轨道式渠道自动测流系统在三屯河灌区的应用

翟新峰 徐 刚 闫世荣 叶尔努尔·吐尔逊
昌吉市水利管理站，新疆 昌吉 831100

[摘要]针对三屯河灌区传统水文测验方法效率偏低、精度不足的突出问题，本研究设计并应用了基于动态断面分割与分层流速算法的轨道式渠道自动测流系统。该系统由上位机、测流小车及内部的悬桨流速仪、运行轨道，测流房组成，通过测流车沿预设轨道预设定位，实现全断面流量的精准测算。2020—2024 年实地应用表明：在运行过程中，通过深度对接三屯河智慧灌区 E 平台，构建了与农业水价改革、应急管理系统、运行管理标准化等多维度数据通道，形成“监测-分析-决策-执行”全链条管理机制。实践证明，该系统的实施，为西北干旱区灌区数字化转型提供了有效的实践参考和可复制的技术解决方案。
[关键词]三屯河灌区；轨道式自动测流系统；应用
DOI：10.33142/hst.v8i6.16927 中图分类号：TV6 文献标识码：A

Application of Automatic Flow Measurement System for Rail Channel in Santun River Irrigation Area

ZHAI Xinfeng, XU Gang, YAN Shirong, YEERNUER Tuerxun
Xinjiang Changji Water Conservancy Management Station, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: In response to the prominent problems of low efficiency and insufficient accuracy of traditional hydrological measurement methods in the Santun River Irrigation Area, this study designed and applied a track type channel automatic flow measurement system based on dynamic section segmentation and layered flow velocity algorithm. The system consists of an upper computer, a flow measurement car, an internal suspended propeller flowmeter, a running track, and a flow measurement room. Through the preset positioning of the flow measurement car along the preset track, accurate measurement of the full section flow rate is achieved. Field applications from 2020 to 2024 have shown that during operation, a multi-dimensional data channel has been established through deep integration with the E platform of the Santun River Smart Irrigation Area, including agricultural water price reform, emergency management system, and standardized operation management, forming a "monitoring - analysis - making decision - execution" full chain management mechanism. Practice has proven that the implementation of this system provides effective practical references and replicable technical solutions for the digital transformation of irrigation areas in the arid northwest region.
Keywords: Santun river irrigation district; track based automatic flow measurement system; application

引言

在农业灌溉和水利工程运行管理中，精准的水文数据是科学决策的基础。新疆昌吉市三屯河灌区作为国家大型灌区，水资源的合理分配与管理直接关系到农业生产的稳定与区域经济的可持续发展。近年来，随着智慧水利建设的推进，轨道式自动测流车作为一种先进的水文量测设备，在三屯河灌区西干渠首站得到了成功应用，不仅提升了水文量测的精度和效率，也为灌区的智慧化、数字化管理提供了有力支持。

1 背景介绍

三屯河灌区地处新疆天山北麓中段，准噶尔盆地南缘，东与头屯河灌区接壤，西与呼图壁河灌区相邻，控制灌溉面积为 110 万亩，为新疆大型灌区。三屯河承担着昌吉市防汛抗旱、城市供水和农业灌溉等任务，是保障昌吉乃至新疆粮食安全的重要基地。西干渠首站作为灌区的重要节点，控制灌溉面积 54 万亩，其水量量测数据的准确性直接影响到灌区的调度与管理。然而，使用传统的流速仪量水，结果较为精确，但测流和计算流量比较费时、繁琐[1]，且易受人为因素影响。基于此，三屯河灌区对测水量水设施开展进一步改进，优化配置供水，引进轨道式渠道断面自动测流系统。

2 轨道式渠道断面自动测量系统

轨道式渠道断面自动测流系统是一种综合性的测量控制系统。该系统以计算机网络技术和自动化技术为核心，通过系统集成的方法，实现了水深、水位、分层流速等多个参数的自动测量与断面流量的自动计算的测流系统。同时，该系统具备自主充电、自动启闭测流房卷帘门等功能，实现真正意义上的无人值守和全自动测量[1]，是一种简单快捷，操作简便的自动测流系统。

