

# 箱涵供水工程的水力特性与优化方法

田 祥

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 841100

**摘要:** 本文旨在深入探讨箱涵供水工程的水力特性及其优化方法。通过理论分析与实践总结,详细阐述了箱涵在不同水力状态下的表现,提出了针对箱涵设计、施工及运营过程中的优化策略,以提高供水效率、增强结构稳定性并延长使用寿命。文章结构清晰,从箱涵的基本水力特性出发,逐步展开至优化方法的研究,为相关领域的技术人员提供理论依据和实践指导。

**关键词:** 箱涵供水工程;水力特性;优化

## 引言

随着城市化进程的加快,供水工程的安全性与高效性日益受到重视。箱涵作为重要的供水设施,其水力特性直接影响供水系统的稳定性和可靠性。因此,研究箱涵供水工程的水力特性及其优化方法,对于提升城市供水能力、保障居民生活用水具有重要意义。本文旨在通过理论分析,明确箱涵在不同水力状态下的特性表现,并提出针对性的优化方法。主要内容包括箱涵的基本水力特性分析、设计优化策略、施工质量控制及运营维护优化等方面。

## 1 箱涵的基本水力特性

### 1.1 箱涵的分类与功能

箱涵作为重要的水利设施,其结构形式和功能多样性使其能够适应不同的工程需求。根据结构形式,箱涵可分为整体浇注式和顶板分离式。整体浇注式箱涵具有结构整体性好、施工简便等优点,适用于地质条件较好、施工空间充足的场景。而顶板分离式箱涵则便于分段施工和后期维护,适用于地质复杂或施工空间受限的情况。此外,根据箱涵内部是否承受水压力,又将其分为无内压箱涵和有内压箱涵<sup>[1]</sup>。无内压箱涵主要用于排水和低压供水,其设计相对简单,成本较低。而有内压箱涵则能够承受较高的内水压力,适用于高压供水、水电站引水等工程。箱涵的主要功能在于排水和供水。通过合理设计,箱涵能够满足不同水力条件下的使用需求,确保水流的顺畅和稳定。

### 1.2 水力状态分析

箱涵的水力状态是其设计和运行的重要考虑因素。根据水流特性,箱涵的水力状态可分为无压力式、半压力式和压力式三种。

#### 1.2.1 无压力式涵洞

无压力式涵洞的水流在洞身全长范围内具有自由水

面。这种水力状态适用于水流较浅、流速较慢的情况。在无压力式涵洞中,水流主要受到重力作用的影响,流速相对较慢,水流现象相对简单。由于存在自由水面,无压力式涵洞对水质的要求相对较低,但需要注意防止淤积和堵塞。

#### 1.2.2 半压力式涵洞

半压力式涵洞的水流在洞口水流充满,但洞内部分区域仍有自由水面。这种水力状态适用于水流深度适中、流速较快的情况。在半压力式涵洞中,水流受到重力和洞壁摩擦力的共同作用,流速较快,水流现象相对复杂。由于部分区域存在自由水面,半压力式涵洞需要注意防止自由水面的波动和溅水现象对洞壁造成冲刷和损坏。

#### 1.2.3 压力式涵洞

压力式涵洞的水流充满整个洞身,无自由水面。这种水力状态适用于高水头、大流量的供水需求。在压力式涵洞中,水流受到洞壁和水流本身的压力作用,流速快且水流现象复杂。由于无自由水面,压力式涵洞对水质的要求较高,需要确保水流的清洁和防止污染。同时,由于水流压力大,对洞壁的冲刷和磨损也更为严重,因此需要采取相应的防护措施来延长涵洞的使用寿命。

## 2 设计优化策略

### 2.1 结构形式优化

在箱涵的设计阶段,结构形式的优化是至关重要的。这需要根据具体的工程条件和水力需求,进行科学合理的选择。钢筋混凝土箱涵洞,作为一种常见的结构形式,因其受力明确、抵抗变形能力强、安全储备高等优点,在水利工程中得到了广泛的应用。在设计过程中,应充分考虑箱涵的净宽、净高、壁厚等关键参数。净宽的设计需确保水流顺畅,避免过窄导致水流速度过快,增加能量损失和冲刷风险。净高的确定则需考虑水

流的深度和水位变化,以确保在任何水位下都能保持稳定的水力状态。壁厚的选择则直接关系到箱涵的承载能力和稳定性,需根据工程要求进行精确计算,以确保结构安全。除了上述参数外,还需考虑箱涵的基础处理、接缝设计、排水设施等细节问题<sup>[2]</sup>。基础处理需确保箱涵置于坚实、稳定的地基上,以防止因地基不稳导致的结构变形或破坏。接缝设计则需采用科学合理的方案,以确保箱涵各段之间的紧密连接,防止渗漏和冲刷。排水设施的设置则有助于及时排除箱涵内的积水,保持结构的干燥和稳定。

