

水利水电工程边坡开挖与支护施工技术研究

严建龙

中国水利水电第七工程局有限公司 四川成都 611130

摘要：水利水电工程建设中，边坡开挖与支护施工是关键环节，其施工质量直接关系到工程的安全性和稳定性。在施工过程中，开挖技术的精准应用与支护技术的合理选择至关重要。本文从施工准备、技术要点、质量控制、安全管理、技术创新等多个方面展开研究，通过分析不同技术的应用场景和施工工艺，探讨了如何在保证施工质量的同时提高施工效率。同时，结合工程实际，对施工技术的经济性和应用效果进行了评估，为水利水电工程的建设提供了技术参考和实践指导。

关键词：水利水电工程；边坡开挖；支护技术；施工工艺；质量控制

引言

水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，对于保障能源供应、促进区域经济发展具有重要意义。在工程建设中，边坡开挖与支护施工是核心环节之一，其施工质量直接关系到工程的安全性和稳定性。随着工程规模的不断扩大和技术要求的日益提高，传统的施工技术已难以满足现代工程的需求。因此，深入研究和探索先进的边坡开挖与支护施工技术，对于提高施工效率、降低施工风险、保障工程质量具有重要的现实意义。本文将从施工准备、技术要点、质量控制、安全管理、技术创新等多个方面展开研究，旨在为水利水电工程的建设提供科学的技术支持和实践指导。

一、边坡开挖施工技术

1. 施工准备与地质勘察

施工准备是边坡开挖工程的首要环节，其质量直接影响施工的顺利进行。在施工前，需对施工现场进行全面的地质勘察，了解边坡的地质条件，如岩土性质、地下水位、断层分布等。通过地质勘察，可以为施工方案的制定提供科学依据，避免因地质条件不明而导致的施工风险。此外，施工准备还包括设备的选型与配置、施工人员的培训、施工场地的布置等。合理的设备选型和人员配置能够提高施工效率，减少施工成本。同时，对施工人员进行系统的培训，使其熟悉施工工艺和安全操

作规程，是确保施工质量的重要保障。

2. 开挖方案设计与优化

开挖方案的设计是边坡施工的关键环节，其合理性直接关系到施工的安全性和经济性。在设计过程中，需综合考虑边坡的地质条件、工程规模、施工环境等因素，选择合适的开挖方法和施工顺序。常见的开挖方法包括全断面开挖、分层开挖、分段开挖等，每种方法都有其适用条件和优缺点。全断面开挖适用于地质条件较好、边坡高度较低的工程，施工速度快，但对施工设备的要求较高；分层开挖则适用于边坡高度较大、地质条件复杂的工程，通过分层施工可以有效控制边坡的稳定性，减少施工风险。在开挖方案设计中，还需对施工顺序进行优化，合理安排各施工工序的先后顺序，确保施工的连续性和协调性。

二、边坡支护技术分类

1. 锚杆支护技术及应用

锚杆支护是一种常见的边坡支护技术，通过在边坡岩土体内设置锚杆，将边坡的不稳定岩土体与稳定岩土体连接起来，从而提高边坡的稳定性。锚杆支护技术具有施工简便、成本较低、支护效果好等优点，适用于多种地质条件的边坡支护。在施工过程中，需根据边坡的地质条件和稳定性要求，合理选择锚杆的类型、长度、间距等参数。常见的锚杆类型包括砂浆锚杆、树脂锚杆、自钻式锚杆等，每种锚杆都有其适用条件和施工工艺。例如，砂浆锚杆适用于中等硬度的岩土体，施工工艺相对简单，成本较低；而自钻式锚杆则适用于软弱岩土体，施工速度快，支护效果好。在锚杆施工中，还需严格控制钻孔质量、锚杆安装质量以及注浆质量，确保锚杆的

作者简介：严建龙（1995-今），性别：男，民族：汉族，江西鹰潭人，本科学历，中级工程师，研究方向：水利水电施工技术。

支护效果。

2. 喷射混凝土支护技术及其特点

喷射混凝土支护是一种通过喷射混凝土对边坡进行支护的技术。该技术具有施工速度快、支护效果好、适应性强等特点，适用于多种地质条件的边坡支护。喷射混凝土支护的主要作用是封闭边坡表面，防止岩土体风化和侵蚀，同时通过混凝土的强度和粘结力，提高边坡的整体稳定性。在施工过程中，需根据边坡的地质条件和稳定性要求，合理选择混凝土的配合比、喷射厚度、喷射顺序等参数。喷射混凝土的配合比应根据边坡的地质条件和施工要求进行调整，确保混凝土的强度和耐久性。同时，喷射厚度和喷射顺序也需合理控制，以保证支护效果和施工质量。

