

深基坑围护设计关键技术研究

盛厚德

锅圈实业发展（上海）有限公司 上海

【摘要】随着房地产市场由过去的“高周转、扩规模、粗放式”增长模式转变为现阶段“保品质、保交楼、保利润”的高质量增长模式，我国城市化进程高速发展阶段过程中的建筑行业红利逐渐消耗殆尽，整个房地产行业进入了深度调整阶段。基坑围护工程因非永久性工程、技术复杂、破坏性大、危险性高、投资额大等特点，对项目的“降本增效”影响越大，建设单位越重视。在确保基坑安全、做好项目开发建设的前提下，做好项目基坑围护的设计选型，减少项目投资，扩大项目收益，成为建设单位在当前房地产市场深度调整阶段的研究重点、难点。

【关键词】围护；安全；效益

【收稿日期】2025年12月18日

【出刊日期】2026年1月8日

【DOI】10.12208/j.jer.20260018

Research on key technologies of deep foundation pit support design

Houde Sheng

Guoquan Industrial Development (Shanghai) Co., Ltd. Shanghai

【Abstract】 As the real estate market shifts from the previous "high turnover, scale expansion, and extensive" growth model to the current high-quality growth model focused on "ensuring quality, ensuring delivery, and ensuring profits", the dividends of the construction industry during the rapid development stage of China's urbanization process have gradually been exhausted, and the entire real estate industry has entered a phase of in-depth adjustment. Due to the characteristics of being a non-permanent project, complex technology, high destructiveness, high risk, and large investment, foundation pit support engineering has a greater impact on the "cost reduction and efficiency increase" of the project, and thus has attracted more attention from construction units. On the premise of ensuring the safety of the foundation pit and well implementing the project development and construction, doing a good job in the design and selection of the project's foundation pit support, reducing project investment, and expanding project benefits have become the key research focuses and difficulties for construction units in the current phase of in-depth adjustment of the real estate market.

【Keywords】 Support; Safety; Efficiency

1 引言

随着我国城市化进程的不断深入，城市发展空间的需求持续攀升，而土地资源却日益稀缺，大量高层建筑、地下轨道交通、地下停车场及大型商业综合体等项目不断涌现。这些工程的建设往往涉及到深基坑，基坑围护作为地下工程施工的重要组成部分，其设计与施工的安全性、可行性、经济性对整个项目的建设成败具有重大的影响。

1.1 研究背景与意义

深基坑工程通常是指为进行地下结构施工而开挖的深度较大的基坑，凡开挖深度 $\geq 5\text{m}$ ，或深度虽不足 5m ，但地质、周边环境情况复杂的，均在此列。

基坑围护作为深基坑工程组成的重要环节，其主要作用是在基坑开挖、地下主体结构施工到基坑回填期间，保证基坑周边土体的稳定性，防止土体坍塌、滑坡等事故的发生，同时有效控制地下水的渗透，确保基坑内施工环境的安全。合理的基坑围护设计选型不仅能够保障工程的安全顺利进行，还能控制工程成本、压缩施工周期，对项目开发的顺利推进与效益提升意义重大。

近年来，伴随建筑技术的稳步迭代与工程实践经验的不断积累，深基坑围护技术也得到了快速发展，出现了多种不同形式的围护结构，如排桩支护、土钉墙支护、SMW工法桩支护、地下连续墙支护等。每种围护

作者简介：盛厚德（1984-）男，硕士，中级职称，项目负责人，从事地产开发。

结构都有其各自的特点和适用范围。

深入研究深基坑围护设计选型对项目建设的作用及影响,具有重要的理论和现实意义。通过对不同围护结构形式的特点、适用条件以及对项目建设各方面影响的分析,可以为建设单位在进行基坑围护设计选型时提供科学的依据和参考,有助于提高深基坑工程的设计水平和施工质量,不仅能保障项目平稳有序推进,还能助力建筑行业迈向可持续发展新阶段。

1.2 国内外研究现状

国外对深基坑围护技术的研究起步较早,无论是理论研究层面,还是实践应用领域,都取得了令人瞩目的成果。在理论研究方面,美国、日本、德国等发达国家已建立起相对完善的理论体系。他们通过大量的工程实践和试验研究,对土压力计算、支护结构力学性能分析等方面有深入的认识。在土压力理论研究中,库仑土压力理论与朗肯土压力理论这两大经典体系的相关研究不断地健全和完善,并考虑了土体的非线性、蠕变等特性对土压力的影响,提出了一些更符合实际工程的计算方法。在支护结构计算理论上,采用先进的有限元、边界元等数值分析方法,能够更准确地模拟支护结构与土体的相互作用,预测支护结构的变形和内力分布。

