

DOI: 10.3785/j.issn.2096-7195.2020.03.009

砂性土地基中深基坑围护方案的优化与实施

蔡信国

(浙江博时市政园林建设有限公司, 浙江 杭州 311215)

摘要: 在软土地区, 传统的深大基坑围护结构的设计方案往往存在造价高、工期长的问题。本文基于某安置房基坑工程, 提出了采用内撑式支护结构结合拉锚式支护结构的优化方案, 结合工程实测结果, 说明通过可回收预应力锚索技术、远距离泥浆泵送运输技术, 可有效降低建设成本、保障工程进度、可为类似条件下的基坑工程设计和施工提供借鉴。

关键词: 基坑; 优化; 可回收锚索; 泥浆泵送运输

中图分类号: TU74

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2020)03-0226-05

Optimization and implementation of retaining structure scheme for deep foundation pit in sandy soil foundation

CAI Xin-guo

(Zhejiang Boshi Municipal Garden Construction Co., Ltd., Hangzhou 311215, China)

Abstract: For the retaining structure of deep and large foundation pit in soft soil area, the traditional design scheme often has the problem of high cost and long construction period. Based on a foundation pit project of temporary dwelling, this paper puts forward an optimization scheme using interior bracing supporting structure combined with pulling and anchoring supporting structure. Combined with the measured results of the project, it is shown that the technology of recoverable prestressed anchor cable and the technology of long-distance mud pumping and transportation can effectively reduce the construction cost and ensure the progress of the project, which can provide references for the design and construction of foundation pit under similar conditions.

Key words: foundation pit; optimization; recyclable anchor; mud pumping and transportation

0 引言

当前, 我国的城镇化进程仍在不断发展中。随着近年来各类“棚改”、“撤村建居”等项目的推进, 各地有大量的安置房工程建设项目。此类项目多为政府投资主导, 对建设成本、建设周期均有较严格的控制要求。

其中, 基坑围护工程作为临时支护工程, 受项目自身特点、场地条件、工程地质条件等因素影响大, 导致不同项目围护成本差异明显。同时, 基坑施工工期对项目总工期也有显著影响。因此从项目总体管理角度出发, 在基坑工程设计阶段和施工阶段进行适当优化是必要且有益的。

本文介绍了某安置房基坑工程设计和施工过程中, 结合项目特点, 通过可回收预应力锚索技术、

远距离土方配制泥浆泵送运输技术的应用, 有效降低了建设成本, 保障了工程进度。过程监测的成果表明了优化措施的安全性和合理性。

1 工程概况与环境条件

该项目建设用地面积为 32 168.07 m², 由 7 幢 25~26 层的高层住宅及其附属配套用房等组成, 总建筑面积为 159 328.02 m², 整体设有 2 层地下室, 地下建筑面积为 56 350.00 m²。

该工程±0.000 为绝对标高 6.800 m, 场地周边自然地坪绝对标高为 5.900 m, 即相对标高为 -0.900 m (下文中标高除注明外, 均为相对标高)。地下室周边地梁均上翻, 具体结构标高情况见表 1。

收稿日期: 2020-06-05

作者简介: 蔡信国 (1970—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事工程管理工作。E-mail: 511159064@qq.com。

表 1 地下室结构标高概况

Tab. 1 Structural elevation of basement

项目	结构标高
地下 1 层楼面	-5.700 m
底板面	-9.200 m
地下车库底板底	-9.900 m
	(含 100 mm 素混凝土垫层, 下同)
主楼筏板底	-10.500 m
电梯井底	-12.300 m
消防集水井底	-13.600 m

综合考虑承台、地梁的平面尺寸和间距, 以及电梯井坑中坑的分布情况等, 设计基坑基底标高分别取为-9.900 m 和-10.600 m, 故设计基坑开挖深度为 9.00~9.60 m, 基坑设计等级为二级。

该基坑东侧距离用地红线约 3.90 m (到基坑上坎线距离, 下同)。用地红线以东为已建市政道路, 市政道路下埋设有雨水管等市政管线, 距基坑边约 20.70 m。

