

# Research on Design and Construction Technology of Water Diversion Tunnel in Reservoir Risk Removal and Reinforcement Project

Ruochen Shen

PowerChina Eco-Environmental Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518100, China

## Abstract

The diversion tunnel is a key link in the reservoir reinforcement project, and the quality of its work is related to the overall quality of the whole project, so it needs to be given enough attention. Reservoir is an important water replenishment project in China, which plays a pivotal position in industrial and agricultural production. As a large water conservancy facility in operation for a long time, there are inevitably many problems in its construction, which brings some safety risks to the operation of the reservoir. In view of this, this paper discusses the design and construction technology of diversion tunnel from the reality of water conservancy project, hoping to have some reference effect for similar projects.

## Keywords

reservoir; risk reinforcement; diversion tunnel; design; construction

# 水库除险加固工程中引水隧洞设计与施工技术研究

沈若尘

中电建生态环境集团有限公司, 中国·广东·深圳 518100

## 摘要

导流洞是水库除险加固工程中的一个关键环节,其工作的好坏关系着整个工程的整体质量,因此需要给予足够的关注。水库是中国重要的补水工程,在工农业生产中占有举足轻重的地位。作为一座长期运行的较大型水利设施,其建设中不可避免地存在着许多问题,从而给水库的运营带来了一定的安全隐患。鉴于此,论文从水利工程的实际出发,探讨了导流洞的设计和施工工艺,希望能对同类工程有一定的借鉴作用。

## 关键词

水库; 除险加固; 引水隧洞; 设计; 施工

## 1 引言

水利水电事业对国民经济的发展起着举足轻重的作用,在施工中,往往会出现一些安全隐患,这对大坝的正常运营造成了很大的影响。因此,强化对水库进行除险加固的重要性不容忽视。特别是导流洞的设计与施工,它们对于大坝的稳定性和安全性起着至关重要的作用。这一环节直接关系到大坝在紧急情况下能否有效地泄洪或排洪,保障下游地区人民的生命财产安全,因此必须严格把控其质量和标准。论文结合一座水库除险加固工程实例,探讨了导流洞的设计、施工工艺,并针对存在的问题,提出了防治措施。研究成果显示,加强对导流洞的设计和施工工艺的研究,可以有效地改善大坝的施工质量和运营安全,对促进我国水利工程事业的

健康发展具有十分重要的作用。

## 2 水库除险加固的必要性

水库是国家的一项重大工程,担负着防洪、灌溉、供水、发电等多重功能。但在施工中,由于施工中出现了一些问题,使其在运营中出现了一些安全隐患。为了保证水库的正常运营,有必要对其进行除险加固。目前,中国已建的许多水库都是20世纪50年代建成的,许多已投入运营多年,存在着较大的安全隐患,如大坝渗漏严重、坝基渗漏、坝体开裂等。上述问题的存在,不但对库区的安全造成了较大的影响,同时也对库区周围区域造成了较大的洪水威胁,为了保证大坝的安全运行,需要采取相应的措施加以解决。

## 3 常见的水库病害类型及成因

目前,中国水库工程普遍存在着渗漏、坝坡不稳定、裂缝及沉降等问题。具体而言,坝体渗漏问题较为突出,特

【作者简介】沈若尘(1995-),男,中国河南信阳人,硕士,工程师,从事生态环境治理、市政工程、水利工程研究。

别是在坝基区及两侧坡地上；大坝的不稳定现象使大坝发生大变形，并产生开裂；坡面失稳现象突出地体现在坝坡呈现出显著的失稳状态。

造成这些问题的原因，一是水库选址不当，地基处理不当；二是由于坝体的填筑质量不好，造成碾压不紧密，或者填筑土的含水率偏高；三是库区有渗漏点，使渗水区的高程较高；四是水库建成后，因库水抬升及其他因素，使库水位继续增高，至正常库容后又继续抬升，另外水库蓄水后，库水向周边村镇及农田倒灌，造成大片的农田被淹没；五是水库防渗帷幕漏水或者未设防渗帷幕等。上述因素的存在，使得水库存在着巨大的安全隐患<sup>[1]</sup>。

这些病害的出现，不但影响了水库的正常运营，而且对周围群众的生命和财产也构成了极大的威胁。所以，对这些病害采取相应的修复措施是十分必要的。

## 4 引水隧洞的设计要点

### 4.1 隧洞线路选择

按照《水工隧洞设计规范》中的有关要求，确定隧洞线路宜顺于斜坡，且与洞口的开挖方向相同；隧道出口与设计轴线夹角不能超过 $15^\circ$ ；隧洞进洞线路要尽量避开断裂的断裂带。在隧道长度较大的情况下，为减轻施工工作量及基坑支护工作量，可适当增设回转断面。洞线的选型要根据工程实际情况及工程的复杂性来确定，以保证工程的质量。对于小型隧道，则应结合当地的地形、工程情况等情况进行选择。隧道的设计方案一旦选定，必须及时向业主报告地质资料，这样才能对其进行修正，在充分了解地质情况后，应根据实际情况进行详细分析和综合判断，提出合理化建议，并经论证后确定最优方案。

