

水资源水量平衡的分析方法探讨

寇超群

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: 本文对水资源论证中的水量平衡分析方法展开研究。阐述了水量平衡分析的基本原理,包括质量守恒定律及其在水资源论证中的意义。详细介绍了典型年法、水文模型分析法、三次平衡分析法等主要方法,涵盖其步骤与要点。同时指出方法应用中存在的数据质量、模型适用性、计算精度和不确定性问题,如数据缺失误差、假设条件不符、参数选择困难等。针对这些问题提出提高数据质量、优化模型选择和参数率定、提高计算精度、应对不确定性问题的改进措施,为水资源论证中水量平衡分析的准确实施提供依据。

关键词: 水资源论证;水量平衡分析;方法研究

引言

水资源是人类生存和发展的关键资源,在水资源管理和利用相关的论证工作中,水量平衡分析至关重要。其依据质量守恒定律,通过分析区域内水量的收支变化,确定水资源的供需状况,为水资源合理利用提供科学依据。随着经济社会发展,水资源问题日益复杂,对水量平衡分析方法的要求也越来越高。目前在水量平衡分析方法应用过程中存在诸多问题,影响了分析结果的准确性和可靠性,进而可能对水资源论证和管理决策产生误导。

1 水量平衡分析的基本原理

水量平衡分析的基本原理是质量守恒定律,即在一定的时间和空间范围内,进入某一区域的水量与流出该区域的水量之差等于该区域内水量的变化量。其数学表达式为: $P + R_{in} - E - R_{out} = \Delta S$ 。其中, P 为降水量; R_{in} 为流入量; E 为蒸发量; R_{out} 为流出量; ΔS 为蓄水量的变化量。在水资源论证中,水量平衡分析的目的是通过对建设项目取水、用水、退水过程的分析,确定项目对区域水资源的影响程度,从而为项目的可行性提供科学依据。因此,在进行水量平衡分析时,需要对建设项目的取水来源、用水过程以及退水去向等进行详细的调查和分析,确保水量平衡分析的准确性和可靠性。

2 水量平衡分析的主要方法

2.1 典型年法

2.1.1 方法概述

典型年法的核心思想是通过具有代表性的特定年份的水量状况进行深入剖析,以此来推断区域或系统在较长时间内的水资源供需态势。这种方法的意义在于,在缺乏长期连续且详尽的水资源数据的情况下,能够利用典型年份的情况为水资源的管理、规划以及相关工程

的设计提供重要的参考依据,具有较强的实用性和可操作性。并且,它能够以较为直观的方式呈现出特定条件下水资源的收支状况,便于相关人员理解和应用。

2.1.2 具体步骤

2.1.2.1 数据收集与筛选

广泛收集过去多年的降水量、蒸发量、径流量、地下水补给量等历史水文资料,如一个地区可能需收集水文站30年以上的数据。依据收集的数据,综合考虑多种因素确定典型年份。干旱年是降水量远低于多年均值,水资源供需矛盾大,可分析极端缺水状况;丰水年降水量显著高于均值,用于评估水利设施蓄水和防洪能力;平水年接近多年平均水平,作一般参考。例如,地区多年平均降水量800毫米,低于700毫米的年份可作干旱年候选,高于900毫米作丰水年候选。除降水量外,结合蒸发量、地表径流等因素确定代表性。若某年份降水量接近干旱年标准,但蒸发量低,水资源不紧张,则不太适合作为干旱年典型代表,经综合分析确定典型年份。

2.1.2.2 建立水量平衡方程要点

(1) 明确收支项:收入项包含降水、地表径流、地下水补给及跨流域调水等。降水是主要水源,影响水资源状况;地表径流是降水形成的可直接利用水流;地下水补给对维持长期稳定重要。支出项有蒸发、地表径流流出、地下水开采及工业、农业灌溉、生活用水等消耗。

(2) 方程构建:水量平衡方程为 $I = O + \Delta S$, I 是输入水量即收入项总和, O 是输出水量即支出项总和, ΔS 是系统内蓄水量变化,包括地表和地下水体变化。如某流域一年降水1000立方米、地表径流入200立方米、地下水补给100立方米,蒸发600立方米、地表径流流出300立方米、地下水开采150立方米,该年蓄水量变化为250立方米。

(3) 平衡分析

第一,求解方程得出各时段水量收支,可按季节或月份划分了解动态变化,干旱夏季易现收支缺口需关注。第二,考虑气候变化影响降水、蒸发,人类活动如灌溉、用水、建水库改变水流路径和数量,影响水资源供需^[1]。第三,对比典型年与其他年份情况或相关研究成果,偏差大则检查数据和方法,必要时调整典型年份或方程。