2.1 系统构架及功能

三屯河灌区轨道式渠道断面自动测流系统由上位机、测流车、测流房、测流轨道等四个部分组成。测流房建在测流渠道左岸，在测流渠道断面上修建一座钢构测桥，在测桥下游侧铺设两条三角形平行轨道，轨道的一端铺设到

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

测流房内，测流车置于测流房内的轨道上。上位机控制软件可远程控制并监控整个测流过程，同时具备动态仿真功能，可动画仿真整个测流过程。测流车采用模块化设计，具有现场操作和远程操作功能。

轨道式渠道自动测流系统具有自动采集水位、分层流速，自动测量水深、泥位的功能[2]，同时还具有根据采集的数据自动计算断面面积计和断面流量，并能自动生成数据报表的功能，同时经后期整合，实现三屯河灌区轨道式渠道断面自动测流系统与三屯河智慧灌区 E 平台的集成与共享。系统自动程度高，可预设测流时间，操作简单明了，在整个测流过程中，可实现无人值守。

2.2 系统应用范围

三屯河灌区轨道式渠道断面自动测流系统采用 TKDZ-BP01 型测流车，该型号测流车适用范围为渠道宽度在 100m 以内，渠道深度在 10m 以内，设计流速为 3m^3/s 以下的渠道断面。

2.3 垂线设置

以三屯河灌区西干渠首总干渠为例，总干渠为梯形渠道，设计流量 34m^3/s，加大流量 40m^3/s，根据渠道实际情况，在总干渠测流断面上设置了 4 条测量垂线，共有五个测量区间，系统根据测流小车测出的水位、设置的垂线条数，根据已设置的四个测点的点位，测流车依次行驶到各点位进行量测（图 1 所示）。后期，在系统运行过程中，可根据实际需要增减测量垂线数。

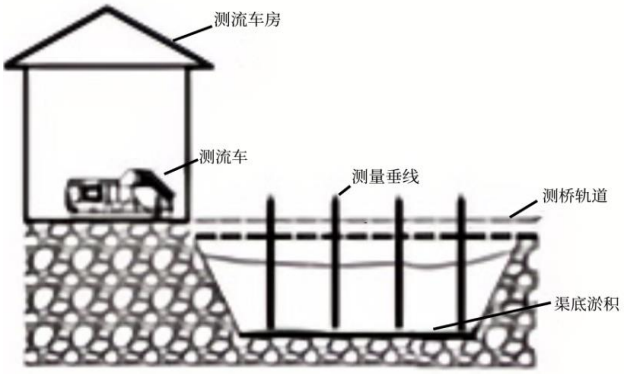

图 1 渠道断面自动测量系统示意图

3 轨道式渠道断面测流原理

轨道式渠道断面测流系统基于动态断面分割法与分层流速积分原理，通过自动化机电协同控制实现全断面流量精准测算。测流车搭载悬桨式流速仪，并可预设动态停机位置，在接收到中控室指令后，沿预设轨道执行自主测量。

4 系统操作

西干渠首轨道式渠道自动测流系统操作分现地操作和远程操作，现地操作和远程操作皆为自动运行模式。现地操作是管理人员在现场操控测流车操作面板上的“运行”按钮，测流车开启自动测流。远程操作是管理人员通过上位机软件进行自动测量操作控制。远程操作深度集成三屯河智慧灌区 E 平台，管理人员通过工作站或移动终端访问控制界面。不论是远程操作还是现地操作，只要处于测量状态，其测流的整个过程都以动态的形式在测流主界面上显示。

5 应用效果

5.1 完整直观

西干渠首轨道式渠道自动测流系统能完整直观展现渠道断面测流车的运行状态、测流垂线的条数、流速、流量及渠道淤积情况，并自动计算出淤积深度及实时平均流速。实时平均泥位数据和实时平均流速数据，并以曲线图的形式在测流主界面上展现，为掌握渠道断面流量、淤积等情况提供了动态数据支撑。

