

水利工程中地下厂房洞室体型优化策略研究

高贝贝

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 水利工程中地下厂房洞室体型优化是确保工程安全与效益的关键。本文通过分析地下厂房洞室的围岩特征、结构及地应力状态,提出深埋、大跨度地下洞室群的优化设计策略。结合国内外通用的围岩评价标准,如Q系统、RMR分类、Hoek-Brown强度准则等,进行综合分析计算比较,推荐最佳的洞室围岩稳定性评价方法。该方法在多个水电站工程中成功应用,并通过强震考验。本研究为水利工程地下厂房洞室的体型优化提供了理论依据与实践指导。

关键词: 水利工程;地下厂房洞室;体型优化策略

引言: 在水利工程建设中,地下厂房洞室作为重要的基础设施,其稳定性和安全性至关重要。随着工程技术的发展,对地下厂房洞室的体型设计提出了更高要求。本研究旨在探讨地下厂房洞室体型优化的策略,通过综合地质条件、水文地质条件以及洞室围岩分类与评价,提出科学合理的洞室体型设计方案。通过优化洞室轴向、位置、跨度与高度以及洞间岩墙厚度,提升洞室的稳定性和施工效率,为水利工程的可持续发展提供技术支持。

1 地下厂房洞室设计基础

1.1 地质条件分析

(1) 地质构造与岩石特性。地质构造是地下厂房洞室设计必须考虑的首要因素。这涉及到岩层走向、倾角、断层、褶皱以及岩石的物理力学性质等。岩石的类型,如石英岩、片麻岩等,对洞室的稳定性和支护方式有着重要影响。石英岩通常具有较高的抗压强度和硬度,适合作为地下洞室的围岩。而片麻岩由于其层理发育,可能导致洞室开挖后的边墙失稳,因此需要更加谨慎的处理和支护。(2) 断层与破碎带的分布与影响。断层和破碎带是地下工程中常见的地质构造,它们通常会导致岩体的破碎和节理发育,从而影响地下洞室的稳定性。因此,在设计中应尽可能避开断层和破碎带。如果无法避开,需要采取适当的加固措施,如注浆、锚杆支护等,以增强岩体的整体性和稳定性。(3) 地应力场的测量与分析。地应力是导致地下洞室变形和破坏的主要因素之一。因此,在设计过程中,需要对地应力场进行测量和分析。水压致裂法是一种常用的地应力测量方法,通过向岩体中注入高压水,使岩体产生裂缝,从而测量地应力的方向和大小。这些测量结果可以为洞室支护设计提供重要的依据。

1.2 水文地质条件

(1) 地下水位与渗流特性。地下水位和渗流特性是影响地下洞室稳定性的重要因素。在高水位地区,地下水的渗流作用可能导致洞室围岩的软化、侵蚀和掏空,从而影响洞室的稳定性。因此,在设计过程中,需要充分考虑地下水的影响,合理设置排水系统,并采取相应的防渗措施。(2) 外水压力对洞室衬砌的影响。外水压力是指作用在洞室衬砌上的地下水压力。在地下水位较高的地区,外水压力可能较大,对洞室衬砌的稳定性构成威胁^[1]。因此,在设计过程中,需要合理计算外水压力的大小,并采取相应的支护措施,如设置防水层、加强衬砌结构等,以确保洞室衬砌的稳定性。

1.3 洞室围岩分类与评价

(1) 国内外围岩评价标准。在国内外,对于围岩的分类和评价已经建立了多种标准,如Q系统、Haek-Brown准则、RMR分类等。这些标准综合考虑了岩石的力学特性、地质构造、地下水条件等多种因素,为地下洞室的设计提供了科学的依据。在实际应用中,需要根据具体的工程条件和设计要求选择合适的评价标准。(2) 现有规范的具体应用与比较。不同的围岩评价标准在应用过程中可能存在差异。因此,在设计过程中,需要对这些标准进行比较和分析,以确保设计的准确性和可靠性。同时,还需要结合具体的工程实践,对标准的适用性进行验证和优化。

2 地下厂房洞室体型优化理论

2.1 洞室体型设计原则

(1) 稳定性原则。稳定性是洞室设计首要考虑的因素。地下洞室的稳定性不仅关系到施工过程中的安全,更直接影响到洞室长期使用的可靠性。因此,在洞室体型设计时,必须充分考虑围岩的物理力学性质、地质构

造以及地下水条件等因素,确保洞室结构在承受各种荷载作用时能够保持稳定。(2)施工便利性原则。施工便利性原则是指在保证洞室稳定性的前提下,尽量简化施工工艺,降低施工难度,提高施工效率。这要求洞室体型设计应便于开挖、支护和排水等施工操作,减少不必要的施工工程量,节约建设成本。(3)经济性原则。经济性原则要求在洞室体型设计时,要综合考虑工程投资、运行费用和维护成本等因素,尽量做到经济合理。在保证洞室稳定性和施工便利性的前提下,通过优化洞室体型和支护方式,降低工程造价,提高工程的经济性。

