

(17) 液晶数据终端（主机）

Windows 系统，4G 内存 64G 硬盘，带异常断电保护功能。

6.8 工程量清单

表 6-3 工程量清单

序号	设备名称	单位	数量
1. 硬件设备			
1	客流统计网络摄像机	台	4
2	车流统计网络摄像机	台	4
3	排队预警摄像机	台	4
4	视频事件检测摄像机（含监控杆、广播）	台	4
5	高温检测相机	台	4
6	流媒体服务器	台	1
7	服务器	台	1
8	烟雾传感器	套	6
9	臭味传感器	套	6
10	厕位传感器	套	100
11	数据采集器	套	1
12	感应灯	套	8
13	智能水表	套	6
14	智能电表	套	6
15	报警按钮	套	10
16	厕位状态指示灯	套	100
17	人脸识别取纸机	套	2
18	液晶显示屏	台	1
19	液晶数据终端（系统主机）	台	1
2. 软件对接及二次开发（软件功能由全省智慧服务区系统统一开发）			
2.1	内部业务管理系统		
2.1.1	基础信息管理	项	1

序号	设备名称	单位	数量
2.1.2	视频监控	项	1
2.1.3	一档一册	项	1
2.1.4	上报管理	项	1
2.1.5	停车场管理	项	1
2.2	运营支撑管理系统		
2.2.1	客流分析	项	1
2.2.2	车流分析	项	1
2.2.3	经营分析看板	项	1
2.2.4	统计报表	项	1
2.2.5	决策大屏	项	1
2.2.6	告知预警	项	1
2.3	公众服务支撑系统		
2.3.1	公众服务发布扩展	项	1
2.3.2	智慧公厕系统	项	1
2.3.3	智慧停车管理系统	项	1
2.3.4	排队预警系统	项	1
2.4	双碳数字化系统		
2.4.1	信息管理模块	项	1
2.4.2	能源监测及策略	项	1
2.4.3	统计分析与报表	项	1
2.4.4	双碳综合展示	项	1

7. 基础设施健康监测系统软件

7.1 概述

基于北斗的基础设施健康监测系统，通过融合云计算、大数据、GIS、移动互联网、物联网等信息技术，汇集公路桥梁、隧道等基础设施的基础信息、外场设备监测采集的实时数据信息以及环境、气候等相关数据，建成采集、处理、整合、运算、共享交换等一体的资源共享数据库，以此为基础建立对公路基础设施的运营分析、应急管理等功能的健康监测系统，通过“高速公路建管养服一体化平台”中

的GIS电子地图、PC终端、移动终端等多种可视化手段，动态展示基础设施的运行状态监测、外场设备监测及异常情况的预警等功能，有助提升公路信息化管理水平，为管理决策、养护、设备、设施维护等提供参考依据。

7.2 设计依据

本系统的设计、实施遵循以下标准、规范：

- （1）《公路工程技术标准》（JTGB01-2014）；
- （2）《结构健康监测系统设计标准》（CECS333:2012）；
- （3）《公路数据库编目编码规则》（JT/T132-2014）；
- （4）《信息技术软件生产周期过程》（GB/T8566-2007）；
- （5）《计算机软件可靠性和可维护性管理》（GB/T14394-2008）；
- （6）国家现行的高速公路设计规范、标准及吉林省地方标准等，以及软件编制相关标准、规定。

7.3 功能定位

系统的主要功能是接收、汇总、整合、运算监测的基础设施各类数据，并将运行信息可视化展示、人机交互，实现对基础设施综合监测、协同管理、集成调度，以满足系统对基础设施运行状态的监测与管理。

基础设施健康监测建设的目标：

- （1）对基础设施设备（设施）系统实现集成、互联、共享、协同、联动；
- （2）综合信息可视化展示与交互，实现平台对基础设施运行状态的监测、报警；
- （3）通过信息系统以及移动互联等技术的应用，实现监控中心、管理、养护、救援等多个职能部门的业务协同。

