

GPS+北斗定位系统在黄河宁夏段水文应急监测系统的应用

宋登洋 陶 乐

黄河水利委员会宁蒙水文水资源局 内蒙古 包头 014000

摘 要: 本项目将汽车GPS+北斗定位系统进行改进应用于水文应急监测系统, 本项目研究具有成本低, 结构简单, 使用灵活, 定位精准。通过GPS+北斗定位系统对定位器进行实时位置捕捉, 并计算移动速度, 将其投入黄河, 随水流移动计算并监控其位置状态获取实时流速数据, 从而计算实时流量。该应用可作为特大洪水应急测流应用, 也可作为山洪灾害预报预警。

关键字: GPS 北斗定位系统 水文应急监测

1 前言

卫星定位系统是一种以人造地球卫星为基础的高精度无线电导航的定位系统, 它在全球任何地方以及近地空间都能够提供准确的地理位置、车行速度及精确的时间信息。GPS自问世以来, 就以其高精度、全天候、全球覆盖、方便灵活吸引了众多用户。GPS不仅是汽车的守护神, 同时也是物流行业管理的智多星。随着物流业的快速发展, GPS有着举足轻重的作用, 成为继汽车市场后的第二大主要消费群体。GPS是美国从20世纪70年代开始研制, 历时20年, 耗资200亿美元, 于1994年全面建成, 具有在海、陆、空进行全方位实时三维导航与定位功能的新一代卫星导航与定位系统^[1]。

GPS可以提供车辆定位、防盗、反劫、行驶路线监控及呼叫指挥等功能。要实现以上所有功能必须具备GPS终端、传输网络和监控平台三个要素。

黄河宁夏段自宁夏中卫市沙坡头区南长滩进入宁夏境内, 于石嘴山市头道坎麻黄沟出境。流程397km, 流域面积5万km²。全河段由峡谷段、库区段和平原段三部分组成。自上而下主要有分汊、弯曲和游荡三种河型, 不同河型具有各自的演变规律。纵观黄河历史洪水, 以青铜峡水文站测验数据可知, 实测最高水位1137.52m, 相应最大流量5870m³/s, 发生在1981年9月17日; 实测最大流量为6230m³/s, 1138.07m, 发生在1946年9月16日。在经龙羊峡、刘家峡水库建成后, 在2012年、2018年、2020年发生超过3000m³/s流量, 应急测洪方案对测验来说显得尤为重要, 应用GPS+北斗定位系统可作为水文应急监测的一种方式, 满足应急测验需要^[2]。

2 黄河宁夏段概况

黄河自宁夏中卫市沙坡头区南长滩进入宁夏境内,

流经下河沿水文站、青铜峡水文站和石嘴山水文站后, 在宁夏、内蒙两省交界处的麻黄沟流出宁夏, 全长397km, 沿程流经4市9县(区), 北部区域是经黄河冲积而成的冲积平原, 地势平坦, 土壤肥沃, 也是宁夏历史悠久的主要引黄灌区, 是宁夏经济相对发达区域。约占黄河总长的1/14, 属黄河上游下段。

黄河宁夏河段水沙异源, 水量主要来自上游吉迈至唐乃亥和循化至兰州区间, 该区间汇集了黑河、白河、洮河、大通河、湟水等20多条支流, 年来水量占下河沿断面年径流量的60%以上。兰州以上来水又受龙羊峡、刘家峡大型水库的调蓄控制, 水沙过程变化较大。沙量主要来自干流兰州以上、兰州至下河沿区间的支流及宁夏境内的主要支流; 水沙量年际变化大, 水沙量年内分配不均^[3]。

洪水的变化基本上与降雨的季节变化一致, 一般自5月下旬到6月份, 黄河上游进入雨季, 较强降水发生时间一般为每年的7月~9月, 主要集中在7月和8月下旬至9月上旬两个时段。8月下旬至9月上旬的长历时降雨量较大, 降雨历时一般为10天左右, 有时几个降雨过程连续出现, 历时长达30天左右。降雨区位置在唐乃亥以上以及洮河、大夏河流域, 有时可遍及整个兰州以上地区, 易形成全年最大洪水。每年桃汛、伏汛、秋汛、凌汛四汛首尾相连, 水量和水质应急监测任务繁重成为本测区的显著特点。

