

工程水文在跨流域调水工程设计中的应用

王欣桐

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: 本文聚焦工程水文在跨流域调水工程设计中的多方面应用。首先阐述其在工程整体设计中的核心作用,能为各环节提供精准数据与技术支撑,解决关键难题。接着分别论述在水源区设计里,涵盖水资源量评估、水文情势分析及取水口水文设计;在输水线路设计中,包括水文选址、参数计算与安全防控;在受水区及工程运行调度设计中,涉及受水区需水量分析、调水时序优化设计和运行水文监测设计。通过这些应用,保障调水工程科学合理、安全稳定运行,实现水资源高效利用与综合效益最大化。

关键词: 工程水文; 跨流域调水; 工程设计; 应用

引言: 跨流域调水工程对于缓解水资源空间分布不均、保障区域供水安全意义重大。工程水文作为该工程设计的关键支撑,贯穿于工程全生命周期。它凭借对各类水文要素的监测与分析,为工程各环节提供坚实依据。从水源区的水资源评估到输水线路的合理选址,从受水区需水量的精准分析到工程运行调度的优化,工程水文都发挥着不可替代的作用。深入研究工程水文在跨流域调水工程设计中的应用,有助于提升工程设计水平,保障工程顺利实施与长期稳定运行。

1 工程水文在跨流域调水工程设计中的核心作用

工程水文在跨流域调水工程设计中具有不可替代的核心作用,贯穿工程设计全流程,为工程各环节提供坚实支撑,有效解决调水工程中的关键难题。(1) 在基础支撑方面,工程水文对水源区、输水线路沿线以及受水区展开全面且系统的监测与分析。针对降水、径流、蒸发、泥沙、冰情等各类水文要素,运用先进的监测设备和技术手段,获取长期、连续且准确的数据。通过对这些数据的深入剖析,精准把握各区域的水文特征及其变化规律。例如,依据降水与径流的关系,明确不同区域的径流形成机制和变化趋势,为调水规模的合理确定提供关键依据;根据地形地貌和泥沙含量,科学规划输水线路,避免因泥沙淤积影响输水效率;结合冰情数据,合理设计工程建筑物的防凌措施。如此,为输水线路的科学选址、工程建筑物尺寸的精心设计等提供核心参数,确保工程设计与实际水文条件高度契合。(2) 从风险防控角度,工程水文对暴雨、洪水、枯水、凌汛等极端水文事件进行频率分析和强度计算。通过建立科学合理的数学模型,预测极端事件发生的可能性和影响程度,提前预判工程可能面临的水文风险。基于这些分析结果,为工程防洪、防凌、抗旱等方面的设计提供有力依据,制

定针对性的防范措施,切实保障工程在极端水文条件下的安全稳定运行。(3) 在效率优化方面,工程水文深入分析水资源的时空分布规律。结合受水区的用水需求和水源区的供水能力,优化调水时序和调水量分配。在丰水期适当增加调水量,储备水资源;在枯水期合理控制调水量,保障受水区的基本用水需求。通过这种方式,实现水资源的高效利用,兼顾工程运行效率与经济性,使跨流域调水工程的综合效益最大化^[1]。

2 工程水文在水源区设计中的应用

2.1 水源区水资源量评估

水资源量评估是水源区设计的核心内容,也是确定调水规模的基础,工程水文通过对水源区地表水资源量、地下水资源量的监测与计算,明确水源区可调配水资源量,确保调水工程既有充足的水源保障,又不影响水源区自身的用水需求和生态平衡。(1) 地表水资源量计算主要基于水源区流域内的降水、径流监测数据,通过分析降水与径流的相关性,运用径流系数法、水量平衡法等专业方法,计算不同时段(年、季、月)的地表径流量,明确地表水资源的时空分布特征。(2) 地下水资源量计算主要通过对水源区地下水埋深、渗透系数等水文地质参数的监测,结合地下水补给量、排泄量的分析,计算地下水资源可开采量,同时分析地表水与地下水的补排关系,实现地表水与地下水资源的联合评估。在此基础上,综合考虑水源区生态环境需水量、现有用水消耗量,确定水源区可调配水资源量,为调水规模的合理确定提供精准数据支撑,避免因调水量过大导致水源区水资源短缺,或因调水量过小无法满足受水区用水需求^[2]。