7.4 系统架构

监测系统总体架构分为四个层级：系统应用层、系统管理层、数据资源层、信息展示层。

系统应用层包含路基边坡监测模块、路基路面性能监测模块、桥梁健康监测模块、隧道安全监测模块、GNSS/GPS导航定位模块、设备系统互联集成模块、综合运营信息模块。

系统管理层包含基础设施监测与管理模块、外场设备（设施）监测模块、基础设施运行状态监测模块、异常监测预警模块、系统管理模块。

数据资源层包含数据接收处理模块、数据解算模块、数据存储模块、开放接口模块。

信息展示层包含大屏显示、PC终端、移动端等多种形式展示。

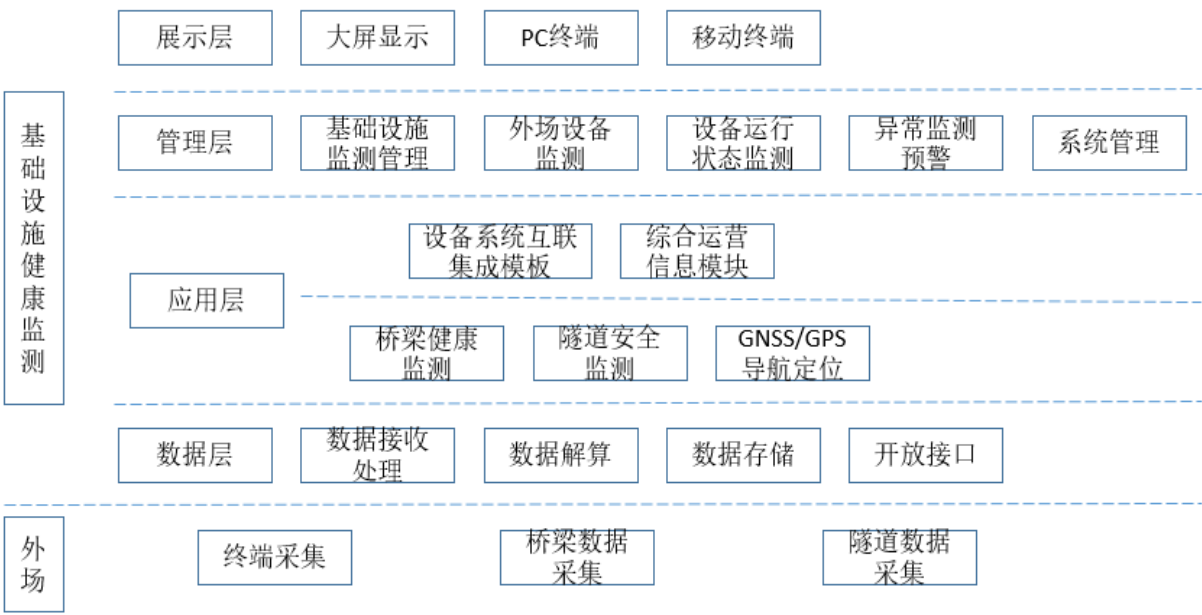


图 7-1 系统架构图

根据系统功能定位，系统建设主要包括四个方面内容：

- （1） 设备系统互联集成。实现各子系统或设备通信接口连接，采集相关信息，处理、显示、报警、联动；
- （2） 综合运营信息监测。综合显示各类信息、监测终端显示、界面操作、多层次切换查看、大屏显示等；
- （3） 设施异常预警提示。对重点监测的基础设施可能发生的事件预警，并与交通应急指挥中心和应急管理部门的系统交互，灾害发生前，交互系统可接受预警、报警信号，为主管部门决策提供基础数据；
- （4） 其他相关应用扩展。设施设备运维管理、基础设施养护、数据分析决策、信息服务等相关内容的系统可与该系统信息共享。

7.5 系统应用层

系统应用层主要功能是融合高速公路的桥梁、隧道等基础设施数据及建设、养护管理数据、实时监测数据，提取关键指标，通过大屏显示、监测屏幕、移动终端等方式，实现高速公路基础设施的健康监

