

奇台县开垦河水文测站糙率分析研究

宁新伟

昌吉水文勘测中心, 新疆 昌吉 831100

[摘要]开垦河水文测站所处的特定环境,为糙率研究带来了独特挑战。测站上游水利工程及下游交通设施的存在,显著干扰了河道天然水流状态,引发断面冲淤多变、水位代表性波动以及特定流态下的雍水效应。加之高水时期波浪扰动对水位观测精度的影响,以及浮标法测流在高能水流条件下存在的固有局限,均使得获取可靠的高水糙率数据尤为困难。这些复杂的现场条件导致水位-糙率关系在中高水段呈现出显著的非一致性特征。本报告旨在系统梳理开垦河站实测水文资料,深入剖析特定环境约束下糙率变化的物理机制,着重探讨中低水情下糙率随水力要素变化的规律,以期在现有观测条件下,为流域水文模拟及工程实践提供更为可靠的基础参数依据。

[关键词]开垦河流域;糙率;影响因素

DOI: 10.33142/hst.v8i8.17338

中图分类号: P333

文献标识码: A

Analysis and Study on the Roughness of the Reclamation River Hydrological Station in Qitai County

NING Xinwei

Changji Hydrological Survey Center, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: The specific environment in which the reclaimed river hydrological measurement station is located presents unique challenges for roughness research. The presence of upstream water conservancy projects and downstream transportation facilities significantly interferes with the natural water flow state of the river channel, causing changes in cross-sectional erosion and sedimentation, representative fluctuations in water level, and the effect of stagnant water under specific flow conditions. In addition, the impact of wave disturbances during high water periods on the accuracy of water level observations, as well as the inherent limitations of buoy based flow measurement under high-energy flow conditions, make it particularly difficult to obtain reliable high water roughness data. These complex on-site conditions result in significant inconsistency in the water level roughness relationship in the middle and high water sections. The purpose of this report is to systematically sort out the measured hydrological data of the reclaimed river station, deeply analyze the physical mechanism of roughness changes under specific environmental constraints, and focus on exploring the law of roughness changes with hydraulic elements under low and medium water conditions, in order to provide more reliable basic parameter basis for hydrological simulation and engineering practice in the basin under existing observation conditions.

Keywords: reclamation of river basins; roughness; influencing factors

引言

开垦河发源于天山博格达山脉,蜿蜒流经新疆奇台县境内,最终消隐于准噶尔盆地南缘的绿洲与沙漠交界地带。作为典型的干旱区内陆河,其水文特性深刻塑造着区域水资源利用与生态格局。河川糙率作为表征河床边界对水流阻力影响的关键水力参数,其精确确定对于洪水演进模拟、河道整治及水资源高效管理至关重要。然而,天然河道糙率受制于河床物质组成、形态起伏、植被覆盖等复杂因素,难以通过理论直接量化,实践中主要依赖实测水文资料反演推求。

1 流域概况

1.1 地理位置

开垦河流域位于新疆奇台县境内天山北麓,准噶尔盆地南缘,发源于天山东段的博格达山脉,东与木垒县英格堡河相邻,西与新户河为邻,南以博格达山分水岭为界,北抵古尔班通古特沙漠南缘,流域最高点海拔 4356m。地理位置介于东经 $89^{\circ} 45' \sim 90^{\circ} 05'$, 北纬 $43^{\circ} 30' \sim 44^{\circ} 10'$, 开垦河流域水系及水文站网示意图见图 1。开垦河河川径流由

南部山区流入北部准噶尔盆地南缘后,消失于下游灌区及沙漠。开垦河流域行政隶属新疆昌吉回族自治州奇台县,新建乌-木一级公路,横贯开垦河流域,是流域对外交通运输的主干线。奇台县行政区内各乡镇、团场新建公路网与干线公路相联接,在整个流域内形成交通网,交通十分便利。

