

ICS 13.320
CCS R 09

TMAC

团 体 标 准

T/TMAC

桥梁防船撞智能预警系统设计规范

Code for design of Early-warning system for Bridge anti Ship Collision
(征求意见稿)

2022 年 月 日 发布

2022 年 月 日 实施

中国技术市场协会

发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本标准著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本标准。第三方机构依据本标准开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市丰台区万丰路 68 号银座和谐广场 1101B 邮政编码：100036

电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn

电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前 言.....	I
引 言.....	I
1 总则.....	1
2 术语和定义 缩略语.....	1
3 总体要求.....	4
4 系统构成.....	5
5 系统性能要求.....	8
6 设备选型.....	11
7 传输方式、线缆选型与布线.....	17
8 供电、防雷与接地.....	19
9 系统安全性、可靠性、电磁兼容性、环境适应性.....	20
10 系统集成及信息交互.....	20

前言

为规范公路桥梁防船撞预警系统的技术要求，完善桥梁防船撞体系，制定本规范。本文件是在广泛调研国内公路桥梁防船撞技术领域内所取得的研究成果的基础上，通过理论分析、市场调研、实验测试及工程实践，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》的规则起草。

本文件由中国技术市场协会交通运输委员会提出，由中国技术市场协会归口。受中国技术市场协会委托，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责具体解释工作，请有关单位将实施中发现的问题与建议反馈至中交第一公路勘察设计研究院有限公司(地址：陕西省西安市高新区科技二路 63 号；联系电话：15029286842；座机：029- 88322888；电子邮箱：799373851@qq.com)，供修订时参考。

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

审查专家：

引言

桥梁防船撞预警系统能有效降低船舶撞桥事故发生概率，是桥梁防撞的必要手段之一。预警系统通过在桥区建立信息感知设备，采集航道信息、船舶信息，建立船舶超越通航净高、偏离航道、横桥驾驶、违规锚泊等危险行为监测和预警机制，具备监控、记录、告警、助航、管控等能力，为桥梁建立安全保护体系，形成桥区水域通航安全的有效保障。

《桥梁防船撞智能预警系统设计规范》分为十章：总则，术语和定义 缩略语，总体要求，系统构成，系统性能要求，设备选型，传输方式、线缆选型与布线，供电、防雷与接地，系统安全性、可靠性、电磁兼容性、环境适应性，系统集成及信息交互。

1 总则

1.0.1 为规范和指导通航桥梁主动防船撞预警系统的设计、建设及运营，制定本规范。

条文说明：

近年来，我国船撞桥事故屡见不鲜，由撞桥事故所导致的人员伤亡、财产损失及自然环境破坏亦是触目惊心，为保障大桥通航安全，达到智慧化监管目的，同时规范行业内桥梁防撞预警系统的设计标准要求，制定本设计规范。

1.0.2 本规范适用于各等级的新建跨航道（河流、海域）桥梁和已建桥梁的防船撞预警系统的设计

条文说明：

据统计，船撞桥事故发生的原因中，78%由人为失误导致，16%由恶劣环境引起，最后是6%的技术故障。桥梁防船撞智能预警系统通过对桥区通航船舶的航行实时监测与指导，有效的跟踪和预测船舶行驶轨迹，对危险行驶船舶进行辨识、预警及干预，有效防范船舶碰撞航道桥梁。同时通过实时发布有关航道、水文、气象、船舶流分布信息，对过桥船舶进行引导可以最大程度减少或避免船撞桥的事故。

1.0.3 预警系统的设置应与桥梁、建筑、构筑物等相协调。

1.0.4 预警系统应功能完备、技术成熟、经济适用，具有安全性、可靠性、可维护性和可扩展性等特征。

2 桥梁防船撞智能系统的设计除应符合本设计规范的要求外，还应符合的我国法律、法规、现行标准的相关规定。术语和定义 缩略语

2.1 术语和定义

2.1.1 桥梁防船撞智能预警系统（Intelligent Early Warning System for Bridge Anti Collision）

能对桥区水域船舶主动感知、分析和判定，实现船舶的实时监测和危险驾驶行为预警的系统。

2.1.2 风险船舶（**Navigation Risk Ship**）

进入桥区水域，且存在撞击桥梁风险或其他规定隐患的所有非正常行驶船舶的统称。

2.1.3 事件（**Incident**）

船舶进入桥区水域，因为驾驶因素导致的危及桥梁结构和其他违规操作行为的总称。

2.1.4 超高（**Over Height**）

经过桥梁水域的船舶，水线以上高度大于桥梁实时最大通航净高的行为。

2.1.5 偏航（**Off Course**）

经过桥梁水域的船舶，船舶实时航迹或预测未来短期内航迹偏离桥区正常航道。

2.1.6 航迹预判（**Track Prediction**）

由船舶的历史航迹通过相关算法分析预测船舶未来一段时间内的航行行为。

2.1.7 风险识别（**Risk Identification**）

根据船舶的实时行为信息对船舶撞击桥梁的风险进行识别。

2.1.8 感知设备（**Sensing Equipment**）

布设在桥梁结构上或桥梁附近，实时采集桥区水域内船舶信息、环境信息的设备。

2.1.9 虚拟航标（**Virtual aids to navigation**）

物理上不存在，由经授权的助航服务提供部门发布的，在预警系统和导航系统中显示、能够标示航道方向、界限与碍航物的虚拟标志。

2.1.10 电子围栏（**Electronic fence**）

在桥区电子地图上设置的一定范围的封闭的平面区域。

2.1.11 监控区域（**Monitoring area**）

视频监控系统的视频采集装置摄取的图像所对应的现场空间范围。

2.1.12 预警（**early warning**）

系统获取到船舶触发到预先设定的非法标准或阈值,或判定船舶存在违规行为时,向外界发出的警告。

2.1.13 报警 (Warning)

