

中小河流枯水期流量监测断面代表性问题分析

肖路明

日照市水文中心 山东 日照 276800

【摘要】：中小河流是区域水资源循环与生态系统的重要组成部分，枯水期流量监测数据的准确性直接关系到水资源配置、生态保护及水旱灾害防治。监测断面的代表性是保障监测数据可靠的核心前提，然而中小河流具有河道形态复杂、水文情势多变、受人类活动影响显著等特点，枯水期流量偏小且稳定性差，导致监测断面代表性不足问题尤为突出。本文基于中小河流枯水期水文特征，明确监测断面代表性的核心内涵，系统分析影响断面代表性的关键因素，深入剖析当前断面设置与运行中存在的主要问题，并结合实际提出针对性的优化措施，为提升中小河流枯水期流量监测质量提供技术参考。

【关键词】：中小河流；枯水期；流量监测；断面代表性；优化措施

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.019

1 引言

我国中小河流数量众多、分布广泛，总长度占全国河流总长度的80%以上，其水资源不仅是沿岸城乡供水、农业灌溉的重要水源，更是维系流域生态平衡的关键支撑。枯水期作为河流水文过程的特殊阶段，流量持续处于低水平状态，河道生态基流保障、沿岸生产生活用水供需矛盾等问题尤为突出，因此精准掌握枯水期流量数据具有重要的现实意义。基于此，本文重点分析中小河流枯水期流量监测断面代表性的影响因素与现存问题，提出科学可行的优化策略，为完善中小河流水文监测体系提供理论与技术支撑。

2 中小河流枯水期监测断面代表性影响因素分析

2.1 河道地形与地貌因素

中小河流多发于山区、丘陵地带，河道形态复杂多变，岸线曲折、宽窄不均，常存在急弯、浅滩、深潭等特殊地形。枯水期水流集中于主河槽，河道地形对水流状态的影响更为显著：一是河道顺直度，弯曲河道会导致水流离心力作用增强，流速分布不均，断面处易出现局部回流，使监测的流速数据无法代表河段平均流速；二是断面形态，不规则的断面（如V型、U型、复合型断面）在枯水期水位变化时，过水面积变化率大，若断面选址未避开此类区域，会导致流量计算误差增大；三是河床稳定性，中小河流河床多由松散泥沙组成，枯水期水流冲刷能力弱，易发生泥沙淤积，导致断面水深、过水面积逐年变化，降低断面的长期代表性。

2.2 枯水期水文情势因素

枯水期水文情势是影响断面代表性的核心自然因素，主要体现在流量大小、径流补给方式及水流稳定性三个方面：一是流量规模，中小河流枯水期流量通常较小，部分河流甚至出现断流现象，小流量下水流易受局部地形干扰，流速分布不均，断面监测的代表性随之降低；二是补给方式，枯水期径流多以地下水补给为主，部分河流受水库、闸坝调度影响，径流过程呈现人为调控特征，若断面选址靠近补给源或调控设施，监测

数据难以反映流域天然枯水径流特性；三是水流稳定性，枯水期流量变化平缓，但易受降水、蒸发等气象因素影响，短期水流波动可能导致断面处水位、流速变化，若监测频率不足或断面对水流变化的敏感性过高，会影响数据的准确性。

2.3 人类活动干扰因素

随着城镇化、工业化进程加快，中小河流沿岸人类活动日益频繁，对河道形态及水文情势产生显著干扰，进而影响监测断面代表性：一是取水工程，沿岸农业灌溉、城乡供水取水口多分布于枯水期主河槽附近，若监测断面靠近取水口，取水行为会导致断面处流量减小，数据失真；二是水利工程，小型水库、堰坝、水闸等工程的建设会改变河流天然径流过程，导致断面处水位、流量受人为调控，代表性下降；三是河道整治工程，河道拓宽、疏浚、护岸硬化等整治措施会改变河道地形与水力条件，使原有监测断面的代表性丧失；四是面源污染与泥沙输入，沿岸农业面源污染、水土流失导致的泥沙输入，会加速断面淤积，改变断面形态，影响监测精度。

2.4 监测设计与运维因素

监测断面的选址、监测方法及运维管理水平直接决定了其代表性：一是选址合理性，部分中小河流监测断面为早期设置，未充分考虑枯水期河道特征，选址于弯道、支流汇入处、水利工程附近等干扰区域，先天存在代表性不足问题；二是监测方法适配性，枯水期小流量监测对技术要求较高，若仍采用适用于大流量的监测方法（如流速仪法中的积点法），会因流速过小导致测量误差增大，若采用的监测设备精度不足，也会影响数据可靠性；三是运维管理，中小河流监测断面多分布于偏远地区，运维条件较差，存在设备老化、定期校准不及时、断面形态复测频率低等问题，导致断面长期代表性下降。为清晰呈现各因素的影响程度与作用机制，现将主要影响因素汇总如下表。

