

市政工程施工中深基坑开挖支护关键技术

尚肖龙¹ 付强² 郭新曼³

1. 济南利诚建设发展集团有限公司; 2. 山东易方达建设管理集团有限公司; 3. 济南历城控股集团有限公司

摘要: 本文概述了市政工程施工中深基坑开挖支护的结构类型、开挖方式、重要性与关键技术。文章首先介绍了锚杆、土钉、护坡桩、地下连续墙和钢板桩等支护结构。接着阐述了放坡、分层、中心岛式和盆式等基坑开挖方式。文章强调了深基坑开挖支护在提供支撑结构、预防土壤塌方和沉降, 以及确保施工安全方面的重要性。最后, 文章探讨了地下探测、地质力学参数测试、支护结构设计和土壤处理等关键技术, 为市政工程施工提供了重要指导。这些技术和方法的应用有助于提高施工效率, 保障工程质量, 为城市基础设施建设贡献力量。

关键词: 市政工程; 深基坑开挖支护; 关键技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.16.029

一、深基坑支护结构类型

(一) 锚杆支护

锚杆支护是一种利用锚杆与砂浆或混凝土黏结力, 将锚杆固定在岩土层中, 形成对基坑侧壁的支护结构。锚杆支护具有施工简便、经济合理、适用范围广等优点。在施工过程中, 需要严格控制锚杆的长度、直径、间距和倾角等参数, 确保支护效果。同时, 还需注意锚杆的防腐处理和施工质量的监控。

(二) 土钉支护

土钉支护是一种通过在基坑侧壁钻孔、注浆并插入钢筋或钢管形成的支护结构。土钉支护能够充分利用岩土层的自稳能力, 提高基坑侧壁的稳定性的。在施工过程中, 需要合理布置土钉的位置和密度, 确保土钉与岩土层的紧密结合。同时, 还需注意注浆材料的选择和注浆质量的控制。

(三) 护坡桩支护

护坡桩支护是一种利用钢筋混凝土桩或钢管桩等形成的支护结构。护坡桩支护具有较高的承载力和稳定性, 适用于地质条件较差或基坑深度较大的情况。在施工过程中, 需要严格控制桩的直径、间距和垂直度等参数, 确保桩的施工质量。同时, 还需注意桩与桩之间的连接和桩顶冠梁的施工。

(四) 地下连续墙支护

地下连续墙支护是一种利用钢筋混凝土墙板形成的支护结构。地下连续墙支护具有整体性好、刚度大、防水性能强等优点, 适用于大型深基坑工程。在施工过程中, 需要合理设计墙板的厚度、配筋和连接方式等参数, 确保墙板的施工质量和整体稳定性。同时, 还需注意墙板与基坑底板的连接和防水处理。

(五) 钢板桩支护

钢板桩支护是一种利用钢板桩形成的支护结构。钢板桩支护具有施工速度快、可重复使用等优点, 适用于临时性支护或地质条件较好的情况。在施工过程中, 需要选择合适的钢板桩型号和长度, 确保钢板桩的打入深度和垂直度。同时, 还需注意钢板桩的防腐处理和拔出后的修复工作。

二、常见的基坑开挖方式

(一) 放坡开挖方法

放坡开挖, 顾名思义, 是在基坑开挖过程中, 根据土壤的力学性质和基坑的深度, 设定一定的坡度进行开挖。这种方式适用于地质条件较好、土壤稳定性较高的场地。其优点是施工简便、成本低廉。然而, 放坡开挖也存在一定的局限性, 如对于深度较大或土壤条件较差的基坑, 放坡开挖可能导致边坡失稳, 进而危及施工安全。在实际应用中, 放坡开挖通常需要结合其他支护措施, 如土钉墙、喷锚支护等, 以增强边坡的稳定性。同时, 施工过程中还需密切监测边坡的变形情况, 一旦发现异常, 应立即采取相应措施进行处理。

(二) 分层开挖

分层开挖是将基坑按照一定深度划分为若干层, 逐层进行开挖和支护的方法。这种方式适用于深度较大、地质条件复杂的基坑。通过分层开挖, 可以有效控制基坑的变形和应力释放, 提高施工的安全性。在进行分层开挖时, 每一层的开挖深度应根据土壤的性质、支护结构的承载能力以及施工条件等因素综合确定。同时, 各层之间的支护结构应紧密衔接, 确保整体稳定性。此外, 施工过程中还需注意及时排水和防止地下水渗入基坑, 以保证施工的顺利进行。与放坡开挖相比, 分层开挖虽然施工成本较高、工期较长, 但其安全性和稳定性更高, 特别适用于对变形和稳定性要求较高的工程。

