ 钢支撑;其余为 $\phi 800(t=20\text{ mm})$ 钢支撑。横截面形式见图 1。

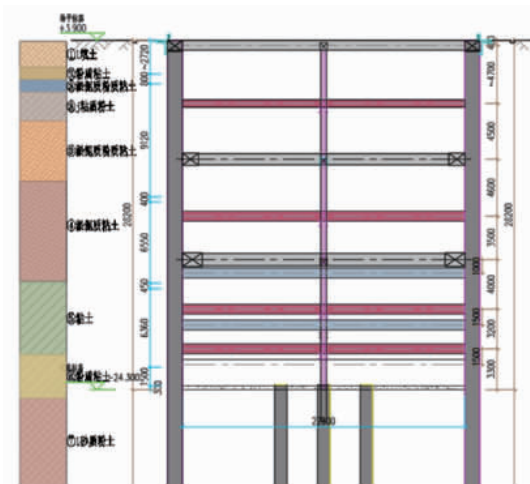


图 1 某地铁站横剖面

快速支撑位于 9 轴至 11 轴,形式为三根支撑利用十字节固定为单樘支撑,每根支撑端头设置伺服端头,快速支撑示意图见图 2。支撑模块由 6 个千斤顶活络头、9 个十字节、若干中间节及短节、伺服千斤顶后台组成,具体的长度和数量见表 1。

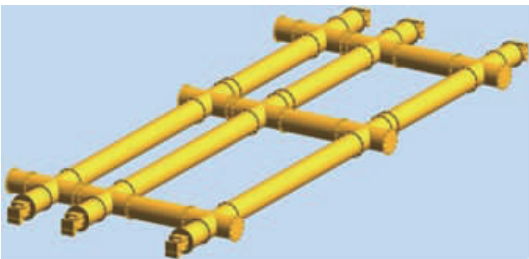


图 2 快速支撑示意图

表 1 支撑模块组成钢管的数量和规格

项目	规格/mm	单个重量	数量	总重量
伺服端	1 950	2.2	6	13.2
800 钢支撑十字节	固定式 /1 860	2.62	9	23.58
800 钢管支撑 1	760	0.64	4	2.56
800 钢管支撑 2	600	0.59	6	3.54
800 钢管支撑 3	6 060	2.69	6	16.14
800 钢管支撑 4	2 060	1.15	3	3.45
总重量				68.47

车站西侧为跨线桥，东侧为 220 kV 高压铁塔，南侧为既有 12 号线区间和航油管(见表 2)。环境保护要求高。车站基坑施工场地狭小，仅西侧有一条 12 m 施工便道。

表 2 周围主要建(构)筑物汇总表

房屋名称	建筑位置	基础形式	与基坑最小距离	与基坑距离
杨高北路跨线桥(拟建)	主体西侧	钻孔灌注桩，49/52 m 深度	27.9	1 倍主体基坑范围内
220 kV 高压线塔基础	主体东侧	独立基础，基础深度埋深约 2~4 m	29.3	2 倍主体基坑范围内
12 号线区间隧道	主体南侧	—	35.1	1 倍主体基坑范围内

2 同步吊装系统的组成

智能千斤顶同步吊装系统由智能泵站(驱动部件)、吊装油缸集群、穿心钢管(承重设备)、传感检测(轴力传感器、倾角传感器、位移传感器)及控制和监控系统组成,见图 3。

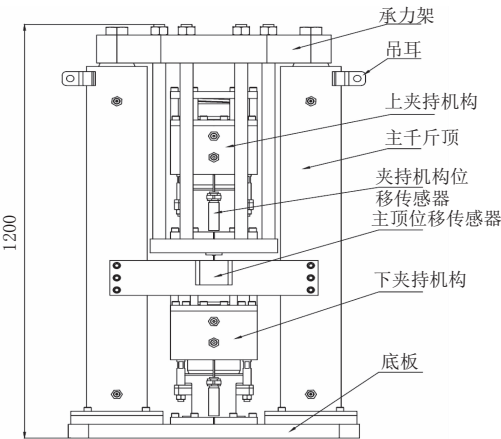


图 3 吊装千斤顶立面图(单位:mm)

