

高边坡条件下建筑深基坑支护结构施工技术应用探讨

何晨飞

广州市市政工程机械施工有限公司

摘要：建筑深基坑工程是一项关键而复杂的工程，特别是在高边坡条件下，其施工过程中存在诸多技术难题和风险。本文主要探讨高边坡条件下基坑支护结构施工技术。通过对高边坡条件下的地质特点、施工难点进行分析，提出相应的支护结构设计和施工方案。通过实践应用，验证了该技术的可行性和优越性，为类似工程提供参考，在建筑深基坑工程中的应用具有重要的意义。

关键词：高边坡；建筑深基坑工程；应用重点

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.04.207

引言

建筑深基坑工程作为一项关乎城市发展和建设的重要工程，其施工过程中面临众多挑战和风险。随着城市化进程的加快，高边坡条件下的建筑深基坑工程日益增多。这类工程地质条件复杂，施工难度大，对支护结构的要求极高。因此，研究高边坡条件下建筑深基坑支护结构的施工技术，对于确保工程安全、提高施工效率具有重要意义。帮助我们重新审视和解决工程中的诸多问题。本文将重点分析组合开挖支护技术在建筑深基坑工程中的应用，探讨其在设计、施工和风险控制等方面的重要性，以期为高边坡条件下深基坑工程的改进和发展提供借鉴和启示。

一、高边坡地质特性与施工难点

1. 高边坡地质特性

高边坡地区的地质构造通常较为复杂，具体表现为以下几个方面：

土层分布不均：高边坡地区往往存在多种土壤类型，这些土壤在厚度、密实度、含水量等方面可能存在较大差异。这种不均匀性给施工带来了很大的不确定性。

软弱土层和不良地质现象：在高边坡地区，软弱土层（如淤泥、泥炭等）和不良地质现象（如断层、滑坡等）较为常见，地质灾害现象容易发生。这些地质条件对基坑的稳定性构成严重威胁。

地下水影响：高边坡地区地下水位较高，且可能存在复杂的地下水流动。地下水对土壤的物理和化学性质有显著影响，进而影响到基坑的稳定性 and 施工难度。

地应力分布复杂：高边坡地区的地应力分布往往较为复杂，这使得基坑开挖过程中的应力重分布难以预测，增加了施工风险。

2. 高边坡施工难点

在高边坡地区进行基坑施工时，面临的难点主要包括以下几个方面：

土方开挖难度大：由于土层分布不均和地质构造复杂，土方开挖过程中可能遇到各种预料之外的情况，如突然遇到软弱土层、遇到地下障碍物等。这些情况都会增加土方开挖的难度和成本。

边坡稳定性问题：高边坡地区自然边坡的稳定性通常较差，施工过程中容易引发滑坡、崩塌等事故。因此，如何确保边坡的稳定性是施工过程中的一大难点。

地下水控制：高边坡地区的地下水对基坑施工有很大影响。一方面，地下水可能渗入基坑，影响基坑的稳定性 and 施工安全；另一方面，地下水位的变化可能对周边环境产生影响，如引发地面沉降等。因此，如何有效地控制地下水是施工过程中的一大挑战。

施工安全问题：由于高边坡地区的地质条件复杂，施工过程中存在诸多安全隐患。例如，土方开挖可能引发滑坡、崩塌等事故；支护结构失稳可能导致坍塌事故；施工现场可能存在高处坠落、物体打击等危险。因此，如何确保施工安全也是一大难点。

二、支护结构类型与设计

1. 类型选择：根据高边坡的地质特性和基坑的开挖深度，选择合适的支护结构类型至关重要。常见的支护结构类型包括土钉墙、锚杆锚索、格构梁、排桩支护、地下连续墙等。各种类型有其适用范围和优缺点，需根据具体情况进行选择或者组合使用。其中，常用的有柱列式混凝土灌注桩：利用并列的混凝土灌注桩组成的支护结构，一般采用人工挖孔或机械钻孔而成，由于施工简单，墙体刚度较大，造价比较低，在浅基坑工程中用的较多。

钢板桩支护墙：采用一种特制的型钢（截面形状一般采用u形或z形），利用打桩机打入地下构成一道连续的板墙。钢板桩支护具有很高的强度、刚度和锁口功能，水密性好，施工简便，能适应多种平面形状和土壤，可减少基坑开挖土方量，有利于施工机械化作业和排水，可以回收反复利用。

混合式支护结构：当基坑工程开挖深度较大或对变形要求较高时，在悬臂结构的基础上，可以通过增加支撑体系或锚拉体系形成混合支护结构，其主要运用形式有桩墙一内支撑、土钉墙等。

土钉墙：是一种充分利用土体自支承能力的支护结构，其作用与被动的具备挡土作用的上述支护墙不同，它是起主动嵌固作用，增加边坡的稳定性，使基坑开挖后坡面保持稳定。

此外，还有重力式挡土墙结构、拱圈式支护结构等类型。

2. 结构设计：支护结构的设计应综合考虑具体的地质条件、荷载要求、施工条件等因素。设计过程中需进行详细的计算和分析，确保支护结构的稳定性和安全性。同时，应注重技术创新和质量监控，提高施工效率和安全性。

