

# 水利工程中的深基坑支护技术研究

姜攀

长江工程监理咨询有限公司(湖北) 湖北 武汉 430010

**摘要:** 本文围绕水利工程中的深基坑支护技术展开研究。阐述深基坑概念,指出其与大型水利设施紧密相连。分析水利工程深基坑水土条件复杂、基坑深度大、施工对环境影响大等特殊特性。详细介绍桩锚、土钉、锚固、地下连续墙、逆作法等常见支护技术及其优缺点。探讨深基坑支护技术的风险评估方法,强调建立健全安全管理制度对保障施工安全的重要性。

**关键词:** 水利工程;深基坑支护技术;安全管理

## 1 水利工程中深基坑的概念

在水利工程建设领域,深基坑是一个极为关键且具有特定内涵的概念。深基坑通常是指开挖深度超过一定标准(一般在5米及以上),或者虽未超过5米,但地质条件、周围环境和地下管线复杂,或影响毗邻建筑(构筑物)物安全的基坑。其开挖深度并非简单的垂直距离衡量,而是综合了工程所在地的地质特性、周边建筑物分布状况、地下水位高低以及工程建设目标等多种因素后的判定结果。水利工程的深基坑往往与大型水利设施建设紧密相连,如大坝、水闸、泵站等。这些深基坑不仅深度大,而且规模通常也较为可观,可能涉及大面积的土方开挖和复杂的施工流程。在开挖过程中,由于基坑深度较深,土体的应力状态发生显著变化,原有的土体平衡被打破,这就给基坑的稳定性带来了诸多挑战。同时深基坑的施工过程还需要充分考虑周边环境因素,避免对周围的建筑物、地下管线等造成不利影响。

## 2 水利工程深基坑的特殊性

### 2.1 水土条件复杂

水利工程所处的地理位置决定了其深基坑面临的水土条件极为复杂。与一般建筑工程相比,水利工程往往靠近江、河、湖、海等水体,地下水位通常较高,这使得基坑在开挖过程中极易受到地下水的影响。地下水不仅会增加土体的含水量,降低土体的抗剪强度,导致基坑边坡失稳,还可能引发流砂、管涌等严重的地质灾害,给工程施工带来巨大的安全隐患<sup>[1]</sup>。为了解决这一问题,施工单位不得不采取紧急措施,如采用井点降水法降低地下水位,同时在基坑周边设置止水帷幕,以阻止地下水的涌入。然而这些措施的实施不仅增加工程成本,还使得施工过程变得更加复杂和漫长。水利工程中的深基坑还需要考虑地表水的影响,在雨季或汛期,大量的地表水可能会汇集到基坑周边,若不及时进行有效

的排水处理,地表水可能会倒灌进入基坑,进一步加剧基坑内的积水问题,甚至可能导致基坑坍塌。

### 2.2 基坑深度大,对支护结构要求高

水利工程中的深基坑深度往往较大,这对支护结构的设计和施工提出了极高的要求。随着基坑深度的增加,基坑周边土体对支护结构产生的侧向压力也随之增大,支护结构需要承受更大的荷载。深基坑的开挖还会引起周边土体的应力重分布,导致土体产生较大的变形,这就要求支护结构不仅要有足够的强度和刚度,还需要具备良好的变形控制能力。为了确保基坑施工过程中的安全以及周边建筑物和交通的正常运行,施工单位采用了桩锚支护结构。在设计过程中,通过详细的地质勘察和力学计算,确定了支护桩的直径、长度、间距以及锚索的数量、长度和张拉应力等参数。在施工过程中,严格控制支护桩和锚索的施工质量,确保支护结构能够有效地承受土体的侧向压力,并将土体变形控制在允许范围内。然而,即使采取了如此严格的措施,在基坑开挖过程中,仍然对周边土体产生了一定的影响,导致周边建筑物出现了轻微的沉降。这充分说明了水利工程深基坑深度大的特点对支护结构的要求之高,任何一个环节的疏忽都可能引发严重的工程事故。

### 2.3 施工对环境影响大

水利工程深基坑施工过程中不可避免地对周边环境产生较大的影响,这就要求施工单位必须高度重视环保与生态保护工作。在施工过程中,土方开挖、运输、堆放等环节会产生大量的扬尘,这些扬尘不仅会对施工现场周边的空气质量造成污染,还可能对周边居民的身体健康产生不利影响。施工过程中产生的噪声也会对周边居民的生活环境造成干扰,尤其是在夜间施工时,噪声污染问题更为突出。水利工程深基坑施工还可能对周边的生态环境造成破坏,例如,在基坑开挖过程中,可

能会破坏原有的植被和土壤结构,导致水土流失。若施工区域靠近水体,施工过程中产生的废渣、废水等污染物若未经处理直接排入水体,还会对水体生态环境造成严重污染,影响水生生物的生存和繁殖。