3 GPS+北斗定位系统简介

3.1 系统构架

本项目系统由节点、GPS+北斗定位、GPRS模块、运营商基站、奇山物联云平台以及移动终端几个部分组成的, 采用了终端—云—用户的系统架构^[4]。

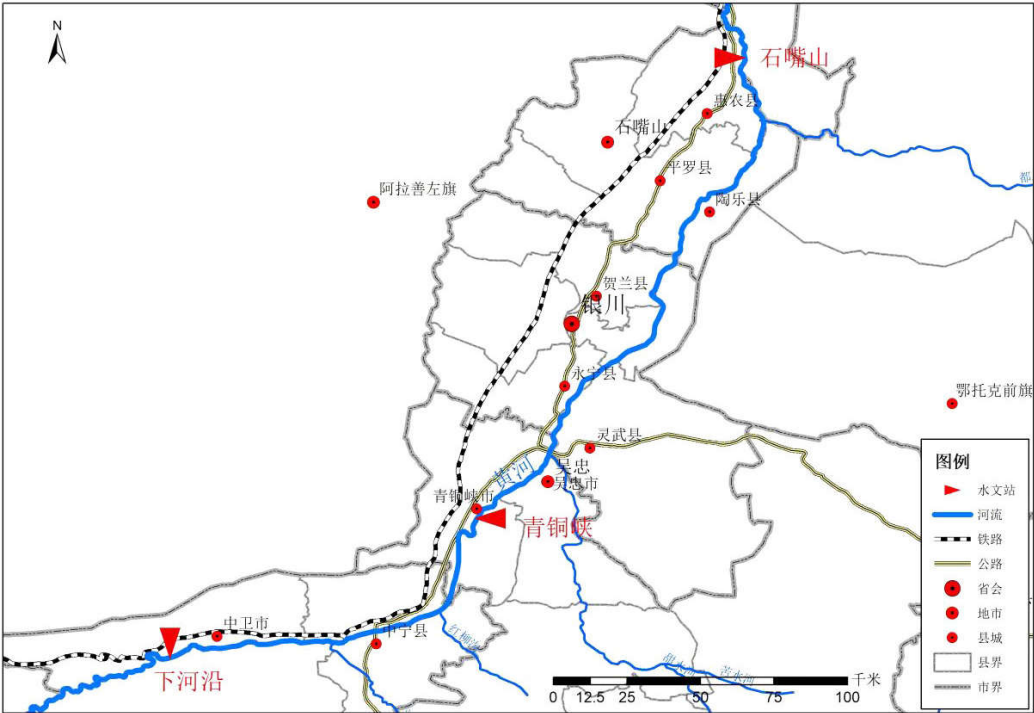


图1 黄河宁夏段区域示意图

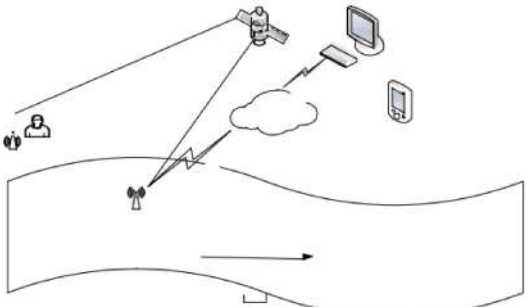


图2 GPS电子定位设备应用示意图

3.2 产品介绍

GPS+北斗定位器，尺寸为3cm×3cm×1.5cm，具备内置4G卡，实时传输定位数据。

配备干电池1.5V三节，能够为定位器长时间供电，保证其能够超长待机。



图3 GPS电子定位设备与干电池实物

载物瓶，将载物瓶放入承重物，使其在水面漂浮且不会颠倒，将GPS定位器和电池装入其中，既能够保护装置不受外力破坏，又能防水，不阻碍信号传输。在载物瓶瓶盖内侧安装一片磁力片，可以通过磁力将其在河边回收^[5]。



