

水利工程中节制闸基坑支护及开挖土体变形特征研究

张晓磊 张勇虎 唐沛宸

江苏省水利建设工程有限公司 江苏 扬州 225000

摘要: 本文分析了基坑开挖过程中土体变形的两大特征: 基坑周围地层移动和坑底土体隆起, 并探讨了其在水利工程中节制闸基坑支护技术中的应用。详细介绍了预压支护、锚杆支护、喷锚支护、土钉墙支护及钢板桩支护等技术的原理、优势及应用注意事项。通过合理选用基坑支护技术, 可有效控制基坑变形, 确保水利工程的安全与质量。

关键词: 水利工程; 节制闸基坑支护; 开挖土体; 变形特征

引言

基坑开挖是水利工程建设中的重要环节, 而基坑支护技术则是保障基坑稳定性和施工安全的关键。随着水利工程的不断发展, 基坑支护技术也在不断创新和完善。本文旨在探讨基坑开挖土体变形特征, 并重点分析水利工程中节制闸基坑支护技术的应用, 以为类似工程提供参考和借鉴。通过深入分析不同支护技术的原理、特点及适用条件, 为工程实践提供理论依据和技术支持。

1 基坑开挖土体变形特征分析

1.1 基坑周围地层移动

基坑开挖引起的周围地层移动, 是土体与围护结构相互作用的直接结果。这种移动不仅关乎围护结构的稳定性, 还直接影响到周边建筑物、地下管线等设施的安全。随着开挖的深入, 围护结构的水平位移呈现出动态变化过程。初期, 无论是刚性还是柔性墙体, 均因失去侧向支撑而向内倾斜, 形成典型的三角形分布模式。刚性墙体的这种位移模式较为稳定, 而柔性墙体在增设支撑后, 其位移趋势得以调整, 甚至可能逆转, 表现出墙顶位移受控或向外微移, 墙体腹部因支撑作用向基坑内凸出现象, 这体现了支撑系统对柔性墙体位移控制的有效性。此外, 周围地层的移动还受到地下水位、土质条件、开挖速度等多重因素的影响。地下水位的变化会引起土体的有效应力重分布, 加剧地层的移动; 而土质条件的差异则决定了土体对开挖扰动的敏感程度, 如软土地区更易发生显著的地层移动。因此, 在基坑开挖过程中, 需密切监测周围地层的变形情况, 及时调整施工方案, 确保基坑稳定及周边环境安全。

1.2 坑底土体隆起

坑底土体的隆起是基坑开挖卸载后土压力释放的必然结果。随着开挖深度的增加, 坑底土体的应力状态发生显著变化, 导致土体发生向上位移。初期, 由于开挖

深度较浅, 土体表现出弹性隆起的特征, 隆起量集中在坑底中部。然而, 随着开挖的进一步深入, 坑底土体的塑性变形逐渐显现, 隆起形态也发生转变。对于宽基坑而言, 由于两侧土体的约束作用减弱, 隆起量逐渐向两边扩展, 形成两边大中间小的分布格局; 而对于窄基坑或长条形基坑, 由于土体间的相互挤压作用较强, 隆起量仍集中在中部。过大的坑底隆起不仅会影响基坑的稳定性, 还可能对周边建筑物造成不利影响。因此, 在基坑开挖过程中, 需采取有效措施控制坑底隆起, 如设置坑底加固、采用合适的开挖顺序和速度、加强监测与预警等, 以确保基坑开挖的安全进行^[1]。

2 水利工程中节制闸基坑支护技术的应用

2.1 预压支护技术

在水利工程建设中, 节制闸起着至关重要的作用。而节制闸基坑支护技术的合理应用, 直接关系到工程的安全与质量。其中, 预压支护技术作为一种重要的基坑支护手段, 在水利工程中得到了广泛的应用。

预压支护技术主要是通过向基坑周围堆载预压, 使土体中的孔隙水压力逐渐消散, 土体逐渐固结, 从而提高土体的强度和稳定性。在水利工程中, 预压支护技术通常用于软土地基的基坑支护。首先, 在应用预压支护技术之前, 需要对基坑周围的地质条件进行详细的勘察和分析。了解土体的物理力学性质、地下水位、土层分布等情况, 为预压方案的设计提供依据。根据勘察结果, 确定预压荷载的大小、加载方式和加载时间等参数。预压荷载的大小一般根据土体的承载力和基坑的深度来确定。如果荷载过小, 可能无法达到预期的加固效果; 如果荷载过大, 可能会对周围环境造成不良影响。加载方式可以采用分级加载的方式, 逐渐增加荷载, 以避免土体产生过大的变形。加载时间一般根据土体的固结时间来确定, 通常需要几个月甚至更长的时间。在加载过程中, 需要对土体的变形和孔隙水压力进行监测。

