

# 多层次取水口设计对水库分层取水效果的影响研究

冯 浩

普洱市思茅水投建设开发有限公司 云南普洱 665000

**摘 要：**随着水资源短缺问题日益严重，水库作为重要的水资源储备和调节设施，在水利工程中扮演着不可替代的角色。水库的分层取水技术，作为一种先进的水库调度方式，不仅可以合理调配水资源，确保下游用水需求，还能有效改善水质、提高水库运行效率。多层次取水口设计作为一种创新的分层取水技术，逐渐成为现代水库调度中的研究热点。本研究旨在探讨多层次取水口设计对水库分层取水效果的影响，分析不同设计方案在实际应用中的效果，希望为水库多层次取水口设计提供理论支持和实践指导。

**关键词：**多层次取水口设计；水库；分层取水；效果影响

## 引言

水库分层取水技术是利用水体的分层特性进行有效调度的一种方法。由于水体密度随温度、盐度和悬浮物呈分层分布，水库不同水深层次水体质量及水温有明显差别。传统水库取水系统通常仅设单一取水口，致使不同水深水体不能被合理开发利用，甚至存在上层水质优、下层水质劣等问题，大大影响水资源高效利用与水质管理。近几年来，由于对水库管理要求越来越高，出现了多层次取水口的设计方案。多层次取水口设计可针对水库不同深度水体特点选择适当取水层次调度水量，从而避免常规单一取水方式会造成水体滞留、水质差异等现象。该技术不仅能够提高水库水质的均衡性，还能提升水资源的利用效率，尤其是在多重用途水库（如农业灌溉、城市供水、发电等）中，发挥着至关重要的作用。

## 一、水库分层取水原理与影响因素

### 1. 水库分层现象

水库分层现象是指由于水体的温度、密度、溶解氧含量等因素的差异，导致水库水体在垂直方向上形成不同的水层，这些水层之间通常存在显著的水质和温度差异。一般而言，水库的表层水温较高，密度较小，而深层水温较低，密度较大，形成热跃层现象。随着季节变化和水库的水流流动，水体分层的状态可能会发生变化，尤其是在夏季和秋季，分层现象较为明显，表层水温升高，导致上层水和下层水之间的温度差异加大，从而加剧分层现象。水库分层不仅仅是水温差异，水质上也存在明显的差异，例如表层水通常含有较多的氧气和溶解

物质，而底层水则可能因缺氧而积累大量有害物质，如氨氮、硫化氢等。因此，水库的分层现象不仅影响水体的物理性质，还直接关系到水质的稳定性和安全性。随着水流动性减少或水库结构不合理，分层现象可能导致水层间的隔离加剧，影响水库的水质和取水效果，尤其是在需要从不同水深取水时，水质和水温的差异可能造成水源利用效率的下降。

### 2. 分层取水的原理

分层取水原理是基于水库内部水体由于温度、密度等因素的差异而形成的水层差异，目的是通过在不同深度采集水体来优化水库的水质和水温。水库中因气温随深度的不同而有不同的特点，即表层水温升高而下层水温降低，从而形成温跃层。水体温度不同造成密度不同，较暖表层水较淡，较凉深层水较沉，从而使水体沿竖直方向天然形成分层。分层取水的原理就是采用这种自然分层的方式，根据需要把不同水深的水体取走，以避免不同水层间的不均匀混合和维持水质稳定。

分层取水时，可通过多层次的取水口设计实现表层、中层或者深层的有选择取水。表面的水通常富含溶解氧和有机物，而更深层的水可能含有更多的溶解无机物或有害物质，例如硫化氢、氨氮等，这些都对水的质量产生了显著的影响。所以，按需取水能够对水库水质进行有效调节，避免出现混合水质不均匀的现象。同时合理分层取水也可以提高水库水源使用效率，避免水库底层水体被过度开采或者浪费，使水源得到科学管理与持续利用。采用分层取水既可以优化水库水质结构，又可以使水库深部水温更高，避免因表层水取水过多而造成水