(三) 中心岛式开挖

中心岛式开挖是一种适用于大型基坑的开挖方法。在此方法中, 首先开挖基坑周边的土方, 形成一个环形的开挖区域, 而基坑中心则形成一个暂时未开挖的“岛”。随着开挖的深入, 逐渐将“岛”缩小, 直至整个基坑开挖完成。这种方法可以有效地控制基坑的变形, 减小对周边环境的影响, 特别适用于对变形要求严格的工程。

(四) 盆式开挖

盆式开挖是一种先对基坑中心进行开挖, 然后逐渐向周边扩展的开挖方法。这种方法适用于基坑深度较大, 且周边环境保护要求较高的工程。盆式开挖可以有效地控制基坑底部的隆起和周边土体的位移, 减小对周边建筑物和管线的影响。同时, 由于开挖过程中形成的

“盆”状结构，还可以在在一定程度上提高基坑的稳定性。

三、市政工程施工深基坑开挖支护的重要性

（一）提供可靠的支撑结构

深基坑开挖支护技术能够为基坑提供可靠的支撑结构。在市政工程施工中，基坑开挖是常见的作业环节，而基坑的稳定性和安全性对于整个工程的顺利进行至关重要。通过采用适当的支护结构，可以有效地支撑基坑侧壁，防止土壤坍塌和滑动，确保基坑的稳定性。同时，支护结构还能够承受来自周围环境的各种荷载，如土压力、水压力等，保证基坑的安全使用。可靠的支撑结构不仅为施工人员提供了安全的工作环境，也为后续的施工工序奠定了坚实的基础。在基坑开挖过程中，施工人员可以在支护结构的保护下进行作业，避免了土壤坍塌等安全事故的发生。同时，支护结构的存在也为后续的基础施工、主体结构施工等提供了有力的支撑和保障。

（二）预防土壤塌方和地面沉降

深基坑开挖支护技术对于预防土壤塌方和地面沉降具有显著效果。在市政工程施工中，由于地质条件、水文环境等因素的影响，基坑开挖过程中往往面临着土壤塌方和地面沉降的风险。这些风险不仅会对施工进度造成严重影响，还可能对周边建筑物、管线等设施造成损害。通过采用适当的支护技术和措施，可以有效地预防土壤塌方和地面沉降的发生。例如，在软弱土层或含水层中开挖基坑时，可以采用注浆加固、搅拌桩加固等深层土壤加固技术，提高土壤的强度和稳定性；在基坑侧壁设置支护结构时，可以采用钢板桩、混凝土灌注桩等支护形式，增强基坑的支撑能力。这些措施的应用可以有效地降低土壤塌方和地面沉降的风险，保障施工的顺利进行。

（三）确保施工安全

市政工程施工中的安全问题一直是备受关注的重点。深基坑开挖支护技术作为确保施工安全的重要手段之一，其重要性不言而喻。在基坑开挖过程中，由于施工环境复杂、作业条件恶劣等因素的影响，施工人员面临着高处坠落、物体打击、机械伤害等多种安全风险。通过采用适当的支护技术和措施，可以有效地降低这些安全风险的发生概率。例如，在基坑周边设置安全栏杆、悬挂安全网等防护措施，可以防止施工人员高处坠落；在施工现场设置警示标志、进行安全教育等措施，可以提高施工人员的安全意识和自我保护能力。这些措施的应用可以确保施工人员在安全的环境中进行作业，保障施工的顺利进行。

四、市政工程施工深基坑开挖支护的关键技术

（一）地下探测技术

1. 地质勘探

地质勘探是地下探测的首要任务，它如同给地球做“CT”，帮助我们了解地下的岩土层分布、土壤性质、岩石风化程度等关键信息。这些信息对于深基坑开挖支

护的设计和施工具有决定性的影响。常用的地质勘探方法有钻探、坑探和地球物理勘探等。钻探是最直接有效的方法，它如同用“针”刺入地下，通过钻取岩芯或土样，我们可以直观地了解地下的岩土情况。坑探则是在地面上开挖小坑，如同打开一扇“窗”，直接观察地下的岩土层。而地球物理勘探则是利用物理原理对地下进行“扫描”，如电阻率法、声波法等，它们可以无损地探测地下的结构和性质。在地质勘探过程中，我们必须严格按照勘探规范进行操作，确保勘探结果的准确性和可靠性。同时，勘探结果应及时整理和分析，为后续的施工设计提供有力支持。