针对船舶已经存在的危险行为和已经发生的船撞事件,向外界反馈的信息。

2.1.14 准确率 (Precision)

桥梁防船撞智能预警系统对事件的分析和判别的准确程度的综合评价。

2.1.15 误报警 (False Alarm)

对未设计的事件作出响应而发出的报警。

2.1.16 漏报警 (Leak Alarm)

对设计的报警事件未反馈预警或者报警信号。

2.2 缩略语

2.2.1 AIS

船舶自动识别系统(Automatic Identification System)的简称,应用于船和岸、船和船之间的海事安全与通信的助航系统。由岸基(基站)设施和船载设备共同组成,可作为船与船、船与桥避免碰撞的主要措施之一,AIS 能在电子海图上显示所有船舶可视化的航向、航线、船名等信息,提供了一种与通过 AIS 识别的船舶进行语音和文本通信的方式。

2.2.2 VTS

船舶交通服务 (vessel traffic service) 的简称,是为保障船舶交通安全,提高船舶交通效率,保护水域环境,由主管机关设置的对船舶实施交通管制并提供咨询服务的系统。

2.2.3 VHF

VHF 是甚高频 (Very High Frequency) 的缩写,船用甚高频无线电通信是指采用 VHF 专用频段进行船舶间、船舶内部、船岸间或经岸台与陆上通信转接的船与岸上用户间的无线电通信。

2.2.4 UPS

不间断电源(Uninterruptible Power Supply)，一种含有储能装置的不间断电源。为预警现场对电源稳定性要求较高的设备，提供不间断的电源。

3 总体要求

3.1.1 桥梁防船撞智能预警系统是指在桥区采用导航、引航、预警等措施减小船舶撞击桥梁的风险，围绕此目的，预警系统应具备超高监测、偏航监测、船速监测、轨迹预测、风险预测等基础功能，并能够主动收集和推送桥区的助航信息和预警信息。

3.1.2 桥梁防船撞智能预警系统的设计应符合国家现行标准《安全防范工程技术规范（GB50348）》、《公路桥梁抗撞设计规范（JTG/T 3360-02）》等现行标准规范的相关规定。

条文说明：

桥梁防船撞系统属于多学科交叉领域，涉及材料、电气、电子信息、桥梁工程等多个领域。预警系统的设计和部署应综合考虑各个行业领域内相关政策、标准、规范等具体要求，达到安全、可靠、兼容、齐全的目的。

3.1.3 桥梁防船撞智能预警系统的设计应综合考虑桥位、桥型、跨径、构造、等因素。

条文说明：

现行《内河通航设计规范（GB 50139）》和《通航海轮桥梁通航设计规范（JTJ 311）》均对通航航道水平净空有明确规定。当航道与桥梁轴线交角大、或出现桥群情况，亦或是桥址位于弯曲航道附近时，需考虑这些因素的影响，适当加大桥梁通航孔水平净空。在监控预警措施方面，繁忙航道上的桥梁有必要设置专用的船撞监测和预警系统。