国内深基坑围护技术的研究和应用随着城市化进程的加快而迅速发展。近年来,大量高层建筑及地下工程陆续开工建设,国内积累了丰富的工程实践经验。在理论研究方面,虽然起步相对较晚,但在借鉴国外先进技术经验的基础上,辅以自主创新探索,也取得了一定的成果。国内学者结合国内的地质条件和工程特点,对土压力计算、支护结构设计等理论进行了深入研究,提出了一些适合国内工程实际的理论和方法。

在技术应用上,国内常见的支护类型包括排桩支护、土钉墙支护、SMW工法桩支护、地下连续墙支护等。其中,土钉墙和排桩由于施工简单、成本较低,应用最为广泛。随着技术的不断进步,一些新型支护技术也逐渐得到应用,如组合式支护结构,将多种支护形式结合起来,充分发挥各自的优势,提高支护效果。在基坑监测方面,国内也逐渐重视起来,采用多种监测手段对基坑的位移、沉降、应力等进行监测,但在监测技术的自动化和智能化水平上,与国外相比还有一定的差距。

尽管国内、外在深基坑围护领域取得了诸多成果,但仍存在一些不足之处。现有的理论和计算方法虽然能够在一定程度上满足工程设计的需要,但由于岩土体的复杂性和不确定性,实际情况与计算结果之间尚

未完全吻合,存在一定偏差。此外,在基坑施工过程中,对环境的影响以及如何实现绿色施工等方面的研究还相对较少,需要进一步加强。

1.3 研究内容与方法

本文主要研究深基坑围护设计选型的依据,以及不同围护结构形式对项目开发在安全性、可行性、施工进度和环境保护等方面的作用及影响。

具体内容包括:对深基坑的定义、特点以及常见的基坑围护形式进行详细阐述,分析每种围护结构的工作原理、优缺点和适用条件;深入探讨深基坑围护设计选型的依据,诸如地质条件、周边环境特征、基坑开挖深度、工程投入成本等关键因素等;通过实际案例分析,对比不同围护结构形式在具体项目中的应用效果,评估其对项目开发的综合影响;提出在进行深基坑围护设计选型时应遵循的原则和方法,为工程实践提供参考。

本文综合运用了多种研究方法,旨在确保研究工作的科学性与结论的可靠性。

文献研究法:广泛查阅国内、外相关学术文献、技术标准及工程实例,系统梳理深基坑围护设计选型的研究现状与发展动态,为本文研究筑牢理论根基并提供实践借鉴。案例分析法:选取具有典型性的深基坑工程案例,深入剖析其围护结构的选型思路、施工实施流程及实际应用成效,提炼可推广的成功经验,同时梳理现存问题与优化方向。

2 支护类型及特点

常用的基坑支护形式包括:放坡式、土钉墙、拉森钢板桩、SMW工法桩、重力式防护墙、悬臂桩、钢筋混凝土水平支撑及地下连续墙等^[1]。各类型的特点如下:

2.1 放坡

当场地开阔,有足够的空间利用时,放坡开挖是一种最经济、最理想的选择,放坡开挖可以充分利用场地条件,减少对周边环境的影响。采用放坡开挖形式的基坑,其开挖深度通常相对较浅,不宜超过5m,此时土体的自稳能力相对较强,放坡开挖可以有效地保证施工安全。当场地无地下水或经过有效的降水处理,使土体处于干燥或低含水量状态时,放坡开挖的可行性也会大大提高,因为地下水的存在会增加土体的重量和孔隙水压力,导致土体抗剪强度下降,由此影响边坡的稳定状态。为了防止土壁塌方,并保证施工人员的安全,当挖方或填方达到规定开挖深度的高程时,在开挖口边沿所出现的相应斜坡,通常用边坡倾斜率或边坡系数表示。

适用于:工程建设区域大、场地尺度不受限、边坡

无负荷或荷载小、无地下水影响或配合自然降雨方案。施工过程中,边坡一般不得超出项目红线。

特点:造价低、安全性高、施工简单、土方开挖量大等特点,要求具备放坡工作面,一般不能超出项目红线范围。每延米造价约 900~1,300 元(仅含税,不含土方)。

2.2 土钉墙

土钉墙支护属原位土体加筋技术,核心工作原理是向土体内植入一定长度、满足相应密度要求的土钉,将土钉与土体紧密结合,形成一个复合土体,从而增强土体的抗剪强度,提升其整体稳定性。