### 3 水利工程中常见深基坑支护技术分类

#### 3.1 桩锚支护

桩锚支护是水利工程深基坑支护中较为常见的一种技术。该技术主要由支护桩和锚索两部分组成。支护桩通常采用钢筋混凝土灌注桩或预制桩,通过机械钻孔或打入的方式将其设置在基坑周边。支护桩的主要作用是承受基坑周边土体的侧向压力,阻止土体的位移。锚索则是通过在支护桩上钻孔,将钢绞线或钢筋等锚索材料插入孔内,并施加一定的预应力,使其与土体形成一个整体,从而进一步增强支护结构的稳定性<sup>[2]</sup>。桩锚支护技术具有以下优点:首先,支护桩和锚索的组合能够提供较大的承载能力,适用于深度较大、周边土体条件较差的深基坑。其次,通过对锚索施加预应力,可以有效地控制基坑周边土体的变形,满足对周边环境要求较高的工程施工需求。在施工过程中,通过精确控制支护桩的垂直度和锚索的张拉应力,成功地将基坑周边土体的变形控制在极小的范围内,确保了周边建筑物的安全。

#### 3.2 土钉支护

土钉支护是一种基于土体加固原理的深基坑支护技术。该技术通过在基坑边坡内设置土钉,将土钉与土体紧密结合,形成一个具有自稳能力的土体加固区,从而提高基坑边坡的稳定性。土钉通常采用钢筋或钢管等材料,通过钻孔、插入土钉、注浆等施工工艺将其设置在土体中。土钉支护技术具有以下特点:首先,施工工艺简单,施工设备相对轻便,施工速度快,能够有效缩短工程工期。其次,由于土钉支护是利用土体自身的强度来提高边坡的稳定性,因此对土体的适应性较强,在各种地质条件下都有一定的应用价值。在施工过程中,施工人员按照设计要求迅速完成了土钉的设置和注浆工作,整个支护施工过程仅用了较短的时间,且支护效果良好,有效地保证了基坑的安全施工。

#### 3.3 锚固支护

锚固支护技术是通过将锚杆或锚索等锚固装置设置在稳定的土体或岩体中,利用锚固装置与土体或岩体之间的摩擦力和粘结力,将基坑周边土体的荷载传递到稳定的地层中,从而实现对基坑的支护。锚固支护技术可分为预应力锚固和非预应力锚固两种类型。预应力锚固是在锚固装置安装完成后,对其施加一定的预应力,使其在工作状态下能够提前承受一部分土体荷载,从而更

好地控制土体的变形。非预应力锚固则是在锚固装置安装完成后,不施加预应力,依靠锚固装置与土体之间的自然摩擦力和粘结力来发挥支护作用。锚固支护技术具有适用范围广、支护效果好等优点。在水利工程深基坑支护中,无论是在软土地层还是在岩石地层,锚固支护技术都有广泛的应用。锚固支护技术还可以与其他支护技术如桩支护、挡土墙支护等相结合,形成复合支护结构,进一步提高支护效果。

#### 3.4 地下连续墙支护

地下连续墙支护是在基坑周边采用专门的成槽设备,沿着基坑的周边轴线开挖出具有一定宽度和深度的沟槽,然后在沟槽内吊放钢筋笼,并浇筑混凝土,形成一道连续的钢筋混凝土墙体,以此来作为基坑的支护结构。地下连续墙支护具有以下显著优点:首先,地下连续墙具有良好的挡土和止水性能,能够有效地阻止基坑周边土体的坍塌和地下水的涌入。其次,地下连续墙的墙体刚度大,能够承受较大的土体侧向压力,对控制基坑周边土体的变形效果显著。另外,地下连续墙施工过程中对周边环境的影响较小,适用于在城市区域或周边环境复杂的水利工程深基坑支护。

#### 3.5 逆作法支护

逆作法支护是一种与传统基坑支护施工顺序相反的技术。传统的基坑支护施工一般是先进行基坑开挖,然后再进行支护结构的施工。而逆作法支护则是先施工地下结构的顶层梁板,作为基坑的水平支撑,然后向下逐层开挖土方并施工地下结构的各层梁板和竖向结构,直至基础底板施工完成。逆作法支护技术具有以下优势:由于先施工顶层梁板作为水平支撑,能够有效地减少基坑周边土体的变形,对周边环境的影响较小<sup>[3]</sup>。逆作法支护可以实现地上和地下结构的同步施工,大大缩短了工程的总工期。逆作法支护在施工过程中不需要设置大量的临时支撑结构,节省了工程成本。例如,在某大型水利枢纽工程的深基坑支护中,施工单位采用了逆作法支护技术。在施工过程中,先施工地下结构的顶层梁板,然后在顶层梁板的保护下向下逐层开挖土方并施工地下结构的各层梁板和竖向结构。通过采用逆作法支护技术,不仅有效地控制了基坑周边土体的变形,确保周边建筑物的安全,还实现地上和地下结构的同步施工,大大缩短工程的建设周期。然而,逆作法支护技术对施工组织 and 施工技术的要求较高,施工过程中需要各专业之间密切配合,协调难度较大。同时逆作法支护在施工过程中会受到地下结构设计和施工条件的限制,并非适用于所有的水利工程深基坑。