基坑南侧距离用地红线约 1.70 m。用地红线以南为待建规划道路和规划幼儿园, 本项目施工期间用作施工场地, 布置有施工通道、临时办公用房等。

基坑西侧和北侧距离用地红线约 1.50 m。用地红线以外为已建市政道路, 市政道路下埋设有雨水管等市政管线, 距基坑边约 7.90~14.50 m。

项目周边的环境条件如图 1 所示。

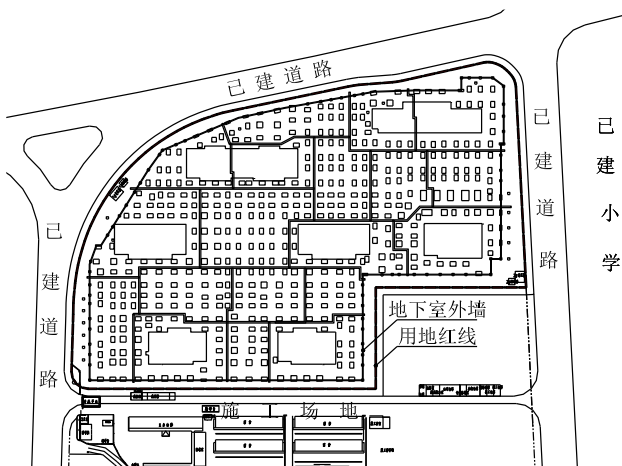


图 1 基坑周边环境示意图

Fig. 1 Schematic diagram of surrounding environment of the foundation pit

2 工程地质条件

拟建场地地貌为钱塘江三角洲冲海积平原, 场地原为绿化用地, 场地内建筑垃圾较少, 地势起伏

不大。基坑开挖深度影响范围内各土层主要物理力学性质指标见表 2 所示。典型地质剖面如图 2 所示。场地地下水主要为第四纪孔隙潜水。潜水含水层为地表下 0.6 m 左右, 场地水文地质条件较为稳定, 与周边地表水及河流水系联系密切。潜水埋藏丰水期较浅, 在钻孔内测得其埋深在地表下 0.3~1.8 m, 相当于国家高程的 4.04~6.27 m 之间, 该层潜水主要受大气降水和河流补给, 地下水位随季节性变化较大, 根据附近水文资料, 丰水期地下水接近地表。

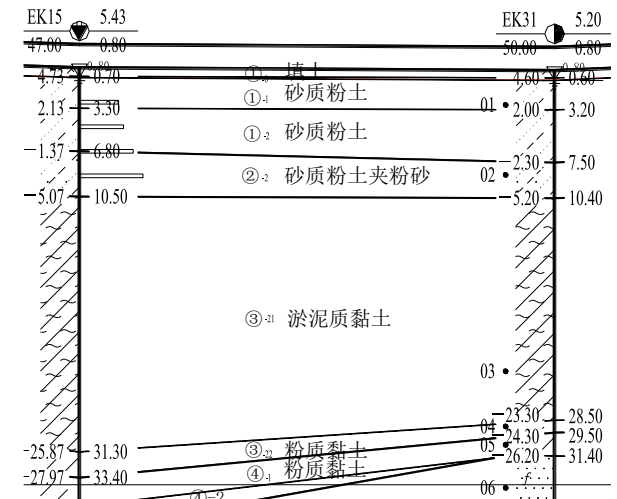


图 2 典型地质剖面图

Fig. 2 Typical geological profile

3 工程特点

综合基坑开挖深度、周围环境条件、土质条件和水文条件等, 该基坑工程具有如下特点:

(1) 基坑开挖面积较大: 东西向长度约为 230 m, 南北向最大宽度约 158 m, 基坑周长约 735 m;

(2) 基坑开挖深度较大: 大面积开挖深度达 9.0~9.6 m;

(3) 基坑形状不规则: 有较大的阳角, 对于围护结构选型和布置有较大影响;

(4) 场地地基土质情况上下差异较大: 开挖深度范围内主要为物理力学性质指标较好的砂质粉土层。但坑底以下为深厚淤泥质土层。该土层抗剪强度低, 对围护结构的内力、变形及稳定影响较大, 但土层渗透性小, 对基坑抗渗流稳定比较有利;

(5) 地下水位埋深浅, 基坑浅部土层渗透系数大, 因此地下水位控制是本基坑工程的关键之一;

(6) 本基坑周边环境条件尚可, 主要保护对象为周边已建市政道路及地下管线。

表2 各土层物理力学参数

Tab. 2 Physical and mechanical parameters of each soil layer

层号	土层名称	w/%	$\gamma/(\text{kN}/\text{m}^3)$	e	地基承载力特征值/ kPa	水平渗透系数/ (cm/s)	固结快剪	
							$\varphi/^\circ$	c/kPa
① ₀	填土	—	—	—	—	—	—	—
① ₁	砂质粉土	29.5	18.69	0.827	95.0	1.5E-05	25.8	4.8
① ₂	砂质粉土	27.3	18.99	0.764	115.0	1.5E-05	26.1	4.8
② ₂	砂质粉土夹粉砂	24.0	19.46	0.674	120.0	1.9E-04	29.1	4.8
③ ₂₁	淤泥质黏土	44.2	17.22	1.254	65.0	—	7.7	12.8

