

ICS 33.160

CCS P65/69

团 标 准

T/DZJN ***—20**

桥梁通航安全预警系统技术规范

Technical requirements for Bridge Traffic Early-warning system

(征求意见稿)

请您在提交反馈意见时，将您知道的相关专利连同支持性文件随意见一并附上。

本文件版权归中国电子节能技术协会所有，未经授权，不得复制、传播、使用，侵权必究！

2025-**-**发布

2025-**-**实施

中国电子节能技术协会 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	2
4 技术原理	2
4.1 船舶分级检测区域划分	2
4.2 预警系统工作原理	2
4.3 检测系统结果处理或数据上报	3
5 系统组成	3
5.1 系统硬件组成	3
5.2 系统软件组成	3
6 功能要求	4
6.1 预警系统软件平台	4
6.2 AIS系统	4
6.3 桥梁分析检测终端固化软件	5
6.4 船舶偏航检测终端固化软件	5
7 安全要求	5
7.1 信息安全	5
7.2 通信网络要求	5
8 设计要求	6
9 技术要求	6
9.1 使用环境条件	6
9.2 抗电磁干扰	6
9.3 摄像机	6
10 安装调试	7
10.1 安装条件	7
10.2 设备安装调试	7
10.3 软件调试	9
11 系统验收	9
11.1 硬件验收	9
11.2 软件验收	10
11.3 资料验收	10
12 运维	10
12.1 总则	10
12.2 硬件设施维护	10
12.3 软件系统检查	10
12.4 系统应急维护	11

前　　言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国电子节能技术协会音视频产业分会、广东保伦电子股份有限公司共同提出。

本文件由中国电子节能技术协会归口。

本文件主要起草单位：广东保伦电子股份有限公司等。

本文件主要起草人：李昌绿等。

引言

随着桥梁事业和水上交通的快速发展，桥梁与通航安全的重要性日益凸显。为降低船舶撞击桥梁的风险，桥梁防船撞预警系统应运而生，成为保障通航安全的关键技术手段。系统的工作原理是通过声、光和其他报警方式及时向船舶或相关人员发出预警信号，以提醒他们采取适当措施，从而有效减少碰撞事故的发生。这种智能化监测手段不仅提升了航道的安全性，还能减少经济损失，保障交通流畅。本文旨在对桥梁通航安全预警系统的技术要求、建设及运维进行规范与总结。本规范文档适用于国内水库、运河和渠道等通航内河船舶航道通航，通过明确系统的功能需求、设计标准和运维流程，力求为相关工程提供可靠的技术参考，促进桥梁通航安全的持续改进与提升。

桥梁通航安全预警系统技术规范

1 范围

本文件规定了桥梁通航安全预警系统（简称：预警系统）的技术原理、系统组成、功能要求、安全要求、技术要求、安装调试和运维。

本文件适用于国内水库、运河和渠道等内河船舶的航道通航安全预警系统的设计、安装和运维。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件，且系统应用的标准包括但不限于：

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 9254.1-2021 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第1部分：发射要求

GB/T 9254.2-2021 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第2部分：抗扰度要求

GB 17625.1-2022 电磁兼容 限值 第1部分：谐波电流发射限值（设备每相输入电流≤16A）

GB/T 43800-2024 船舶电气和电子装置 电磁兼容性 非金属船体船舶

JTJ311 通航海轮桥梁通航标准

JT/T 1037-2016 公路桥梁结构安全监测系统技术规程

JTG/T 3360-02—2020 公路桥梁抗撞设计规范

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

3.1.1 桥梁通航安全预警系统 Bridge Traffic Early-warning System

通过实时监测桥梁周边水域的船舶交通态势，为船舶提供关键的导航安全支持，并对碰撞风险进行预测报警，从而辅助桥梁的运营管理的电子信息系统。

[来源：JT/T 1037-2016 3.1]

3.1.2 分析检测终端 Edge Analytics Terminal

集合图像处理和视觉算法等功能，实时监测桥梁的结构状态和航道信息，并在检测到潜在风险时发出预警的终端设备。

注：本系统中包括两个终端：桥梁分析检测终端（监测和预警桥面异常信息的处理终端）和航道分析检测终端（监测和预警航道异常信息的处理终端）。

3.1.3 道路交通智能摄像机 Intelligent road traffic camera

用于监控道路车辆和航道通行船舶，并支持交通事件检测的摄像机，同时具备车辆、船舶检测记录，车船号牌等特征识别。

3.1.4 超高激光监测仪 Laser Height Monitor

通过发射并精准控制特定高度的激光束，实时扫描船舶轮廓，监测船舶净空高度，并在发现超高时立即触发自动预警的激光设备。

3.1.5 应急终端 Emergency Terminal

紧急情况下，通过声光报警器等设备提供通信、救援服务或其他应急服务的终端装置。

3.1.6

声光报警器 Audible and Visual Alarm

能够发出高音量、高频率的警报声音用于发出警报信号的设备。

3.1.7

自动识别系统 Automatic Identification System(AIS)

通过甚高频(VHF)海上移动频段，采用时分多址(TDMA)技术实现船舶间、船岸间自动交换动态、静态及航次信息的助航系统。

3.1.8

甚高频通信 Very High Frequency Communication(VHF)