### 4.2 隧洞横断面设计

根据《引水工程设计规范》的要求，根据地质条件、洞径及施工情况，合理选择隧道的横截面。根据该工程的地质情况，在保证输水安全的基础上，确定了单洞、双洞型，隧道净截面为 $8.0\text{m} \times 10.0\text{m}$ 。当围岩为V级时，隧道的过流截面很小，宜采用单洞、双线形；当围岩为V类时，隧道的过流截面很大，一般为单洞、双线形。《水工建筑物设计规范》中有“隧道埋深不超过 $100\text{m}$ 时，其侧壁与墙体之间的最小间距”的要求，在隧道开挖深度小于 $100\text{m}$ 时，隧道的最小净距应符合以下要求：隧道埋深超过 $100\text{m}$ 时，隧道两侧的最小净距应符合以下要求，隧道埋深超过 $100\text{m}$ 时，隧道两侧的最小净距应符合以下要求。

### 4.3 水力计算与设计

在项目的实施过程中，专注于深入进行水力计算工作，对水系统的各个环节进行了详尽的分析和研究。同时，设计团队也投入了大量精力，精心规划每一部分的布局 and 结构，确保最终方案既满足技术要求又符合美学标准。通过这样全面而细致的工作，我们旨在创造出一个高效、可靠且美观的

水处理解决方案。

①隧道计算断面：隧洞断面由进、洞口和出洞口三部分组成，洞口断面与引水量成比例，而洞口截面则与洞口高度成反比。②隧道通过能力：通过能力是指当水流通过后，隧道中的水面线和内水面线之差，称为过水流量。③水力参数分析：在该项目中，导流量的大小主要取决于隧洞的平均水头和来流速度，而导流头的大小则取决于洞口的断面面积、洞口的长度。在该工程中，隧洞平均水位为 $28.85\text{m}$ ，为了避免对周边建筑产生不利影响，选择了洞长、宽比 $1.2$ 作为设计参数。④水利水电工程：该工程导流洞采用钢筋混凝土、钢筋混凝土、钢筋混凝土和钢筋混凝土三种不同类型的防渗衬砌。⑤管渠：由于导流洞以承压管为主，所以在输水管线的计算中，重点考虑了输水隧洞水位与设计水位之差，也就是管内水位与设计水位之差。

## 4.4 进出口结构设计

为了确保大坝能够在各种条件下稳定安全地运作，必须对大坝的导流洞采取精心的设计措施。通过这些设计，可以显著提升导流洞的建造质量，从而减少未来可能出现的风险和问题，确保大坝的长期稳定与高效运作。在进水口结构设计时，可根据洞口的长度、宽度、高度等因素，对进水口进行优化，提高了工程的施工质量<sup>[2]</sup>。

根据进水口的结构设计，可将进水分为三个部分，因此，在不同部位有不同的结构型式。通过对国内外有关资料的分析，提出了三种不同的衬砌结构型式：无压衬砌、承压衬砌和承压衬砌。无压隧道宽 $4.8\text{m}$ ，高 $2.8\text{m}$ ，进、出口高度 $2.9\text{m}$ ；压力隧道宽 $2.24\text{m}$ ，高 $3.54\text{m}$ ；有压隧道宽 $2.48\text{m}$ ，高 $3.05\text{m}$ 。通过对三种进水口结构型式的比较分析，认为将无压洞与压力洞组合在进水段的进水口布置，其优点是显而易见的。比较了三种不同的进口结构形式，认为在压力隧道的设计中，可同时考虑无压洞与压力洞的组合；对于有压隧道，则将其分为无压洞与有压洞两种形式。

## 5 水库除险加固工程中引水隧洞设计施工策略

### 5.1 全面勘察与评估

在水库除险加固工程中，导流洞的设计必须进行综合的调查和评价。首先，要全面了解该工程的地质情况，尤其要注意隧道的地质结构，有无断裂、溶蚀、岩溶等不良地质现象。其次，综合评价了隧道的地质状况，包括围岩稳定性、渗透性稳定性和渗流稳定性。最后，从隧道长度、地形条件、施工条件等方面，对隧道的施工条件进行了综合评价，若隧道施工距离不长，地形条件相对较好，则可采用洞室开挖<sup>[3]</sup>。同时，还要考虑隧洞的施工条件以及地质条件等情况，在综合考虑的基础上进行工程设计。

### 5.2 优化横断面设计

隧洞的截面形式主要有矩形、圆形、折线三种，但在设计时应结合实际条件，选用合适的断面型式，才能取得最

好的导流效果。在采用矩形截面时,应结合工程实际,确定合理的隧道长度和宽度。一般来讲,矩形截面的导流能力更强,隧道长度也 longer,因此在小流量、中水头和超高水头条件下,宜采用矩形截面。圆形截面多用于中长水平、超深型,但在工程实践中,因受到地质等因素的制约,不能确保圆形截面型式能充分满足工程需要,通常采用折线型。在选择折线形断面时,要根据围岩、隧洞长度、围岩类别以及地质条件等方面来确定。