2.2 水文模型分析法

(1) 模型选择:先要依据研究区域独有的特点以及特定的研究目的,精心挑选适配的水文模型。不同区域在地形地貌、气候条件、下垫面状况等方面存在差异,比如山区可能更侧重考虑地形对水流的影响,平原地区则需关注地表径流的扩散特点等。常用的水文模型如新安江模型,在湿润、半湿润地区的中小流域适用性较好;SWAT模型能够综合考虑土壤、植被、气候等多种因素,广泛应用于农业流域等;MIKE模型功能强大,可对河流、湖泊、海洋等多种水体系统进行模拟。(2) 模型参数率定:完成模型选择后,便要依据丰富的历史数据来对水文模型的各项参数进行精准率定。这些历史数据涵盖了降水量、蒸发量、径流量等诸多关键要素,只有通过对这些数据的深入分析与处理,才能让模型的参数设定符合区域水资源循环的实际情况,从而确保模型可以精准无误地模拟出区域水资源的循环过程。(3) 模型验证:在参数率定之后,紧接着要对率定好的水文模型开展严格的验证工作。通过将模型模拟结果与实际观测到的水资源相关数据进行对比分析,全面检验模型的准确性与可靠性。(4) 结果分析:依据经过严格验证后的水文模型所输出的结果,对区域水资源的供需状况展开全面且细致的分析与预测。这能为水资源的合理配置以及科学管理提供极具价值的依据。

2.3 三次平衡分析法

三次平衡分析法是一种全面且先进的水资源供需分析方法,主要包括供需一次平衡分析、二次平衡分析和三次平衡分析。(1) 供需一次平衡分析针对现状供水能力和外延式需水增长。依据当前供水设施条件与用水需求自然增长趋势,能明确不采取额外措施时不同水平年可能的最大缺水量,为水资源调控决策提供依据。如在经济发展快但供水设施滞后地区,可呈现人口、产业变化下的水资源缺口趋势。(2) 二次平衡分析以一次平衡为基础,考虑当地水资源开源潜力(如利用非常规水资源)和全面节水措施抑制需水增长。通过挖掘雨水收集、中水回用等途径,加强节水推广,实现再平衡,反映出发挥当地水资源潜力和节水后能达到的最小缺水

量,为优化当地水资源配置指引方向。(3) 三次平衡分析在前两次基础上纳入外调水。当利用当地水资源和节水仍不能满足需求时,外调水成为解决途径。它将外调水和区内水资源统一配置,综合考虑相互作用后进行供需平衡,准确反映外调水影响下的供需平衡状况,为跨流域调水等调配工程规划实施提供科学依据,利于更大范围水资源优化配置。

3 水量平衡分析方法应用中存在的问题

3.1 数据质量问题

(1) 数据缺失:一些偏远地区、地形复杂地区或缺乏资金投入的区域,降水量、蒸发量等观测站点数量稀少且分布不均。这使得获取的数据难以全面反映整个研究区域的真实情况,在进行水量平衡分析时,因部分区域数据缺失,可能导致分析结果出现偏差。(2) 数据误差:仪器设备的精度、观测人员的操作水平以及数据记录和传输过程中的错误等,都可能导致数据出现误差。对于用水量数据,企业或用水单位可能由于计量设备不准确、人为记录错误或为了某些利益故意虚报、漏报用水量,这严重影响了水量平衡分析的可靠性^[2]。比如,一些老旧的水表长期未校准,计量误差较大,导致用水量数据不准确;或者一些企业为了降低用水成本,故意少报用水量,使得基于这些数据的水量平衡分析失去意义。

3.2 模型适用性问题

(1) 假设条件不符:许多水量平衡分析模型都基于一些假设条件,然而实际情况往往复杂得多。例如,水文模型中常假设下垫面条件均匀,但实际上流域内的地形、土壤类型、植被覆盖等下垫面条件存在巨大的空间差异。这种差异会影响降水的截留、下渗、径流等过程,使得基于均匀下垫面假设的模型无法准确模拟实际的水文过程。(2) 尺度不匹配:模型的应用尺度与实际研究尺度不匹配也是一个常见问题。有些模型是在小尺度实验或特定区域研究的基础上建立的,但在应用到较大尺度的流域或区域时,可能无法准确反映宏观的水文过程。相反,一些宏观的水量平衡模型在应用到小尺度的局部区域时,可能忽略了一些微观的水文现象,导致分析结果不准确。

