

# 面向应急防汛的车载水文监测与指挥调度系统

刘继军<sup>1</sup>, 张佳宁<sup>1</sup>, 邵志恒<sup>2</sup>, 陈定<sup>3</sup>, 刘维高<sup>4</sup>, 游峰生<sup>4</sup>, 陈华<sup>3</sup>

<sup>1</sup>山东省水文中心, 山东 济南

<sup>2</sup>济宁市水文中心, 山东 济宁

<sup>3</sup>武汉大学水资源工程与调度全国重点实验室, 湖北 武汉

<sup>4</sup>武汉大水云科技有限公司, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年5月17日; 录用日期: 2024年6月11日; 发布日期: 2024年6月27日

## 摘要

为了满足应急条件下的水文快速机动监测需求, 本文提出并开发了一种车载水文监测与指挥调度系统。该系统完美融合了高性能机动平台与水文现代化测报技术, 以应急监测指挥车为核心、水文机动巡测车为交链, 搭载基于视觉测流技术的先进水文监测设备, 能够实现在应急条件下的快速部署和水情精准观测, 构建形成集全域覆盖、监测及时、手段多样、驻巡一体的机动监测体系。不仅可以在自然灾害突发等应急场景中提供可移动的临时指挥所和监测中心, 还能够大幅提升了险情控制的时效和调度效率, 为水文应急监测与处理提供了设备与技术保障。

## 关键词

水文监测, 指挥调度系统, 机动平台, 视觉测流

# Vehicle-Mounted Hydrological Monitoring and Command and Dispatch System for Emergency Flood Control

Jijun Liu<sup>1</sup>, Jianing Zhang<sup>1</sup>, Zhiheng Shao<sup>2</sup>, Ding Chen<sup>3</sup>, Weigao Liu<sup>4</sup>, Fengsheng You<sup>4</sup>, Hua Chen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hydrology Center of Shandong Province, Jinan Shandong

<sup>2</sup>Jining Hydrological Center, Jining Shandong

<sup>3</sup>State Key Laboratory of Water Resources Engineering and Management, Wuhan University, Wuhan Hubei

<sup>4</sup>Wuhan Dashuiyun Technology Co., Ltd., Wuhan Hubei

Received: May 17<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jun. 11<sup>th</sup>, 2024; published: Jun. 27<sup>th</sup>, 2024

作者简介: 刘继军(1971-), 山东金乡人, 本科, 研究员, 主要从事水利工程建设管理、水文测报等方面的研究, Email: 13589125879@163.com

文章引用: 刘继军, 张佳宁, 邵志恒, 陈定, 刘维高, 游峰生, 陈华. 面向应急防汛的车载水文监测与指挥调度系统[J]. 水资源研究, 2024, 13(3): 283-291. DOI: 10.12677/jwrr.2024.133033

## Abstract

In order to meet the demand for rapid mobile hydrological monitoring under emergency conditions, this paper proposes and develops a vehicle-mounted hydrological monitoring and command and dispatch system. The system perfectly integrates the high-performance mobile platform and modern hydrological measurement and reporting technology, with the emergency monitoring command vehicle as the core, hydrological mobile patrol vehicle as the cross-chain, equipped with advanced hydrological monitoring equipment based on the visual flow measurement technology, which can achieve the rapid deployment and accurate observation of water conditions under emergency conditions, and build a mobile monitoring system with the set of full-area coverage, timely monitoring, diversified means, and stationed patrols as a whole. Not only can it provide a mobile temporary command post and monitoring center in emergency scenarios such as natural disasters, but also greatly improve the time and dispatching efficiency of the control of hazardous situations, and provide equipment and technical guarantee for hydrological emergency monitoring and treatment.