2. 地下设施调查

在市政工程施工中，地下管线的保护是至关重要的一环。这些管线如同城市的“生命线”，一旦损坏，将给城市带来严重的损失和安全事故。因此，在深基坑开挖前，必须对地下的管线、电缆等设施进行详细的调查。调查内容包括管线的类型、直径、埋深、走向等关键信息。常用的调查方法有查阅档案资料、现场踏勘和仪器探测等。查阅档案资料可以了解管线的历史和设计信息；现场踏勘可以直观地观察管线的分布和走向；而仪器探测则可以精确地定位管线的位置和深度。通过地下设施调查，可以准确掌握地下管线的分布情况，避免在开挖过程中损坏管线，造成不必要的损失和安全隐患。同时，对于需要保护的管线，可以提前采取相应的保护措施，如设置警示标志、进行临时支撑等，确保施工的安全顺利进行。

（二）地质力学参数测试

1. 土壤力学性质测试

土壤力学性质测试是地质力学参数测试的重要内容之一。通过测试土壤的抗剪强度、压缩性、渗透性等指标，可以了解土壤的力学性质和变形特性。常用的测试方法有室内试验和现场试验两种。室内试验是在实验室条件下对土壤样品进行测试。这种方法可以控制试验条件，获得较为准确的结果。但室内试验的缺点是难以完全模拟现场的实际条件。因此，在进行室内试验时，应尽量选取代表性好的土壤样品，并合理设置试验条件。现场试验是在施工现场对土壤进行测试。这种方法可以直接反映现场的实际条件，具有较高的可靠性。但现场试验受到环境因素的影响较大，测试结果可能存在一定的误差。因此，在进行现场试验时，应选择合适的测试方法和仪器，并严格按照测试规范进行操作。

2. 建立土壤力学模型

在了解土壤的力学性质后，需要建立相应的土壤力学模型来描述土壤的变形和受力情况。土壤力学模型是支护结构设计和施工的重要依据。常用的土壤力学模型有线弹性模型、弹塑性模型等。线弹性模型假设土壤在受力过程中始终保持线性关系，即应力与应变成正比。这种模型适用于小变形情况下的土壤力学分析。弹塑性模型则考虑土壤在受力过程中的塑性变形，即当应力超过一定值时，土壤会发生不可恢复的变形。这种模型适

用于大变形情况下的土壤力学分析。在实际应用中,应根据具体情况选择合适的土壤力学模型。同时,还需要考虑模型的参数取值问题。参数取值应根据实际测试结果和工程经验进行确定,确保模型的准确性和可靠性。

(三) 支护结构设计

1. 土壤压力计算

土壤压力是支护结构设计的重要参数之一。准确计算土壤压力对于确定支护结构的尺寸和类型至关重要。土壤压力的计算方法主要有经典土压力理论和现代土压力计算方法。经典土压力理论主要包括库仑理论和朗肯理论。库仑理论基于土壤的极限平衡状态,通过假设滑动面的形状和位置来计算土壤压力。朗肯理论则是根据土壤的应力状态和强度参数来计算土壤压力。这些经典理论在工程实践中得到了广泛应用,但由于其假设条件较为理想化,往往无法完全反映实际情况。因此,随着计算机技术和数值分析方法的发展,现代土压力计算方法逐渐得到应用。这些方法主要包括有限元法、有限差分法、离散元法等。这些方法可以更加准确地模拟土壤的力学行为和基坑开挖过程中的应力变化,为支护结构的设计提供更加可靠的依据。在实际应用中,应根据工程的具体情况选择合适的土壤压力计算方法。对于复杂的地质条件和特殊的施工要求,还可以采用多种方法相结合的方式进行分析,以确保计算结果的准确性和可靠性。