基于30~300MHz频段的无线通信技术，严格遵循国际划分，使用156~174MHz的专用频段进行船岸及船舶间的通信。

3.1.9

通航净空高度 Navigation Clearance Height

船舶或船队安全通过桥孔的最小高度，起算面为设计最高通航水位，计量单位为m。

[来源：JTJ311—1997, 5.0.1]

3.1.10

设计最高通航水位 Design Highest Navigable Water Level

设计最高通航水位是指跨越通航海轮航道的桥梁通航净空高度的起算水位。

[来源：JTJ311 3.0.1]

3.2 缩略语

下列部分缩略语适用于本文件：

LED：发光二极管（Light-Emitting Diode）

TCP：传输控制协议（Transmission Control Protocol）

AIS：自动识别系统（Automatic Identification System）

VHF：甚高频通信（Very High Frequency Communication）

IP：互联网协议（Internet Protocol）

4 技术原理

4.1 船舶分级检测区域划分

针对航道周界可布控距离的区域：预警系统分三级警戒区域对船舶进行监测，可根据距离监控摄像机的范围进行划分区域，第一级警示区，距监控摄像机1800~1000m；第二级管制区，距监控摄像机1000~500m；第三级危险区，距监控摄像机0~500m，可根据实际布控距离进行三级管控范围设置。分级检测区域划分见图1：

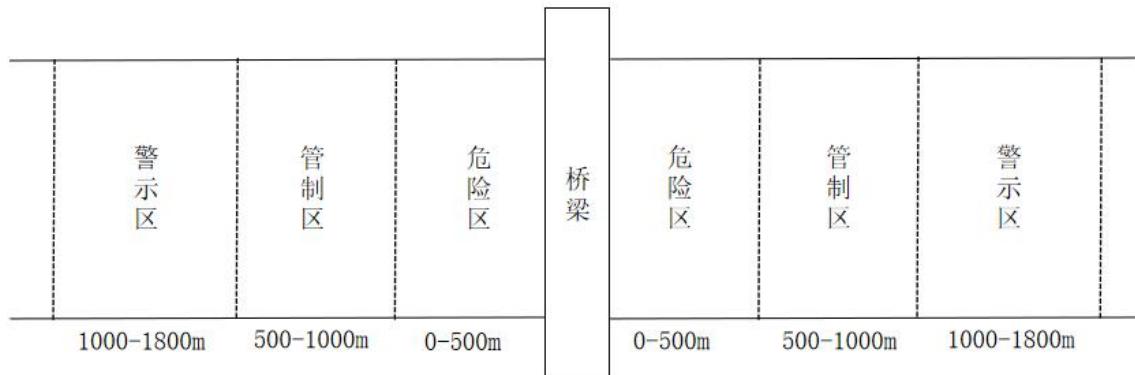


图 1 船舶分级检测示意图

4.2 预警系统工作原理

船舶进入监控区域内后，AIS系统同步获取船舶航线、精确定位、身份信息，通过监控摄像机进行视频监控并且每隔30s抓拍图片取证，传送至分析检测终端进行智能识别处理。系统确认识别对象为船舶时，信号下发至船舶超高激光监测仪，开启激光监测并实时将通航高度信息回传至分析检测终端。分析检测终端再整合数据上传至预警管理平台通过VHF通信对船只进行调度，并将预警、报警信号下发至应急终端、LED显示屏等报警终端。信息处理流程见图2。

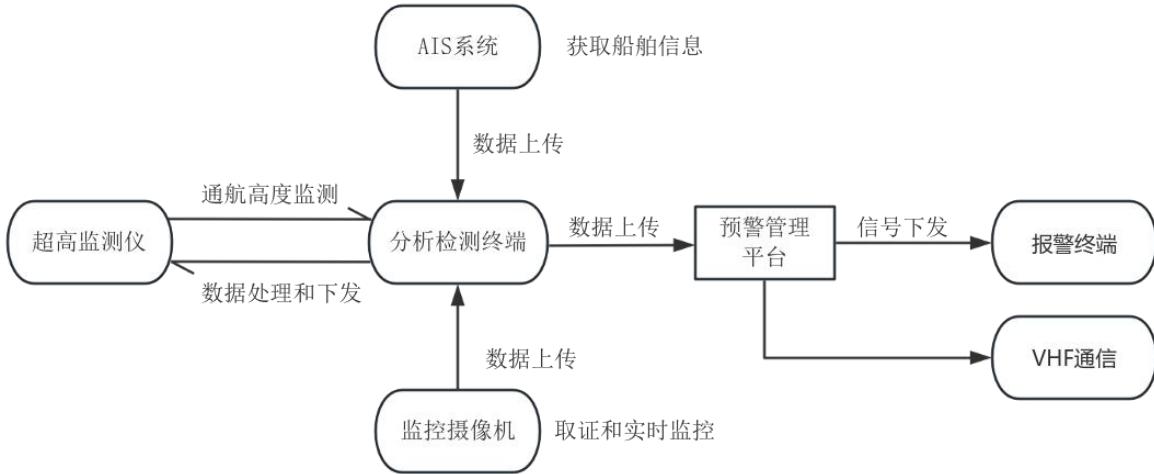


图 2 预警系统信息处理流程示意图

4.3 检测系统结果处理或数据上报

分析检测终端整合接收到的数据做出智能预警，上报应急管理平台，平台进行调度并下发预警指令到报警终端，报警终端根据不同的状态的警报信息做出不同响应以应对不同警戒区域事故、通航净空高度超过设计最高通航水位和其他事故。