在大多数工程实践中,当隧洞的长度相对较长时,采用折线形断面设计是最为合适的选择。这种断面形式不仅能够有效地减少施工难度和缩短工期,同时也有利于后期的维护和检修。

### 5.3 运用数值模拟技术

在对水库除险加固工程中引水隧洞进行设计时,必须运用数值模拟技术,因为这样才能更好地了解其实际情况。数值模拟技术主要包括两种:一类是采用有限元法,另一类是采用边界元法。有限元法是针对具体的工程实例,而边界元法则是针对具体的工程实例。在运用时,要针对不同的问题,选用适当的计算方法,并在计算中对计算方法进行改进,以确保其精度与可靠性。采用有限元法进行计算时,应尽可能选用结构相对简单的房屋。当面对那些结构设计精巧,细节复杂多样的建筑物时,采用边界元分析法来进行模拟计算是一个明智的选择。这种方法能够精确地预测在特定荷载作用下,建筑物的响应和变形情况,从而为工程决策提供可靠的数据支持。采用边界元法对结构进行离散,得到的结果与实际相符,此外,在工程实践中,必须重视对计算结果的分析与研究,以确保工程设计的合理性<sup>[4]</sup>。

### 5.4 强化地质超前预报

隧道工程地质超前预测,就是要对隧道穿越断层、岩性突变段的地质条件作出预测与预测,为隧道的开挖施工提供科学的基础,及时、精确地掌握隧道的施工地质状况,针对具体的条件,选用适当的方法,判定不良地质现象,并给出相应的治理措施。运用各种超前预测方法,对隧道的地质条件进行了全面的分析。目前常用的方法有:①直接探测法。包括瞬变电磁法、红外探测法、TSP法等;②间接探测法。包括TSP203超前预报系统、TSP203+TSP组合系统等;③综合预测法。包括地震波反射法、地质雷达法、红外线探测法等。目前中国应用较多的是TSP预报技术,目前中国已经投入使用的超前预报系统主要有:TSP203+TSP组合系统,TSP+TSP203。

### 5.5 做好施工通风与排水

在施工期间,要确保工作人员的人身安全,通风和排水是必不可少的,如果通风不到位,不但会影响到整体的施工质量,而且还会影响到工人的身体健康。所以在整个导流洞建设期间,一定要做好通风和排水工作,施工期间要注意:

首先,要加强通风设备的巡视,如果有设备老化、损坏等情况,要立即进行更换;其次,要加强对建筑工人的培训,让他们懂得基本的安全作业规程和作业程序,以防止发生意外;最后,要做好排水设施的保养与管理工作。在引水隧洞施工过程中由于地表径流会带来大量的泥沙、石块等杂物,因此必须加强对排水设备的维护和管理工作<sup>[5]</sup>。

### 5.6 做好施工记录与档案管理

施工记录是项目施工过程中最真实的记录,是项目施工过程中不可缺少的一环,它不仅能全面地反映项目的整体进度,而且能为后续工作提供借鉴。因此,施工记录的填写一定要引起足够的重视。对已答完的内容,可以直接填写,没有写完的,要做相应的处理,并做相应的记录。例如,将开挖面完全填平,或对已经完工的部位回填,以确保整体工程的质量。项目完工后,要做好相应的档案资料管理。在项目圆满结束之后,必须对其中的各项信息进行细致的整理和分类,以便有效地管理它们,同时,也需要着手构建一个全面的档案管理体系,确保所有关键文件都能被妥善保存、检索和利用。这样,既能保证项目资料的完整性,又能方便未来的回顾与参考,在此过程中还要对施工中涉及的每一个环节进行详细记录,并将记录整理成相应的文档材料,便于日后查找。

## 6 结语

综上所述,导流洞,这种巧妙设计的水利建筑,不仅承担着疏导水流、调节水位等重要功能,更是确保水库整体安全运作不可或缺的一环。它的质量直接影响到水库能否有效地进行调蓄和泄洪,因此在施工过程中必须严格把控每一个细节,以保障其长期稳定运行,防止潜在的风险对水库的整体效能造成损害。通过对导流洞的设计和施工工艺的分析,从施工人员的技术素质、施工管理等方面,保证了导流洞的施工质量。论文对以上内容进行了分析,以期对同类工程有一定的借鉴作用,对中国水利工程的发展起到一定的推动作用。

### 参考文献

- [1] 单永亮.高喷灌浆技术在水库除险加固中的应用[J].中国高新科技,2022(24):44-46.
- [2] 刘楠.水库除险加固工程施工探究[J].江西建材,2022(11):268-269+272.
- [3] 黎云.大洋河水库除险加固工程大坝防渗方案选择[J].广西水利水电,2022(4):87-89.
- [4] 颜勇.杨湾桥水库大坝除险加固工程水土保持及环保措施[J].河南水利与南水北调,2022,51(8):11-12.
- [5] 李冰.基于水库除险加固工程溢洪道闸墩尾部体型优化研究——以蓼窝水库为例[J].黑龙江水利科技,2022,50(7):101-102+136.