## Keywords

Hydrological Monitoring, Command and Dispatch System, Mobile Platform, Visual Flow Measurement

Copyright © 2024 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

受全球气候变化、水土流失以及城市化“热岛效应”等因素影响,近年来我国中小河流域洪水灾害和城市内涝现象多发频发[1],对自然生态系统和人民群众的生命财产安全造成了严重危害[2]-[4]。中国自古以来就饱受洪涝灾害的侵扰,我国也一直致力于建设完备的水利基础设施体系,目前我国的水利事业已经取得了突飞猛进的发展,不仅跃居成为世界第一水利大国和水利强国,而且积极参与到世界多国的重大水利项目建设中[5]。

截至目前,我国国内共建成各类水库 9.8 万多座、总库容 8983 亿立方米以及各类河流堤防 43 万公里,开辟国家蓄滞洪区 98 处、容积 1067 亿立方米,而只有对这些水文信息进行实时精确地监测,才能够时刻保障人民群众的根本利益。传统的水文监测手段主要以人工为主导,但在效率、精度、监测范围以及预警等方面有着极大限制,而且对复杂野外环境进行监测的难度和危险程度都相对较大。随着科技的快速发展,利用人工智能等新一代信息技术、以数字孪生流域建设为核心的智慧水利体系已经成为水利高质量发展的主要途径之一[6]-[9],不仅实现了对水位、流速、流量以及水质等水文信息的实时监测,还可以进行灾情预警。然而现阶段的智慧水利体系仍有一些亟待解决的问题,如一些位置偏僻的中小型水库没有安装相应的水文监测设施以及险情报讯设备,当遇到险情时无法及时上报和处置;相关部门没有建立起完备的信息完全共享机制[10],影响对险情的判断和及时救援等。

在分析当前应急防汛现状的基础上,本文采用先进的水文监测技术,联合高科技军工企业山东英特力集团共同研发完成了面向应急防汛的一种车载水文监测和指挥调度系统,该系统将高性能机动平台与水文现代化测报技术进行深度融合,以应急监测指挥车为核心、水文机动巡逻车为交链,搭载“山东一体化业务平台”和“水文应急监测智慧通信系统”,采用视觉测流设备实现水文场景的信息采集和实时测报,实现了“机动指挥中心”和“移动水文站”的协同防汛作战,构建形成了“全域覆盖、监测及时、手段多样、驻巡一体”的机动监测体系。

## 2. 应急监测指挥车

当面临重大突发性事件、自然灾害以及其他紧急情况时，应急监测指挥车能够为指挥人员在现场提供临时指挥所，极大地提高了险情上报和联合指挥调度等工作的部署效率。

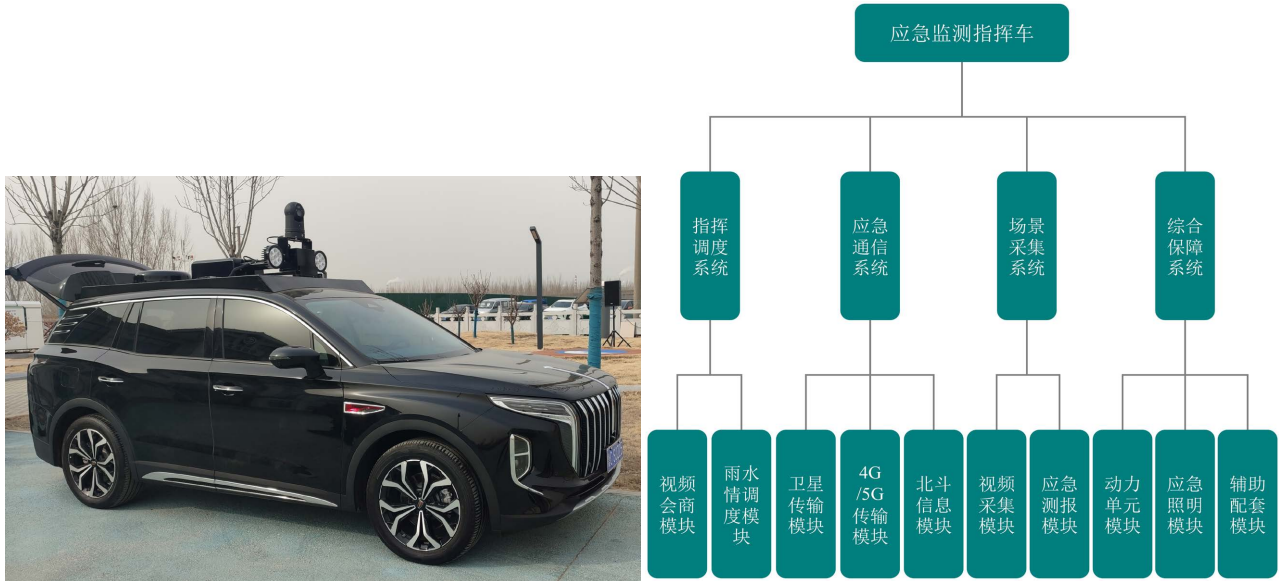


图 1. 应急监测指挥车及其系统组成

应急监测指挥车以打造“机动指挥中心”为建设目标，不仅采用了高通过性的承载底盘，还依托于专业的水文应急监测指挥系统以及多种信息传输手段，整车搭载了指挥调度、应急通信、场景采集以及综合保障系统，如上图 1 所示。