3.1.4 桥梁防船撞智能预警系统的部署和安装应和现场助航标等管理设备相协调。

条文说明：

根据中华人民共和国航标条例、《内河航标技术规范（JTS T 181-1-2020）》等要求，跨航道桥梁上应设有助航标志。因此，防船撞预警系统如采用光形式引

航、感知或预警时，应与航道现有助航标相协调，不能产生干涉。

3.1.5 桥梁防撞区域应覆盖主通航孔、辅通航孔以及船舶可能到达的非通航孔水域的桥跨范围。

3.1.6 预警系统宜建立分级预警机制，预警等级机制的建设应参考船舶撞击风险因子、船桥距离等因素。

3.1.7 桥梁防船撞智能预警系统的供电、通信、数据存储、数据备份、数据处理等应符合系统容量设计要求，并应满足安全性、可靠性、可维护性和可扩展性的要求。

条文说明：

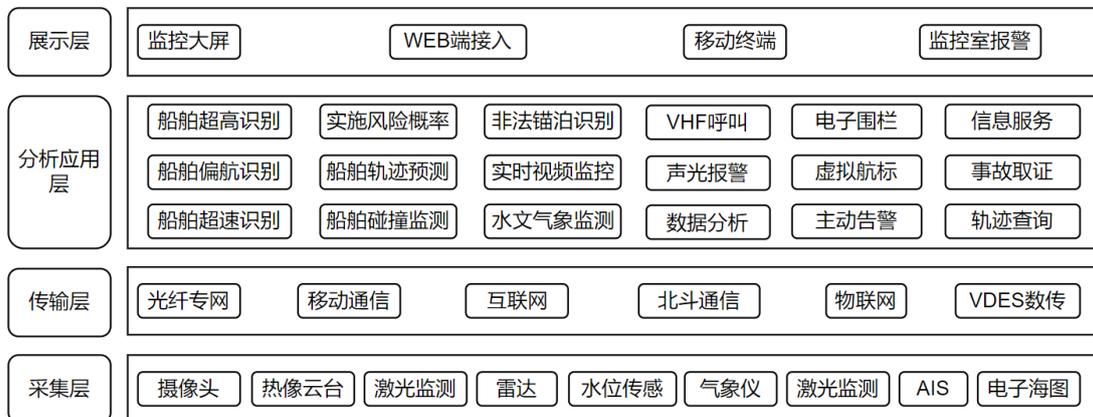
较为复杂的系统性工程，其系统容量应考虑当地经济状况、网络条件、联网单位数量、消防设施分布、今后发展等多种因素，建设过程中应充分考虑系统的供电、通信、数据存储、数据备份、数据处理的实际和发展需求。

4 系统构成

4.1 系统架构

4.1.1 桥梁防船撞智能预警系统宜采用层次化、模块化设计，自下而上由感知层、传输层、分析层和应用层构成。

4.1.2 感知层采集现场船舶和环境信息，传输层实现系统的数据传输，分析应用层实现数据收集、数据存储、数据分析、数据处理和数据分发功能，展示层提供管理服务、声光预警和应用服务。如下图所示：



4.1.3 采集层收集航道船舶的信息，一般采用激光、雷达、视频采集设备、环

境水文传感器等多种方式进行数据采集，针对不同的检测指标，宜按不同的类别分别采集，并应汇聚到用户信息传输装置或物联网管理平台。

条文说明：

感知层位于桥梁预警体系架构的最底层，是预警系统的数据基座，是信息采集的源头。数据采集来源可包括传感器、电子标签、视频采集终端等，但不限于这几种。其采集的信号来源包括模拟信号、开关量信号和数字信号等。感知层所采集的数据上传到用户信息传输装置，或独立上传至系统平台。

4.1.4 传输层包括传输网络、传输协议和传输安全。传输网络可采用有线网络或者无线网络。网络数据的传输应具有较高的传输效率及响应速度实时性，并应有身份认证、数据安全加密等方法保证数据传输过程中的安全性。

4.1.5 分析应用层实现数据汇聚、存储、处理的功能，并根据预警场景的需求，设置预警判别方式，包括对指定的预警类别和危险行为的识别和处置。

4.1.6 展示层实现对数据处理结果的应用，主要响应场景需求，为用户提供各类业务数据展示服务。应根据服务对象不同，选用不同的展现方式、管理应用平台和提供不同的功能、权限。

4.2 主要功能

4.2.1 桥梁防船撞智能预警系统的功能应针对设计桥梁专项设计，在满足安全防护预警的前提下，在第四章相关条款的基础上进行选取和增设。

4.2.2 超高监测预警：针对船舶水线以上高度大于当前通航净高的情形进行预警干涉。

条文说明：

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。检测船舶超高的方式有：激光对射传感器、激光测距传感器、图像传感器、二维或三维激光雷达传感器、复合型超高探测传感器等。这些传感器各有优缺点，应选用能对船舶进行多次测量及具有第三方质量（计量）认证的设备。

4.2.3 偏航预警：针对船舶航行位置偏离桥区航道的情形进行预警干涉。

条文说明：

船舶偏离正常行驶的航道，则易产生撞击桥墩、进入非通航水域、搁浅等事故，偏航预警即对进入桥梁的船舶航迹进行监测，发现船舶偏航时及时向船舶发布预警信息。目前用于船舶偏航检测的主要传感器或设备有 AIS、微波雷达、激光雷达、图像设备等。

4.2.4 速度监测及预警：针对船舶航行速度大于桥区规定航速进行预警干涉。

条文说明：

船舶驶入桥区水域时，速度过高一方面会增大船舶撞桥的概率和危害性，另一方面当遇到紧急情况时难以行为纠正，速度过低或者淌航会增加船舶相撞的风险，速度识别和预警应根据航道管理部门相关的管理办法，进行设置。

4.2.5 船舶航迹预判：对进入桥区水域的船舶航迹实时追踪捕捉，并通过相关算法预测船舶的可能行驶轨迹。

条文说明：

预留反应时间是事故后自救的关键因素，航迹预判提前发现存在撞击隐患的船舶，并在事故威胁尚未形成时发布预警信息，从而为驾驶人员争取更多的反应时间。

4.2.6 跨越航道的桥梁应按照桥墩位置以及偏离通航航迹线的距离计算每个桥墩的船舶撞击风险概率，并根据风险大小确定防撞方案。

4.2.7 碰撞监测和桥损识别：系统宜具备桥梁撞击状态监测的功能，在事故发生的第一时间对碰撞行为和桥梁损伤程度进行识别，并根据撞击程度做出相应的场景联动。

条文说明：

在管控措施方面，繁忙航道上的桥梁有必要设置专用的船撞预警系统，宜设置专用撞击监测系统旨在记录肇事船舶信息、桥梁被撞击部位信息以及因船舶撞击产生的结构反应，有助于事故分析、撞击后桥梁安全性能的评价和桥梁船撞设计理论与方法的改进。专用监测系统的设计需进行专门研究或按现有相关规范进行。