5 系统组成

5.1 系统硬件组成

预警系统硬件组成部分，应包含但不限于以下组成部分，见图3。

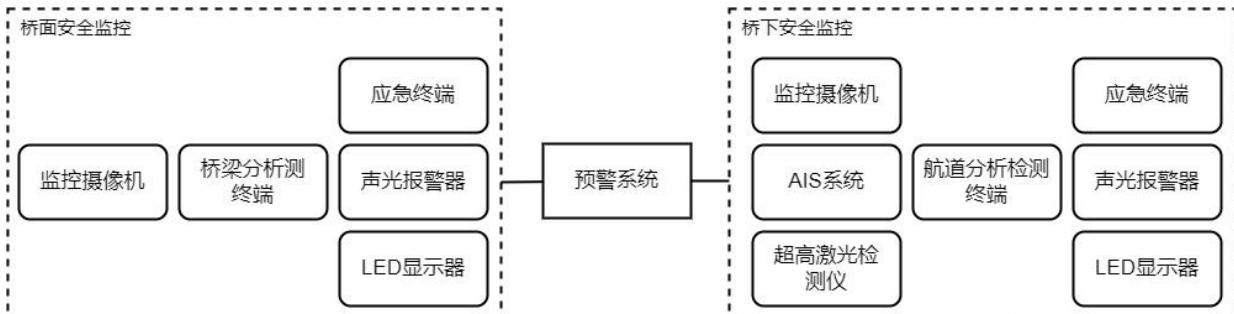


图 3 桥梁通航安全预警系统硬件组成

5.2 系统软件组成

预警系统软件平台由预警系统软件平台、AIS系统、桥梁分析检测终端固化软件、船舶偏航检测固化软件等多个预警终端组成。软件组成结构图见图4。

a) 预警系统软件平台：作为桥梁船舶预警防撞系统调度中心，负责数据可视化展示，预警信息显示，多源数据融合呈现，远程监控与指挥调度；

- b) AIS系统：应用于船和岸、船和船之间的海事安全与通信的新型助航系统；
- c) 桥梁分析检测终端固化软件：集成了数据采集、信号处理、分析评估等功能的专用设备或系统，主要用于桥梁结构的健康监测、性能评估和病害诊断；
- d) 船舶偏航检测固化软件：用于实时监测船舶航行轨迹，并在船舶偏离预设航线（或安全航行区域）时发出预警的船舶导航辅助软件。

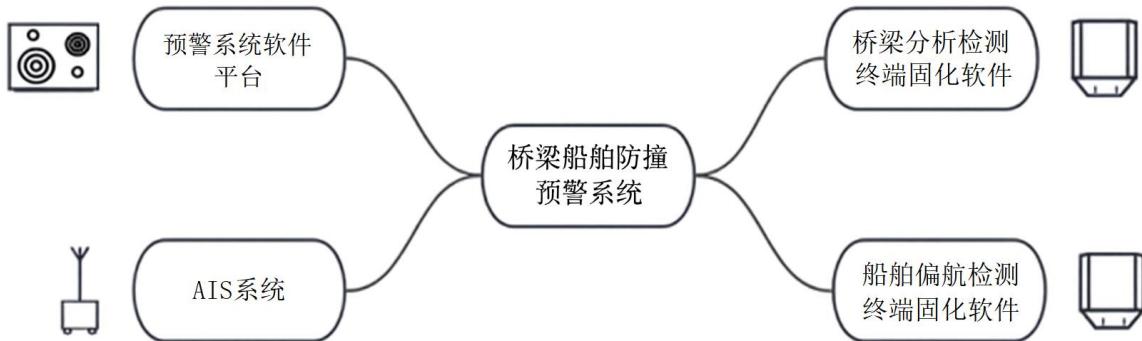


图 4 桥梁通航安全预警系统软件组成结构

6 功能要求

6.1 预警系统软件平台

平台软件功能应包含以下核心模块：

- a) 实时数据可视化展示：能够将桥梁的各种实时监测数据，如结构健康状况、交通流量、气象条件等，以直观清晰的图表、图形和地图等形式展示在平台上。使应急管理人员能够快速、全面地了解桥梁的当前状态；
- b) 预警信息突出显示：当监测数据达到预设的预警阈值时，平台会以醒目的方式（如闪烁、变色、弹窗等）突出显示预警信息，包括预警类型、级别、位置等，确保相关人员能够第一时间注意到并采取相应行动；
- c) 多源数据融合呈现：整合来自不同监测系统和数据源的信息，包括传感器数据、视频监控图像、地理信息系统等，在平台进行综合展示，为应急决策提供全面的视角；
- d) 远程监控与指挥调度：实现远程监控桥梁现场情况，应急指挥中心的人员能够通过平台直接观察现场，并进行远程指挥调度，提高应急响应的效率和准确性；
- e) 信息共享与协同工作：平台上的信息可以同时供多个部门和相关人员查看，促进各方面的信息共享和协同工作，确保在应急处理中各方行动协调一致。