穿心钢管及吊装主顶油缸是系统的承重部件，用来承受快速支撑的重量,见图 4。

根据快速支撑重量及油缸规格情况，本工程采用吊装主顶额定起重量为 50 t。穿心钢管规格为 $\Phi 70 \times 14$,为提高承载能力,钢材采用 40Cr。

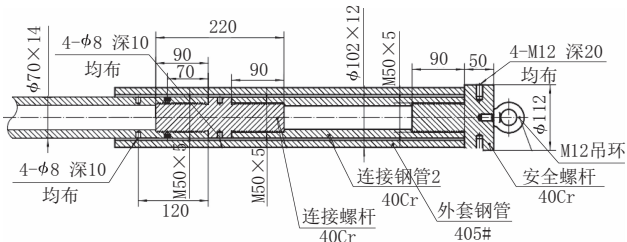


图 4 穿心钢管规格(单位:mm)

智能泵站是提升系统的动力驱动部分，在液压系统采用比例同步技术，这样子可以有效提高整个系统的同步调节性能。

传感检测利用位移传感器收集主顶、上夹持千斤顶及下夹持千斤顶的行程信息，利用轴力传感器收集主顶压力，利用倾角仪收集快速千斤顶的空中姿态信息。

控制和监控系统主要用来获得吊装油缸的行程信息、载荷信息和快速千斤顶的空中姿态信息,并将这些信息通过现场实时网络传输给主控计算机。这样主控计算机可以根据当前网络传来的油缸位置信息决定提升油缸的下一步动作,同时,主控计算机也可以根据网络传来的提升载荷信息和构件姿态信息决定整个系统的同步调节量。

3 同步吊装控制原理及动作过程

快速支撑滑降过程中穿心千斤顶的动作是一个多次循环的过程，循环的次数取决于穿心千斤顶设置的最大行程。穿心千斤顶在一个行程内的动作分解,见表 3。

表 3 单个穿心千斤顶一个行程内姿态分解

项目	步序 1	步序 2	步序 3	步序 4
示意图				
说明	下锚紧，上锚松	主千斤顶提升至设置的上限位，下锚紧，上锚松	下锚松，上锚紧	下锚松，上锚紧，主顶缩至下限位，完成一个行程的下滑

在该工程的快速支撑滑降过程中,设置最大行程为 500 mm,单次的下滑高度为 2 800 mm,总共循环次数为 6 次。

在滑降过程中,不需设置一个主吊点为参照,其他吊点均以主吊点的位置作为参考来跟随调节的跟随调节方式,而是更为先进的同步调节,依靠位移传感器和倾角传感器的收集的吊点姿态信息,利用主控计算机分析最快的调节方式,见图 5。

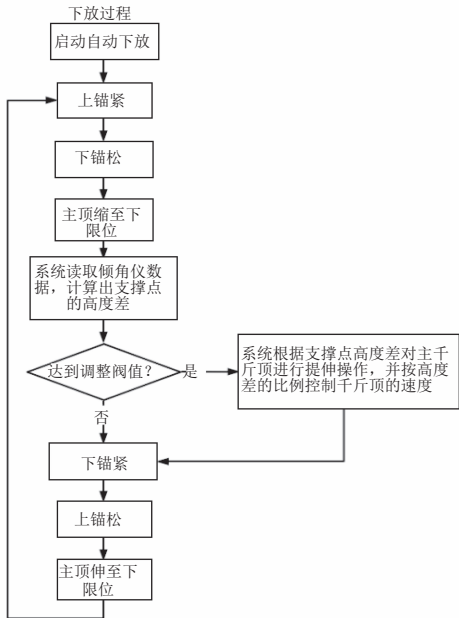


图 5 穿心千斤顶一个行程内流程

快速支撑上设置一个倾角仪,收集实际数据并通过现场实时网络传送给主控计算机,计算快速支撑四个吊点高差。主控计算机可以根据跟随提升吊点当前的高度差,依照一定的控制算法,来决定相应比例阀的控制量大小,从而实现四个吊点的位置同步。为了提高构件的安全性,在每个提升吊点都布置了油压传感器,主控计算机可以通过现场实时网络监测每个提升吊点的载荷变化情况。如果提升吊点的载荷有异常的突变,则计算机会自动停机并报警示意。