2.2 水源区水文情势分析

水文情势分析在水源区设计中至关重要,其主要目的是深入揭示水源区各类水文要素的变化规律,从而为

取水方案的优化以及运行调度提供坚实可靠的依据。(1) 工程水文借助对水源区长期降水、径流、蒸发等水文要素监测数据的系统统计分析,能够精准明确这些水文要素在年内和年际的变化特征。基于此,可科学预判枯水期与丰水期的具体水文情势。通过对径流序列开展频率分析,能够确定不同保证率条件下的径流量,清晰界定水源区径流的稳定性状况,有效避免因枯水期径流量匮乏而导致调水工程中断的情况发生。(2) 深入分析水源区水文要素的变化趋势,全面排查可能对水资源量产生影响的水文因素,能为取水方案的优化设计提供关键依据,确保所制定的取水方案能够灵活适应水源区水文情势的动态变化,保障调水工程水源供应的稳定性和可靠性。

2.3 取水口水文设计

取水口的位置选择与设计参数设定,对取水效率及取水安全起着决定性作用。工程水文凭借对取水口附近水文条件的细致监测与深入分析,为取水口的科学选址和合理设计提供精确参数。(1) 在监测方面,重点聚焦取水口附近的水位、流速、流向、泥沙含量等关键水文要素。通过长时间、高频次的监测,全面掌握不同时段取水口附近的水文变化特征。基于这些分析成果,确定取水口的合理位置,优先挑选水位稳定、流速适宜、泥沙含量低且无严重冰情影响的区域。(2) 依据取水口附近的设计水位、设计流量等重要水文参数,精确计算并确定取水口的尺寸、高程等设计指标。如此设计,可保障取水口在各种水文条件下都能稳定、高效地取水,有效规避因水位过低导致无法取水、流速过大损坏取水设施、泥沙含量过高堵塞取水管道等潜在问题,确保调水工程取水环节的顺畅运行。

3 工程水文在输水线路设计中的应用

3.1 输水线路水文选址

输水线路的选址工作必须将沿线的水文条件作为关键考量因素,以有效规避潜在的水文灾害风险。工程水文通过运用专业的监测设备和技术手段,对输水线路各个备选方案沿线的水文条件展开全面且深入的监测与分析。通过对比不同备选方案在水文方面的优势与风险,精准确定最优的输水线路。在此过程中,着重分析沿线的降水、径流、地形地貌等水文地理条件,细致排查沿线可能存在的洪水、泥石流、凌汛等水文灾害隐患。优先选取水文条件稳定、灾害风险低且施工难度较小的区域作为输水线路。同时,全面分析沿线地表水体的分布状况,避免输水线路与天然河流、湖泊等水体产生不利干扰,最大程度减少工程建设对沿线水文环境造成的影响。对于需要穿越河流、沟谷的输水线路段,则重点分

析穿越断面的水文条件,为穿越工程的设计提供科学依据,确保输水线路能够适应沿线水文条件的动态变化,切实保障输水安全^[3]。

3.2 输水线路水文参数计算

水文参数计算在输水线路设计中占据基础性地位,是输水线路断面设计以及输水能力核算的重要前提。工程水文借助对输水线路沿线各类水文要素的精准监测,计算输水过程中不可或缺的核心水文参数,为输水线路的断面尺寸、输水方式设计提供科学依据。在计算过程中,主要聚焦输水线路沿线的设计流量、设计水位、流速等关键参数。结合输水线路的地形坡度、土壤渗透系数等实际条件,运用成熟的水力学公式进行输水能力的核算,确保输水线路能够切实满足设计调水规模的要求。同时,要避免因流速过大引发输水线路冲刷,或流速过小导致泥沙淤积等问题。对于露天输水渠道,需详细计算沿线的蒸发量、渗漏量,准确核算输水损失,以此优化渠道断面设计,最大程度减少水资源浪费。对于地下输水管道,则要结合沿线地下水水位、渗透压力等水文参数,科学设计管道的抗压、防渗性能,防止管道因地下水压力过大而出现破损、渗漏等状况。

3.3 输水线路水文安全防控

输水线路的水文安全防控重点聚焦于极端水文事件的防控设计,旨在保障输水线路在极端条件下的安全稳定运行。工程水文通过系统且持续地对沿线极端水文事件展开监测与分析,为安全防控工程设计提供坚实依据。针对暴雨情况,通过对沿线暴雨频率的深入分析,精准确定不同保证率下的暴雨强度。进而计算暴雨产生的坡面径流和沟谷洪水流量,以此为输水线路的防洪设施,如排水沟、挡土墙等的设计提供关键参数,防止暴雨洪水对输水线路造成冲毁破坏。在寒冷地区,需密切监测沿线的冰情参数,详细分析结冰时间、解冻时间、冰层厚度、流冰量等冰情特征,据此设计科学合理的防凌设施,避免凌汛引发输水线路堵塞、破损等问题。此外,还需深入分析输水线路沿线的泥沙运动规律,精确计算泥沙淤积量和冲刷强度,针对性地设计清淤设施,防止泥沙淤积影响输水效率或冲刷损坏输水线路。