土钉通常以钢筋或钢管为原材料,经钻孔、植入土钉、注浆固化等工序,使土钉与周围土体形成整体受力结构。土钉的作用类似于锚杆,能够承受土体的拉力,并将拉力传递到稳定的土体中。

适用于:多种地质条件和工程环境。在可塑、硬塑、坚硬状态的粘性土、胶结或弱胶结的粉土、砂土、角砾,还有填土及风化岩层等土层中,土钉墙一般都能发挥良好的支护作用。一般情况下,适用于深度不超过 12 米的基坑,但在土质较好、周边环境允许的情况下,也可用于更深的基坑。

特点:施工简单、安全性高、造价低,适用于基坑深度小于 5m,一般地区土钉长度不能超出项目红线范围。每延米工程造价约 1,200~1,500 元(仅含税,不含土方)。

2.3 拉森钢板桩

拉森钢板桩一般是由带有锁口或钳口的热轧型钢加工、组合而成,通过将钢板桩相互连接,形成连续的墙体。其强度高,能够有效抵御较大的土压力和水压力,为基坑支护提供稳固的挡土保障。钢板桩的连接紧密,隔水效果好,能够有效地防止地下水的渗漏。

在一些临时性的基坑工程或对防水要求较高的工程中得到了广泛应用。然而,钢板桩支护也存在一些缺点。在打桩过程中,由于钢板桩的挤土效应,可能会对周边土体和建筑物产生一定的影响,导致土体位移、地面隆起等问题。在拔除钢板桩时,可能会出现带土现象,造成周边土体的松动和地面沉降,需要采取相应的措施进行处理,如在拔桩后及时进行注浆回填等。钢板桩支护一般适用于深度较浅的基坑工程,通常不超过 7m。

特点:硬度大,重量轻、防水防渗性能较好、安装简便、工期短、可反复利用、材料互换性强,有效地降低了对水泥的消耗和实际挖、填土方量,且稳定性好,时效性强。适用于基坑深度小于 5m。基坑深度较深时,

钢板桩易变形,不宜采用。每延米造价约 1,500~2,500 元(单根 SP-IV 型 6m 长,含打拔,不含内支撑)。

2.4 SMW 工法

SMW 工法桩,作为一体化支护结构,通过向水泥土桩中植入 H 型钢等构件,将承载荷载与防渗挡水功能相结合,最终构成同时具备受力和抗渗双重功效的围护墙。

这种工法桩强度大,由于 H 型钢的插入,大大提高了围护结构的承载能力和抗弯刚度。其止水性好,水泥土桩相互搭接形成的连续墙体能够有效地阻挡地下水的渗透。SMW 工法桩还具有经济性好的特点,与地下连续墙相比,在满足工程要求的前提下,可降低工程造价。

适用于:粘性土、砂土、粉土、砂砾土等各类土层,可广泛应用于基坑支护工程。在施工过程中,SMW 工法桩施工过程中基本无噪声污染,对周边环境扰动小,且施工效率高,能够缩短工程的施工周期。但在回收 H 型钢时,可能会遇到一些困难,如 H 型钢与水泥土粘结过牢等问题,需要采取相应的技术措施加以解决。每延米造价约 8,000~12,000 元(仅含税,不含土方)。

2.5 水泥土重力式挡墙结构

水泥土重力式挡墙是通过搅拌桩机将水泥等固化剂与基坑周边土体强制搅拌,形成具有一定强度和整体性的重力式挡土结构,核心靠自身重量和刚度平衡土压力、维持稳定。

特点:现场施工过程中无噪声污染、无震荡、无挤土。沉桩后,由于桩体硬度高、强度大、稳定性好,对周边环境的影响程度较低。当工程桩选用灌注桩时,能够与支护结构同步进行施工,缩减了建设周期、降低了工程造价。

适用于:基坑深度较浅的工程,通常开挖深度不超过 5m。在这个深度范围内,土体的主动土压力相对较小,支护结构自身的强度和刚度能够满足抵抗土压力和变形的要求。每延米造价约 6,000~12,000 元(仅含税,不含土方)。

2.6 悬臂桩灌注桩支护

悬臂桩是一种无需设置支撑或锚杆,依靠自身性能保持稳定的自立式支护结构,其主要依靠嵌入基坑底部一定深度的土体提供的被动土压力来抵抗基坑外侧的土压力和水压力,保持结构的稳定。在受力过程中,悬臂式支护结构的顶部会产生较大的位移和变形,随着基坑深度的增加,其受力情况会变得更加复杂。