## 4 深基坑支护技术的风险评估与安全管理

### 4.1 风险评估方法与应用

在水利工程深基坑支护技术的实施过程中,风险评估是一项至关重要的工作。通过科学合理的风险评估方法,可以提前识别潜在的风险因素,并对其可能造成的影响进行量化分析,为制定有效的风险应对措施提供依据。目前,在水利工程深基坑支护技术风险评估中,常用的方法主要有层次分析法、模糊综合评价法、故障树分析法等。层次分析法是一种将与决策总是有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性和定量分析的决策方法。在深基坑支护技术风险评估中,需要确定评估的目标,如基坑支护结构的安全性、施工过程的可靠性等。将影响目标的各种风险因素按照不同的层次进行分类,如地质条件、施工工艺、周边环境等。通过专家打分等方式确定各风险因素之间的相对重要性权重,进而计算出各风险因素对目标的综合影响程度。模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评价方法,由于水利工程深基坑支护技术风险评估中存在许多模糊性因素,如土体参数的不确定性、施工质量的模糊评价等,模糊综合评价法能够有效地处理这些模糊信息。该方法通过建立模糊评价矩阵,将各风险因素的评价结果进行综合,从而得出对基坑支护技术风险的总体评价。故障树分析法是一种从结果到原因找出与灾害事故有关的各种因素之间因果关系和逻辑关系的分析法。在深基坑支护技术风险评估中,以基坑支护结构的失效为顶事件,通过分析导致顶事件发生的各种直接和间接原因,构建故障树。然后,通过对故障树的定性和定量分析,找出导致基坑支护结构失效的关键风险因素,并计算出顶事件发生的概率。这些风险评估方法在水利工程深基坑支护技术中都有广泛的应用。

### 4.2 建立健全安全管理制度

建立健全安全管理制度是保障水利工程深基坑支护技术安全实施的关键。该制度需覆盖工程设计、施工到竣工验收全流程,明确各参与方安全责任与义务。工程设计阶段,设计单位要充分考虑深基坑支护的安全性与可靠性,严格遵循相关规范和标准进行设计,并对设计方案开展详

细安全论证,从源头上保障安全。施工阶段,施工单位应建立完善的生产安全责任制度,明确项目经理为安全生产第一责任人,将安全责任细化分解至每位施工人员,形成全员参与的安全生产格局。制定详细安全操作规程,规范施工人员作业行为,确保施工过程安全有序。安全管理制度还包含多项重要内容。安全检查制度要明确检查内容、频率与方法,定期对施工现场全面检查,及时发现并消除安全隐患,做到防患于未然<sup>[4]</sup>。安全教育培训制度要确保施工人员上岗前接受充分培训,熟悉深基坑支护施工中的安全风险和防范措施,提高安全意识和技能水平。安全事故报告和处理制度要明确报告程序和处理方法,一旦发生安全事故,能迅速启动应急预案,及时救援和处理,降低事故损失。例如,某水利工程深基坑支护施工时,施工单位建立了一套完善的安全管理制度。施工前对全体施工人员进行详细安全教育培训,使其熟悉安全风险和操作规程;施工中严格按安全检查制度定期检查,及时发现并整改多起安全隐患;同时完善安全事故报告和处理制度,发生小型安全事故时,迅速响应,有效救援和处理,将损失降到最低,保障工程安全顺利推进。

### 结束语

水利工程深基坑支护技术关乎工程安全与稳定,意义重大。鉴于其特殊性,需合理选择支护技术,并重视风险评估与安全管理。通过科学评估识别风险,制定应对措施;建立健全安全管理制度,明确各方责任,规范施工行为。未来,应不断探索创新支护技术,完善管理体系,以更好地应对复杂工程挑战,保障水利工程深基坑施工安全,推动水利事业持续健康发展。

### 参考文献

- [1]刘伟萍.水利工程中深基坑支护结构的计算与施工方案研究[J].科学技术创新,2021(31):125-127.
- [2]黎子荣.双排桩在水利工程深基坑支护中的应用[J].河南水利与南水北调,2021,50(5):39-41.
- [3]郑永磊,赵贵生,孙昌兴,等.装配式基坑支护结构在水利工程中的应用[J].安徽建筑,2021,28(4):112,128.
- [4]轩敏超.水利工程深基坑施工质量管理研究[J].河南水利与南水北调,2021,50(03):64-65.