6.2 AIS系统

AIS（船舶自动识别系统）核心功能概览：

- a) 船舶识别：自动发送和接收船舶的身份信息，如船名、呼号、MMSI（海上移动业务识别码）等，便于其他船舶和岸基设施准确识别；
- b) 位置报告：实时发送船舶的精确位置（经纬度）、航向、航速等动态信息，使周边船舶和岸基能够及时了解其航行状态；
- c) 航行状态显示：提供船舶的航行状态信息，如转向速率、吃水深度、载货情况等；
- d) 避碰辅助：帮助船舶及早发现周围的其他船舶，评估碰撞风险，为船舶采取避让措施提供决策支持；
- e) 交通管理：岸基设施可以通过AIS系统监控一定区域内的船舶交通流量和分布，进行有效的交通组织和管理；
- f) VHF通信：系统应具备在紧急情况下（如遇险、救援等）通过VHF通信快速、准确定位船舶并获取相关信息的能力，同时支持紧急对讲、语音对话和短信等多种通信方式，以确保信息传递的及时性和可靠性。

6.3 桥梁分析检测终端固化软件

桥梁分析检测终端应至少满足以下要求：

- a) 数据采集：实时采集桥梁结构的各类物理参数，如应变、位移、振动加速度、倾斜度、温度等；
- b) 损伤识别：通过数据分析，识别桥梁结构可能存在的损伤，如裂缝、疲劳破坏等；
- c) 结构评估：基于采集的数据和分析结果，对桥梁的整体结构性能进行评估，包括承载能力、耐久性等；
- d) 预警功能：当监测数据超过设定的阈值或出现异常趋势时，及时发出预警信号，提醒相关人员采取措施；
- e) 数据分析与报告生成：对长期积累的数据进行深入分析，生成详细的分析报告，为桥梁的维护和管理提供决策依据；
- f) 远程通信：将监测数据和分析结果远程传输至管理中心或相关部门，实现远程监控和管理；
- g) 环境参数监测：同时采集桥梁所处环境的温度、湿度、风速等参数，评估环境对桥梁结构的影响；
- h) 历史数据存储与查询：保存大量的监测数据，方便随时查询和回顾桥梁的历史状态。

6.4 船舶偏航检测终端固化软件

固化软件应具备下列功能：

- a) AIS系统侦测，监控摄像头监控同时取证，实时获取船舶的精确位置信息；
- b) 持续监测船舶的航向，包括航向角度和变化趋势；
- c) 允许用户预先设定船舶的预定航线，并将其存储在终端内；
- d) 对比实时位置和预定航线，一旦判断船舶偏离预设航线达到设定的阈值，立即发出声光等警报信号，提醒船员；
- e) 记录船舶的航行轨迹、偏航数据等信息，以便后续分析和查询；
- f) 能够与船舶上的其他导航设备、通信设备进行数据交互和信息共享。

7 安全要求

7.1 信息安全

预警系统信息安全构架设应确保数据的安全性和完整性，包括但不限于以下几个方面：

- a) 数据采集与传输安全：监测系统应采用加密、分级授权等网络安全措施，确保监测数据在采集和传输过程中的安全性。数据传输应考虑数据传输的一致性、完整性、可靠性和安全性，应满足系统开放性和可扩展性要求；
- b) 数据处理与管理安全：数据处理应能纠正或剔除异常数据，提高数据质量。数据管理应具有标准化读写接口，考虑数据的结构化、安全性、共享性以及使用的友好性和便捷性。数据库应模块化架构，可对桥梁结构信息、监测系统信息和监测数据进行分层、分类存储和管理；
- c) 用户界面交互安全：用户界面交互应设计有进入数据分析模块的通道，并有链接、存储、调用或显示各类评估结果、报告的接口。应采用加密、分级授权等网络安全措施，可通过互联网远程安全登录、查阅系统监测数据、报告；
- d) 系统集成安全：系统集成应采用网络技术，宜考虑有线网络和无线网络相结合，根据监测要求设计网络拓扑结构，宜采用 TCP/IP（传输控制协议/网际协议）参考模型。系统防雷应在桥梁整体防雷工程下进行，考虑强电防雷、弱电防雷和接地；
- e) 数据库技术存储监测系统数据，应提供存储技术、存储监控及存储管理可视化功能符合相关数据库管理要求。数据库宜采用模块化架构，可按功能对桥梁结构信息、监测系统信息和监测数据进行分层、分类存储和管理；
- f) 数据备份和恢复：定期备份通航预警系统的数据，以防止数据丢失或损坏，并确保在发生灾难时能够快速恢复系统。