特点:施工空间需求小,不影响基坑内部开挖与后

续施工,对周边环境扰动中等;结构受力明确,变形控制能力优于水泥土挡墙,适用深度更广;可在复杂地质中施工,适配性较强。桩身需配置大量钢筋,造价高于重力式挡墙;对嵌固段土层强度要求高,软土地区需增大嵌固深度或采取加固措施;悬臂长度有限,过深基坑易产生较大变形。

适用范围:基坑深度6~12m,地质条件好(如硬塑粘性土、砂卵石层)时可放宽至15m,超过则需搭配锚杆或内支撑。适用于粘性土、粉土、砂土、砂卵石层等多数常见地层,避开深厚软土(需特殊处理)或严重塌孔风险的松散地层。每延米造价约7,000~12,000元(仅含税,不含土方)。

2.7 钢筋混凝土水平支撑

当基坑开挖深度较深,支护结构挡土的水平侧压力较大,需在支护结构上增设一道或数道钢筋混凝土水平支撑,以减少竖向支护结构侧向变形。

可采用加大配筋、加大支撑面的方法,以提高钢筋混凝土水平支撑的强度。作为水平向的混凝土支撑,如能充分发挥材料刚性大、变形小的受力特点,就能确保在地下室施工过程中,周边管线、道路、建筑物等安全。

2.8 地下连续墙

地下连续墙是一种通过在地面上沿着基坑周边,使用专用的成槽设备,经开挖形成狭长深槽后,依次完成钢筋笼吊放与槽内混凝土浇筑。不断循环反复,直到在地下筑成一道连贯的钢筋砼墙体,用作截水、防渗漏、承重等结构。具有刚度大的特点,能够承受较大的土压

力和水压力,在深基坑工程中表现出良好的稳定性。

特点:地下连续墙的开挖深度大,可根据工程需要进行调整,对于各种复杂的地质条件,无论是软土地层还是坚硬的岩石地层,都能有效地进行施工。其隔水性好,能够有效地阻止地下水的渗透,确保基坑内施工区域保持干燥,满足施工作业需求。

适用范围:(1)开挖深度10m以上、重要程度较高的深基坑、超深基坑工程。(2)没有适合的传统支护方式施工作业面,基坑内施工余地很小,基坑外墙距项目规划红线位置很近,无法选择其他支护方式进行施工。(3)对于25~45m等超深基坑,当其他支护形式难以满足施工要求时,一般采用地下连续墙。(4)费用高,安全系数好,一般与建筑物地下主体结构相结合施工。每延米造价约12,000~18,000元(仅含税,不含土方)。

3 工程概况

项目位于上海市闵行区华漕镇,东至洪泾港、南至规划绿地、西至纪翟路、北至双鹤浦,总用地面积约20,001m²,计容面积60,003m²,容积率3.0,规划2栋地上12层、地下2层办公楼,建筑高度不超过60m。

基坑开挖面积大、单层开挖面积约17,000m²,延长米523m,深度10.15m。其中地下室东南侧距离洪泾港最短直线距离为15.01m,东北角距离洪泾港、双鹤浦最小距离分别为16.03m、18.38m,全部在基坑开挖深度影响范围(按2倍开挖深度考虑)内,详见图1。