每个穿心千斤顶上安装 1 套位移传感器,传感器可以反映主油缸的位置情况、上下锚具的松紧情况。通过现场实时网络,主控计算机可以获取所有提升油缸的当前状态。根据提升油缸的当前状态,主控计算机综合用户的控制要求(例如手动、自动)可以决定提升油缸的下一步动作。

4 穿心千斤顶布置

在结构件上预留 8—M16 相应孔位,用于将下放千斤顶安装固定在结构件上,并在相应位置放置液

压泵站及主控台;
穿心千斤顶后台长 1 150 mm,宽 950 mm,长度方向沿着基坑方向布置,靠近挡水墙,见图 6。每个千斤顶油压后台给同道支撑梁上的两个千斤顶提供油压。按泵站和千斤顶标识,连接液压千斤顶与液压泵站之间油管;

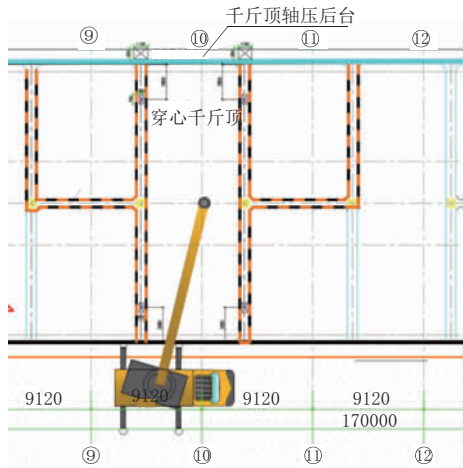


图 6 穿心千斤顶布置(单位:mm)

倾角传感器安装在钢支撑管中段,采用无线连接,见图 7。从吊点位置上到地面,另一端连接到地面的主控系统操作箱中。

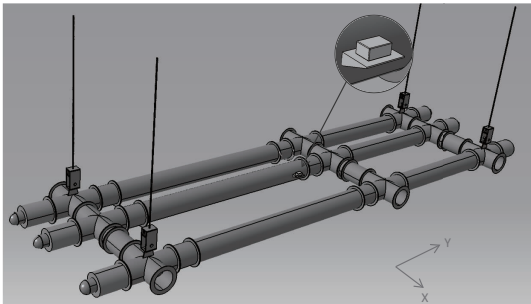


图 7 倾角传感器安装示意图

5 吊装过程

钢管预拼装:计算出需要滑降的高度;该工程滑降高度为 2 800 mm,针对每层下放高度,搭配两根 1.5 m 钢管;在基坑侧的拼装场地,利用连接螺栓连接,上部安装 M12 吊环。

吊装钢管:利用 50 t 汽车吊吊运钢管至穿心千斤顶位置;两个工人用双手旋转钢管,与被千斤顶夹具锚住的钢管连接。

同步下放:启动自动同步下放。完成钢管拼装,上锚松;主千斤顶提升,上锚固定;主顶缩至下限位,此时完成一个行程的滑降。下方系统读取倾角仪数据,判断是否纠偏。如一切正常,这重复上述操作,至规定标高。在该工程的快速支撑滑降过程中,设置行

(下转第 313 页)