4 围护设计方案优化

常用的围护结构型式包括：(1)放坡开挖；(2)土钉墙和复合土钉墙；(3)水泥搅拌桩重力式挡墙；(4)悬臂式围护结构；(5)内撑式围护结构；(6)门架式围护结构；(7)拉锚式围护结构等。

由于该工程基坑开挖深度较大，坑底以下为深厚淤泥质土层，且周边与用地红线距离较小，不具备放坡开挖、水泥搅拌桩重力式挡墙、悬臂式围护结构和门架式围护结构等型式的适用条件，因而设计初步方案首先考虑采用内撑式围护结构，支撑平面布置形式如图3所示。

该方案具有受力合理、变形易控制、可靠性高、对周围环境影响小等优点。但由于内支撑体量较大，围护造价相对较高，且大量的内支撑及支撑立柱给基坑开挖及地下室结构施工带来不便，导致施工周期相对较长。

考虑到项目的社会效益和经济效益，为确保工期和优化围护造价，经参建各方充分讨论和沟通，在初步设计方案基础上进行了优化：结合该基坑的特殊形状，在基坑西北侧圆弧段及南侧中部采用拉锚式围护结构，其余区域仍采用内撑式围护结构。优化后支撑平面布置形式如图4所示。

拉锚式围护结构通过预应力锚索拉力平衡围护桩受到的土压力，具有受力合理、施工方便、经济等优点。优化方案减少了内支撑数量，可在基坑中形成较大的挖土空间，大大方便挖土施工，加快了施工进度。由于拉锚式围护结构在锚索张拉、锁定后即可形成支护体系，因此可结合工程进度分块开挖、分块回收，不必等全部锚索施工到位后再进行开挖，可有效加快工程进度。

由于该工程地下室外墙与用地红线距离较近，预应力锚索末端需超出用地红线，因此采用可回收

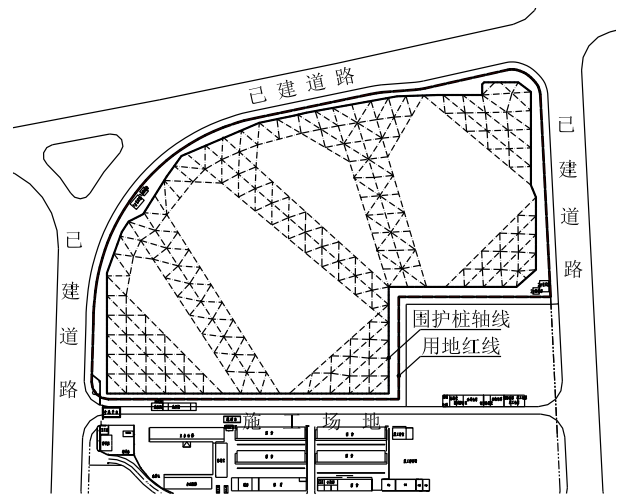


图3 初步方案支撑布置示意图

Fig. 3 Schematic diagram of interior bracing in preliminary scheme

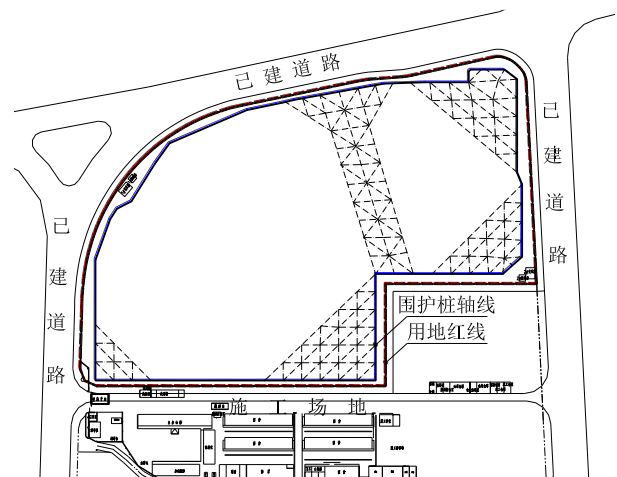


图4 优化方案支撑布置示意图

Fig. 4 Schematic diagram of interior bracing in optimization scheme

旋喷扩孔锚索。通过可回收技术，可在地下室施工结束、土方回填至相应标高后将锚索主筋回收，避免形成地下障碍物；通过旋喷扩孔技术，则可有效增大锚固段直径，确保锚索抗拔力满足设计要求。