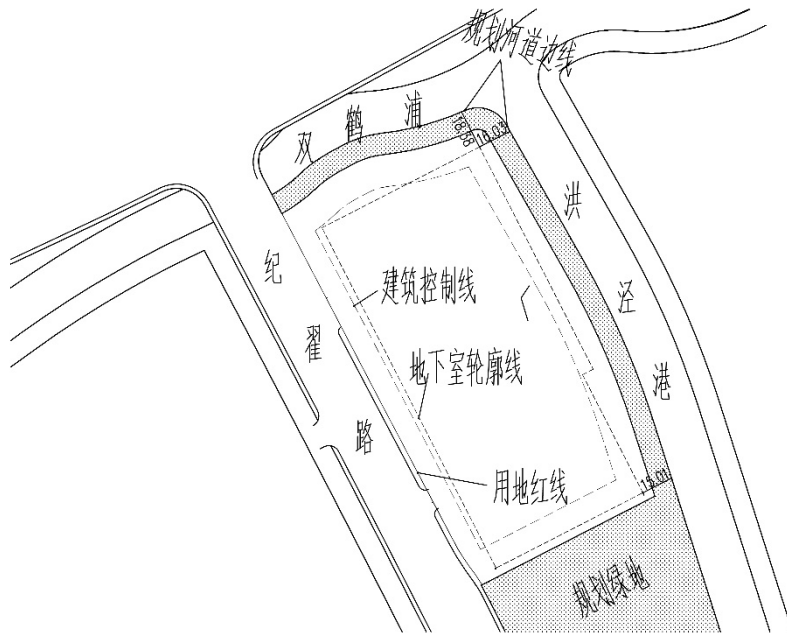


图1 总用地红线图

根据本项目地勘报告显示：(1)虽场地内有淤泥质土层分布，但拟建场地土层分布较为稳定，无滑坡、崩塌、陡坎等不良地质情况。基坑开挖范围内涉及的土层有杂填土（普遍分布在 0.5~2.7 m）、素填土（普遍分布在 0.2~1.6 m）、粉质黏土、黏质粉土、淤泥质粉质粘土，坑底基本位于淤泥质粉质粘土中。(2)承压水：地下水位较浅，水位埋深约 3~7 m，呈周期性变化。(3)障碍物：未发现旧基础、障碍物、管线等。

为了确保项目安全，综合考虑施工的可行性、经济性，建设单位组织设计院、施工单位、监理单位对围护方案进行了设计选型比选、分析、论证，最后主要集中在以下 2 种方案：

方案一：钻孔灌注桩+三轴水泥土搅拌桩止水+二道水平砼内支撑的围护体系；

方案二：SMW 工法+二道水平砼内支撑的围护体系；

项目东临洪泾港、北临双鹤浦，东、北侧河浜对本项目基坑开挖安全影响极大；土方开挖总量约 30 万 m³、2 道水平支撑需换撑、拆除，上海市闵行区属地化土方管控较严、工作日土方外运量较少，地下室施工周期较长。鉴于本场地淤泥质粉质粘土层较厚，SMW 工法桩中 H 型钢回收难度大、止水可靠性低于三轴搅拌桩，

且两道水平支撑条件下 SMW 工法造价优势不明显，故排除方案二：SMW 工法+二道水平砼内支撑的围护体系；最终采用了方案一：钻孔灌注桩采用：φ850@1050，砼 C30；三轴水泥土搅拌桩：φ850@650，水泥含量 20%，详见图 2、图 3、图 4。

项目±0.000 相对于绝对标高 5.400 m，自然场地现状标高 4.700 m。第一道、第二道水平支撑（尺寸 900*800 板顶标高分别为-2.100 m、-6.950 m，详见图 5、图 6。

按照上海市闵行区要求，土方车辆不能直接下地库，为了方便土方运输，在第一道水平支撑上方设置混凝土栈桥：1、板顶标高-1.400 m，板厚 300 mm；2、荷载：单车满载总重不大于 50t，板面均布活荷载不大于 25 Kpa，详见图 5、图 6。

项目基坑开挖面积大、深度 10.15 m，属一级基坑，在确保基坑安全、兼顾经济、施工便利性的情况下，在钻孔灌注桩、三轴水泥搅拌桩及二道水平钢筋混凝土支撑等围护形式选择下，由建设单位牵头组织基坑围护设计、总承包单位、监理单位等，反复进行论证，并先后一次性通过了基坑设计评审、基坑施工评审。