4.2.8 水文气象监测：桥区水位、实施气象信息（能见度、风速等）的采集和处置。

条文说明：

桥区的水文气象条件是影响桥梁安全的重要因素，其中实时能见度、实时雨量、实时风速、实时水位对桥梁的安全影响最大，当桥区出现不利于航行的危险气象因素时，主动防撞预警系统应能监测到并能向进入桥区的船舶发布安全航行预警，降低桥梁被碰撞的风险。

4.2.9 预警提示：向风险船只准确、定向、有效的发布预警信息。

4.2.10 视频监控与事故取证：将桥区管辖范围内设为视频监控区，对区域的船舶进行无差别视频监控，监测视频即可作为后期取证手段，也可作为分析元素进行船舶行为分析识别。

条文说明：

主动防撞预警系统视频监控数据对于事件的取证有着十分重要的作用，因此，这个单元应该选用工业级元件建造，并做好防盗、防水等安全措施。而且要考虑足够的存储空间，保证视频数据能保存足够长的时间。

4.2.11 电子围栏和虚拟航标：管理平台应具备电子围栏、虚拟航标等的设置功能，能够对桥区水域进行精准的区域划分。

5 系统性能要求

5.1 一般规定

5.1.1 桥梁防船撞预警系统的综合管理平台、用户信息管理平台等应采用中文界面，并预留应用程序访问、数据访问接口或协议，能够与其他的智慧交通系统对接。

5.1.2 预警系统的响应时间应符合下列规定：

1) 现场事件信息经公共网络传输到综合管理平台的响应时间不应大于 20s，经非公共网络传输到综合管理平台的响应时间不应大于 10s。

2) 桥梁预警系统综合管理平台向管理部门或管理人员转发经确认后的预警信息的时间不应大于 20s。

5.1.3 系统应具有统一的时钟管理，误差不应大于 5s。

5.1.4 预警系统的安全等级应不低于现行国家标准《信息安全技术信息系统安全等级保护基本要求》GB/T22239 保护等级二级的规定。

5.1.5 设备应具备实时数据上传的能力，并应支持从物联网管理平台发起的实时数据请求；支持动态更新、局部快速更新、动态功能扩展，并确保每日 24h 的服务可用性；应提供基于 HTTP、HTTPS 的数据访问接口，其接口协议应符合相关规定。

5.1.6 系统采集和分析的信息记录应备份，其保存周期不应小于 1 年，音频和视频文件的保存周期不应少于 3 个月。

5.1.7 系统预警功能应分为现场预警报警、控制室报警和向相关操作人员报警。报警信号应为声、光、文字等显著形式。

5.2 采集层性能设计

5.2.1 采集层应能通过现场探测设备获取桥区船舶、水文、气象的指定类型数据，并能将信息传递给管理与控制部分处理，应能接受分析应用层和展示层的指令。

条文说明：

采集层能感受到被测量的信息，并将感受到的信息，按一定规律变换成所需形式的信息输出。预警系统的数据采集一般借助各类型的探测设备完成。

5.2.2 探测设备监测方式应操作简便、识别可靠。

5.2.3 采集层的设备及传感器应根据使用功能、环境特征、探测范围、探测精度进行选型。量程、采集精度、覆盖区域、响应时间、目标识别数量应满足系统设计时的要求。

5.3 传输层性能设计

5.3.1 网络传输层应符合现行标准规范的相关要求。

5.3.2 传输网络应确保其传输的稳定性和可靠性。

条文说明：

传输网络的可靠性是其基本的条件。这里对传输网络方式没有做强行的要求，网络的选择在满足可靠的前提下，应根据实际情况来决定。

5.3.3 用户信息传输装置到网络管理平台的通信应支持有线和无线两种传输方式，应支持 TCP 和 UDP 传输协议模式，并应支持多链路的自动切换。

条文说明：

用户信息传输装置至物联网管理平台的传输协议既可以使用 TCP 协议也可以使用 UDP 协议，但如果使用 UDP 协议，必须采取措施对数据传输的可靠性进行保障。

5.3.4 信息传输装置应对网络性能和任务调度策略进行规划和优化，确保系统

5.3.5 信息传输装置应对各类事件的信息快速传递和有效响应。

5.3.6 预警系统应通过身份认证、传输加密、数据校验等方式确保数据传输的安全性，并应符合现行国家标准《信息安全技术信息系统安全等级保护基本要求》GB/T22239 保护等级二级的规定。

条文说明

从预警系统的安全性考虑，需通过身份认证、传输加密、数据校验等方式确保数据传输的安全性、保密性和完整性。消防物联网的数据根据其相应的影响，按现行国家标准《信息安全技术信息系统安全等级保护基本要求》GB/T 22239 的要求，达到保护等级二级。