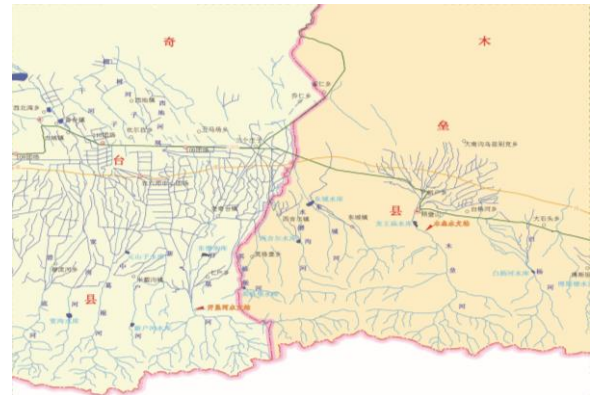


图 1 开垦河流域水系及水文站网示意

1.2 地形、地貌、土壤、植被

开垦河流域地貌具有以下特点：地势由南向北倾斜，南北方向差异较大，从天山分水岭到准噶尔盆地边缘，高差变幅很大，由戈壁荒原过渡到冰川雪岭，气候变化显著。

开垦河流域总地形为南高北低，整个流域可分为四个地貌带，即中高山地貌带、低山丘陵带、山前冲洪积平原带和北部沙漠带。河流海拔 2800m~4356m 为高山带，由泥盆系、石炭系地层组成。由于高寒，土壤发育原始，以高山草甸土、黑钙土等为主，土层极薄，生长蒿草、苔草、高山旱地禾、点地梅等。因热量不足，不宜发展农业，但非常适宜发展牧业，是良好的天然夏牧场。

开垦河流域海拔 2000~2800m 为侵蚀中山带，由石灰系、二叠系灰岩岩系组成，由于山势陡峻，降水丰富，使得径流迅速汇集，河谷深切，是暴雨径流的主要形成区。表层土壤以灰褐色森林土、黑钙土等为主，这里生长着优质的天然云杉林、白桦林和灌木等。

开垦河流域海拔 1500~2000m 为侵蚀低山带，由石炭系、二叠系灰岩地层及火成岩组成，物理风化侵蚀作用强烈，岩石裂隙发育，剥蚀较严重，降水较丰富，地势相对较缓，土壤以山地栗钙土为主，土层厚，土壤肥力高，滋生有狐茅、针茅、苔草、野蔷薇、绣线菊等草种。低地河谷多生长阔叶林带，在靠近山麓处，有 15~20m 厚的黄土物质覆盖，适宜发展牧业和林业。

1.3 河流水系与冰川

(1) 河流水系。开垦河是奇台县境内最大的河流，与天山东段诸多中小河流相比，开垦河网发育良好，其流域形状基本呈树形结构。开垦河由大东沟（小南沟、大南沟、奇台郭勒等诸多小沟组成）、大西沟（缠头弯子、喀拉萨依等诸多小沟组成）两大支流组成，其中大东沟为主干流，由上述数条平行排列的支流汇入主河道。河流既有冰川和永久积雪消融补给，又有中、低山季节性积雪融水和夏季雨水补给，详见图 2。

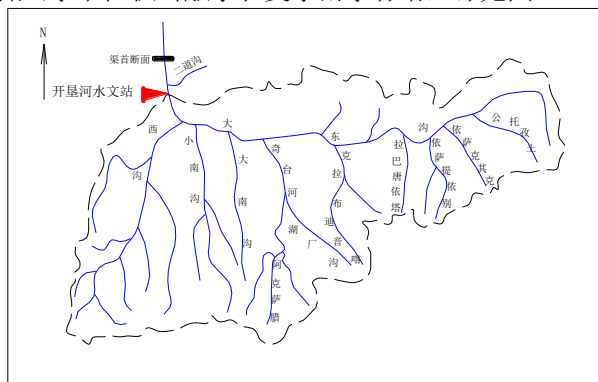


图 2 开垦河水系图

开垦河流域最高点海拔高程 4356m，开垦河水文站以上集水面积 371km²，主河道长 32km，流域平均宽度 11.6km。河道平均纵坡 27.3‰。在开垦河水文站断面以下 0.6km 处，

有二道沟汇入（见图 2），此沟常年流水，流量一般在 0.04m³/s 左右，在春季融雪时，午后出现 0.2~0.3m³/s 左右的流量，遇夏季暴雨季节，此沟最大水量也仅在 2m³/s 的流量。