温上升,以保证整个水库生态平衡。

### 3. 影响水库分层取水效果的主要因素

影响水库分层取水效果的主要因素包括水库的形态、流态、水质特征以及水温的变化等。水库的形态直接决定了水体分层的程度,深水库由于其较大的水深和较低的流速,容易形成明显的温跃层,而浅水库则由于水体较为均匀,分层现象较弱。此外,水库的水流状态也对分层取水效果产生显著影响。水流的流速、方向和混合程度决定了水层之间的交换强度。如果水库中存在较强的水流交换或湍流,水层之间的分层可能会被破坏,导致水体均质化,进而影响取水口的水质选取。水库内的水质分布亦十分关键,表层水往往含有较高的溶解氧浓度,适宜供水,但若上层水体受到污染,取水口必须精确控制层次,以避免污染水源。水温是水库分层的一个重要参数,温跃层通常出现在水体的上部和下部温差较大时,通常表层水温在20℃左右,底层水温则可能低于10℃。随着季节变化,水温差异会不断变化,影响分层的稳定性。如果取水口设计不当,可能导致深层水温偏低或高温表层水被错误取水,降低水库的取水效率。此外,水库的进水量、风速、降水等外部因素也会影响水层的稳定性和取水效果。综合这些因素,合理的设计与调整取水口位置和深度,是确保水库分层取水效果的关键。

## 二、多层次取水口设计与作用机制

### 1. 多层次取水口的基本设计理念

多层次取水口的基本设计理念是通过在水库不同深度设置多个取水口,以灵活地调节和选择水库内各层水体,实现对水源的高效利用和水质的精准控制。水库水体一般表现出明显分层现象,各水层水质、温度及溶解气体含量等存在显著差异,而这些差异对取水效果产生直接影响。该多层次取水口的设计,通过将多个进水口布置于不同水层,使取水操作可以根据实际需求选择适当水深,从而避免水体混入,保证水质稳定、水源可持续。在设计时,必须针对水库水文条件,水质特点及取水需求,对取水口位置、个数、大小及控制方式进行优化布置,才能提高水源利用效率及降低水质污染风险。具体设计时,需充分考虑温跃层、流速和风力的变化情况,保证多层次取水口能够在各种情况下稳定运行。如对表层水温高容易被污染时,取水口可优先选用下层水层,以免过多取用表层水,确保水质洁净。但针对底层水含氧量偏高或者污染物浓度偏高等问题,在设计中需准确控制深层水取水以免取水水质不均。采用灵活深度

调节、准确取水策略等多层次取水口,既优化水库取水效果又提升水质保护与水资源管理效率。

### 2. 多层次取水口对水库分层的影响

多层次取水口作用于水库分层主要表现为能有效地调整水体分层结构、优化水源利用效率、在一定范围内维持水质稳定。水库分层现象由于水体密度、温度及溶解气体不同而引起,一般水库内都会形成热跃层而使水体上下水质及温度相差很大。常规单层取水口设计通常无法充分发挥这种分层特性,会造成水质不均水体收集。多层次取水口的设计,通过将取水口布置于不同水深处,可根据水库实际状况选择适当水层取水,避免表层水质差或者底层水质差。尤其是当有温跃层时,灵活调控取水层次以避免表层与底层水掺混,可有效地降低水体紊乱程度,维持水库水质清晰稳定。多层次取水口也有助于水库面对不同季节和水温变化的挑战。比如夏季气温高,表层水一般比较含有丰富的有机物,水温也比较高,如果能够将取水口调整到深层水体中,就可以避免因上层水质恶化而影响取水效果。且冬季或者早春季节底层水气温及水质可能更适合供水,水库可通过调节取水深度来灵活处理季节变化带来的水质及水源利用效率变化。

### 3. 设计中的关键技术与创新

多层次取水口设计的关键技术及创新表现为精确调控水体分层、优化取水过程等功能。其中一项核心技术就是以水库水质、水文条件为基础的实时监测及动态调节系统。通过设置各种传感器实时采集水库各层水体温度、溶解氧和浊度,并结合先进数据分析处理技术设计一种可根据水体分层情况自动调节取水深度智能控制系统。该技术可保证水质稳定、水源合理使用、减少人工干预等不同季节、气候条件的影响。另一创新技术为分层取水口多点监测控制设计,采用多层次进水口及自适应开关装置可灵活针对不同深度水层水质要求进行调配调整。这样既能提高水质利用效率,又能有效地避免单层次取水口设计所可能造成的水质不均匀现象。另外,本实用新型防堵塞及抗腐蚀材料的使用,提高了装置使用寿命,减少维护成本,同时确保取水口能够长时间稳定工作。通过上述关键技术及创新,使水库取水口在达到水质保护,资源优化及可持续发展等目的的前提下,更有效、更准确的选择适宜水层取水。