图4 载物瓶实物图

3.3 产品优势

采用GPS+北斗导航系统，通过调用卫星信号覆盖区域内的多颗卫星，为定位器提供高精度的三维定位能力，实现更加精确定位功能。

能够采用4G传输系统，将实时流速位置信息传输到手机客户端，或电脑端，为实时解析河道流量提供依据。

低成本可回收。本产品对汽车定位模块进行改装，还安装了吸铁石，单个组装产品价格为56.3元，通过仪器定位位置，具备可回收功能。

具备超长待机，为定位模块添加了3块1.5V电池，

持续为其供电，在手机端可以控制其数据更新频次，如10s、30s、3min、60min等，能够更具需求随时调整，还可以远程开关机^[6]。

4 数据结果与分析

4.1 数据结果展示



图5 GPS+北斗定位系统在黄河青铜峡断面应用实景图

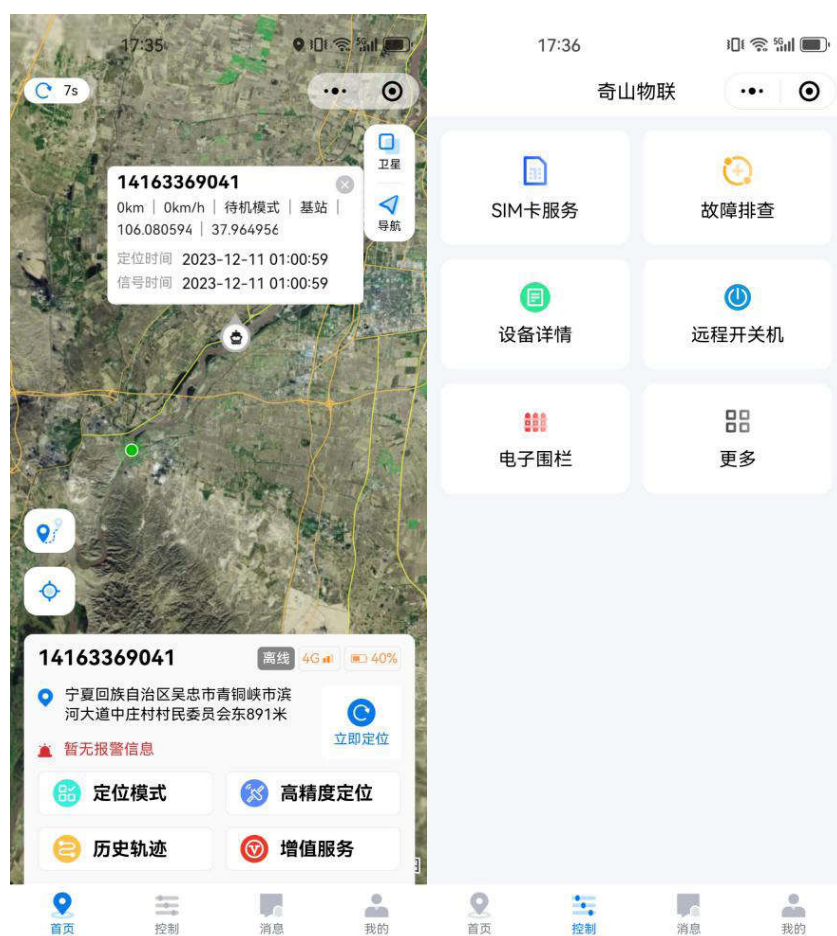


图6 移动端显示

通过测试主要结果如下：

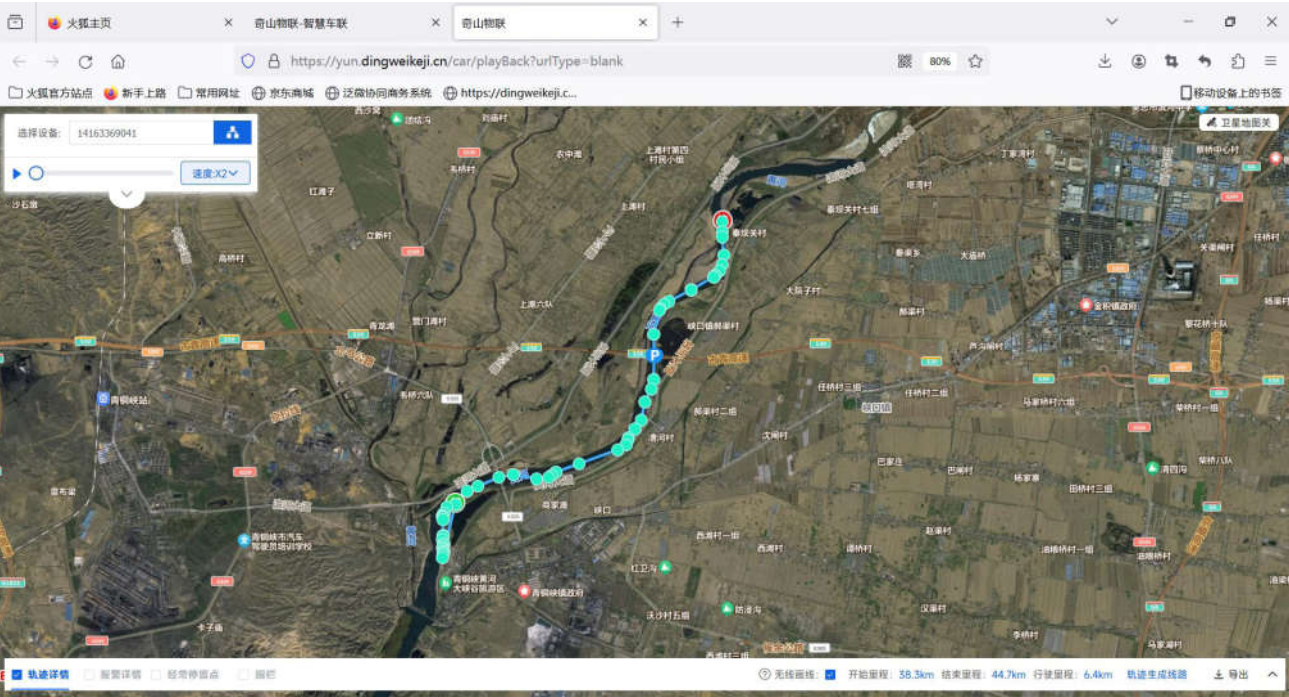


图7 GPS+北斗定位系统在黄河青铜峡段卫星轨迹图

表1 GPS+卫星定位系统在黄河青铜峡断面卫星测试数据

序号	终端编号	方向	部件状态	经度	纬度	距离m	历时s	速度m/s
001	14163369041	30	GPS定位 电量(%):80.0	105.995361	37.893355	45.2	29	1.56
002	14163369041	28	GPS定位 电量(%):80.0	105.995458	37.893754	26.7	31	0.86
003	14163369041	12	GPS定位 电量(%):80.0	105.995556	37.893981	26.0	29	0.90
004	14163369041	4	GPS定位 电量(%):80.0	105.995589	37.894213	22.2	31	0.72
005	14163369041	2	GPS定位 电量(%):80.0	105.995638	37.894409	35.4	29	1.22
006	14163369041	0	GPS定位 电量(%):80.0	105.995524	37.894714	26.6	31	0.86
007	14163369041	348	GPS定位 电量(%):80.0	105.995393	37.89493	38.9	33	1.18
008	14163369041	20	GPS定位 电量(%):80.0	105.995491	37.895271	25.5	17	1.50