三、施工技术与实施方案

科学制定施工设计及施工方案是在施工前期，根据工程项目的具体情况和要求，制定出合理、可行的施工方案。科学制定施工方案有助于确保施工的质量和安

全，并提高施工效率。以下是制定施工方案的主要步骤和考虑因素：研究和评估工程项目的要求。

首先，需要分析和评估施工环境和场地条件。施工环境和场地条件对施工方案的制定起到关键作用。需要分析和评估施工现场的地质、气候、地形等条件，以确定最优的施工方法和工艺。制定施工流程和计划。根据工程项目的要求和场地条件，制定详细的施工流程和计划。明确施工的先后顺序、关键节点、工期安排等，确保施工的顺利进行。确定施工组织和管理措施。制定施工方案还需要确定施工组织和管理措施。包括人员配备、安全措施、质量控制、风险评估等，确保施工过程的安全和质量。风险评估和应对措施。在制定施工方案的过程中，需要进行风险评估，并制定相应的应对措施。预测和解决可能出现的问题和难题，确保施工的稳定性和安全性。定期评估和调整。施工方案在实施过程中，可能需要根据实际情况进行评估和调整。定期检查施工的进展情况，及时做出调整，确保施工的顺利进行。科学制定施工方案是保证工程项目顺利进行的重要步骤。通过研究和评估工程项目的要求、技术性和经济性，分析和评估施工环境和场地条件，制定施工流程和计划，确定施工组织和管理措施，评估和应对风险等，可以制定出合理可行的施工方案，确保施工的质量和安

全，提高施工效率。同时，需要定期评估和调整施工方案，以适应实际情况的变化。

1. 土方开挖技术：在高边坡条件下进行基坑开挖

时，应采用小型机具分层分段开挖的方法，严格控制开挖顺序和速度，避免对边坡造成过大扰动。同时，应采取有效的排水措施，防止地下水对基坑稳定性的影响。

2. 支护结构施工技术：根据设计要求和地质条件，选择合适的施工方法和工艺进行支护结构的施工。例如，对于土钉墙支护，需按照设计要求进行土钉的布置和注浆；对于排桩支护，需精确控制桩位和桩身质量等。对于挡土墙施工，需要控制钢筋混凝土的自身质量，施工过程中应注重质量监控和技术创新，提高施工效率和安全性。

3. 监测与预警技术：为确保基坑和支护结构的安全稳定，应建立完善的监测预警系统。通过布置传感器、定期观测等方式，实时监测基坑变形、支护结构受力等情况。一旦发现异常情况，应立即采取相应措施进行处置，防止事故发生。

四、工程案例与效果评估

1. 工程案例介绍：以花果山周边环境整治改造提升工程勘察设计施工总承包（标段三：花果山车行交通优化工程）项目基坑工程为例，详细介绍其地质条件、基坑设计参数、支护结构选型及施工技术方案等。通过案例分析，展示高边坡条件下建筑深基坑支护结构施工技术的

具体应用和实践效果。

项目地质地形条件：本场地现状为边坡，起伏不平，总体地势北高南低，坡面标高28.00~63.50m，属低山丘陵地貌单元，根据地质勘察结果，河床地质从上至下为卵石层、强风化泥质粉砂岩、中风化泥质粉砂岩。

由于本工程属于高边坡条件下的深基坑工程，现场地势起伏大存在35.5m的高差，无法满足大型机械作业要求。因此在复杂地形边坡开挖中保证安全同时，解决作业施工流程为：施工准备，测量放线，从施工便道移动至基坑顶建立工作平台，坑顶小放坡注浆锚杆挂网喷砼→钢管灌注桩施工→分层开挖土方至第一层台阶底，喷砼护面→施工锚杆，分层挂网喷砼→待达到设计强度要求后继续开挖土方至第二层台阶底部，施工60cm厚钢筋混凝土板、暗梁和内支撑，施工压顶梁、挡水板和安全防护栏；如此循环，直至施工至基坑底部形成完整阶梯式结构。

施工创新技术主要为：

(1) 采用钢管混凝土桩+注浆土钉的预支护形式，保证基坑在开挖过程中坡顶挡土墙及边坡的整体稳定性。测量放线：由测量工程师根据施工图放出钢管桩定位线，打入木桩定好桩位，并做好水准点及引桩。采用履带式液压潜孔钻机。平整清理场地：根据设计要求放

出基坑边线及定出桩位,安装钻机进行成孔作业,检查并保护成桩,施工过程控制垂直度和深度要求。钢管桩内注浆体强度要求不小于30MPa,施工前现场采用42.5R普通硅酸盐水泥,调配水灰比为0.45~0.55水泥浆,并采用泥浆比重计进行确认,注浆压力不低于0.3Mpa,注浆管下至孔底后提起300mm,进行开放式注浆,直至孔口冒出纯浆为止;注浆从孔底开始,边注边拔,保证浆体密实。待浆体沉淀初凝,及时对管壁内外作补浆处理,使桩孔完全充盈。钢管桩施工过程中,对钻孔深度、钢管长度、注浆管长度、注浆压力、注浆量关键工序进行控制钻机过程中严格按照上下两段钢管之间采用套管连接。待土钉墙达到强度时进行冠(腰)梁钢筋混凝土、内支撑和600厚钢筋混凝土板施工。