## 2.2 水力计算优化

基于临界流理论,对箱涵进行水力计算优化是确保其性能的关键。临界流状态,作为缓流与急流之间的过渡状态,具有总能量最小、流量最大的特性,是箱涵设计的理想水流类型。为实现这一目标,需进行精确的水力计算。核心在于确定合理的孔径和净高,以确保水流在箱涵内以临界流状态流动。孔径的选择需依据谢才公式(Chezy formula)或曼宁公式(Manning formula),并结合具体的水力需求和工程条件进行合理计算。净高的确定则更为复杂,需综合考虑水流的深度、水位变化、箱涵的结构强度以及临界流的水力特性。在计算过程中,还需充分考虑水流的摩擦损失和局部损失。摩擦损失可通过达西-魏斯巴赫公式(Darcy-Weisbach equation)计算,而局部损失则需根据水流经过箱涵内的弯道、突变等局部区域的具体情况进行分析和计算。通过精确的水力计算,可以确定出合理的孔径和净高,使得箱涵内的水流以临界流状态流动。这不仅能减小水流的冲刷能力,降低对箱涵壁面的磨损,还能提高供水效率,确保水流的稳定供应。因此,在箱涵的设计过程中,水力计算优化是至关重要的一步,它直接关系到箱涵的性能和使用寿命。通过科学的计算和合理的设计,可以充分发挥箱涵在水利工程中的作用,提高整体的水力效率。

## 3 施工质量优化

### 3.1 基础处理与基坑开挖

在箱涵的施工过程中,基础处理与基坑开挖是确保施工质量的关键环节。基坑的开挖深度必须严格按照箱涵的高度和基础设计要求进行确定,以确保箱涵能够稳固地置于基坑之中。开挖过程中,应密切关注地质情况,如遇不良地质条件,需及时采取加固措施。开挖完成后,应进行严格的验收程序,确保基坑的尺寸、形状和深度均符合设计要求。同时,为防止基坑坍塌,应采取有效的支护措施,如设置挡土墙或使用钢支撑等。基础处理是箱涵施工中的另一个重要环节。处理过程中,

必须确保基础具有足够的承载能力和稳定性,以满足箱涵长期使用的需求。为此,应选用符合设计要求的基础材料,并进行严格的施工控制。垫层的设置也是基础处理中的重要一环,其材料应平整、坚实,并具有良好的排水性能,以确保基础不受水分侵蚀,保持长期稳定。

### 3.2 箱涵吊装与安装

箱涵的吊装与安装是施工过程中的关键环节,对于确保箱涵的整体质量和功能至关重要。在吊装前,必须对箱涵进行全面的检查,确保其结构完整、无裂缝、无变形,并且符合设计要求。同时,应选择合适的吊装设备和吊装方法,根据箱涵的尺寸、重量和形状,制定详细的吊装方案。在吊装过程中,要特别注意防止箱涵受损,如使用柔软的吊装带、避免吊装过程中的碰撞等<sup>[3]</sup>。在安装过程中,应严格按照设计要求进行拼装,确保箱涵的位置、标高和坡度准确无误。这需要使用精确的测量工具和方法,对箱涵的各个部位进行准确的定位和校准。同时,拼装过程中要注意箱涵之间的接缝处理,确保接缝紧密、平整,无渗漏现象。拼装完成后,应及时进行回填土作业。回填土应选用符合要求的材料,不得含有大块石、树根等杂物。回填土应分层进行,每层厚度不宜过大,一般控制在300mm以内。回填过程中,应使用夯实机械对每层回填土进行夯实,以确保回填土的密实度和稳定性。夯实过程中,要注意控制夯实的力度和频率,避免对箱涵造成损坏。箱涵的吊装与安装是一个复杂而细致的过程,需要严格按照设计要求进行施工,并注意各个环节的质量控制。通过合理的吊装方法和精确的安装技术,可以确保箱涵在施工过程中不受损坏,并满足设计要求。

### 3.3 混凝土施工与养护

混凝土施工是箱涵建设中的核心环节,其质量直接关系到箱涵的整体强度和耐久性。因此,必须严格按照设计要求进行混凝土配合比设计,确保混凝土具有适当的强度、耐久性和工作性。在搅拌过程中,应使用符合标准的搅拌设备,确保混凝土搅拌均匀,无离析现象。在混凝土浇筑时,应连续进行,避免出现冷缝。同时,采用分层浇筑的方法,每层厚度应控制在合理范围内,一般不超过500mm,以确保混凝土能够充分振捣并达到密实状态。振捣过程中,应使用专业的振捣设备,并按照规定的时间进行频率进行操作,确保混凝土内部无空洞、无气泡。浇筑完成后,混凝土的养护工作同样重要。养护的目的是保持混凝土表面湿润,防止其因水分蒸发过快而产生开裂现象。养护时间应根据混凝土的强度等级和天气条件来确定,一般不少于7天。在养护