表1 主要影响因素

影响因素类别	具体影响因素	对代表性的影响机制	影响程度
河道地形与地貌	河道顺直度、断面形态、河床稳定性	影响流速分布、过水面积稳定性，导致流量计算误差	高
枯水期水文情势	流量规模、补给方式、水流稳定性	小流量加剧局部干扰影响，补给与波动改变水流状态	高
人类活动干扰	取水工程、水利工程、河道整治、泥沙输入	改变天然径流过程与河道形态，直接干扰监测数据	中-高
监测设计与运维	选址合理性、监测方法适配性、运维水平	先天决定断面基础条件，后天影响数据连续性与精度	高

3 中小河流枯水期监测断面代表性现存主要问题

3.1 断面选址缺乏科学性与针对性

部分中小河流监测断面设置时间较早，选址时未充分考虑枯水期河道特征，存在“重干流、轻支流，重汛期、轻枯期”的问题。一是断面多集中于河流干流中下游，支流及上游山区河段监测断面覆盖率低，而这些区域往往是枯水期径流的主要补给区，监测数据难以反映全流域枯水径流状况；二是选址未避开干扰区域，大量断面靠近取水口、小型水库、堰坝等设施，枯水期受人为调控影响显著，监测数据无法代表天然径流；三是未充分考虑河道地形，部分断面设置于弯道、浅滩或支流汇入处，枯水期流速分布不均、水流不稳定，导致流量监测误差较大。例如，某山区中小河流监测断面设置于弯道处，枯水期实测流量与上游顺直河段断面数据偏差达20%以上。

3.2 断面形态稳定性差，长期代表性不足

中小河流河床多由松散泥沙组成，枯水期水流冲刷能力弱，易发生泥沙淤积，同时受沿岸水土流失、河道整治等因素影响，断面形态年际变化显著。一方面，部分监测断面未进行硬化处理，河床淤积导致水深逐年减小，过水面积缩小，原有监测参数（如断面系数、流速分布系数）失效，流量计算结果偏差增大；另一方面，极端降水事件导致的山洪会冲毁断面设施，改变河道地形，使断面代表性急剧下降。调研发现，部分中小河流监测断面年均淤积厚度达5-10厘米，3-5年就需重新进行断面测量，否则流量监测误差会超过15%。

3.3 监测方法与枯水期小流量适配性差

当前中小河流流量监测多沿用适用于大流量的传统方法，与枯水期小流量特征适配性不足。一是流速仪法应用广泛，但枯水期流量小、流速低，部分区域流速甚至低于流速仪的测量下限，导致测量数据无效；二是浮标法受风速、风向及河道地

形影响较大，枯水期河道狭窄，浮标运行轨迹易受干扰，测量精度难以保障；三是监测频率不合理，多数断面采用定期监测模式，监测间隔较长，无法捕捉枯水期流量的小幅波动，导致数据时间代表性不足。

3.4 缺乏常态化的代表性评估与调整机制

目前，我国中小河流水文监测管理多侧重于数据收集与上报，缺乏对监测断面代表性的常态化评估机制。一是未明确统一的代表性评估指标与标准，各地对断面代表性的判断多依赖经验，主观性强；二是评估频率低，多数断面自设置后未进行系统的代表性评估，即使发现数据异常，也未及时分析原因并调整断面位置或监测方式；三是缺乏动态调整机制，当河道形态、水文情势或人类活动发生显著变化时，无法及时对监测断面进行优化调整，导致断面代表性持续下降。

4 中小河流枯水期监测断面代表性优化措施

针对上述问题，结合中小河流枯水期水文特征与监测需求，从选址优化、断面稳定、方法适配、评估管理四个方面提出代表性优化措施。

4.1 科学选址，提升断面空间代表性

断面选址需遵循“顺直、稳定、远离干扰”的原则，结合枯水期河道特征进行精准选址。一是优先选择河道顺直、岸线稳定、断面形态规则的河段，确保水流均匀、流速分布稳定，减少局部地形对监测的影响；二是远离干扰源，断面位置需距取水口、水利工程、支流汇入处等干扰区域至少1-2公里，若无法避开，需设置对照断面进行补充监测；三是优化断面布局，增加支流及上游山区河段监测断面数量，构建覆盖全流域的监测网络，提升数据的流域代表性；四是选址前开展详细的前期勘察，通过无人机航拍、河道地形测量、水文情势分析等手段，全面掌握河道特征，为选址提供科学依据。