(2)提出一种新型组合支护形式,采用小型机械和人工配合形式,解决在高边坡条件下的深基坑施工,减少开挖面暴露时间,提高基坑开挖稳定性。现场作业小型挖掘机及钢管桩机宽度都在2m以内,为满足安全与基本操作需求,项目施工便道参照环山公路的做法,综合考虑现场台阶按2m宽度提前由挖掘机进行施工并硬化。与传统的基坑先“支护结构施工”再“土方开挖”施工顺序不同,本工程施工地受限,无法进行大范围开挖作业,通过“预支护”为施工提供作业面,才能进行下一道工序。因此首先进行灌注钢管桩外支护施工,再分层开挖至下一层底部,进行挂网喷混凝土及施工注浆土钉,直至支撑位置,施工600mm钢筋混凝土板及内支撑的内支护结构。按上述“开挖”及“内支护”工序循环施工开挖至基坑底,形成九级台阶结构,保证高边坡及基坑的稳定性。

(3)通过BIM技术模拟,本工程属于土质高边坡条件下的深基坑工程(高度大于20m以上),项目施工周期长,周边存在众多居民小区楼和重要光纤电缆,开挖深度大,对变形控制要求高,因此项目在施工前特别进行BIM施工全过程模拟,针对开挖过程关键工序中人、机、料需求进行提前布置和内部及周边管线是否冲突进行分析。对照现场实际情况,总结高边坡基坑组合类型施工工艺关键控制技术和要点,为后续高边坡基坑施工提供参考。

基坑监测:本项目属于高边坡条件下的深基坑工程,支护结构安全等级为一级,边坡最大开挖深度约28.5m,为保证项目施工过程安全推进,建设单位委托第三方监测单位对边坡开挖全过程进行监测,因此在坡顶和侧壁分别设置了测斜管(CX-5)和(CX-1),对坡顶及周边沉降位移进行监测,对内支撑设置轴力计,根据最近一期监测报告揭示,边坡已经趋于稳定,深层水平位移最大不超过10mm,各项变形指标及轴力均在设计

允许范围内,满足变形控制要求。由此, Φ 203钢管+挂网喷砼+注浆土钉600mm混凝土板+多道钢筋混凝土内支撑刚性支护形式满足复杂地形中高边坡基坑开挖要求,可以有效的在变形控制较高的项目进行施工,为后续市区内复杂环境的基坑开挖项目提供一种施工参考。

2.效果评估:在复杂地形高边坡基坑施工中,采用采用 Φ 203钢管+挂网喷砼+注浆土钉600mm混凝土板+多道钢筋混凝土内支撑进行支护,并针对地形特征模拟“环山公路”优化施工便道,有效解决高边坡基坑开挖施工作业面不足的问题。施工前进行BIM全过程模拟开挖,对过程中关键工序的进行提前有效分析,结合施工监测数据进行反馈,对施工全周期进行控制,不但使施工安全及质量得到很好的控制,而且使施工难度大大降低,同时也降低了工程施工对周边环境产生的影响。

采用本施工工艺不仅解决了复杂地形高边坡基坑开挖难度大、危险系数高的问题,同时选用小型设备、人工环保施工,施工灵活,效果显著,施工费用低,优化后的施工便道后对降低施工过程中人、机、料的损耗有明显的效果,有效地降低了施工的成本。本工程节约工期、节省材料等,共计节约22万元成本。

结语

本文通过对高边坡条件下建筑深基坑支护结构施工技术的深入研究和实践应用探讨,得出以下结论:在高边坡条件下进行建筑深基坑工程时,应充分考虑地质特性和施工难点,选择合适的支护结构类型并进行科学设计;在施工过程中应注重技术创新和质量监控,确保工程的安全稳定;建立完善的监测预警系统对于预防事故具有重要意义。展望未来,随着科技的不断进步和创新发展,高边坡条件下建筑深基坑支护结构施工技术将不断完善和提高,为工程建设提供更加可靠的技术保障。

参考文献

- [1]姚士威,吕金刚,邵珠令,等.老城区临近建筑深基坑逆作法施工技术[J].建筑科技,2021,5(5):3.
- [2]马敬.高层建筑深基坑顺逆作法综合施工技术研究[J].工程机械与维修,2021(4):2.
- [3]王守贞.深基坑逆作法支承钢管柱施工技术[J].江西建材,2020(1):2.
- [4]陆宁.深基坑逆作法在岩层地区的应用[J].建筑施工,2020,42(8):3.
- [5]陈加才.BIM技术在闽投营运中心逆作法工程中的应用[J].城市建筑,2021,18(35):3.
- [6]吴昌将,彭杰,易礼,等.上海沪东文化中心深基坑大开口逆作法设计及实践[J].南通大学学报:自然科学版,2021,20(1):7.