7.2 通信网络要求

预警管理平台，应满足以下通信网络要求：

- a) 采用严格的数据加密技术，确保平台所涉及的船舶信息、桥梁信息等敏感数据不被泄露，保证数据安全，建立完善的数据备份机制，防止数据丢失或损坏；
- b) 实施访问控制，设定严格的用户权限分级，只有经过授权的人员能进行相应操作和访问特定数据；
- c) 安装防火墙、入侵检测系统等，抵御外部网络攻击，对网络通信进行加密，保障数据传输安全；
- d) 设定完整记录平台操作日志，便于追踪和审查异常行为，定期进行安全审计，检查安全措施的执行情况。

8 设计要求

预警系统设备部署时，需要遵守相关的法律法规和相关技术标准，包括但不限于：IMO（国际海事组织）颁布的相关船舶安全规定、国际电工委员会（IEC）涉及到碰撞预警系统中的电气安全和性能要求、当地的交通运输部门或类似机构可能发布了关于桥梁安全和监测系统的指导文件或要求。

预警系统应符合JT/T 3360-02的相关要求并满足下列要求：

- a) 预警系统配套的设备选择与部署建设应根据桥梁的规模和实际水文情况选取子系统和功能模块；
- b) 预警系统应具备支持多种通信媒体、多种物理接口的能力，应具有技术升级、设备更新的灵活性；
- c) 预警系统设计应保证设备的易管理性；
- d) 预警系统设备选型时，应将各子系统集成，保证各系统之间的兼容性和良好配接性。

9 技术要求

9.1 使用环境条件

预警系统在下列极端条件下应能正常工作：

- a) 环境温度：-25℃~+75℃能正常工作；
- b) 相对湿度：30%~90%，接近100%且持续时间较长的情况下，需要有相应的防护措施来确保系统的可靠性；
- c) 气压范围：标准大气压上下波动10%~20%的范围内。

9.2 抗电磁干扰

设备必须严格遵循以下电磁兼容性（EMC）核心标准：

- a) 设备抗干扰能力应满足GB/T 9254.1、GB/T 9254.2、GB/T 17625.1的要求；
- b) 电磁环境（EME）应符合GB/T 43800-2024, 5 标准的要求。

9.3 摄像机

9.3.1 选型要求

视频图像监测宜采用IP网络摄像机，像素应大于等于200万，帧率应大于等于25FPS；动态范围应大于等于55dB，应具备自动光圈、变焦镜头、昼/夜自动转换功能、防护罩；具备水平0°~350°，垂直15°~90°旋转功能。

9.3.2 性能要求

摄像机系统应满足以下核心性能要求：

- a) 根据需要选择合适的镜头类型，如固定焦距镜头或变焦镜头，以满足不同距离和视角的需求；
- b) 摄像机应具备耐高温特性，且其防护等级不低于IP67（依据GB/T 4208-2017, 13-14）。

9.3.3 声光报警器

在预警系统中，声光报警器作为声音警报设备，安全监测系统在监测数据特征值超过预警值时，发出异常情况警告的行为。声光报警器作为声音警报的一部分，其设计应确保在必要时能够发出清晰、响亮的警报声以提醒相关人员注意桥梁和航道的安全状况。选型要求：

- a) 警报声级需 $\geq 110\text{dB}$, 确保远距离识别;
- b) 采用高亮度LED光源, 光强 $\geq 1800\text{mcd}$, 支持频闪或旋转警示;
- c) 需要根据报警声音的设计应当符合当地的法律法规, 包括音量限制和允许使用的频率范围预警情况。

9.3.4 超高激光监测仪

经过桥梁的船舶的水面高度如果超过桥梁的实时通航净高，就有可能对桥梁造成破坏，船舶超高监测即对经过桥梁的船舶提前进行高度测量，如果检测到船舶高度超出桥梁防碰撞警戒高度，向船舶发出预警。选型要求：

- a) 量程量程：有效检测距离 $\geq 1000\text{m}$ （对50%反射率物体），精度：高度测量误差 $\leq \pm 1\text{m}$;
- b) 防护等级：IP67（防尘防水）；
- c) 温度范围：-40°C至80°C（高温65°C以上需降噪补偿）；
- d) 抗干扰：100k1x强光下噪点率 $< 0.01\%$;
- e) 能够与预警系统其他组件集成（AIS系统、VHF通信、船舶信息LED显示屏），形成一个完整的监测和预警系统。

10 安装调试

10.1 安装条件

在下列条件安装系统：

- a) 温湿度条件：环境温度10°C~35°C，环境湿度35%~80% RH（非凝露），大气压86kPa~106kPa；
- b) 海拔要求：设备至少适用于海拔 $\leq 2000\text{m}$ 的环境；
- c) 灰尘环境：环境的灰尘密度 $\leq 0.5\text{mg}/\text{m}^3$ （颗粒直径 $\leq 0.5\mu\text{m}$ ）；
- d) 抗震环境：机房等安装环境需达到8级抗震等级；
- e) 供电要求：电源电压波动不超过220V $\pm 5\%$ 的范围；
- f) 接地系统要求：系统接地电阻值 $\leq 4\Omega$ （防雷接地 $\leq 1\Omega$ ）；
- g) 网络要求：网络延迟 $\leq 0.1\%$ （关键业务需 $\leq 0.01\%$ ），丢包率 $\leq 0.1\%$ （关键业务需 $\leq 0.01\%$ ），带宽冗余单端预留 $\geq 5\text{Mbps}$ （视频流需 $\geq 20\text{Mbps}$ ）。