4.2 强化断面维护，保障长期稳定性

加强监测断面形态维护，提升断面长期代表性。一是对监测断面进行硬化处理，采用混凝土、浆砌石等材料加固河床与岸线，减少泥沙淤积与水流冲刷对断面形态的影响；二是建立定期断面复测机制，每年枯水期对断面形态进行1-2次测量，及时更新断面参数，确保流量计算精度；三是加强河道清淤与生态修复，定期清理断面附近河道淤积的泥沙，恢复河道天然水力条件，同时开展岸线生态修复，减少水土流失，降低泥沙输入对断面的影响；四是完善断面设施防护，在断面附近设置防护桩、警示标志，防止人为破坏，同时应对极端天气对断面设施的影响，定期检查维修监测设备。

4.3 优化监测方法，提升数据适配性

结合枯水期小流量特征，选用适配性强的监测方法与设备。一是推广高精度小流量监测技术，如声学多普勒流速仪（ADCP）、电磁流速仪等，此类设备测量范围广、精度高，

适用于枯水期小流量监测；二是采用多种监测方法组合模式，如流速仪法与超声波水位流量自动监测系统结合，实现定点监测与连续监测互补，提升数据的时间代表性；三是优化监测频率，根据枯水期流量变化特征，合理缩短监测间隔，对流量波动较大的河段，采用实时在线监测模式，确保捕捉到流量的细微变化；四是加强监测人员技术培训，提升监测人员对新型设备的操作能力与数据处理水平，减少人为误差。

4.4 建立常态化评估与动态调整机制

构建科学的代表性评估体系，实现断面代表性的动态管理。一是制定统一的代表性评估指标与标准，选取断面形态稳定性、流速分布均匀性、监测数据与天然径流的一致性、数据连续性等作为核心评估指标，明确各指标的量化标准与分级阈值；二是建立常态化评估机制，每年对监测断面进行一次全面的代表性评估，采用数据对比分析、现场勘察、模型模拟等多种方法，综合判断断面代表性水平；三是建立动态调整机制，对评估不合格的断面，及时分析原因，采取调整断面位置、优化监测方法、加强断面维护等措施进行整改，若河道形态或水文情势发生根本性变化，需重新选址设置监测断面；四是加强监测数据共享与分析，利用大数据、物联网等技术构建水文监

测数据平台，实现各断面数据的实时共享与综合分析，为代表性评估与调整提供数据支撑。

5 结论

中小河流枯水期流量监测断面代表性是保障监测数据准确性的核心，受河道地形、水文情势、人类活动及监测设计等多方面因素影响，当前存在选址不科学、断面稳定性差、监测方法适配性不足、评估调整机制缺失等问题。为提升断面代表性，需从科学选址、强化断面维护、优化监测方法、建立常态化评估与调整机制四个方面入手，结合中小河流枯水期水文特征开展针对性优化。随着新技术的发展与应用，中小河流枯水期流量监测将朝着自动化、智能化方向发展。可进一步探索无人机遥感、卫星遥感等技术在断面选址与形态监测中的应用，提升选址与维护的精准度；研发适用于中小河流枯水期的低成本、高精度在线监测设备，降低监测成本，提高数据连续性；结合数字孪生技术构建河道水文模型，实现断面代表性的动态模拟与预测，为断面优化调整提供更科学的支撑。通过技术创新与管理优化，全面提升中小河流枯水期流量监测质量，为水资源管理与生态保护提供可靠的数据保障。

参考文献：

- [1] 龙悦敏. 枯水期芦苇(二)水文站实时流量监测研究[J]. 陕西水利, 2021, (04): 40-41.
- [2] 许红睿, 李建, 张付刚, 等. 江苏部分地区平水期和枯水期饮用水中有机污染物的监测[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(10): 1458-1460+1467.
- [3] 张晴, 姚雪静, 李娜. 2021-2023年北方某城市远郊农村自备井丰水期、枯水期水质理化和微生物指标监测结果分析[J]. 实验室检测, 2024, 2(03): 80-84.
- [4] 钱长白. 安图县2023年枯水期城乡饮用水水质卫生监测状况与优化建议[J]. 中国食品工业, 2024, (04): 98-100.
- [5] 叶志祥, 洪松, 何超, 等. 基于监测断面空间聚类的中国枯水期水质污染区域格局[J]. 环境科学研究, 2022, 35(08): 1807-1817.