3.3 计算精度问题

(1) 参数选择困难:水量平衡分析涉及到众多参数,如降水入渗系数、蒸发系数、径流系数等。这些参数的确定往往依赖于经验公式或实验数据,但不同地区、不同条件下的参数值可能差异很大。在实际应用中,准确选择合适的参数值是一个难题,如果参数选择不当,会导致计算结果的误差较大。(2) 计算方法局限

性：一些传统的计算方法在处理复杂的水文过程时可能存在局限性。对于非稳定流、间歇性水流等特殊水文现象，一些简单的计算方法可能无法准确描述和计算，从而影响水量平衡分析的精度。

3.4 不确定性问题

(1) 气候变化影响：气候变化导致降水模式、气温、风速等气象要素发生变化，进而影响降水量、蒸发量等水文要素。这种变化具有不确定性，使得基于历史数据建立的水量平衡分析模型在预测未来水资源状况时存在较大的不确定性。(2) 人类活动干扰：人类活动如城市化、工业化、农业灌溉等对流域的下垫面条件、水资源的分配和利用方式产生了深远的影响。这些影响具有复杂性和多样性，难以准确量化和预测，从而增加了水量平衡分析的不确定性。

4 改进措施和建议

4.1 提高数据质量

建立完善的数据监测体系，能更全面地掌握降水量、蒸发量、径流量、用水量等关键数据。比如在一些地区，通过安装先进的气象监测设备和水文监测站，实时获取准确的气象和水文数据。对收集到的数据进行严格审核和验证，可去除异常和错误数据，确保数据的合理性。如在某流域管理机构，专业人员会对数据进行逐一筛查，分析其变化趋势是否符合实际情况。加强数据共享和交流，建立数据共享平台，能促进不同部门和地区之间的数据互通，提高数据利用效率。像多个相邻城市的水务部门共同搭建数据平台，实现了水资源信息的共享，为区域水量平衡分析提供了更丰富的数据支持。

4.2 优化模型选择和参数率定

对不同的水量平衡分析模型进行评估和比较，有助于选择最适合研究区域和目的的模型。如在某大型河流域，研究人员对比了多种模型后，选择了能更好反映该区域水文特征的模型。对模型参数进行率定和验证，能提高模型准确性。还要考虑模型的不确定性，采用蒙特卡洛模拟、敏感性分析等不确定性分析方法，评估不确定性对分析结果的影响。如在某山区水资源研究中，通过敏感性分析确定了对水量平衡结果影响较大的参数，为进一步优化模型提供了方向^[3]。不断改进和创新水量平衡分析模型，结合新理论和技术，可提升模型模拟

能力和预测精度。

4.3 提高计算精度

采用先进的计算方法和技术，如数值计算、人工智能等，能提高水量平衡分析的计算效率和精度。在一些复杂的水文计算中，数值计算方法能够更准确地模拟水流运动和水量变化。对计算过程中的误差进行分析和控制，采用误差修正方法，可减小计算误差。通过对多次计算结果的对比分析，找出误差来源并进行修正。对计算结果进行验证和评估，采用多种方法与实测数据对比、与其他模型计算结果对比等，确保计算结果的准确性和可靠性。

4.4 应对不确定性问题

采用不确定性分析方法，如蒙特卡洛模拟、敏感性分析等，评估不确定性因素对水量平衡分析结果的影响，为决策提供参考。在面临气候变化等不确定因素时，这些方法能帮助决策者更好地了解可能的风险。进行风险评估和管理，制定相应的风险应对措施，可降低不确定性因素对水资源系统的影响。比如，制定干旱应急预案，以应对可能的水资源短缺风险。建立适应性管理机制，根据水资源系统的变化情况及时调整管理策略，提高水资源系统的适应性和抗风险能力。

结束语

水资源论证中的水量平衡分析是一项复杂且关键的工作。文中详细讨论了多种分析方法，每种方法都有其特点和应用场景，但也都面临着不同程度的问题。数据质量、模型选择与参数率定、计算精度以及不确定性问题都在不同方面影响着分析结果的有效性。通过一系列改进措施，包括完善数据监测与共享、优化模型、提高计算精度和应对不确定性，可以在一定程度上提升水量平衡分析的质量。

参考文献

- [1]杜勇志,范业承,刘昊,等.“水量平衡分析”的露天煤矿水资源综合利用途径[J].中国矿业,2021,30(z1):94-100.
- [2]卢诗卉,赵红莉,蒋云钟,等.基于多源遥感数据和水量平衡原理的灌溉用水量分析[J].水利学报,2021,52(9):1126-1135.
- [3]陈磊.基于多源遥感数据和水量平衡原理的灌溉用水量分析[J].水利技术监督,2022(10):60-64.