5.4 分析应用层性能设计

5.4.1 根据现场采集的数据，分析能力应涵盖第四章第二节中所述的场景。

5.4.2 应具备设备自检功能，对接收到的设备运行状态信息和管理信息进行存储、解析，能识别设备的状态，并根据信息的不同将相关信息推送、分发给相关单位进行处理。

5.4.3 分析应用层应符合以下要求：

1) 应具有开放性、标准性和容灾性。

2) 应支持数据的及时维护和更新，并应建立确保数据有效性的数据维护更新机制。

3) 应支持系统对接和数据共享。

5.4.4 分析应用层的结果输出应包含以下内容：

1) 完整的预警、报警、故障事件处理记录分析。

2) 应对感知层有关传感器的处理动作进行记录分析。

- 3) 事件处理及时率、巡检达标率、维修及时率等统计信息。
- 4) 设备日常维保的及时性及标准性分析、维保联动记录、维保报告。

5.5 展示层性能设计

5.5.1 系统展示层应提供信息可识别和可视化的展示。包括以下内容：

- 1) 桥区地图、桥墩位置、通航孔位置、船舶动态位置、通航净高、电子围栏、虚拟航标；
- 2) 桥区水域的船舶流量信息、通航信息、数据统计信息；
- 3) 系统所含设备的参数信息、运行状态信息、故障信息、内存容量信息；
- 4) 桥区周边环境信息、实时水文信息；
- 3) 动态预警信息，包含涉事船舶、发生时间、事故类型、事故证据等。

5.5.2 应具有用户权限管理功能，根据用户实际业务流程和管理需求，给不同的操作人员分配不同的权限，保障系统整体安全性。

5.5.3 汇聚智能分析、判断、统计、汇总相关的联动信息，并应自动生成设备运行状态报告和维保报告、预警信息统计报告，报告宜按周或者月为周期。报告可通过 APP、Web 端等方式进行信息推送。

6 设备选型

6.1 一般规定

6.1.1 预警系统的设备宜选用工业级元件制造和选型。

条文说明

一般地，按照工作温度、辐射、抗干扰等，电子元器件等级一般来说分为下述几类：商业级、工业级、汽车级、军用级、航天级。根据预警系统的工作环境，推荐系统所选择的器件设备应达到工业级标准。

6.1.2 根据监测要求和设防特点选择不同测量原理、不同技术性能的元器件及设备，对于复杂指标，可采用多设备复合探测的方式。

条文说明

设备的选型和布设是系统设计的关键，要根据监测原理、特点、适用范围、局限性、现场环境状况、气候情况等来选择合适的感知设备，并设计合适的安装位置、安装角度以及系统布线。桥梁防船撞预警系统的感知设备种类较多，一般包含超声波多普勒探测器、微波雷达、激光雷达、激光探测仪、相机、红外探测仪等；应根据不同的使用条件和监测目的，进行合理选型。

6.1.3 设备的防水等级、耐盐雾等级、工作温度温、湿度等应满足现场环境要求，并做好防坠落、防盗窃等安全措施。

6.1.4 所选设备抗干扰能力强，减少误报，杜绝漏报。

6.1.5 设备灵敏度、作用距离、覆盖面积应能满足使用要求，具体参加第六章相关内容描述。

6.1.6 设备的使用寿命不应小于 2 年。

6.2 船舶高度监测

6.2.1 当航道通航净高不满足表 6.1.1 要求时，应设置超高监测设备。桥梁最低通航净高参照《内河通航标准（GB50139-2014）》、《海轮航道通航标准（JTS 180-3-2018）》等标准规范要求。

6.2.2 监测方式宜采用连续测量方式保证测量结果的可靠性。

6.2.3 可采用激光对射、激光扫略、激光雷达、图像识别等方式进行船舶超高线的监测。

条文说明：

船舶超高检测的方式和特征如下表所示：

表 6.1.1 超高监测方式与适用状况

项目	超高检测方式	适用状况
1	激光对射	遮挡原理 河道宽度 <1000m 需要支撑安装，适用于河道，易受气象条件影响
2	激光交叉	测距原理 上下游<1500m 安装简单，易受气象条件影响
3	单线激光雷达	测距原理 上下游<1000m 安装简单，易受气象条件影响
4	热像识别	成像原理 <3000m（远焦） 安装简单，基本全天候

5	多线激光雷达	测距+成像原理 <500m 安装简单，易受气象条件影响
---	--------	--------------------------------

6.2.4 超高预警的监测区域应满足和预警距离应满足以下条件：

表 6.1.2 桥梁最低通航净高表

航道等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	五级及以下
桥区上游 (m)	1000	800	500	400	400
桥区下游 (m)	900	700	450	400	400

6.2.5 超高检测应保持一定的预警裕量。一级、二级航道不小于 1m，其它航道不小于 0.5m。

6.2.6 在设定的超高线上，对船舶的识别精度应达到：直径 $\leq 0.2\text{m}$ ，高度识别精度 $\leq 0.5\text{m}$ ，船舶航速 ≤ 15 节。

6.2.7 监测到超高事件时，应能与系统监控模块进行联动，进行视频图像取证。

6.3 船舶位置监测

6.3.1 存在防撞击风险的桥墩，需设置船舶位置监测设备，对进入桥区的船舶进行航迹监测。

6.3.2 监测方式可选用 AIS、激光雷达探测、微波雷达探测、图像识别等一种方式或多种方式的组合，宜采用连续测量方式，保证测量结果的可靠性、稳定性和精度。

条文说明：

目前用于船舶位置监测的主要技术有基于 AIS 的船舶位置识别技术、图像识别技术、微波雷达识别技术、激光雷达识别技术。

AIS: 利用船舶 AIS 提供的位置信息对船舶行驶位置进行判断，具有距离远、数据准确、不受天气影响的优点。但 AIS 数据密度小，且当船舶未安装 AIS 或者 AIS 关闭时，AIS 将无法捕捉到船舶的任何信息。