### 2.1. 指挥调度系统

指挥调度系统作为应急监测指挥车的核心，为指挥人员提供一个实时化、可视化的指挥平台，主要包括视频会商模块和雨水情调度模块。视频会商模块可以根据水文监测的需求实现定制化设计，如图 2 所示。该模块将 4G/5G 通信、卫星电话、视频会议、指挥调度等模块高度集成为一个通信便携箱，能够在机动中与固定指挥中心进行网络互通，而且支持召开多方实时视频会商以及组建快速可视化的指挥平台，切实提升了通信便携性和保障能力。

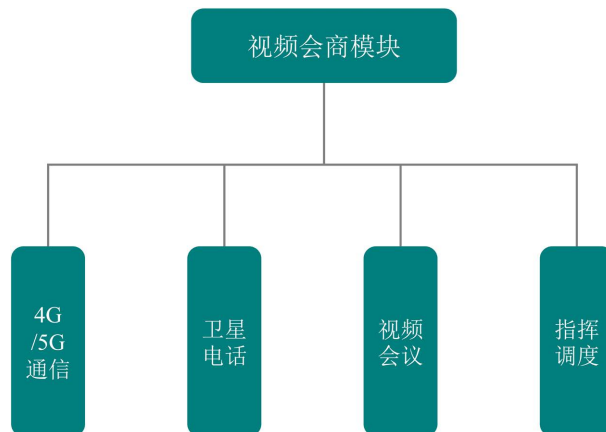


图 2. 视频会商模块

雨水情调度模块的功能是通过安全接入水利专网，将监测车采集的各类水文要素自动写入到当地水文中心标准水情数据库中，支持“山东省水情信息服务系统”“山东省洪水预报调度系统”及“山东水文一体化平台”等水利网站的在线访问，具有实时及历史雨水情查询分析、特征值统计、雨水情综合监控、值班处理以及不同场景下洪水预报作业等功能，为指挥调度提供强有力的数据支撑。

## 2.2. 应急通信系统

应急通信系统是应急指挥的“生命线”，对保证指挥体系畅通、辅助指挥决策意义重大，该系统由北斗模块、4G/5G模块以及卫星模块组成，如图3所示。北斗模块主要是利用北斗+融合技术，实现车载水文信息与水文数据中心进行实时传输，满足在公网中断的情况下，依旧能保证水雨情监测、水质监测等信息的及时上报；4G/5G模块的主要功能是在运营商网络覆盖范围内，无线通信系统可以进行单独使用，通过搭建无线通信链路，将会商视频或视频采集图像信息传输至山东省水文中心；卫星模块中采用全自动相控阵高通量动中通卫星，当出现公网中断时，可以依托宽带卫星系统与各级水文中心建立卫星网络信道，实现数据的实时互通，为上级领导的指挥调度提供决策依据。