因本项目东至洪泾港、南至规划绿地、西至纪翟路、北至双鹤浦，其中东侧、北侧距离现状河浜较近，在施工过程中委托监测单位做好监测。

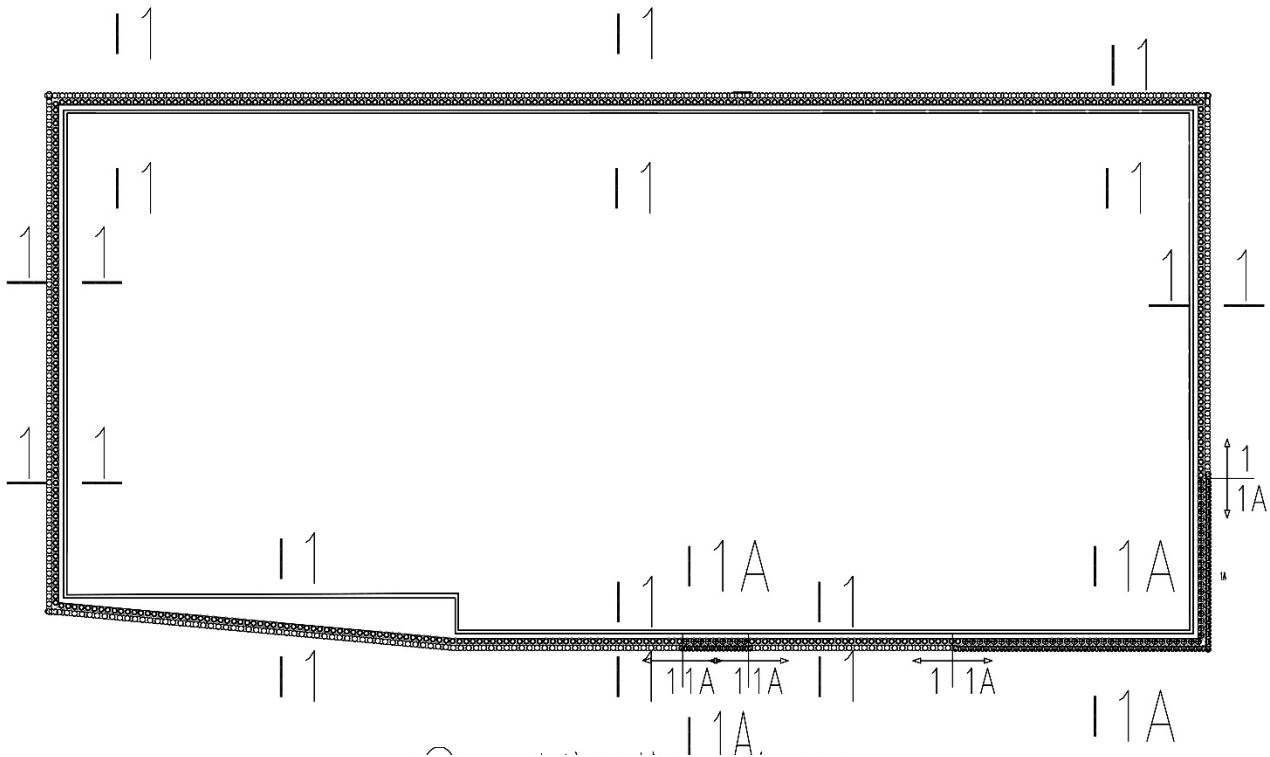


图 2 基坑围护平面布置图

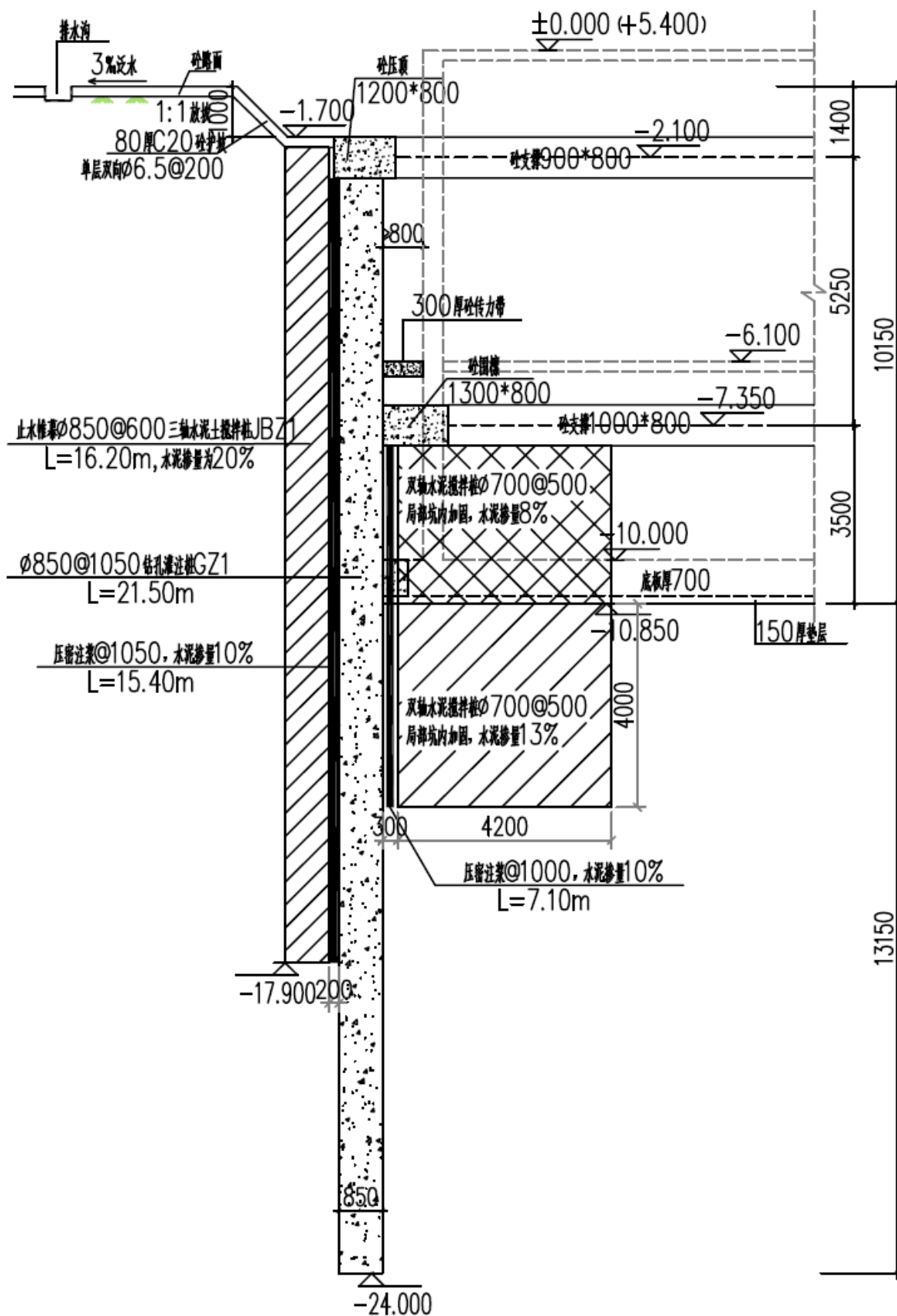