2.2 洞室轴向优化

(1)轴向应力与岩层走向的关系。洞室的轴向选择应充分考虑岩层走向和地应力的关系。一般来说,洞室轴向应尽量与岩层走向平行或夹角较小,以减少轴向应力对洞室稳定性的影响。当洞室轴向与岩层走向夹角较大时,容易产生剪切破坏,影响洞室的稳定性。(2)规避特殊岩体的策略。在洞室轴向选择时,应尽量避免开断层、破碎带等特殊岩体。这些特殊岩体往往稳定性较差,易于发生变形和破坏,对洞室的稳定性构成威胁。当无法完全避开时,应采取适当的加固措施,确保洞室的稳定性^[2]。(3)地应力场对轴向选择的影响。地应力场对洞室轴向的选择也有重要影响。在进行洞室轴向设计时,应充分了解地应力场的分布特点,避免将洞室布置在高应力集中区域。同时,通过合理的轴向选择,可以充分利用地应力的有利作用,提高洞室的稳定性。

2.3 洞室位置优化

(1)洞室位置选择的影响因素。洞室位置的选择受到地形地貌和地质构造等多种因素的影响。在选择洞室位置时,应充分考虑地形起伏、坡度变化、岩层产状和地质构造等因素,避免将洞室布置在不稳定的地质条件下。(2)洞室上覆岩体最小厚度的确定。洞室上覆岩体最小厚度的确定是洞室位置优化的重要内容。在确定上覆岩体最小厚度时,应充分考虑围岩的物理力学性质、洞室跨度、高度以及施工和运营期间可能受到的荷载作用。合理的上覆岩体厚度能够确保洞室在承受上部岩体和地下水压力等荷载作用时保持稳定,避免因岩体厚度不足而导致的塌方或变形等安全问题。在确定上覆岩体最小厚度时,通常采用地质勘察、数值模拟和工程类比等方法进行综合分析。

2.4 洞室跨度与高度优化

(1)跨度与高度对围岩稳定性的影响。洞室的跨度和高度是直接影响围岩稳定性的关键因素。跨度过大或高度过高都会导致围岩受力状态恶化,增加发生变形和

破坏的风险。因此,在洞室体型设计时,应根据围岩的物理力学性质和地质构造特点,合理选择跨度和高度,确保洞室结构的稳定性^[3]。(2)洞室尺寸的优化设计。洞室尺寸的优化设计是在保证稳定性和施工便利性的前提下,通过合理的尺寸选择,达到经济合理的目的。在确定洞室尺寸时,应综合考虑工程需求、地质条件、施工技术和成本等因素。通过对比分析不同尺寸方案的稳定性、施工难度和经济性,选出最优的洞室尺寸方案。

2.5 洞间岩墙厚度设计

(1)计算公式与影响因素。洞间岩墙厚度的设计是地下厂房洞室体型优化中的重要环节。岩墙厚度的计算公式通常基于岩石力学原理,考虑围岩的物理力学性质、地应力场、洞室尺寸和支护方式等因素。在无压洞室和有压洞室中,岩墙厚度的计算公式和影响因素会有所不同。无压洞室中,岩墙厚度主要受围岩强度和地应力控制;而在有压洞室中,还需要考虑水压对岩墙稳定性的影响。(2)岩墙厚度优化策略。岩墙厚度的优化策略包括合理确定岩墙的最小厚度、采用有效的支护方式和加强岩墙的监测与维护等。在确定岩墙最小厚度时,应充分考虑围岩的强度和稳定性要求,避免岩墙过薄导致的变形和破坏^[4]。同时,通过合理的支护设计,如锚杆、钢架和喷射混凝土等,可以有效提高岩墙的承载能力,确保其稳定性。支护方式的选择应根据围岩的物理力学性质、洞室尺寸和地应力场等因素进行综合考虑,以达到最佳的支护效果。

3 地下厂房洞室体型优化策略与建议

3.1 优化策略总结

3.1.1 综合地质、水文地质、设计与施工等因素的优化策略

在地下厂房洞室体型优化过程中,综合考虑地质、水文地质、设计与施工等因素是至关重要的。(1)地质条件作为设计的基础,需进行详尽的勘察与分析。通过地质勘探了解洞室所在区域的地层结构、岩性特征、断层与软弱带分布,以及潜在的地应力状态。这些信息为洞室的轴向选择、位置布局及形状设计提供了关键依据。(2)水文地质条件的考虑同样重要,尤其对于地下水丰富的区域。需详细调查地下水位、流向、流速及水质情况,确保洞室开挖及运营期间不受地下水侵扰。设计合理的防水与排水系统,如设置防水帷幕、排水孔及集水井等,以维护洞室内部环境的稳定^[5]。(3)设计与施工阶段的优化策略涉及多个方面。在设计时,需根据地质与水文地质条件,采用先进的计算模型与分析方法,如有限元分析、离散元分析等,对洞室稳定性进行