三、施工过程中的质量控制

1. 质量检测标准与方法

施工过程中的质量控制是确保边坡开挖与支护施工质量的关键环节。质量检测标准是施工质量控制的基础，需根据国家和行业标准，结合工程实际情况，制定详细的施工质量检测标准。质量检测方法包括外观检查、尺寸测量、强度检测、稳定性检测等。外观检查主要是检查施工表面的平整度、裂缝、渗水等情况；尺寸测量主要是检查开挖尺寸、支护结构尺寸等是否符合设计要求；强度检测主要是通过取样试验，检测混凝土、锚杆等材料的强度是否符合设计要求；稳定性检测主要是通过监测边坡的位移、沉降等数据，评估边坡的稳定性。通过多种检测方法的综合应用，可以全面掌握施工质量情况，及时发现和处理质量问题。

2. 质量控制的关键环节

在施工过程中，需重点关注质量控制的关键环节，确保施工质量。对于边坡开挖工程，质量控制的关键环节包括开挖深度控制、边坡坡度控制、爆破质量控制等。开挖深度和边坡坡度是影响边坡稳定性的关键因素，需严格控制开挖深度和边坡坡度，确保其符合设计要求。爆破质量控制也是开挖工程的重要环节，合理的爆破参数和爆破方法可以减少对边坡的扰动，提高施工质量。对于边坡支护工程，质量控制的关键环节包括锚杆施工质量、喷射混凝土施工质量、格构梁施工质量等。锚杆施工质量直接影响边坡的稳定性，需严格控制锚杆的钻孔质量、安装质量、注浆质量等；喷射混凝土施工质量直接影响支护效果，需严格控制混凝土的配合比、喷射厚度、喷射顺序等；格构梁施工质量直接影响支护效果，需严格控制格构梁的制作质量、安装质量、与锚杆的连

接质量等。

四、施工安全管理

1. 安全防护措施的制定与落实

施工安全管理是边坡开挖与支护施工的重要环节，其目的是保障施工人员的安全和施工设备的安全运行。安全防护措施的制定是施工安全管理的基础，需根据施工环境和施工风险，制定详细的安全防护措施。安全防护措施包括施工现场的安全围挡、安全警示标志的设置、施工人员的安全防护设备的配备等。施工现场的安全围挡可以有效防止非施工人员进入施工现场，减少安全事故的发生；安全警示标志的设置可以提醒施工人员注意施工风险，提高施工人员的安全意识；施工人员的安全防护设备的配备可以有效保护施工人员的生命安全。在施工过程中，还需加强对安全防护措施的落实情况的检查，确保安全防护措施的有效实施。

2. 施工风险评估与预警

施工风险评估是施工安全管理的重要环节，其目的是通过评估施工过程中的风险，采取有效的风险控制措施，降低施工风险。施工风险评估主要包括对施工环境风险、施工技术风险、施工设备风险等的评估。施工环境风险主要是指施工现场的地质条件、气象条件等对施工的影响；施工技术风险主要是指施工工艺、施工方案等对施工的影响；施工设备风险主要是指施工设备的性能、设备操作等对施工的影响。在施工过程中，需通过定期的风险评估，及时发现施工过程中的风险，并采取有效的风险控制措施。同时，还需建立施工风险预警机制，通过监测施工过程中的风险指标，及时发出风险预警，提醒施工人员采取相应的措施。

五、施工技术的创新与优化

1. 智能化施工技术的应用

随着科技的不断发展，智能化施工技术在边坡开挖与支护施工中得到了广泛应用。智能化施工技术主要包括智能监测系统、智能施工设备等。智能监测系统可以通过传感器网络实时监测边坡的位移、沉降、应力等数据，及时发现边坡的不稳定因素，为施工决策提供科学依据。智能施工设备可以通过自动化控制技术实现施工过程的自动化操作，提高施工效率和施工质量。例如，智能锚杆钻机可以通过自动控制钻孔深度和角度，提高锚杆施工质量；智能喷射混凝土设备可以通过自动控制喷射厚度和喷射顺序，提高喷射混凝土施工质量。