图3 1-1剖面

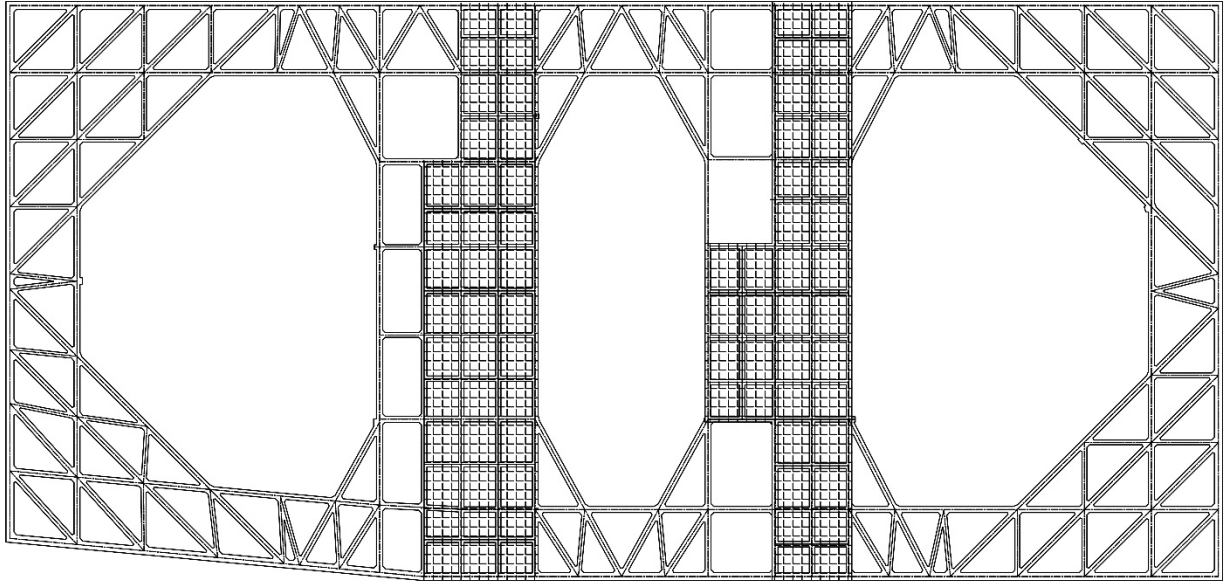


图5 基坑第一道支撑平面布置图

说明：图中  阴影区域为栈桥板区域，板厚 300，栈桥板面设计均布荷载 $\leq 25\text{kPa}$ ；单车总重 $\leq 50\text{T}$ /辆。