10.2 设备安装调试

10.2.1 河面分析设备安装

桥面左右两侧呈对称结构安装监测设备。其中，面向河面的一侧设备安装如图5所示，另一侧与此对称。

- a) 以单个航道为例，单个航道配置两个超高激光检测仪、一个监控摄像头、一个LED灯和一个声光报警器，相应的安装方式如下：

- 两个超高激光检测仪宣布设在航道两侧，高于水面5m的位置；
- 船舶信息LED显示屏宣布设在桥梁上，而且位于航道的中央位置；
- 船舶异常声光报警器宣布设在LED显示屏的临近位置；
- 偏航分析摄像机宣布设在桥梁下方，应符合居中安装，且角度可覆盖整个航道；
- b) 在非航行区域，根据非航行区域的海平面宽度，在桥梁上布设多个监控摄像头；
- c) 船舶AIS接收设备宣布设在岸边一侧，以桥为起点，根据测量需求可每约15km增放一个船舶AIS接收设备。

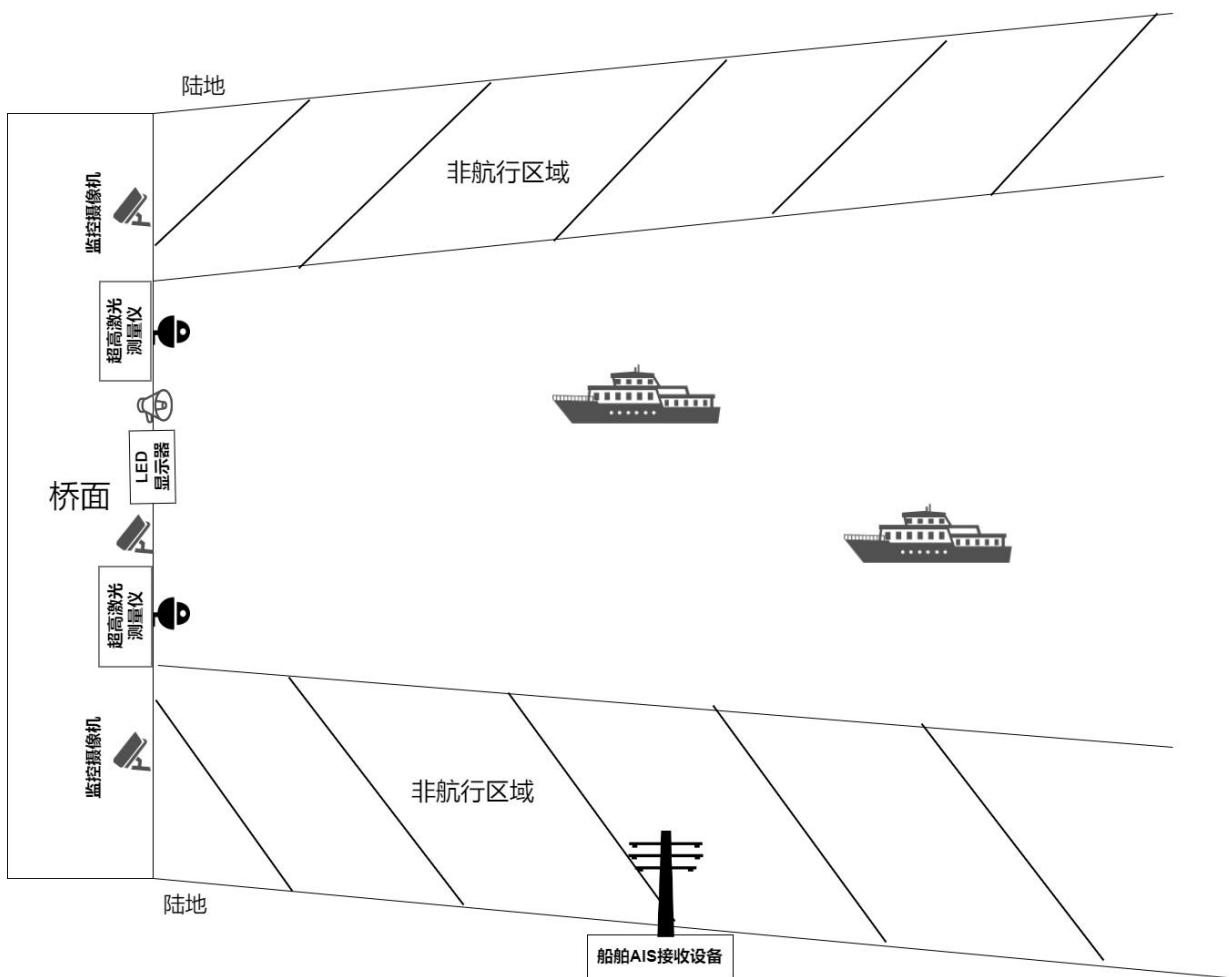


图 5 河面安装示意图

10.2.2 桥面分析设备安装

各设备在桥面的安装位置与间距要求详见下文，具体安装方式可参考图6（桥面安装示意图）。

- 视觉分析摄像机，每隔200m一个（间隔距离可根据现场按需设定），距离桥面高度≤15m；
- 声光报警器，距离200m一个（间隔距离可根据现场按需设定）；
- LED显示器，距离200m一个（间隔距离可根据现场按需设定）。