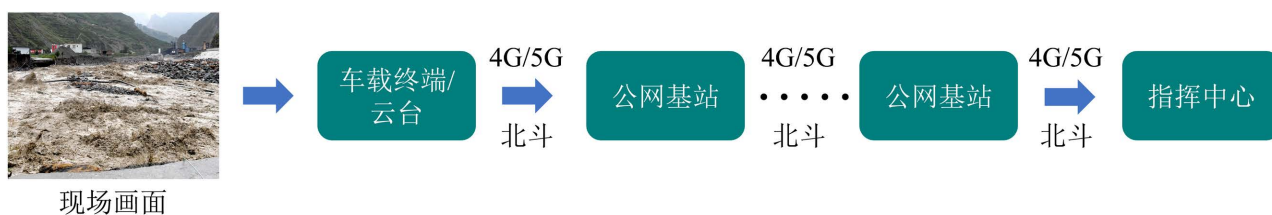


图3. 应急通信系统

## 2.3. 场景采集系统

场景采集作为水文监测的重要环节之一，在直观反映出水情的同时，还可以将相应的水文信息在指挥平台中呈现，该系统主要由视频采集模块和应急测报模块两部分组成。

视频采集模块是利用实景布控球来采集现场的视频图像，并实时监测现场水情，还具备了应急测报等功能。实景布控球深度融合了先进的图像智能识别和水利模型，采用非接触式的视觉测流技术实现了对水位、流速、流量等水文数据的全天候实时在线监测，支持低中高水位的全量程监测，适用于现代化水文站建设、山洪灾害预警、数字孪生流域建设、生态流量监测、引调水工程、灌区量测水、入库流量监测、污染入河量监测、航道



图4. 实景布控球



水文监测等场景，具有高效安全、经济便捷、稳定普适、即拍即测以及运维简单等显著优势[11]-[15]，图4为实景布控球的架设画面。

设备还搭载了 AiFlow 智慧云平台，如图5所示，支持对现场画面的实时监控，同时将水位、流速、流量等水文数据在平台中展示，可供指挥调度中心根据实况进行科学有效的防汛部署。此外，AiFlow 智慧云平台还支持历史数据和视频的回溯，有利于后续对防洪体系和设施进行完善与优化。



图5. AiFlow 智慧云平台

## 2.4. 综合保障系统

综合保障系统的职责就是作为整车的动力单元模块来进行车载电源的管理分配及控制，主要有电源输入输出监控、UPS 电源监控、用电安全监控、时序启动控制、系统主机和环境监控，如图6所示。该模块集电源指标实时监控、用电安全保护、电源自动优先级设计与切换、设备运行控制以及指标监控告警、远程控制等功能于一体，具有运行稳定性好、实用性强、结构合理、配置安全、防护性好、运行安全可靠等优点。

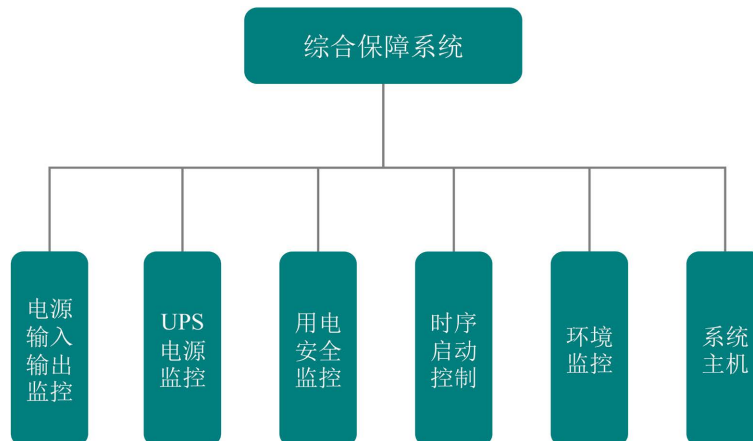


图6. 综合保障系统

### 3. 水文机动巡测车

由于水文监测的特殊性，仅仅依靠驻测的方式无法满足当下需求，因此灵活轻便、机动性强且配备先进技术的水文机动巡测车成为了应对复杂环境的首要选择，通过实时提供相应的水文信息数据，可以辅助应急监测指挥车实现精确调度以及预案制定等工作。以打造“移动水文站”为建设目标，水文机动巡测车不仅采用了较强的越野性底盘，还可以依托无人机、遥控船、视频在线等测流方式和综合工控平台，来实现水文监测、应急通信、场景采集和综合保障等功能，其主要结构如下图 7 所示，其中应急通信系统和场景采集系统与应急监测指挥车中的功能基本相同，在 2.3 节中已经详细描述。