图像识别: 是指利用计算机对图像进行处理、分析和理解，以识别各种不同模式的目标和对像的技术，对桥区航道的图像进行识别处理，可以判断是否有船舶进入非航道区域，受天气影响较大，夜晚、雨夜、雾天等气象时，图像模糊时，识别质量严重降低。

微波雷达: 微波雷达感应主要有 CW（连续波），FMCW（调频连续波）两种模式，利用多普勒效应原理来检测移动目标的。可监测船舶的相对位置、距离

和速度等参数信息。雷达识别船舶位置具有距离远、受天气影响小的优点，但受水面反射波、风浪的影响较大。

激光雷达：激光雷达通过内部许多个发射接收激光组件形成点云。激光雷达线束越多，点云密度越高，形成的船舶点云图就越清晰，得到被测目标数据分辨率越高；对外界环境依赖小，极端气象条件下，激光雷达也能正常工作，能最大程度上实现全天候的监测，探测距离较短。

6.3.3 监测设备的环境适应性强，可采用冗余设计原则，应满足各类复杂环境下的监测指标和使用寿命要求。

6.3.4 船舶位置监测设备的精度应满足：水平方向测量误差 0.5%，速度测量误差不大于 10%。

6.3.5 位置监测设备应能对船舶位置进行动态跟踪和识别，并描绘船舶的历史航迹。

6.3.6 监测到偏航或者超速事件时，应能与系统监控模块进行联动，进行图像或者视频取证。

6.4 水文、气象监测

6.4.1 桥梁防船撞主动预警系统应设置水位计，对桥区水域的水位净高信息进行监测。

条文说明：

桥区的通航水位是影响桥梁安全的重要因素，实时水位变化影响通航因素，当桥区水位偏低或偏高时，极易发生搁浅或者撞击桥跨的事件，需对此情形进行预警，以降低不利事件发生概率。

6.4.2 桥梁跨 I 级、II 级航道或者通航量大于 50 艘次/日时，应设置气象监测设备，其余条件可根据桥区需求考虑设置气象监测设备。

条文说明：

实时能见度、实时风速、实时雨量等信息对桥梁通航安全影响显著，据相关数据统计，极端气象环境是船舶撞击桥梁事故的一大起因，及时把不利于安全航行的气象情况及时告知进入桥区的船舶驾驶员，有利于降低事故发生几率。

6.4.3 水位计可采用超声波式或者投入式水位计，设备监测量程应根据桥区水位变化状况选取。

6.4.4 设备的数据刷新频率应 ≥ 6 次/小时；监测精度要求： $\leq 5\%$ 。

6.5 视频监控及录像

6.5.1 桥梁防船撞预警系统应设置图像视频监测设备，方便桥区的状态信息的实时管控。

6.5.2 为确保系统总体功能和总体技术指标，摄像机选型要充分满足监视目标的环境照度、安装条件、传输、控制和安全管理需求等因素的要求。

条文说明：

摄像机是对防护目标进行探测，并将光信号转变为可以传输的电信号的光电器件，是取得现场第一信息的关键环节，因此，摄像机的选择是至关重要的，重点强调摄像机对基本功能的有效性和环境的适应性、协调性的要求。

6.5.3 系统应能手动或自动操作，对摄像机、云台、镜头、防护罩等的各种功能进行遥控，控制效果平稳、可靠。

6.5.4 目标的环境照度不高，而要求图像清晰度较高时，宜选用黑白摄像机；监视目标的环境照度不高，且需安装彩色摄像机时，需设置附加照明装置。附加照明装置的光源光线宜避免直射摄像机镜头，以免产生晕光，并力求环境照度分布均匀，附加照明装置可由监控中心控制。

条文说明：

一般的，黑白摄像机的灵敏度比彩色摄像机高。当环境照度不高的场合，黑白摄像机能得到高清晰度图像(注意摄像机灵敏度指标和环境照度相对应)。当使用彩色摄像机，而环境照度达不到要求时，可以附加照明装置，要求光源照明均匀，其光线不能直射摄像机镜头，否则产生晕光，无法得到明晰的图像信号。在光线不足的场合，普通摄像机应附加照明装置。

6.5.5 视频监控设备应能具有和预警系统的其他模块联动的接口。

6.5.6 数字视频信号应符合：单路画面像素质量 ≥ 200 万像素，帧率 ≥ 25 fps。

6.5.7 在监视目标的环境中可见光照明不足时，宜选用红外灯作光源。

6.5.8 摄像机镜头安装宜顺光源方向对准监视目标，并宜避免逆光安装;当必须逆光安装时，宜降低监视区域的光照对比度或选用具有帘栅作用等具有逆光补偿的摄像机。

6.5.9 摄像机的工作温度、湿度应适应现场气候条件的变化，必要时可采用适应环境条件的防护罩。

条文说明：

前端摄像机安装部位可能在各种环境下，各处的温度湿度相差很大。如在室外安装，摄像机将经受春夏秋冬各个季节，白天晚上温差也大，白天阳光照射，冬天结冰，雨天淋雨等，而摄像机的工作条件适应范围窄，为适应这些气候条件，须将摄像机安装在防护罩中，防护罩内可根据各种气候的变化进行自动调整。防护罩对摄像机起到保护作用，可以防尘，户外防护罩起到使摄像机在各种外界气候条件下正常工作的作用。