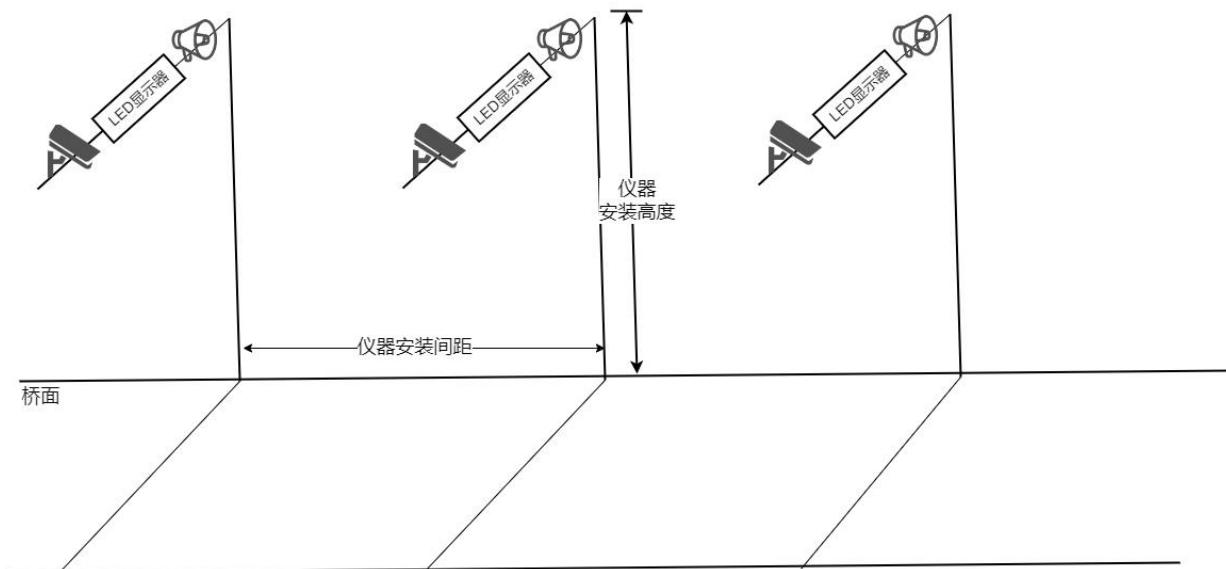


图 6 桥面安装示意图

10.2.3 硬件调试

本阶段的硬件调试工作主要包含以下内容：

- a) 桥面监控需满足监测范围的清晰，数据实时传输，在工作环境中稳定运行；
- b) 桥梁异常声光报警器确保正常通信，确保在必要时能够发出清晰、响亮的警报声；
- c) 船舶异常声光报警器确保正常通信，确保在必要时能够发出清晰、响亮的警报声；
- d) 船舶信息LED显示屏各部分显示正常，通信端口建立后稳定通信；
- e) 超高激光检测仪数据正常采集，监测精度在误差范围内，稳定通信。

10.3 软件调试

10.3.1 预警管理平台

按下列步骤检查和测试预警管理平台：

- a) 确认预警管理平台软件已正确安装在服务器或指定的计算设备上；
- b) 验证与其他相关系统（如监控系统、指挥系统等）的接口通信是否正常；
- c) 逐一测试预警管理平台的各项功能，如数据采集、分析、预警规则设置、报警生成与推送等；
- d) 测试多种报警方式，如声音、弹窗、短信、邮件等，确保在预警发生时能够及时、有效地通知相关人员；
- e) 在一定的数据量和并发用户访问的情况下，测试平台的响应时间、吞吐量等性能指标，确保其能够满足实际使用需求；
- f) 验证数据的存储和检索功能，确保数据的完整性和安全性。

10.3.2 桥梁分析检测终端

应对桥梁分析检测终端进行下列检查和验证：

- a) 确认检测终端的各类传感器、数据线、电源线等硬件连接牢固，无松动或接触不良；
- b) 测试检测终端与数据采集设备或远程服务器之间的通信连接；
- c) 验证检测数据的存储功能，包括本地存储和远程存储；
- d) 模拟各类故障情况，检查终端的报警功能是否及时有效。

10.3.3 船舶偏航检测终端：

应对船舶偏航检测终端进行下列校准、验证和测试：

- a) 对用于检测船舶位置和方向的传感器进行校准；
- b) 与船舶的实际航向指示设备进行对比，检查偏航检测的准确性；
- c) 在船舶航行过程中，模拟不同程度的偏航情况，验证终端的检测和报警功能；
- d) 检查在复杂的电磁环境、天气条件等情况下，终端的性能是否稳定，数据是否可靠。