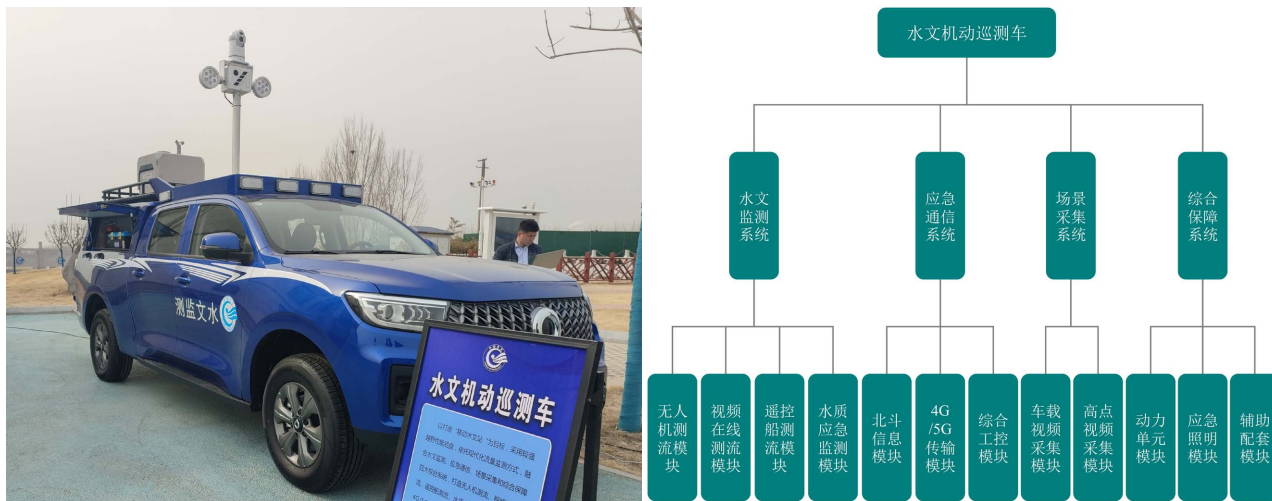


图 7. 水文机动巡测车及其系统组成

#### 3.1. 水文监测系统

水文机动巡测车的水文监测系统主要由无人机测流模块、视频在线测流模块、遥控船测流模块和水质监测模块组成，各模块分工合作，共同实现对水文信息的监测，以下是各个模块功能的详细描述。

依托于先进的飞行平台、流速计算以及云技术，无人机测流模块可实现对河道流量进行智能监测[16] [17]，如图 8 所示。通过无人机搭载视频传感器的方式，对河道场景进行高位采集，具备灵活机动、成本低、功能丰富、操作简单、风险性低等特点。当面临流域性暴雨洪水等极端天气事件时，该模块能够对断面上下游河段水势变化情况进行全方位监控，为洪水提前预警和防洪调度决策提供充足的技术支撑。



图 8. 无人机测流模块

遥控船测流模块可放置于车辆后方的储存柜中部，如图 9 所示。由于该模块受监测环境的影响较小，因此可以实现全河段地形、流量监测，而其内置的 ADCP 测量设备能保证测验精度满足规范要求，大幅提升外业监测的效率。



图 9. 遥控船测流模块

本车搭载的水质应急监测模块可以满足水污染突发事件下的应急监测需求以及日常的水质取样需求，能够全方位地反映水质质量状况与发展趋向，是水资源保护、水污染控制以及水环境健康维护的重要手段和措施，如图 10 所示。

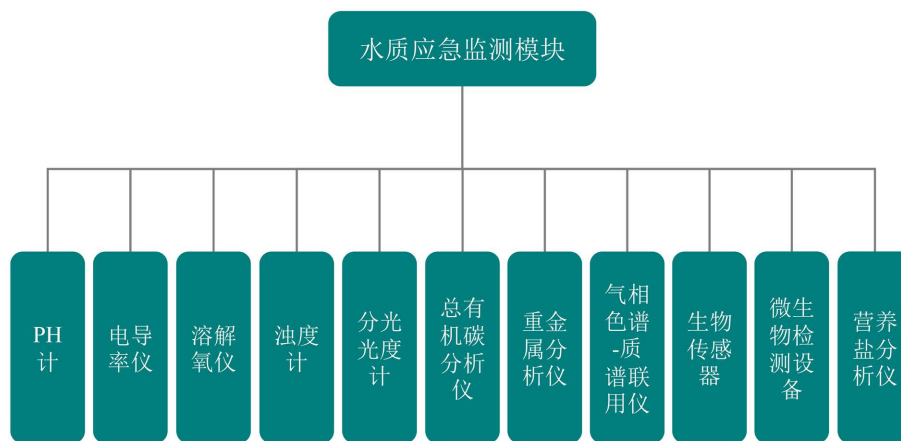


图 10. 水质应急监测模块

### 3.2. 综合保障系统

综合保障系统是整个水文机动巡测车能够实现正常工作的坚实后盾，内部的动力单元模块将电池隔离器与原车汽车电瓶相连，同时在车辆后备箱内加装了辅助电池组。此外，该模块还可以通过逆变充电一体机将电瓶中的直流电转换为工频交流电供车内设备和仪器使用，具备接触电阻小、抗振动、可靠程度高以及电池容量大