2. 支护结构选择

支护结构的选择是根据土壤压力计算结果、基坑深度、周围环境等因素综合确定的。常见的支护结构类型包括锚杆支护、土钉支护、护坡桩支护、地下连续墙支护等。在选择支护结构时,需要考虑多种因素。首先是支护结构的承载能力,必须确保所选的支护结构能够承受土壤压力和其他外部荷载的作用。其次是支护结构的稳定性,需要保证支护结构在施工过程中不会发生失稳或破坏。此外,还需要考虑施工条件、经济成本、工期要求等因素。为了确保支护结构选择的合理性,可以采用多方案比选的方法。即根据工程的具体情况和施工要求,提出多个可行的支护方案,并从技术、经济、安全等方面进行综合评估。通过比较各方案的优缺点,选择最适合的支护结构类型和参数。

(四) 土壤处理技术

1. 岩土改良

岩土改良作为一种常见的土壤处理技术,旨在通过物理、化学或生物方法,改善岩土的物理力学性质,使其更加符合工程需求。软弱土层、松散土层等不良地质条件常常给基坑开挖带来极大的困难。通过土壤加固、土壤置换、土壤排水等岩土改良方法,可以有效地解决这些问题。土壤加固是一种常用的岩土改良方法,通过向土壤中掺入固化剂、胶结剂等材料,提高土壤的强度和稳定性。这种方法适用于处理各种软弱土层和松散土层,可以有效地增加土壤的密实度,提高其承载力和抗剪强度。加固后的土壤能够更好地支撑基坑的开挖和支

护结构的稳定性。土壤置换是另一种有效的岩土改良方法,特别适用于浅层不良土层的处理。通过将不良土层挖除,换填性能较好的土壤材料,可以迅速改善基坑开挖条件。置换后的土壤具有更好的密实度和稳定性,能够为支护结构提供坚实的基础。此外,土壤排水也是岩土改良中的重要环节。在高水位地区进行基坑开挖时,地下水位的控制至关重要。通过设置排水系统,降低土壤中的水位,可以有效地改善土壤的力学性质和稳定性。排水系统可以采用明沟排水、井点降水等方式,确保基坑开挖过程中的土壤干燥,提高施工的安全性和效率。

2. 深层土壤加固

深层土壤加固是针对深层不良土层的一种处理技术,面临着更大的挑战。深层软弱土层、破碎岩层等不良地质条件往往难以处理,需要采用更加专业的加固方法。注浆加固是一种常用的深层土壤加固方法,通过向深层土壤中注入水泥浆、化学浆液等材料,填充土壤颗粒间的空隙,形成固结的土体。这种方法可以显著提高深层土壤的强度和稳定性,增加其承载能力。在实际应用中,注浆加固需要根据不同的地质条件和工程需求进行定制化设计,确保加固效果的最大化。搅拌桩加固是另一种有效的深层土壤加固方法。通过机械搅拌将土壤与固化剂混合均匀,形成具有一定强度和稳定性的复合地基。这种方法适用于处理深层淤泥、软黏土等不良土层,可以显著提高地基的承载力和稳定性。搅拌桩加固在施工过程中需要严格控制搅拌质量、固化剂掺量等参数,确保加固效果符合设计要求。

综上所述,市政工程施工中的深基坑开挖支护技术是确保施工安全、预防土壤塌方和地面沉降的关键。多种支护结构类型如锚杆、土钉、护坡桩等,以及开挖方式如放坡、分层、中心岛式和盆式等,为不同工程需求提供了灵活选择。地下探测技术为施工提供了准确的地质信息,而地质力学参数测试则为支护结构设计提供了科学依据。支护结构设计的合理性直接关系到工程的稳定性与安全性。土壤处理技术的应用则进一步增强了土体的强度与稳定性。因此,在市政工程施工中,应充分认识到深基坑开挖支护技术的重要性,并结合工程实际情况,选择合适的支护结构与开挖方式,确保施工的顺利进行。

参考文献

- [1] 市政工程施工深基坑支护的难点与解决措施[J]. 柴东旺. 散装水泥, 2022(03)
- [2] 市政工程施工深基坑支护施工关键技术[J]. 谢新科. 居舍, 2022(11)
- [3] 市政工程施工中深基坑支护技术及其施工安全管理探讨[J]. 安斌. 工程建设与设计, 2022(05)
- [4] 市政工程施工中深基坑支护技术施工的难点与突破途径[J]. 杨明君. 砖瓦, 2021(09)
- [5] 浅谈市政工程施工中深基坑支护技术施工中的难点与突破途径[J]. 王京. 居舍, 2020(36)