的位移量,总体呈现“中间大,两头小”的分布规律,最大水平位移量应出现在冠梁跨中部位附近。这主要是由于冠梁和角撑对排桩桩顶位移具有明显的限制作用。

(2)采用平面整体分析法,对内支撑平面框架进行数值模拟计算,并通过改变冠梁上的荷载分布形式,对不同荷载分布形式作用下的计算结果进行对比分析,再结合现场监测数据和现象,探索冠梁外侧实际的侧压力分布形式。通过 ANSYS 有限元软件对武汉市某基坑支撑系统的平面支撑框架进行数值模拟计算,对比分析了3种荷载分布形式作用下支撑系统的变形和内力,同时结合现场监测数据与现象,得出采用梯形分布形式对支撑系统进行设计相对合理,而采用矩形分布形式进行设计偏于不安全,采用三角形分布形式进行设计则偏于保守。

参考文献:

- [1] 丁翠红.深基坑支护结构上的土压力分布问题研究现状探讨[J].浙江工业大学学报,2009(1):64-68.
- [2] 黄院雄,刘国彬,侯学渊.软土有支护深基坑主动土压力研究[J].地下工程与隧道,2000(3):7-11.
- [3] 陈书申.经典土压力理论的局限与小变位土压力计算的建议[J].土

工基础,1997,11(2):15-21.

- [4] 陆培毅.基坑支护结构的空间分析[J].岩土力学,2004,25(1):121-124.
- [5] 徐日庆.考虑位移和时间的土压力计算方法[J].浙江大学学报(工学版),2000,34(4):370-375.
- [6] 梅国雄,宰金珉.考虑位移影响的土压力近似计算方法[J].岩土力学,2001,22(1):83-85.
- [7] 杨光华.深基坑开挖中多支撑支护结构的土压力问题[J].岩土工程学报,1998,20(6):113-115.
- [8] 俞建霖,龚晓南.深基坑工程的空间性状分析[J].岩土工程学报,1999,21(1):21-25.
- [9] 何昌荣,陈群,富海鹰.两种支挡结构的实测和计算土压力[J].岩土工程学报,2000,22(1):55-60.
- [10] 赵春.深基坑工程的有限元分析及变形预警值的研究[D].南京:南京航空航天大学,2012.
- [11] 刘畅.基坑支护体系空间分析与可视化程序设计[D].天津:天津大学,2000.
- [12] 宋克选.排桩内支撑联合土钉支护体系的数值模拟[D].郑州:郑州大学,2010.
- [13] 施晋.基于 ANSYS 多支点排桩围护结构的计算模拟[D].合肥:合肥工业大学,2006.
- [14] 王英豪.复杂边界条件下多体结构的瞬态热分析[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.
- [15] 杨振钧.深基坑平面支撑框架等效刚度的研究和计算[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006.

(上接第303页)

程为500 mm,单次的下滑高度为2 800 mm,总共循环次数为6次。

锁定就位:支撑模块下放至规定标高,操作穿心千斤顶的上锚固和下锚固。

6 结 语

依靠智能同步穿心千斤顶,该工程在17 min内安全、顺利完成了快速支撑的同步滑降;滑降完成后支撑吊点的高差小于5 cm,快速支撑的倾斜角小于1%,满足滑降支撑的施工要求。

实践证明,穿心千斤顶整体滑降技术的应用保障了快速支撑的质量和安全性,为快速支撑在地铁基

坑标准段的应用提供了技术支撑。

参考文献:

- [1] 成雯桢.滑降式快速预支撑体系设计在深基坑工程中的应用[J].建筑科技,2022(6):78-82.
- [2] 张伟泉.滑降式快速预支撑体系在超深基坑中的应用研究[J].城市道桥与防洪,2022(10):158-161,169.
- [3] 许方方,张文,刘军廷,等.穿心式千斤顶吊放桥梁大底模平台的施工技术[J].建筑施工,2019,41(3):421-423.
- [4] 李孟辉,张申,於波.穿心千斤顶在钢梁架设中的应用[J].云南科技管理,2018,31(5):38-40.
- [5] 杨婧文.穿心千斤顶整体提升技术在钢管桁架整体吊装中的应用[J].节能,2017,36(7):77-80.