等特点，保证了在应急场景下的持续供电。动力单元模块的示意图如图 11 所示。

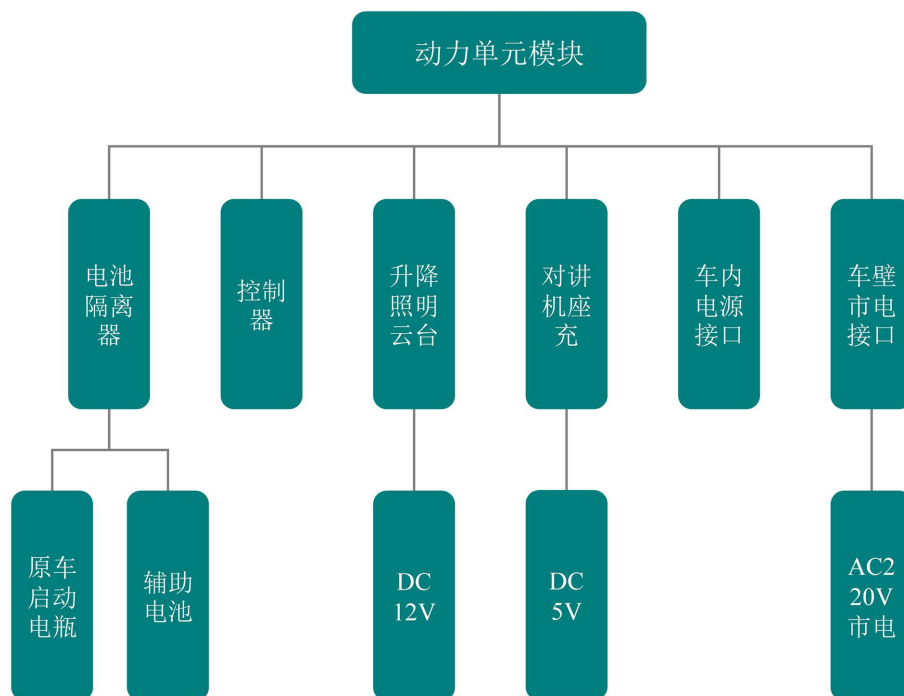


图 11. 动力单元模块

综合保障系统中还配备了相应的辅助配套模块，如图 12 所示。该模块中整洁有序地归纳了随车工具、雨衣、雨靴、雨伞以及便携电缆等物品，为随车人员提供了便利和保障。

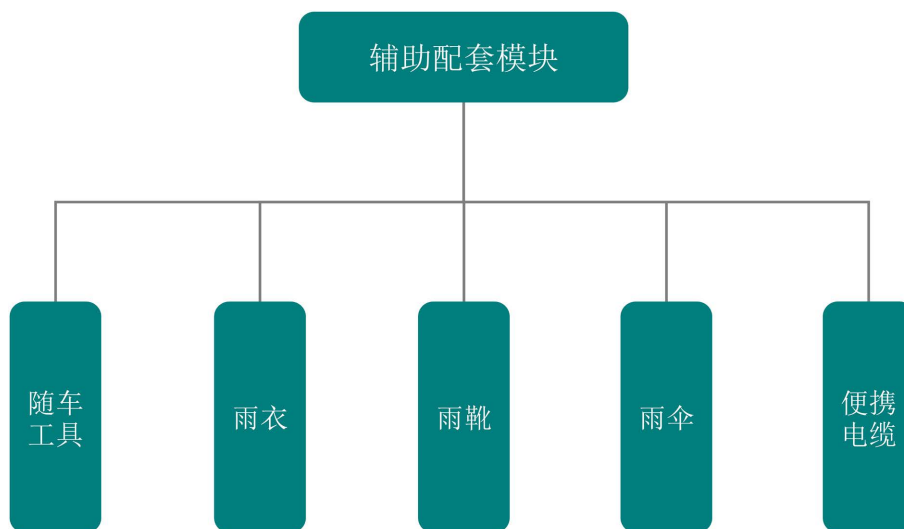


图 12. 辅助配套模块

#### 4. 结论

本文以山东省水情为研究对象，联合高科技军工企业山东英特力集团共同研发了一种面向应急防汛的车载水文监测和指挥调度系统，通过应急监测指挥车和水文机动巡测车的分工合作，同时搭载基于视觉测流技术的



无接触式水文监测设备, 构建了“全域覆盖、监测及时、手段多样、驻巡一体”的机动监测体系, 为应对突发性险情提供了技术手段和渠道, 在应急水文监测领域中发挥了至关重要的作用。

## 基金项目

感谢国家重点研发计划项目 2022YFC3002701 和水利部重大科技项目 SKS-2022020 对本研究的支持。

## 参考文献

- [1] Compilation Group of China Flood and Drought Disaster Prevention Bulletin. 《中国水旱灾害防御公报 2022》概要[J]. 中国防汛抗旱, 2023, 33(10): 78-82.
- [2] 陈轶, 葛怡, 陈睿山, 等. 气候变化背景下国外城市韧性研究新进展——基于 citespace 的文献计量分析[J]. 灾害学, 2020, 35(2): 136-141.
- [3] 樊华, 赵翠薇. 山地城市群城市洪涝韧性时空格局研究[J]. 农业与技术, 2024, 44(7): 78-85.
- [4] 郭道冉, 孙静, 高尚嵘, 等. 水文水资源管理对防洪减灾的意义[J]. 清洗世界, 2021(6): 75-76.
- [5] 吴强, 张岚, 张岳峰, 等. 数说 70 年水利发展成就[J]. 水利发展研究, 2019, 19(10): 1-13.
- [6] 冶运涛, 蒋云钟, 曹引, 等. 以数字孪生水利为核心的智慧水利标准体系研究[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2023, 44(4): 1-16.