2. 新材料与新工艺的探索

新材料与新工艺的探索是施工技术创新的重要方向。

在边坡开挖与支护施工中，新材料与新工艺的应用可以有效提高施工质量，降低施工成本。例如，新型高性能混凝土具有更高的强度和更好的耐久性，可以有效提高边坡支护结构的稳定性；新型锚杆材料如碳纤维锚杆具有更高的强度和更好的抗腐蚀性，可以有效提高锚杆的支护效果。新工艺如预应力锚杆支护技术、复合支护技术等的应用，可以有效提高边坡的稳定性，减少施工风险。在施工过程中，需加强对新材料与新工艺的研究和应用，不断探索新的施工技术和施工方法，提高施工技术水平。

六、施工技术的经济性分析

1. 成本控制与优化措施

施工技术的经济性分析是施工管理的重要内容之一。成本控制是施工技术经济性分析的核心，其目的是通过合理的成本控制措施，降低施工成本，提高施工经济效益。在边坡开挖与支护施工中，成本控制主要包括施工设备成本、材料成本、人工成本等方面的控制。施工设备成本的控制可以通过合理选择施工设备、优化设备配置、提高设备利用率等措施实现；材料成本的控制可以通过优化材料采购方案、合理控制材料用量等措施实现；人工成本的控制可以通过优化施工方案、提高施工效率、合理安排施工人员等措施实现。

2. 技术投入与经济效益的平衡

技术投入与经济效益的平衡是施工技术经济性分析的重要内容之一。在施工过程中，技术投入是提高施工质量、降低施工风险的重要保障，但过高的技术投入会增加施工成本，影响施工经济效益。因此，需在技术投入与经济效益之间寻求平衡，通过合理的技术投入，实现施工质量、施工安全和施工经济效益的协调发展。在边坡开挖与支护施工中，技术投入主要包括施工设备投入、新材料与新工艺投入、智能化施工技术投入等。在技术投入过程中，需根据工程实际情况，合理选择技术投入的方向和力度，确保技术投入能够带来相应的经济效益。

七、施工技术的应用效果评估

1. 工程实例分析与总结

施工技术的应用效果评估是施工技术研究的重要环节。通过工程实例分析，可以全面评估施工技术在实际工程中的应用效果。在边坡开挖与支护施工中，需选择具有代表性的工程实例，对其施工过程进行详细分析，总结施工技术的应用经验和存在的问题。例如，某水利

水电工程边坡开挖与支护施工中，采用了智能化施工技术和新型高性能混凝土材料，通过智能监测系统实时监测边坡的稳定性，及时调整施工方案，有效提高了施工质量，降低了施工风险。

2. 技术应用的优缺点分析

在施工技术的应用过程中，每种技术都有其优缺点。通过技术应用的优缺点分析，可以全面了解施工技术的性能和适用条件，为施工技术的选择和优化提供科学依据。例如，锚杆支护技术具有施工简便、成本较低、支护效果好等优点，但其缺点是施工过程中对地质条件要求较高，若地质条件较差，可能会影响支护效果；喷射混凝土支护技术具有施工速度快、支护效果好、适应性强等优点，但其缺点是施工过程中会产生粉尘污染，对环境有一定影响；格构梁支护技术具有支护效果好、施工简便、成本较低等优点，但其缺点是施工过程中对施工精度要求较高，若施工精度不足，可能会影响支护效果。通过技术应用的优缺点分析，可以为施工技术的选择和优化提供参考依据。

结语

水利水电工程边坡开挖与支护施工是工程建设中的关键环节，其施工质量直接关系到工程的安全性和稳定性。本文从施工准备、技术要点、质量控制、安全管理、技术创新等多个方面对边坡开挖与支护施工技术进行了系统研究，通过工程实例分析和应用效果评估，总结了施工技术的应用经验和存在的问题，并提出了技术改进的建议和方向。在实际工程建设中，需根据工程实际情况，合理选择施工技术，加强施工管理，提高施工质量，确保工程的安全性和稳定性。

参考文献

- [1] 崔毅. 边坡开挖支护技术在某水利水电工程项目中的应用研究[J]. 海峡科学, 2024, (07): 86-89.
- [2] 汪海波. 水利水电施工中边坡开挖支护技术分析[J]. 水上安全, 2024, (14): 169-171.
- [3] 贾慧琳. 边坡开挖支护技术在水利施工工程中的应用研究[J]. 地下水, 2024, 46(04): 275-277.
- [4] 后志坤. 水利水电施工过程中边坡开挖支护技术的应用研究[J]. 水上安全, 2024, (22): 193-195.
- [5] 董建虎. 边坡开挖支护技术在水利施工工程中的应用研究[J]. 水上安全, 2024, (13): 191-193.