10.3.4 AIS系统

应对 AIS 系统进行下列检查、测试与验证：

- a) 检查天线的驻波比、信号强度等参数，确保天线工作正常；
- b) 发送测试信息，检查其他船舶或岸基设施是否能正常接收；
- c) 设置如碰撞预警、区域闯入等报警功能，进行模拟测试以验证其有效性；
- d) 检查显示屏上的信息显示是否清晰、准确，操作界面是否友好、响应灵敏；
- e) 检查 AIS 系统在船上复杂的电磁环境中的工作稳定性，避免受到其他电子设备的干扰。

11 系统验收

11.1 硬件验收

为确保所有硬件设备数量准确、安装规范、运行稳定，须通过以下验收项目：

- a) 安装设备材料的数量、规格型号、技术参数等应与合同文件、设计文件一致，合格证、质保卡、说明书及出厂检验报告等应齐全；

- b) 传感器安装位置应正确、牢固、端正,表面平整,与结构物接触面紧密,应采取必要的防腐防护措施,信号线按要求连接到位;
- c) 数据采集设备应处于正常工作状态,机柜内电力线、信号线、元器件等应布线平直、整齐、固定可靠,插头牢固,标识清晰;出线管与箱体连接应密封良好,机柜内应无积水、尘土、霉变;机柜接地应连接可靠,接地引出线无锈蚀;
- d) 光缆线路敷设与监控中心设备安装宜符合 JTG 2182 的相关规定。

11.2 软件验收

- 软件平台需完成以下测试项目,以确保其符合设计要求:
- a) 进行数据采集与传输软件功能完整性和一致性检查,正常采集、存储、转发监测数据,各项功能指标满足设计文件技术要求;
 - b) 进行数据处理与管理软件功能完整性和一致性检查,正常接收、处理、存储、转发监测数据,各项功能指标满足设计文件技术要求;
 - c) 进行用户界面软件功能完整性和一致性检测,各软件模块功能满足设计文件技术要求,静态基础数据、实时监测数据、历史统计数据等各类数据显示准确、齐全;
 - d) 软件整体请求响应速度、数据刷新率等性能指标满足设计文件要求;
 - e) 进行软件整体安全性监测,确保满足设计文件中对网络信息安全相关技术要求。

11.3 资料验收

- 为确保所有项目资料齐全、格式规范并完成正式移交,需对以下文档进行验收:
- a) 合同相关资料:合同协议书、合同谈判纪要等;
 - b) 实施过程资料:系统设计文件,系统变更资料,设备进场报验资料、监测设备设施安装记录、设备设施检验资料,监理资料(质量控制资料),有关会议纪要等;
 - c) 技术成果资料:系统竣工图、实施成果报告、系统试运行报告、硬件维护手册、软件操作手册等。

12 运维

12.1 总则

- 12.1.1 根据JT/T 1037-2016系统运维要求,预警系统应合理制订系统运维计划,建立设备维护台账、备品备件清单、列支系统年度维护(含备品备件)费用。
- 12.1.2 系统养护应符合 JTG/T 5122—2021 的相关规定。
- 12.1.3 系统运维内容应包含硬件设施和软件系统检查和系统应急维护。

12.2 硬件设施维护

12.2.1 硬件实施日常检查

- 硬件日常检查应形成“检查-记录-处置”的闭环流程,其核心工作要求如下:
- a) 结合桥梁日常巡查工作进行;
 - b) 检查监测设备的表观完好性和稳固性,并记录巡查情况;
 - c) 检查监控中心用户界面展示的监测数据,以及机房计算机和工控机的运行状态,并记录;
 - d) 对发现的问题及时处置或通知专业单位处置,并记录处置结果。

12.2.2 硬件实施定期(专项)维护

- 为保障硬件系统的长期性能与稳定性,需建立并执行以下计划性、预防性的定期维护规程:
- a) 每半年至少进行一次定期维护;
 - b) 检查传感器、采集设备的完好性和固定情况,以及接头紧固情况;
 - c) 对易受灰尘影响的设备进行除尘处理;
 - d) 检查基于连通管原理设备的液位情况,并补充液体至设计液位;
 - e) 维护发现的问题需在24小时内快速响应并处置。

12.3 软件系统检查

12.3.1 软件实施日常检查

软件日常检查的核心要求包括：

- a) 至少每周进行一次日常检查；
- b) 检查内容包括软件模块功能状态、实时和历史数据、超限数据确认等；
- c) 尽量在系统不停机状态下进行检查，必要时在访问低谷时段停机维护。

12.3.2 软件系统定期（专项）维护

为防患于未然，确保软件系统健康运行，须严格执行以下定期（专项）维护要求：

- a) 每月至少进行一次定期维护；
- b) 包括时间同步检查、磁盘空间检查与清理、数据库备份、运行日志检查等；
- c) 对配置参数修改的维护操作，需提前备份并在维护后记录日志。

12.4 系统应急维护

系统应急维护应覆盖事前预防、事中响应与事后修复的全流程，具体工作要求如下：

- a) 发现软件功能故障时，及时确认和修复；
- b) 在殊事件（如强风、超限车辆过桥）发生前进行专项维护；
- c) 应急维护包括软件模块崩溃恢复、功能异常修复、数据异常更正等；
- d) 对非软件因素造成的数据异常或中断，需联合硬件维护人员排查、修复，并记录维护情况。