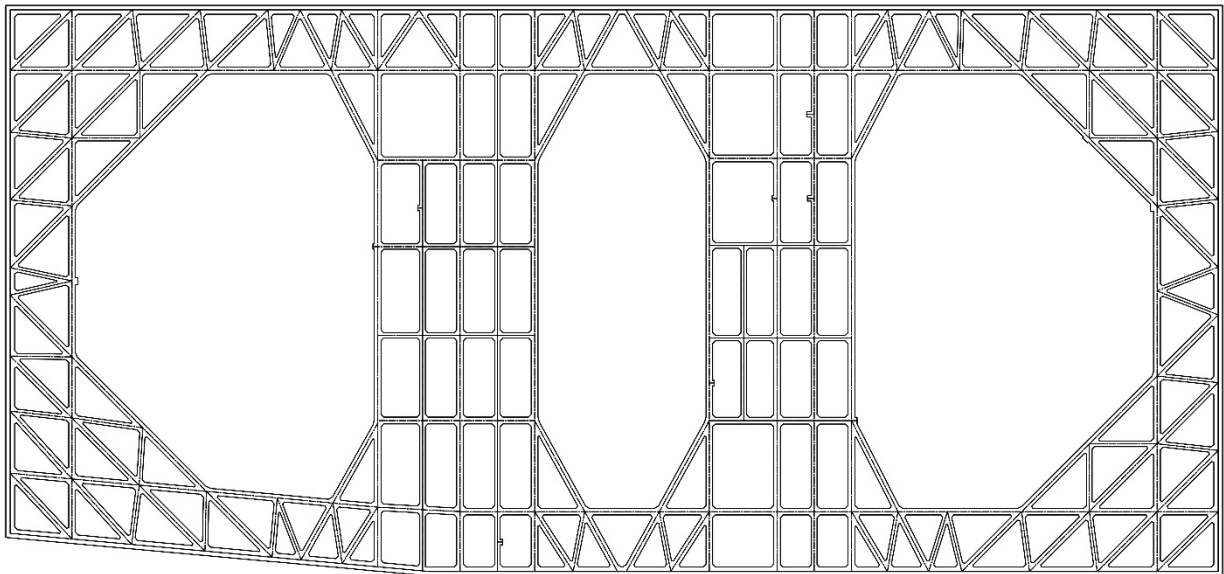


图6 基坑第二道支撑平面布置图

在围护施工过程中，加强对场地周边管线、道路的保护。建设单位委托专门的监测单位对基坑及周边管线、道路、建筑物、地下水等及时监测。提前做好各项应急预案，以防万一。在基坑开挖过程中，项目最大累计水平位移 $\leq 14\text{ mm}$ 、日变量 $\leq 1.5\text{ mm}$ ，累计竖向位移 $\leq 12\text{ mm}$ 、日变量 $\leq 1.2\text{ mm}$ ，均在合格范围内。

施工完成后，实际支护结构结算成本 2,018 万，较目标成本 2,433 万节约造价 415 万。通过支护方案选型的多方案比选，在确保安全的前提下，有效的控制了项

目造价，节约了投资。

4 结语

基坑支护工程，因非永久性、临时性、投资金额大、施工周期短、重要性强等他点，在地产行业严重下行的“活下去”当代，已成为建设单位关注的重点，成为兵家必争之地。做好支护结构设计关键技术的研究，对节省投资、绿色施工，均有十分重要意义。

成本控制的高低、好坏，成为影响项目利润的关键因素。

参考文献

- [1] 黄佳,常晓菲.岩土工程深基坑支护施工中存在问题及改进措施 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2025 (8):181 - 183.
- [2] 李明博,王志强.上海陆家嘴 X2 地块深基坑围护结构选型与稳定性分析 [J]. 建筑技术,2018,49 (11):1189 - 1192.
- [3] 朱吉新.浅析基坑支护方式相关质量进度安全控制 [J]. 湖南省土木建筑学会施工专业学术委员会 2016 年学术年会,2016-10-1.
- [4] GB50497-2009 建筑基坑工程监测技术规范 (S).北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部、中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2009.
- [5] 徐鹏.水泥土搅拌桩在深基坑支护中的应用[J].2010,(5). 87-90.
- [6] 印浩.基于土木工程钻孔桩施工技术分析[J].建筑工程技术与设计.2018,(9).693.
- [7] 庄波,但承波.基于土木工程钻孔桩施工技术分析[J].城市建设理论研究 (电子版) .2014,(35).4055-4056.
- [8] 吴川花.武汉港西管涵深基坑开挖施工技术[J].城市建筑.2019,(14).121-124.
- [9] 郭上加.H 型钢+水泥搅拌桩在泰禾城市广场基坑支护中的应用[J].福建建材.2018,(8).53-54.
- [10] 易强.深基坑围护施工中的质量控制[J].建筑工程技术与设计.2018,(26).1890.
- [11] 陈耀武.关于山尾大桥钻孔灌注桩施工技术的分析[J].城市建筑.2016,(35).309.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