009	14163369041	16	GPS定位 电量(%):80.0	105.995572	37.895491	78.8	26	3.03
010	14163369041	354	GPS定位 电量(%):80.0	105.995377	37.896183	60.4	29	2.08
011	14163369041	10	GPS定位 电量(%):80.0	105.995442	37.896724	16.2	14	1.16
012	14163369041	8	GPS定位 电量(%):80.0	105.995442	37.89687	285.2	180	1.58
013	14163369041	358	GPS定位 电量(%):80.0	105.995524	37.899434	36.4	22	1.66
014	14163369041	328	GPS定位 电量(%):80.0	105.995442	37.899755	8.9	7	1.27
015	14163369041	332	GPS定位 电量(%):80.0	105.995393	37.899825	8.7	5	1.74
016	14163369041	350	GPS定位 电量(%):80.0	105.99541	37.899902	47.9	19	2.52
017	14163369041	10	GPS定位 电量(%):80.0	105.995589	37.900309	122.9	60	2.05
018	14163369041	30	GPS定位 电量(%):80.0	105.996256	37.901281	112.6	65	1.73
019	14163369041	50	GPS定位 电量(%):80.0	105.997102	37.902042	339.9	180	1.89
020	14163369041	54	GPS定位 电量(%):80.0	106.000227	37.903849	204.1	95	2.15
021	14163369041	70	GPS定位 电量(%):80.0	106.002327	37.904638	393.2	180	2.18
022	14163369041	64	GPS定位 电量(%):80.0	106.006445	37.906034	253.6	109	2.33
023	14163369041	90	GPS定位 电量(%):80.0	106.009261	37.906547	415.9	180	2.31
024	14163369041	98	GPS定位 电量(%):80.0	106.013932	37.905908	211.2	93	2.27

续表:

序号	终端编号	方向	部件状态	经度	纬度	距离m	历时s	速度m/s
025	14163369041	70	GPS定位 电量(%):80.0	106.016324	37.906119	60.2	36	1.67
026	14163369041	50	GPS定位 电量(%):80.0	106.016894	37.90642	92.1	38	2.42
027	14163369041	70	GPS定位 电量(%):80.0	106.017773	37.906872	434.1	180	2.41
028	14163369041	64	GPS定位 电量(%):80.0	106.022412	37.908231	698.3	360	1.94
029	14163369041	68	GPS定位 电量(%):80.0	106.029915	37.910327	177.4	81	2.19
030	14163369041	48	GPS定位 电量(%):80.0	106.031689	37.911092	86.6	100	0.87
031	14163369041	2	GPS定位 电量(%):80.0	106.031982	37.911836	46.1	22	2.09
032	14163369041	22	GPS定位 电量(%):80.0	106.03208	37.912243	189.6	142	1.34
033	14163369041	42	GPS定位 电量(%):80.0	106.033463	37.913553	183.2	104	1.76
034	14163369041	22	GPS定位 电量(%):80.0	106.034651	37.914908	315.2	180	1.75
035	14163369041	12	GPS定位 电量(%):80.0	106.035384	37.917683	258.3	180	1.43
036	14163369041	22	GPS定位 电量(%):80.0	106.036653	37.919779	163.4	115	1.42
037	14163369041	0	GPS定位 电量(%):80.0	106.037093	37.921207	437.3	687	0.64
038	14163369041	0	GPS定位 电量(%):80.0	106.037239	37.925138	376.7	174	2.16
039	14163369041	6	GPS定位 电量(%):80.0	106.037076	37.928523	431.0	178	2.42
040	14163369041	20	GPS定位 电量(%):80.0	106.03833	37.932271	20.3	8	2.54
041	14163369041	22	GPS定位 电量(%):80.0	106.038411	37.932442	100.1	46	2.18
042	14163369041	42	GPS定位 电量(%):80.0	106.03916	37.933121	100.7	45	2.24
043	14163369041	62	GPS定位 电量(%):80.0	106.04012	37.933618	440.0	180	2.44
044	14163369041	66	GPS定位 电量(%):80.0	106.044645	37.935327	2.9	1	2.94
045	14163369041	66	GPS定位 电量(%):80.0	106.044677	37.935335	439.0	179	2.45
046	14163369041	58	GPS定位 电量(%):80.0	106.049039	37.937272	40.4	14	2.89
047	14163369041	56	GPS定位 电量(%):80.0	106.049414	37.937483	97.4	40	2.43
048	14163369041	40	GPS定位 电量(%):80.0	106.050179	37.938118	134.6	51	2.64
049	14163369041	20	GPS定位 电量(%):80.0	106.050846	37.939208	157.1	93	1.69
050	14163369041	354	GPS定位 电量(%):80.0	106.051041	37.940612	319.6	180	1.78

4.2 数据结果分析

通过多次测试到达H-ADCP位置平均流速对比结果:

表2 GPS+卫星定位系统与H-ADCP测试数据对比表

序号	时间	H-ADCP流速 (m/s)	流量 (m³/s)	水位 (m)	GPS测试流速 (m/s)	流速偏差 (%)
01	2023.12.3 16:30	1.61	651	1133.01	1.56	3.1
02	2023.12.29 15:24	1.49	490	1132.69	1.43	4.0
03	2024.1.1 11:30	1.46	463	1132.65	1.41	3.4
04	2024.3.9 17:00	1.41	401	1132.36	1.35	4.3

根据比对, 卫星定位器显示流速与H-ADCP平均流速偏差在5%以内, 满足水文应急测验要求。

5 成果应用

5.1 作为特大洪水应急测流应用

当水文测站发生特大洪水时, 在无人机无法正常应用情况下, 或标记物无法投掷, 无可参考标记物时, 可以采

用GPS定位器对当前洪水进行测验, 根据投放在不同起点距测定流速来计算流量值。同时, 该平台具备历史数据存储及轨迹回放, 为后续洪水演变过程提供有力支撑^[7]。