4 工程水文在受水区及工程运行调度设计中的应用

4.1 受水区需水量分析

受水区需水量分析在确定调水规模与优化调水方案中起着关键支撑作用。工程水文凭借专业手段,对受水区的降水、蒸发等水文要素以及各类用水数据进行全面监测与深度分析,以此精准明确受水区的需水总量及其时空分布特征。(1) 具体而言,先深入剖析受水区的气

候条件,精确计算蒸发量。再结合受水区的人口规模、产业结构特点以及生态环境状况等因素,将用水需求科学划分为生活用水、生产用水、生态用水三大类别,并分别细致核算不同类别的需水量,清晰呈现受水区在不同时段、不同区域的需水差异。(2)充分考虑受水区当地的水资源量,深入分析其缺水程度与缺水时段。这些分析成果能为调水规模的最终确定以及调水时序的优化提供坚实依据,确保调水工程能够精准契合受水区的需水实际,达成水资源的高效利用,杜绝水资源浪费现象^[4]。

4.2 调水时序优化设计

调水时序优化在提升工程运行效率、保障供水稳定方面占据核心地位。工程水文通过综合且深入地联合分析水源区水文情势与受水区需水情势,对调水时序和调水量分配进行科学优化,以达成水源区水资源与受水区需水需求的精准对接。(1)具体操作中,充分考量水源区丰枯水期的径流变化特征,以及受水区需水的高峰与低谷时段,精准确定不同时间段的调水量。在丰水期,鉴于水源区径流量充沛,可适当增加调水量,提前储备水资源,以应对受水区可能出现的需水高峰,或为水源区枯水期做好准备;在枯水期,则合理控制调水量,优先保障受水区生活用水和生态用水的基本需求。(2)通过对各类水文要素的动态监测与分析,构建调水时序优化模型。借助该模型预判水源区和受水区的水文变化趋势,依据预判结果及时调整调水方案,避免因调水时序不合理造成受水区供水短缺或水源区水资源浪费,保障调水工程高效、稳定地运行。

4.3 运行水文监测设计

运行水文监测作为保障调水工程长期稳定运行的关键举措,具有不可替代的重要作用。工程水文需精心设计一套科学合理的运行水文监测体系,对调水工程运行过程中的核心水文要素展开实时、精准监测,从而为工程运行调度的灵活调整以及安全防控提供坚实可靠的数据支撑。(1)该监测体系的监测范围广泛,全面覆盖水源区取水口、输水线路沿线以及受水区出水口等关键节

点。监测内容丰富多样,包括水位、流量、流速、泥沙含量、水质等核心水文要素,以此实时、动态地掌握调水过程中的水文变化状况。(2)通过对监测数据进行及时、深入的分析,能够迅速发现调水过程中存在的各类问题,如取水口水位异常波动、输水线路出现渗漏、受水区出水口流量不足等,为运行调度的合理调整提供有力依据。同时,长期积累监测数据并深入分析,可明确调水工程运行对沿线水文环境产生的影响,为工程运行方案的优化以及后续维护工作提供科学支撑,确保调水工程长期稳定、高效运行^[5]。

结束语

工程水文在跨流域调水工程设计中扮演着至关重要的角色,贯穿于水源区、输水线路、受水区及工程运行调度等各个环节。通过精准的水文数据监测与深入分析,为工程各阶段设计提供科学依据,有效解决水源保障、输水安全、运行高效等关键问题。随着技术不断进步,工程水文将进一步完善监测体系与分析方法,提升对复杂水文条件的应对能力。未来,应持续强化工程水文在跨流域调水工程中的应用,不断优化设计方案,保障工程长期稳定运行,实现水资源的合理配置与高效利用,为区域经济社会发展提供坚实的水资源保障。

参考文献

- [1]李翔,樊少彪,邓苗毅.跨流域长距离引调水工程的管理风险及对策[J].管理工程师,2025,30(01):18-22.
- [2]王瑞芳,赵明轩,刘晓琳.跨流域调水工程水资源优化配置与风险评估研究[J].水利学报,2023,54(08):923-933.
- [3]李晓峰,张宇轩,孙佳怡.跨流域调水工程生态补偿机制及实施效果评价[J].中国环境科学,2022,42(07):3389-3398.
- [4]陈俊豪,周雅琪,吴昊天.跨流域调水工程运行调度优化模型及应用研究[J].水科学进展,2021,32(04):520-530.
- [5]张伟,李华.跨流域调水工程规划与设计研究[J].水资源保护,2021,37(3):123-128.