(2) 冰川。根据 1986 年科学出版社出版的《中国冰川目录》统计，开垦河源头分布有 9 条冰川，冰川面积 1.82km²，冰储量 0.0367km³。

2 河流糙率的含义和影响因素

河道的糙率时衡量河床粗糙程度对水流影响的一个综合性系数。影响糙率的因素，从小尺度来看，主要是河床壁材料的组成（如泥沙、卵石、天然岩石等），以及各种材料的粗细构成，床壁平整程度，包括植被生长情况等。由于天然河道的复杂性，无法通过影响因素对糙率进行定量分析。在实际工作中，糙率是从实测流量资料带入曼宁公式反求而得。计算公式如下：

$$Q = A \times \bar{V} \quad (1)$$

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$n = \frac{1}{v} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$R = \frac{A}{2 \times d + B} \quad (4)$$

$$S = \frac{Z_{su} - Z_{sl}}{L} \quad (5)$$

公式中：Q——断面流量（m³/s）；

A——过水断面面积（m²）；

R——过水断面水力半径（m）；

S——河道比降（‰）；

$\bar{V}$ ——断面平均流速（m/s）；

n——糙率。

从曼宁公式中可以看出，影响糙率计算的参数主要有两个。一个是过水断面的水力半径；二是河道断面间的比降。

关于水深对糙率的影响，一般来讲，低水位时水深小，河床凹凸程度对水流的影响大。在同一断面中，随着水深的增加，湿周的增率逐渐减小，或者趋于稳定。因此，河床组成等情况无特殊改变的情况下，糙率的变化是随着水深的增加而逐渐减小的，在一定水位级后趋于稳定。

3 资料的选用

糙率分析资料共 35 份，主要选取 2017—2018 年的汛期、高水实测流量、比降水位资料。

4 结果分析

根据点绘水位-糙率、平均水深-糙率、平均流速-糙率关系曲线分析，水位-糙率关系曲线呈现两种趋势，在水位 6.10m 附近呈现“C”型分布，但是水位超过 6.10 后，又呈现“L”型分布，关系曲线不稳定。

平均水深和糙率没有明显的关系分布。

平均流速和糙率大致呈“L”型分布，在三种关系分布中关系曲线中，点群分布相对集中，基本成线性分布。但是同流速级的测点糙率相差极大，没有稳定的、单一、可靠的平均流速-糙率关系。