期间,应定期对混凝土表面进行洒水,并使用湿布或塑料薄膜进行覆盖,以确保其表面始终保持湿润状态。此外,在混凝土施工过程中,还应注意对模板的加固和支撑,防止因混凝土浇筑过程中的侧压力导致模板变形或移位。同时,对于预留孔洞和预埋件的位置和尺寸,也应在混凝土浇筑前进行仔细检查和确认,以确保其位置准确、尺寸合适。

#### 4 运营维护优化

##### 4.1 接口密封处理

管涵接口的密封处理是防止渗漏、确保管涵正常运营的关键环节。由于管涵在使用过程中会承受各种外力和内部水压,接口处容易出现松动、老化或破损,从而导致渗漏问题。因此,必须采取有效的密封处理措施,确保接口处的严密性。在密封处理方法上,水泥砂浆、环氧树脂和橡胶圈是常用的三种材料。水泥砂浆因其成本低廉、施工简单而被广泛应用,但需要注意其抗渗性能和耐久性。环氧树脂则具有较高的粘结力和抗渗性能,适用于对密封要求较高的场合。橡胶圈则因其弹性好、密封性能稳定而被广泛应用于各种管涵接口。在实际施工中,应根据管涵的材质、使用环境以及渗漏情况选择合适的密封处理方法。例如,对于金属材质的管涵,可以采用环氧树脂进行密封处理;对于混凝土材质的管涵,则可以选择水泥砂浆或橡胶圈进行密封<sup>[4]</sup>。同时,无论采用哪种密封处理方法,都需要确保施工质量和密封效果,避免出现密封不严或渗漏问题。除了选择合适的密封处理方法外,定期对接口处进行检查和维护也是防止渗漏的重要措施。检查内容包括观察接口处是否有裂缝、松动或破损等情况,以及检查密封材料是否老化或失效。一旦发现渗漏问题,应及时进行处理,避免渗漏扩大导致更严重的后果。

##### 4.2 监测与评估

为确保箱涵供水工程的长期稳定运行,必须建立一套完善的监测体系,对水流状态、结构变形、渗漏情况等关键指标进行实时监测。这一监测体系应包含传感器网络、数据采集与分析系统以及预警机制,能够实时、准确地反映工程的运行状态。在水流状态的监测方面,

应关注水流速度、水位变化以及水质情况,确保供水工程能够满足设计需求,并及时发现可能的水流异常。结构变形的监测则主要关注箱涵的墙体、底板等关键部位,通过安装变形监测仪器,实时掌握结构的变形情况,预防因变形过大而导致的结构破坏。渗漏情况的监测同样重要。通过在箱涵内部和接口处安装渗漏监测设备,可以及时发现渗漏点,并评估渗漏的严重程度,为后续的维护和修复工作提供依据。除了实时监测外,定期的工程评估也是必不可少的。评估工作应包括对工程整体运行状况的全面检查,对监测数据的深入分析,以及潜在问题的识别和风险评估。通过评估,可以及时发现工程运行中存在的问题和隐患,并采取相应的措施进行整改和修复。在整改和修复工作中,应根据评估结果制定详细的修复方案,明确修复的目标、方法、步骤和时间表。同时,应加强对修复过程的监督和管理,确保修复工作的质量和效果。

#### 结语

本文通过对箱涵供水工程的水力特性进行深入分析,提出了设计优化、施工质量控制及运营维护优化等策略。这些策略的实施有助于提高供水效率、增强结构稳定性并延长使用寿命,为城市供水工程的安全运行提供有力保障。未来的研究应进一步加强对箱涵智能化、自动化技术的研究,结合信息技术与工程实践,实现箱涵供水工程效率的提升和成本的降低。同时,加强多学科交叉融合,促进多方合作,为箱涵供水工程技术的不断创新和进步奠定坚实基础。

#### 参考文献

- [1]王亮.费县沂河典型管涵与箱涵水力设计分析[J].水利技术监督,2023,(07):116-118+174.
- [2]王欣宇,翟林鹏,汤方平等.不同导叶参数对箱涵式轴流泵装置水力性能的影响[J].排灌机械工程学报,2022,40(05):440-446.
- [3]涂向阳,徐琛琛,林平等.截污箱涵系统水力冲淤可行性试验研究[J].中国农村水利水电,2023,(03):81-85.
- [4]奚斌,陈叶欣,陈志刚等.泵站偏心渐缩式出水压力箱涵水力特性[J/OL].排灌机械工程学报,1-9[2024-07-06].