精确评估。同时,结合工程经验与实际需求,合理选择洞室形状与尺寸,优化支护结构,确保其在全生命周期内的安全与经济性。施工阶段则需注重开挖方法与顺序的优化,采用先进的施工设备与工艺,减少围岩扰动与变形。同时,加强施工管理,确保施工质量符合设计要求。

3.1.2 针对特定地质条件下的优化建议

针对特定地质条件,地下厂房洞室体型优化策略需进行适当调整。对于软弱岩层或断层带,可采用加固措施,如增加锚杆密度、使用高性能支护材料等,以增强洞室稳定性。对于高应力区域,可通过优化洞室形状与尺寸,如采用圆形或椭圆形洞室,以减小应力集中。同时,考虑采用预应力锚杆、钢纤维混凝土等高强度支护材料,提升洞室承载能力。

3.2 实践应用中的注意事项

3.2.1 施工中可能出现的问题与预防措施

在地下厂房洞室施工过程中,可能遇到围岩失稳、地下水渗漏、施工偏差等问题。(1)为预防这些问题,需加强施工监测与预警,及时发现并处理围岩变形与失稳迹象。采用先进的地质雷达、声波探测等技术手段,对围岩进行实时监测,确保施工安全。(2)针对地下水渗漏问题,应在施工前进行详细的水文地质勘察,制定科学的防水与排水方案。在开挖过程中,及时设置防水帷幕,封堵地下水通道,防止水害发生。同时,加强排水系统的维护与管理,确保排水畅通。(3)施工偏差是施工中常见的问题之一,可能导致洞室形状与尺寸不符合设计要求。为预防这一问题,需加强施工过程中的质量控制,确保开挖与支护施工严格按照设计图纸进行。同时,采用高精度的测量与定位技术,如全站仪、GPS等,实时监测施工偏差,及时进行调整。

3.2.2 监测与反馈机制的建立

为确保地下厂房洞室施工过程中的安全与质量,建立有效的监测与反馈机制至关重要。监测内容应包括围岩变形、地下水动态、支护结构受力等方面。通过布设测斜仪、收敛计、应力计等监测设备,实时监测洞室稳定性。同时,建立数据采集、分析与处理系统,对监测数据进行及时汇总与分析,评估洞室稳定性状态。当监测数据出现异常或接近安全阈值时,需及时触发预警机制,通知相关人员采取措施进行处理。反馈机制应包括

问题发现、原因分析、措施制定与执行、效果评估等环节,确保问题得到及时有效解决。

3.3 未来研究方向

3.3.1 地下厂房洞室体型优化的新理论与新技术

随着科技的不断进步,地下厂房洞室体型优化领域将不断涌现新理论与新技术。未来研究可关注智能化设计方法的开发与应用,如基于大数据与人工智能的洞室优化设计软件,可快速生成符合特定地质与水文地质条件的优化方案。同时,新型支护材料与技术的研究与开发也是未来研究的重点方向之一,如高强度、耐腐蚀、易施工的复合材料与智能支护系统。

3.3.2 国内外研究动态与趋势

国内外在地下厂房洞室体型优化领域的研究动态与趋势值得密切关注。近年来,随着地下空间开发需求的不断增长,国内外学者在洞室稳定性分析、支护结构优化设计、施工监测与预警技术等方面取得了显著进展。未来研究将更加注重跨学科融合与技术创新,推动地下厂房洞室体型优化技术的不断进步与发展。

结束语

综上所述,水利工程中地下厂房洞室体型优化是一个复杂而系统的工程,涉及地质、水文、结构、施工等多个学科领域。通过科学的地质条件分析、水文地质条件考虑以及洞室围岩分类与评价,结合洞室体型优化理论,我们提出了具体的优化策略与建议。未来,随着科技的不断进步和工程实践的深入,地下厂房洞室体型优化技术将更加成熟和完善,为水利工程建设提供更加可靠的技术支撑和保障。

参考文献

- [1]韩增林.大型水电站洞室群开挖与支护技术研究[J].建筑设计及理论,2024,(07):66-68.
- [2]樊超宇.水电站地下厂房基坑开挖和支护技术浅析[J].建筑设计及理论,2024,(06):61-62.
- [3]李月,刘雨阳.水电站地下洞室群施工通风[J].建筑理论,2023,(05):54-55.
- [4]李小飞.白鹤滩水电站地下洞室群控制测量[J].建筑设计及理论,2019,(12):117-118.
- [5]刘雨阳.水电站地下洞室混凝土施工质量控制[J].政治经济学,2023,(05):61-62.