通过监测数据,可以及时了解土体的固结情况和预压效果,以便调整加载方案。同时,还需要对周围建筑物和地下管线等进行监测,确保其安全。

当土体的固结度达到设计要求后,可以进行卸载。卸载过程也需要分级进行,避免土体产生突然的变形。卸载完成后,可以进行节制闸的施工。预压支护技术具有以下优点:一是施工简单,成本较低;二是可以有效地提高土体的强度和稳定性,保证基坑的安全;三是对周围环境的影响较小。然而,预压支护技术也存在一些不足之处。一是预压时间较长,可能会影响工程的进度;二是预压效果受到土体性质和加载方式等因素的影响,存在一定的不确定性。

2.2 锚杆支护技术

锚杆支护技术作为水利工程节制闸基坑支护的重要手段,其核心价值在于高效稳定地提升岩土体的整体承载能力,确保基坑施工及后续运营的安全稳定。该技术通过深入稳定地层的锚杆,构建起一道坚固的“力学链条”,将基坑侧壁承受的复杂应力有效传递并分散至深层稳定岩土体中,从而显著增强了基坑的抵抗变形能力。

在水利工程的特殊环境下,锚杆支护技术展现出了非凡的适应性。面对高水压、大土压力等极端条件,锚杆支护不仅能够提供持续而强大的支护力,还能根据地质条件的差异灵活调整支护方案。例如,在软土地基中,通过施加预应力,锚杆能够主动增强土体的抗剪强度和整体稳定性,有效遏制基坑侧壁的滑移趋势;而在硬岩地层,锚杆则能利用其卓越的锚固性能,与喷射混凝土等辅助措施相结合,形成更加稳固的支护结构,确保基坑的安全开挖。

施工便捷性也是锚杆支护技术的一大亮点^[2]。相较于其他支护方式,锚杆支护的施工流程更为简洁高效,主要包括钻孔、锚杆安装与注浆等关键步骤。这些工序所需设备相对简单,操作技术成熟,能够显著缩短施工周期,降低对工程进度的影响。同时,锚杆支护施工过程中的噪音和振动较小,对周围环境的干扰有限,符合现代水利工程建设对绿色施工、和谐共生的追求。地质勘察的精准性直接关系到锚杆支护方案的科学性与合理性,必须予以高度重视。在锚杆参数设计上,需综合考虑基坑深度、土压力分布、岩土体性质等多重因素,确保锚杆的长度、直径、间距等参数能够满足实际支护需求。此外,施工质量的控制同样至关重要,必须确保钻孔精度、锚杆安装质量及注浆密实度等关键指标达到设计要求,以保障锚杆支护体系的整体稳定性和耐久性。

2.3 喷锚支护技术

喷锚支护技术是将喷射混凝土、锚杆等相结合的一种主动支护体系。它通过在岩土体表面喷射混凝土,形成一层硬壳,提高岩土体的表面强度和稳定性;同时,锚杆深入岩土体内部,将岩土体与稳定的地层连接起来,共同承受土压力和水压力等外力作用。首先,喷锚支护技术具有良好的适应性。在不同的地质条件下,如软土、砂土、岩石等,喷锚支护技术都能根据实际情况进行调整和优化,以满足工程的需求。对于水利工程中的节制闸基坑,往往会遇到复杂的地质条件和水文环境,喷锚支护技术能够有效地应对这些挑战,确保基坑的稳定。其次,喷锚支护技术能够提供较大的支护力。锚杆的锚固作用可以将岩土体中的应力传递到深部稳定地层中,从而减小基坑侧壁的变形。喷射混凝土则可以及时封闭岩土体表面,防止岩土体的风化和剥落,同时也增加了岩土体的整体强度。两者相结合,能够为基坑提供强大的支护力,保证工程的安全进行。再者,喷锚支护技术施工方便快捷。喷射混凝土可以采用机械喷射的方式,施工速度快,效率高。锚杆的施工也相对简单,可以采用钻孔、安装锚杆、注浆等工序,施工设备轻便,操作灵活。与传统的支护技术相比,喷锚支护技术能够大大缩短施工周期,降低工程成本。

在具体应用喷锚支护技术时,需要注意以下几个方面。一是要做好地质勘察工作。准确了解基坑周围的地质条件、水文情况和岩土体的物理力学性质,为喷锚支护的设计和施工提供依据。二是合理设计喷锚支护参数。根据基坑的深度、土压力大小、岩土体性质等因素,确定喷射混凝土的厚度、强度等级,锚杆的长度、直径、间距、倾角等参数,确保喷锚支护的效果。三是严格控制施工质量。在施工过程中,要保证喷射混凝土的配合比准确、喷射均匀、厚度符合要求;锚杆的安装要牢固,注浆要密实,确保锚杆与岩土体的有效连接。