6.5.10 摄像机应有稳定牢固的支架：摄像机应设置在监视目标区域附近不易受外界损伤的位置，设置位置不应影响现场设备运行和人员正常活动，同时保证摄像机的视野范围满足监视的要求。

6.6 预警信息反馈

6.6.1 桥梁防船撞预警系统应设置预警信息反馈设备，及时将预警信息通过有效途径进行发布。

6.6.2 桥梁防船撞预警系统反馈机制包括声、光、无线通讯、甚高频通讯等方式进行预警信息的反馈和发布。

条文说明：

主动防撞预警系统通过在桥区设置 LED 显示屏、电笛、桥廓灯、射灯等装置将预警信息以声光等形式在桥区现场发布，也可通过 AIS 短信、VHF 发射机等通讯方式等方式把助航信息或报警信息定向传输给船舶驾驶人员。

6.6.3 预警信息反馈设备应和现场环境相协调，且不与桥区的助航标等设备相互干涉。

6.6.4 系统应设置 AIS、VHF 发射机，与进入桥区的船舶保持实时通讯的功能。根据现场条件，宜设置预警电笛、警示灯、LED 显示屏、桥廓灯等装备。

6.6.5 VHF 发射机的发射频道应按照当地海事规定的频道执行，发射功率可根据现场适用条件调节。单次播报语音长度： $\leq 30S$ 。语音要求：播报语音前需要先播放引导音，引导音分非急引导音和紧急引导音 2 种，非紧急引导音为类似机场广播前的引导音，紧急引导音为警笛音。

6.6.6 AIS 信息应定向发布，语义清晰，符合点对点 AIS 通讯协议的要求。

条文说明

AIS 由船舶信息接收机、边缘运算、预警播发等三块组成，作为一种水上无形的电子屏障，可以起到保护重要固定设施、船舶的作用。通过 AIS 船舶信息接收机感知船舶的位置，根据水域和船舶航行特征，得到船舶运动态势。当出现有危险局面时，及时发出 VHF 语音或 AIS 短报文等预警信息。

6.6.7 LED 显示屏可采用段式或者点阵式，字体颜色应为黄色或者红色，具备远程控制功能。

6.6.8 桥廓灯可根据桥梁实际情况选择是否设置，可远程控制，根据实际需求可设置为常亮或遇船则亮的形式。

6.7 碰撞事故监测及取证

6.7.1 桥梁防撞预警系统应设置碰撞事故监测及取证功能，对已发生的碰撞事故进行监测、识别和报警。

条文说明：

预警系统阻止无效，仍发生船舶入侵桥梁安全距离或碰撞事故时，系统应立即展开事故记录、证据提取、事故损伤分析，并将险情向业主或有关管理部门报告，快速开展事故救援，减少事故造成的损失。

6.7.2 应记录涉事船舶的照片以及事故前后的视频，照片和视频应能准确反应事故发生的过程。

条文说明：

事故的图像视频记录文件应具备足够的像素，能清晰反应涉事船舶的相对位置、以及记录事故前后一段时间内船舶运行状态，有利于事故调查、寻因和认定。

6.7.3 应记录涉事船舶在划定桥区范围内的航行轨迹。

6.7.4 应准确判定船舶的撞击位置，并能定性的判定桥墩的损伤程度。

6.7.5 信息发布应符合管理部门的响应流程或得到管理部门的认可。

7 传输方式、线缆选型与布线

7.1 传输方式

7.1.1 传输方式除应符合现行国家标准《安全防范工程技术规范（GB 50348）》的相关规定外，还应考虑设备分布、传输距离、环境条件、系统性能、信息容量等因素。

7.1.2 设备到管理平台的传输网络可采用公用通信网或专用通信网。数据传输宜采用以太网、光传输网络、窄带物联网或其他物联网技术。

条文说明：

传输网络推荐采用运营商公网通信或专线，这里对传输网络不做特别的限制，由于受到现场环境的局限较大，因而相应放低了要求。公用通信网是指一般的公用网络，专用通信网指运营商提供的专用网络或虚拟专用网络，包括企业的、消防建的专网，两者皆可以使用。具体的传输网络选择，推荐使用以太网、光纤等相对比较可靠的宽带上网公用网络，或者运营商提供用于物联网数据传输的窄带物联网公用网络和物联网专用网络。

7.1.3 对有安全保密要求的传输方式应采取信号加密措施。

条文说明：

从消防设施物联网系统的安全性考虑，需通过身份认证、传输加密、数据校验等方式确保数据传输的安全性、保密性和完整性。

7.1.4 宜采用有线传输为主，无线传输为辅的传输方式。布线困难的场所，宜选用无线传输模式。

7.1.5 报警主干线应采用有线传输为主的方式。

7.2 线缆选型

7.2.1 线缆选型应符合现行国家标准《安全防范工程技术规范（GB 50348）》的相关规定，应根据信号传输方式、传输距离、系统安全性、电磁兼容性等要求，选择传输介质。