此外,还在基坑浅部部分采用复合土钉墙,节省围护钻孔灌注桩桩长,以降低围护工程造价。

综合上述分析,根据“安全、经济、方便施工”的原则,该项目采用内撑式围护结构与拉锚式围护结构相结合的围护结构体系,在具备场地条件的区域,浅部采用复合土钉墙支护,基坑内外采用自流深井进行降水。内撑式围护结构与拉锚式围护结构典型剖面做法分别如图5和图6做法。

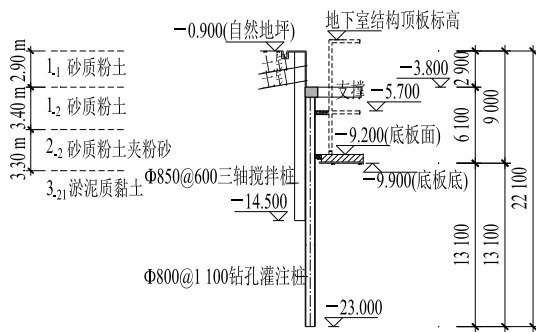


图5 内撑式围护结构典型剖面图

Fig. 5 Typical section of retaining structure with the interior bracing

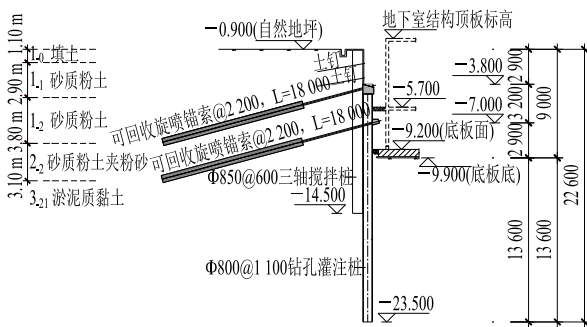


图6 拉锚式围护结构典型剖面图

Fig. 6 Typical section of retaining structure with the pulling and anchoring support

5 土方开挖方案优化

土方开挖是基坑工程中工作量最大、施工组织最复杂、涉及的班组工种最多、施工中各种险情最频繁的的施工阶段,是保证基坑安全和工期的关键。土方开挖通常采用机械挖土、车辆外运的方式进行。该项目基坑开挖土方量大,约23.25万 m^3 ,施工工期紧,因此要求日均出土量较大,但项目所在区域环境保护要求高,扬尘污染控制严,对土方运输车辆行驶的限制条件多,因此传统土方开挖和运输方式难以满足该项目工期及管理的要求。

为解决上述困难,根据场地开挖深度范围内主要为砂质粉土的特点,确定在该项目中采用超远距离土方配制泥浆泵送运输技术进行土方开挖和外

运,其主要技术措施如下:

在基坑内设置一处蓄水池,将蓄水池内的水通过泵体加压冲入现场待开挖土方区域,土体遇水形成泥浆,在形成的泥浆坑中放置抽浆泵,对泥浆进行增压输送。泥浆输送管道自基坑边铺设至卸土点,考虑到卸土点距离项目距离较远,为泥浆输送压力,每隔3公里配置1台增压泵。

该方案在土方开挖过程中无扬尘产生,同时极大的减少了工程车辆运输车次,符合环境保护要求。每组泥浆泵的24h出土量达3000~4000 m^3 ,可满足项目进度要求。

6 过程监测

基坑开挖过程监测是保证基坑安全的一个重要的措施,通过监测可以及时了解围护结构体系的实际受力状况,也可以对设计参数进行反分析,必要时可调整施工参数,指导后续施工,如呈现异常情况则可及时采取措施。

该基坑监测项目如下:

(1) 基坑开挖过程中的周边深层土体水平位移监测:共布置25孔,预警值为50mm,位移发展速率不得连续3d超过3mm/d;

(2) 钢筋混凝土支撑轴力监测:共布置8组,预警值为4500kN;

(3) 可回收式预应力旋喷锚索轴力监测:共布置16点,预警值为300kN;

(4) 基坑周边地下水位观测:共布置25孔,预警值为地下水位稳定后变化幅度超过500mm/d;

(5) 基坑周边道路及地下管线沉降观测。

该工程已顺利完成土方开挖。根据基坑监测成果,在整个土方开挖过程中,各个深层土体水平位移监测孔的变形发展速率稳定,最大累计水平位移为33.28mm,发生于拉锚式围护结构区域,其位移曲线如图7所示。