宁夏测区从沙坡头至海勃湾库区共设置断面桩386处, 每个断面经测量后计算断面面积, 均可通过GPS流速与面积来计算实时流量。

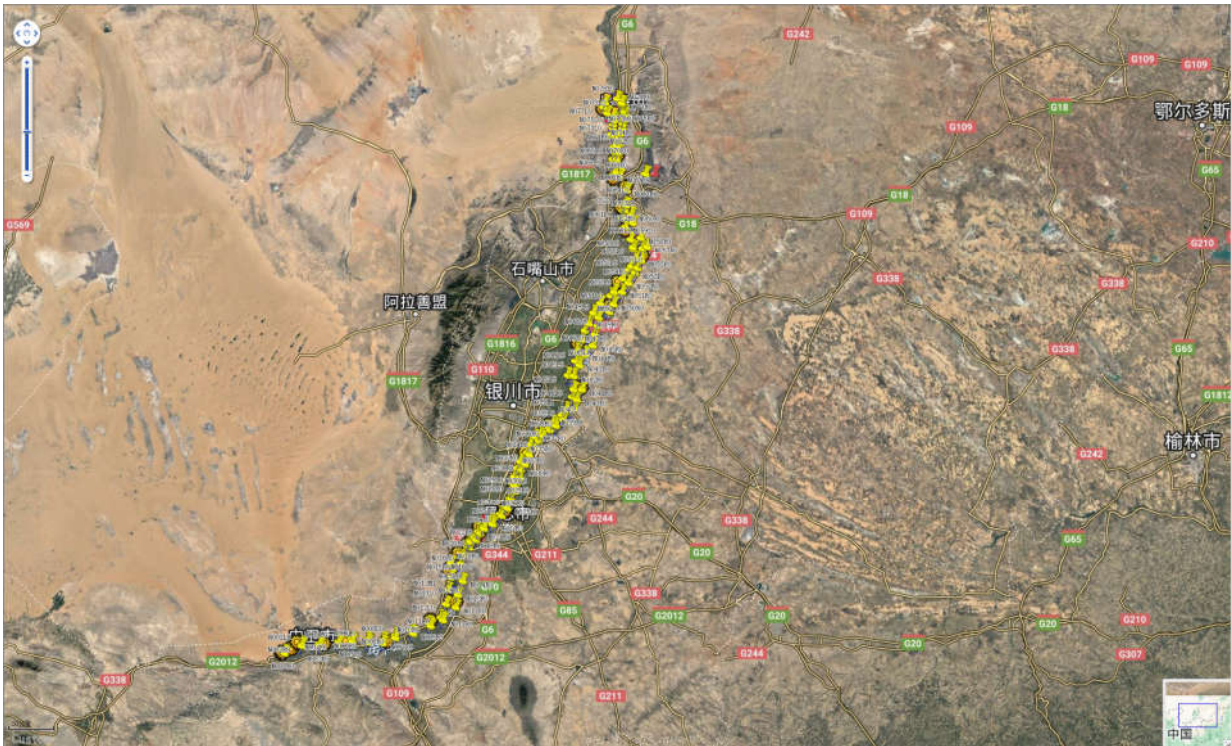


图8 黄河宁夏段测验断面分布图

5.2 作为山洪灾害预报预警

在季节性山洪沟道，下游水文测站可在其测验断面上游1-2km安装固定点位GPS定位器，可将其设置报警功能，当发生快速移动后，会将信号传输至手机终端进行报警，并显示山洪到达位置和流速。能够为下游水文测站及沟道相关作业人员设备提供预报预警功能^[8]。

6 结论

本项目将汽车GPS+北斗定位系统进行改进应用与水文应急监测系统，成本低，结构简单，使用灵活，定位精准。能够获取实时流速数据，通过不同位置断面面积计算流量。即可应用于特大洪水应急监测，也可在季节性山洪沟道，发生强降雨后，起到预警功能，具有较好的实际意义。

参考文献

[1]袁达.基于北斗高精度定位系统的大跨度斜拉桥平面坐标实时预测法[J].铁道勘察,2024,50(05):8-13. DOI:10.19630/j.cnki.tdkc.202404040001.

[2]孙光宝,李家明.无人机低空遥感技术在应急水文监测中的应用研究[J].水上安全,2024,(18):14-16.

[3]刘家龙,吴柯锐,张会新,等.基于北斗/GPS双模模块的高可靠定位系统设计[J].航天控制,2024,42(04):35-41. DOI:10.16804/j.cnki.issn1006-3242.2024.04.011.

[4]王裕国.“GPS+北斗”联合支持下的移动定位系统设计研究[J].中国信息化,2024,(05):64-65.

[5]周梦瑶,戴凤君,张美玲.无人船测量系统在水文应急监测中的应用[J].中国水能及电气化,2023,(12):48-52.

[6]黎达通.基于GNSS测流系统的水文应急监测系统的应用[J].云南水力发电,2023,39(10):296-300.

[7]陈飞.水文应急监测体系建设及发展方向[J].河南水利与南水北调,2023,52(09):60-61.

[8]郑凯,贺俊华.考虑最短时限的洪水应急监测指派模型[C]//河海大学,甘肃省水利学会.2023中国水资源高效利用与节水技术论坛论文集.黄委中游水文水资源局,2023:7. DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.032476.