## 三、多层次取水口设计的优化策略

### 1. 水库分层取水的需求分析

水库分层取水需求分析,主要来源于水库水质分层

现象, 以及合理开发利用水源的迫切需要。水库内水体一般表现为温度与密度分层显着, 造成不同水深水质, 温度与溶解氧有显著差别。表层水温高可能含有丰富的有机物或者被污染, 下层水温低、溶解氧含量少, 则可能会累积大量无机物及污染物。所以如何科学合理的在不同水层取水已成为水库管理的重要课题。尤其是水库供水、灌溉及发电等多功能需求中, 对取水水质要求较为苛刻, 需结合实际情况准确配置水源。为避免因水质不均或者混合而造成的不利后果, 分层取水具有重要意义。随着人们对水质保护与水资源高效利用要求的日益提高, 常规单层取水口的设计已经不能适应现代水库水质与取水效率等方面的高要求。基于这种情况, 分层取水可以通过取水口不同深度科学调节水体, 保证水质稳定及水源可持续使用, 降低污染源风险, 提升水库水源综合利用率。分层取水既可以有效地应对不同季节、气候条件水质变化, 又可以促进水库运行经济环保, 促进水资源管理现代化。

## 2. 多层次取水口优化设计原则

多层次取水口优化设计原理目的是通过对取水口位置、数量及大小进行科学分配, 使其适应水库水质管理和取水效率。优化设计时, 针对水库水体分层特点, 取水口布置需尽可能涵盖不同水层, 一般宜布置于温跃层以上, 以下及合适深度, 以保证能灵活选取水层取水。该设计原则需要详细地分析水库中水体温度及密度分布情况, 并利用监测设备获得水温、溶解氧、浊度等重要参数的实时数据。基于上述参数可对取水口深度和开口尺寸进行优化设计。例如, 在面对表层水温为 $20^{\circ}\text{C}$ 左右而底层水温为 $10^{\circ}\text{C}$ 左右的特定情况下, 设计方案应当优先考虑选择底层的水源, 以防止表层水因受到污染而对水质产生不良影响。同时, 取水口的间距配置也需合理设计, 一般建议间隔每隔 $1\sim 2$ 米设置一个取水口, 这样有助于确保水质抽取的均匀性和灵活性。另外, 在取水口设计中还应考虑到防止淤积及水流钝化等问题, 并选用适当的材质及形状减小水流阻力, 从而增加取水过程中的流量及效率。将这些优化设计原则进行集成, 可以在保证水库水质稳定性的同时提供有效的水源使用方案, 从而对水库的运行与管理起到强有力的支撑作用。

## 3. 设计中常见问题与解决方案

在多层次取水口的设计中, 常见问题包括水体混合、

淤积现象及水质波动等, 这些问题直接影响取水效率和水质稳定性。水体混合主要发生在多个取水口之间, 当不同深度的水层在取水过程中发生交互, 可能会导致水质不均匀。为此, 优化取水口的设计可以通过流体动力学模拟分析流线, 合理调整取水口的高度和开口角度, 以降低水层混合的可能性。淤积问题通常出现在底层取水口位置, 由于底层水流速度较低, 沉积物容易积聚, 从而影响取水效率。解决此问题可以在取水口附近设置导流装置, 引导水流, 减少沉积物的聚集, 同时定期进行清理维护。水质波动则与水库内的水温和水质变化密切相关, 尤其在夏季高温时, 表层水可能受到外界污染影响。为应对水质波动, 设计应采用智能监测系统, 实时监测水质参数, 如浊度和溶解氧含量, 以便根据变化情况自动调整取水层次, 确保稳定供水。同时, 取水口的材料应选用耐腐蚀性强、抗腐蚀性能高的材料, 减少对水质的二次污染。通过针对性的问题识别与解决方案, 不仅可增强多层次取水口的设计适应性, 还可提升水库管理的整体效率和可持续发展能力。

## 结束语

综上, 通过合理配置多层次取水口, 不仅能够有效调节取水水源的深度, 还能科学提高水质的稳定性, 避免了传统单层取水口设计所面临的多种问题。研究表明, 优化后的多层次取水口能够灵活应对不同季节和水文特征的变化, 确保在水库内不同深度的水层均能被合理利用, 从而实现水源的高效管理和水质的持续保障。

## 参考文献

- [1] 叶舟, 龚梦园. 基于下游生境水温需求的水库分层取水调度研究[J]. 人民长江, 2022(006): 053.
- [2] 刘羽. 水源型水库分层取水改造工程方案比选研究[D]. 西安理工大学, 2023.
- [3] 郑铁刚, 孙双科, 柳海涛, 等. 前置挡墙间距对分层型水库取水效果影响分析[C]// 水库大坝和水电建设与运行管理新进展. 2022.
- [4] 王洁, 刘羽, 任劼. 石头河水库含沙量模拟及分层取水方案研究[J]. 陕西水利, 2024(003): 000.
- [5] 马洪雁. 水库分层取水设计的思考[J]. 低碳世界, 2022, 12(12): 82-84.