支撑轴力最大值为3687kN,锚索轴力最大值为209kN。上述各项监测值均小于预警值。基坑施工未对周边市政道路、地下管线等造成明显影响。

7 结 论

该工程的施工及监测结果均表明,可回收式预应力锚索技术和超远距离土方配制泥浆泵送运输技术在该工程中的应用是成功的。

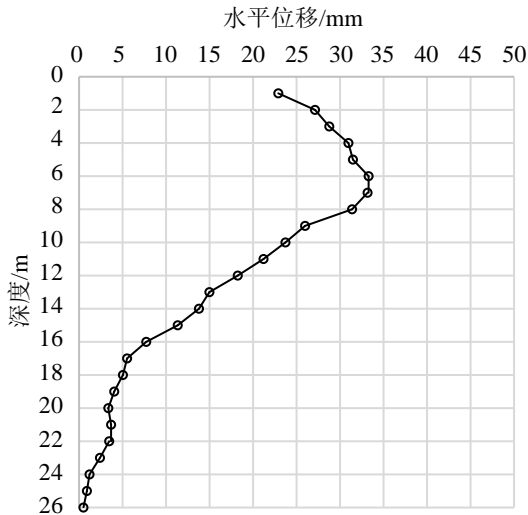


图7 最大累计水平位移曲线

Fig. 7 Curve of maximum cumulative horizontal displacement

对于平面尺寸大、设置内支撑对经济性和工期影响较大的基坑工程,可根据项目实际情况考虑采用可回收式预应力锚索部分替代内支撑,能够显著

减少造价和缩短工期。

在砂性土地基的基坑开挖中应用超远距离土方配制泥浆泵送运输技术,可减少土方运输车次,降低道路运输限制、环保管控措施等对工期的影响,有利于保障基坑开挖施工持续进行,进而使项目工期整体可控。

参考资料

- [1] 龚晓南. 深基坑工程设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [2] 刘国彬, 等. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [3] JGJ 120-2012 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [4] 李红军, 张开普. 可回收式锚杆在基坑支护工程中的应用[J]. 建筑结构, 2019, 49(10): 110-114, 21.
- [5] 朱良锋, 周建军. 水冲法土方开挖施工技术[J]. 建筑技术, 2008, 39(5): 352-353.

【简讯】

《土力学及基础工程实用名词词典》第二版简介

《土力学及基础工程实用名词词典》(浙江大学出版社, 1993)出版20多年来得到了广大读者的欢迎。20多年来我国土木工程建设快速发展,对外交流日益增多,不少设计、施工技术人员承担域外工程。近年来,不少读者希望词典能够再版。为了适应需要,在第一版的基础上组织编写了第二版。第二版对第一版收编的词条进行了修订、补充、完善,收编的汉语词条从723条扩展到1106条。

《土力学及基础工程实用名词词典》(第二版)收录了土力学及基础工程领域的常用词条和相应的英文词条。词条释文力求正确、简明、全面,并尽可能包括设计、施工所需资料。词条索引共有3种:(1)词条分类检字索引;(2)词条拼音检字索引;(3)词条英文检字索引。查阅方便。

《土力学及基础工程实用名词词典》(第二版)内容分30个部分,分别为:(1)综合类;(2)工程地质及勘察;(3)岩土分类;(4)室内试验;(5)原位测试;(6)土的物理性质;(7)渗透性和渗流;(8)应力;(9)位移和变形;(10)固结;(11)抗剪强度;(12)本构模型;(13)岩

土动力性质;(14)地基承载力;(15)地基处理;(16)浅基础;(17)复合地基;(18)桩基础;(19)特种基础;(20)土坡稳定;(21)挡土结构和喷锚结构;(22)堤与坝;(23)土压力;(24)基坑工程与降水;(25)地下工程;(26)动力机器基础;(27)地基基础抗震;(28)土工合成材料;(29)环境岩土工程;(30)其他。

《土力学及基础工程实用名词词典》(第二版)主编龚晓南,副主编谢康和。罗勇博士、连峰博士、李瑛博士、王志达博士、沈扬博士、郭彪博士、吕文志博士、张杰博士、陈东霞博士、史海莹博士、张磊博士、张雪婵博士、黄大中博士等在浙江大学学习期间参与了本词典词条的遴选、编写和校对工作。本词典在编写过程中还得到了浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心同事们的大力支持,陆水琴和王笑笑等同志为本词典的排版、校对等做了许多工作,在此表示感谢。

由于编者水平有限,本词典中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

龚晓南