5.2 操作简单

实施轨道式渠道自动测流系统远程控制操作时，在渠首站中控室的上位机软件上，一人操作便可完成，操作简单。同时，根据需要也可预定自动测流时间，全程无需人员干预，极大提高了工作效率。实施现地操作时，启动设备，点击开始按钮，即可完成流量测量工作。

5.3 提升精度

与传统的人工量测方式相比，轨道式渠道自动测流车能够自动采集水位、泥位等数据，实现对水体流量、流速等数据的精确测量，减少了人为误差，提高了量测数据的准确性和可靠性。

5.4 集成与共享

三屯河灌区轨道式渠道自动测流系统 2019 年开始运行，运行初期为独立的测流系统。2021 年，系统接入已运行的三屯河智慧灌区 E 平台，实现数据互通和资源共享。通过构建统一的水利信息化平台，为灌区的智慧化、数字化管理提供了有力支持。

5.5 数据分析

三屯河灌区西干渠首自动测流车运行以来的量测数据和人工测流结果对比（见表 1），其测流数据是在相同条件下采集所得。通过计算得相对误差 δ=0.582%，通过测流车自动测流和手动测流对比，测流数据偏离程度很小，系统误差在 l%范围内，流量误差符合渠道流量测验规范的要求。

6 结语

轨道式渠道自动测流系统在三屯河灌区的成功实践，实现了灌区水文监测从离散人工观测向智能连续感知的技术跨越。通过动态垂线布设机制与多源传感器融合技术，系统有效克服了传统方法在边坡塌方、高含沙水流等复杂工况下的测量局限。运行数据表明，系统使单次测流时间由 45min 缩减至 8min，人力投入降低 85%。后续研究将探索与无人机巡渠系统的空天地协同监测模式，以期构建全域覆盖的智能水文监测网络。该系统的工程实践经验，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

表 1 测流车流量量测数据对比

测量序号	渠道水深（m）	测量流量 Q1（m^3/s）	测流车测流量 Q2（m^3/s）	流量差 Q2-Q1（m^3/s）	相对 Q1 误差 δ（%）
1	0.759	6.319	6.58	0.261	4.130
2	1.03	9.555	9.83	0.275	2.878
3	0.91	8.218	8.51	0.292	3.553
4	0.768	6.367	6.27	-0.097	-1.523
5	1.11	10.482	10.94	0.458	4.369
6	1.54	18.598	18.71	0.112	0.602
7	1.57	19.586	19.37	-0.216	-1.103
8	1.778	23.135	23.07	-0.065	-0.281
9	1.759	22.963	23.14	0.177	0.771
10	1.591	20.059	19.48	-0.579	-2.886
11	1.499	17.951	18.16	0.209	1.164
12	1.529	18.966	19.06	0.094	0.496
13	1.15	11.921	12.25	0.329	2.760
14	0.607	4.216	4.22	0.004	0.095
15	0.722	5.315	5.18	-0.135	-2.540
16	1.352	15.031	15.22	0.189	1.257
17	1.423	16.99	16.67	-0.32	-1.883
18	1.508	18.366	18.01	-0.356	-1.938
19	1.5	17.927	17.51	-0.417	-2.326
20	1.43	16.174	16.52	0.346	2.139
21	1.42	15.66	16.24	0.58	3.704
22	1.57	19.26	19.65	0.39	2.025
23	1.69	21.883	21.53	-0.353	-1.613
24	1.59	20.165	20.19	0.025	0.124
平均					0.582

为智慧水利建设提供了标准化技术路径，对提升干旱区水资源管理效能具有重要参考价值。

[参考文献]

[1]栗克国,孟祥杰,李志飞,等.一种轨道式渠道自动测流系统的研制与应用[J].人民黄河,2018(7):69-70.

[2]袁明霞,王爱苹.渠道断面自动测流系统在位山灌区测水量水中的应用[J].黑龙江水利科技,2022(4):183-185.

作者简介：翟新峰（1976.9—），男，工程硕士，高级工程师，毕业院校：新疆农业大学，所学专业：水利工程，当前就职单位名称：昌吉市水利管理站。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.