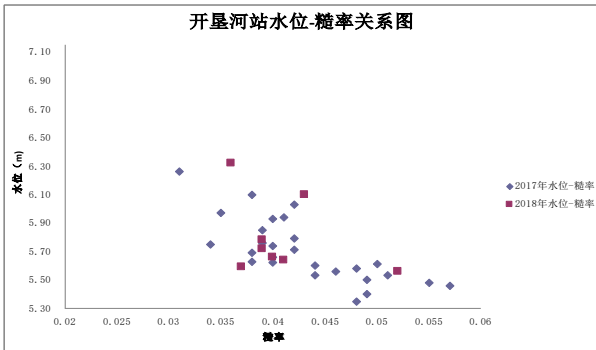


图3 开垦河站水位-率关系图

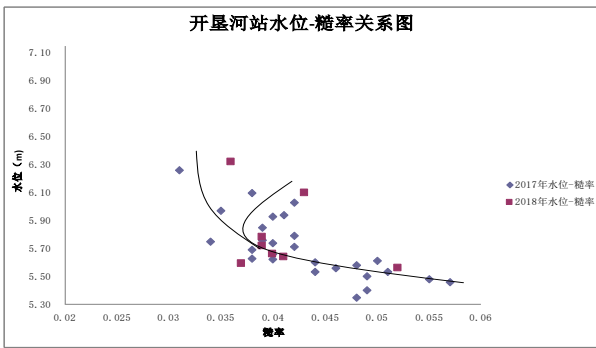


图4 开垦河站水位-率关系分析图

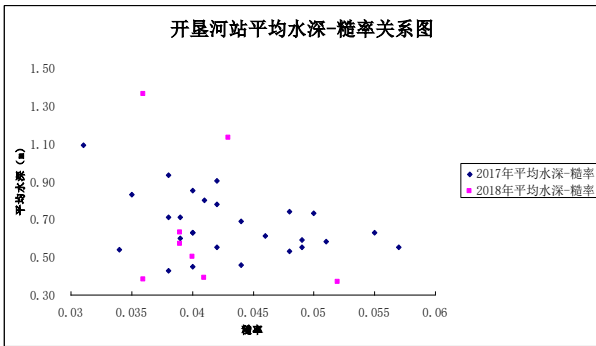


图5 垦河站平均水深-糙率图

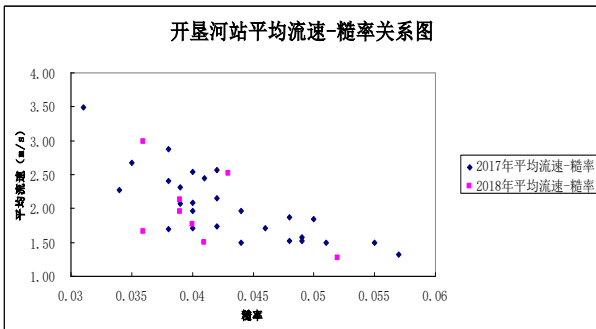


图6 开垦河站平均流速-糙率关系图

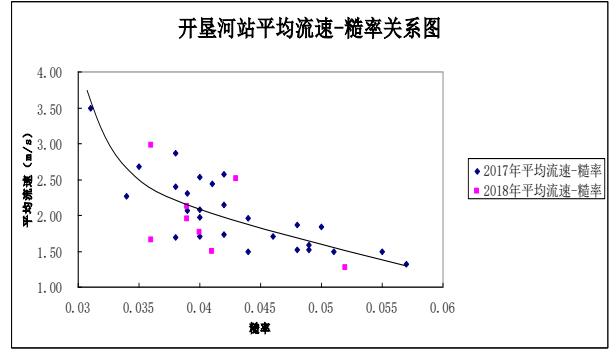


图7 开垦河站平均流速-糙率分析图

5 原因分析

对于结果分析中出现的情况，结合本站测验断面的事迹情况，原因分析如下：

(1) 测验断面受上游 100m 处电站渠渠首及排沙闸的影响，断面冲淤变化频繁，导致系列水位没有一致性和代表性，在水位-糙率关系中，中水部分点群分布散乱。

(2) 测验断面受下游 60m 处双孔梁桥影响，在高水时存在雍水现象，导致高水部分下比降水尺水位变高，比降变小。忽略对流速影响的前提下，糙率会变小。

(3) 高水时浪大，对水尺水位的观测影响很大。尤其是下比降水尺，前方有巨石，后方有梁桥，在两种因素的影响下，水位变化复杂。

(4) 高水流量测验方法均为浮标测流，误差大，算出的糙率浮动也大。高水部分实测流量数据偏少，2007 年历史第三洪水没有比降数据，故无法使用。继续在中低水时做糙率分析。

6 结束语

开垦河站糙率研究揭示了复杂自然与人为因素交织下的水文特性。受上游水利工程扰动及下游桥梁壅水影响，河道冲淤变化剧烈，导致中高水位糙率关系呈现显著非线性特征；高水期波浪干扰与浮标测流局限，进一步削弱了水力参数的可靠性。研究表明，传统水位或水深与糙率的关联在本站难以建立稳定规律，而流速与糙率的弱相关性亦受制于边界条件突变与观测误差影响。本报告确认了在现有工程干扰下，中低水情糙率分析更具实践意义。未来研究需深化特定边界条件（如冲淤动态、壅水效应）对阻力机制的影响机理，并探索适应多干扰源的水文参数反演方法。本成果为干旱区内陆河的水文模拟与水资源管理提供了基础参数依据，对类似受人工设施影响的河道糙率研究具有实践指导意义。

【参考文献】

- [1]牛帅,刘九夫,李三平.基于一维水动力学模型的水文测站在线流量计算[J].长江科学院院报,2015(6):13.
- [2]古鹏飞.高原寒区天空地一体化流量监测方法研究[D].成都:四川大学,2023.

- [3]张静芳,翟俊峰,张炜,等.超标洪水水位流量关系线拟定方法[J].河南水利与南水北调,2021,50(6):33-34.
- [4]王恺桢.黄河宁蒙河段冰期洪水研究[D].合肥:合肥工业大学,2018.
- [5]沈五伟,陈一帆,申振东.河道糙率反问题研究回顾与展望[J].浙江水利科技,2017,45(4):1-3.
- [6]邵珊珊.水资源供需平衡与水资源管理策略研究[J].建筑理论,2025(8):67.

[7]董艳.水资源调度与供需平衡管理策略研究[J].建筑技术科学,2023(6):56.

[8]徐东铃.农田水利规划中水资源供需平衡分析[J].建筑设计及理论,2025(8):164.

作者简介:宁新伟(1973.2—),毕业院校:新疆大学,所学专业:水文与水资源工程,当前就职单位:昌吉水文勘测中心,职务:站长,职称级别:高级工程师,研究方向:水文水资源。