7.2.2 当桥梁现场与监控中心距离较远或电磁环境较恶劣时，可选用光缆。电缆规格依据衰减特性、信号传输距离和系统设计要求确定。

7.2.3 网络数据信号传输电缆的选择应根据数据传输速率、带宽及系统要求确定。

7.2.4 控制信号的传输电缆的选择应根据电缆衰减特性、信号传输速率、距离及系统要求确定。

7.3 布线

7.3.1 布线设计除应符合现行国家标准《安全防范工程技术规范（GB 50348）》的相关规定。

7.3.2 应短捷、安全可靠，施工维护方便；

7.3.3 布线应避免恶劣环境条件或易使管道损伤的地段，不可避开时，应设计选择专用线缆或增加相应防护措施；

7.3.4 与其他管线之间的间距应满足防信号干扰的要求。

7.3.5 电缆沿支架或在线槽内敷设时应在合理位置固定。

8 供电、防雷与接地

8.1 供电

8.1.1 系统供电应符合《安全防范系统供电技术要求（GB/T 15408）》的有关规定。

8.1.2 应遵循安全、可靠、经济、适用、可管理、认证的原则进行选型配置供电设备。

8.1.3 应按照设备负荷、运行功率等数据对电源的功率容量做出基本规划。

8.1.4 系统应具有主电源、备用电源自动转换功能；切换时不应改变系统工作状态，备用电源的容量应能保证传输设备连续正常工作时间不小于 6h。备用电源可以是免维护电池和或 UPS 电源。

8.1.5 供电系统可配置适当的配电箱和可靠的供电线缆

8.1.6 供电设计除应符合现行国家标准《安全防范系统供电技术要求（GB/T 15408）》的相关规定。

8.1.7 设备供电宜由管控中心集中供电或管控中心控制的电源供电，供电方式应采用 TN—S 制式。

8.1.8 供电设备和供电线缆应有实体防护措施，并应按照强弱电分隔的原则合理布局；

8.2 防雷与接地

8.2.1 防雷与接地应符合现行国家标准《安全防范系统供电技术要求（GB/T 15408）》的相关规定。

8.2.2 置于室外的系统硬件设备应具有防雷保护措施。

8.2.3 置于室外的报警信号线输入、输出端口宜设置信号线路电涌保护器。

8.2.4 重要设备应安装电涌保护器，电涌保护器接地端和防雷接地装置应作防雷等电位连接。

8.2.5 室外的交流供电线路、信号线路宜采用有金属屏蔽层并穿钢管埋地敷设，屏蔽层及钢管两端应接地。

9 系统安全性、可靠性、电磁兼容性、环境适应性

9.1.1 系统的安全性、可靠性、电磁兼容性、环境适应性应符合现行国家标准《安全防范工程技术规范（GB50348）》的相关规定。

9.1.2 系统设备的机械结构应具备足够的强度、刚度和稳定性。且确保连接牢固，必要时需进行强度校验。

9.1.3 系统所选用的设备不应引入安全隐患，不应对被防护目标造成损害。系统应有防病毒和防网络入侵的措施。

9.1.4 关键的数据信息应建设备份机制。

9.1.5 系统断电中断，恢复供电后，不需设置应能恢复到原有的工作状态。

9.1.6 设置在室外的设备、部件、材料，应根据现场环境要求做防晒、防淋、防冻、防尘、防浸泡、防腐蚀等设计。

9.1.7 海域桥梁部署的防船撞预警系统，其设备、材料、部件应具备耐盐雾腐蚀的性能。

10 系统集成及信息交互

10.1 系统集成

10.1.1 系统集成应通过软件、硬件、通讯等方面的技术手段，实现系统各组成部分的最优配置，形成完整集成方案，使系统整体性能最优。

10.1.2 集成系统的硬件、软件应满足相互之间接口兼容、版本匹配。

10.1.3 集成的系统宜优先选择云端部署的方式，系统主体部署于自建机房时，机房建设应符合 GB 50173 的规定。

10.1.4 系统应采用标准化设计。数据的存储方式、访问方式、实时数据流的输入输出方式应采用标准、开放的协议与接口。

10.1.5 系统应采用权限管理、数据采集与传输、数据处理与管理、数据分析与预警等模块化设计，并应有明确的网络、数据拓扑关系。

10.1.6 系统部署完成后，应经过系统性调试及试运行，合格后方可投入正常使用。

10.2 管理软件及信息交互

10.2.1 系统操作界面应版面简洁清晰，框架合理，操作便捷，人机交流通畅，数据记录详实。

10.2.2 系统管理软件应能显示以下信息：

- (1) 桥梁管理功能
- (2) 桥梁电子地图信息整合
- (3) 船舶动态查询
- (4) 系统设备信息显示及查询
- (5) 监控图像、视频信息调用查看
- (6) 预警信息查询
- (7) 虚拟航标和电子围栏设置
- (8) 数据统计及图表生成。

10.2.3 系统应能实时显示桥梁现场布设的硬件设备所反馈的各类数据。

10.2.4 系统应考虑信息显示在电脑、大屏、智能手机等不同终端的兼容与适配，宜便于用户使用不同终端与系统交互。