- [7] 潘益婷, 宁海元. 基于数字孪生的防洪“四预”智慧水利平台应用研究[J]. 中国水运(下半月), 2024, 24(5): 99-101.
- [8] 冶运涛, 蒋云钟, 曹引, 等. 智慧水利理论体系与数字孪生流域虚拟模型研究成果述要[J]. 中国水利, 2024(5): 41-51.
- [9] 孙亮, 王瑞国, 袁瑞, 等. 人工智能技术在智慧水利中的应用与展望[J]. 中国水利, 2024(3): 44-51.
- [10] 李志杰. 智慧水利建设现状分析与发展思考研究[J]. 计算机产品与流通, 2019(11): 283-284.
- [11] 赵浩源, 陈华, 刘维高, 等. 基于河流表面时空图像识别的测流方法[J]. 水资源研究, 2020, 9(1): 1-11.  
<https://doi.org/10.12677/jwrr.2020.91001>
- [12] ZHAO, H. Y., CHEN, H., LIU, B. Y., et al. An improvement of the space-time image velocimetry combined with a new denoising method for estimating river discharge. Flow Measurement and Instrumentation, 2021, 77(1): 101864.
- [13] 嵇莹, 刘炳义. 一种基于图像质量的表面流速计算方法[P]. 中国专利, 202211409538.9. 2023-03-24.
- [14] 刘炳义, 吕华飞, 黄东旭, 等. 一种基于人工智能的便携式水位流速一体测量设备[P]. 中国专利, 202223388280.7. 2023-03-28.
- [15] 陈华, 赵浩源, 刘炳义, 等. 基于河流表面流速的河道断面流量计算方法[P]. 中国专利, 202011381025.2. 2022-04-29.
- [16] 刘炳义, 李玉琳, 嵇莹, 等. 一种无人机山洪流量测量方法、装置及设备[P]. 中国专利, 202210782991.8. 2022-10-25.
- [17] 刘炳义, 陆超, 杜伟, 等. 一种用于无人机视频测流的示踪粒子抛洒装置[P]. 中国专利, 202221073299.X. 2022-11-15.