2.4 土钉墙支护技术

土钉墙支护技术,作为水利工程节制闸基坑支护的一种高效且经济的解决方案,其优势在于将天然土体与土钉及喷射混凝土面板巧妙结合,构建成一个稳固的支护体系,有效抵御墙后土压力,保障基坑安全。该技术不仅在经济性、适应性及施工速度上展现出显著优势,更在细节处理上体现了对工程质量的严格把控。

从经济性角度看,土钉墙支护技术凭借其低廉的材料成本、简单的制作工艺以及高效的施工方式,成为水利工程项目中控制成本的有效手段。相较于其他复杂的支护结构,土钉与喷射混凝土面板的组合既减少了材料消耗,又降低了对大型机械设备的依赖,从而大幅降低

了施工成本，特别适用于资金有限的工程项目。

在适应性方面，土钉墙支护技术以其广泛的适用范围著称。无论是松软的砂土、黏重的黏土，还是粉土等其他类型土壤，土钉墙都能通过调整土钉参数、优化支护设计来适应不同的地质条件。这种灵活性确保了土钉墙在复杂多变的水利工程地质环境中仍能发挥出色的支护效果，保障基坑稳定。

施工速度之快，同样是土钉墙支护技术的一大亮点。土钉的安装与喷射混凝土面板的施工可并行不悖，互不干扰，大大提高了施工效率。加之该技术对施工场地要求不高，无需大型设备进驻，进一步缩短了施工周期，为水利工程项目抢抓工期提供了有力支持。

要充分发挥土钉墙支护技术的优势，还需在设计与施工过程中严格把控各个环节。地质勘察是基础，只有准确把握基坑周边的地质情况，才能为土钉墙的设计提供科学依据。土钉参数的设计需综合考虑基坑深度、土压力大小及地质条件等因素，确保支护体系的稳固可靠。同时，施工质量的控制同样不容忽视，从土钉的安装到混凝土面板的喷射，每一道工序都需严格把关，确保支护体系的整体性能达到预期目标。

2.5 钢板桩支护技术

钢板桩支护技术在水利工程建设中的应用，不仅是对传统支护方法的一种革新，更是对工程质量、安全及效率提升的重要贡献。该技术凭借其独特的优势，在复杂多变的水利工程环境中展现出了强大的适应性和可靠性。首先，钢板桩支护技术的挡土能力卓越，这得益于其高强度与刚度的材料特性。在水利工程的节制闸基坑施工中，面对深基坑、高土压力及复杂地质条件，钢板桩能够像一道坚固的屏障，有效抵御外部土体的挤压，保证基坑的稳定与安全。同时，其高刚度还能减少因基坑开挖引起的周围土体变形，保护邻近建筑物和地下管线的安全。其次，止水效果的显著是钢板桩支护技术的另一大亮点。通过精密设计的锁口连接系统，钢板桩之间形成了紧密的防水屏障，有效阻止了地下水的渗透^[3]。在水利工程中，地下水的控制直接关系到工程的稳定性

和耐久性。钢板桩支护技术的这一特性，不仅降低了基坑内积水的风险，还减少了因地下水作用引起的土体失稳问题，为工程顺利进行提供了有力保障。

在实际应用中，钢板桩支护技术的成功实施离不开精细的施工管理和严格的质量控制。地质勘察作为首要环节，其准确性直接影响到后续设计与施工的合理性。通过详细的地质勘探，可以精确掌握基坑周边的地质条件，为钢板桩的选型、布置及施工参数的确定提供科学依据。在钢板桩的选型与配置上，需综合考虑基坑深度、土压力分布、地下水状况及工程成本等因素，确保所选钢板桩既能满足支护要求，又能实现经济效益最大化。同时，施工过程中需严格控制钢板桩的打入深度、垂直度及锁口连接的紧密度，通过采用先进的施工设备和精确的施工工艺，确保钢板桩墙的整体稳定性和止水效果。由于钢板桩可重复使用，大大减少了建筑垃圾的产生，降低了对环境的污染。此外，随着施工技术的不断进步和新型材料的研发应用，钢板桩支护技术在提高施工效率、降低能耗、减少碳排放等方面也将展现出更大的潜力。

结束语

综上所述，基坑开挖土体变形特征及节制闸基坑支护技术的应用是水利工程建设中的重要内容。通过合理选择和应用基坑支护技术，可以有效控制基坑变形，保障工程的安全与质量。未来，随着科技的不断进步和工程实践的不断积累，基坑支护技术将更加成熟和完善，为水利工程建设提供更加坚实的技术支撑。同时，也需要我们不断学习和探索，以适应不断变化的工程需求和挑战。

参考文献

- [1]朱宇琦,王正飞.水利工程中节制闸基坑支护及开挖土体变形特征研究[J].水利科技与经济,2023,29(10):69-73.
- [2]黄斌,冯明,曹宇.桩列式连续墙深基坑支护施工技术[J].中国科技信息,2021(06):46-48.
- [3]王泽源.水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J].产业与科技论坛,2022,21(16):45-46.