测，了解、掌握高速公路重点基础设施监测的运行状况及变化趋势，为管理、养护决策提供数据支撑。

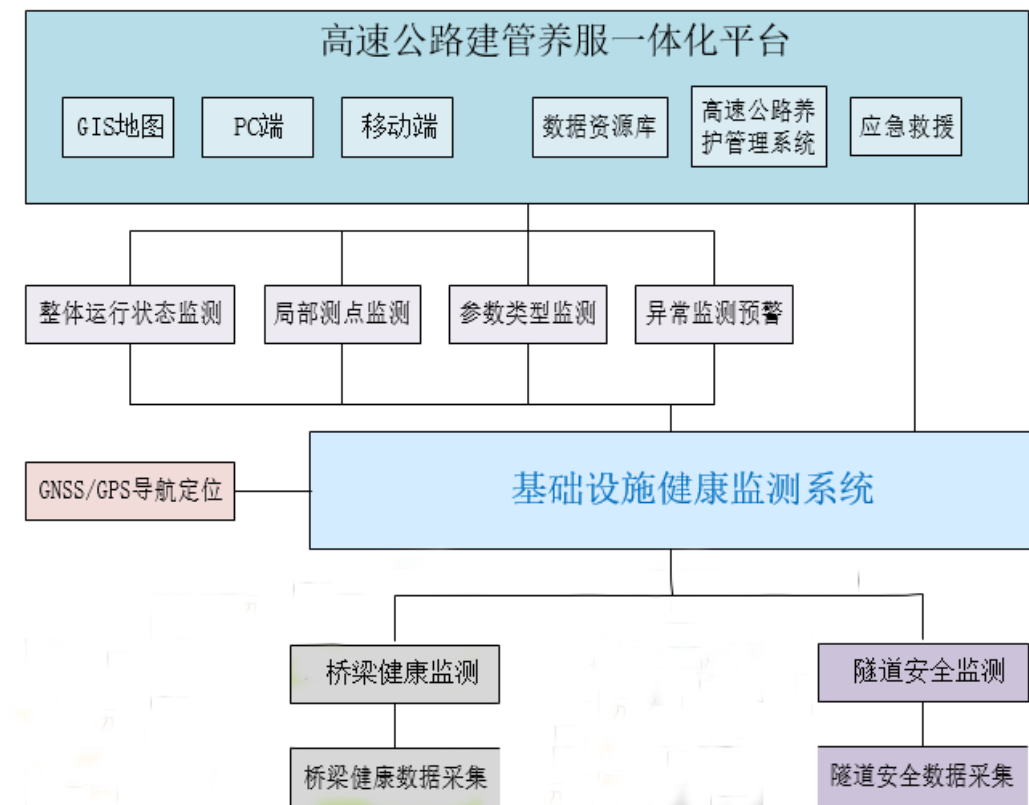


图7-2 基础设施健康监测系统框图

(1) 桥梁健康监测

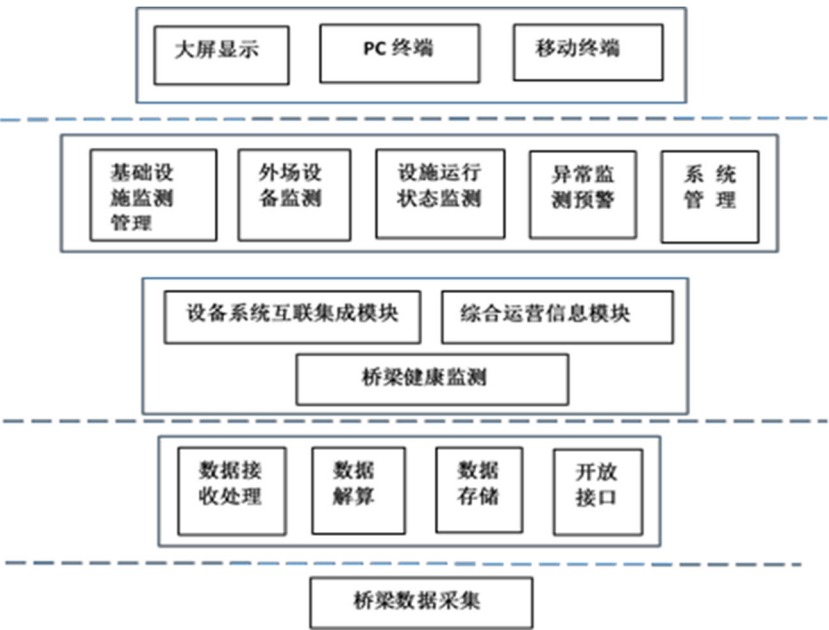


图 7-3 桥梁健康监测架构图

桥梁健康监测

1. 桥梁健康监测数据外场采集完成后,将自动上传采集数据至数据中心进行数据处理、解算、存储;
2. 设备系统互联集成将桥梁健康监测处理后的信息和综合运营信息与之桥梁关联信息融合处理;
3. 完成对桥梁健康的基础设施监测、外场设备（设施）的监测、设施运行状态的监测等功能;
4. 根据已掌握的基础信息和经验数据，以及相关部门技术支持，预设阈值，异常情况报警;
5. 监测信息以大屏显示、PC终端、移动端等多种形式展示，并形成监测报表、历史数据统计报表、异常情况分析表等多种信息的专业图表。

(2) 隧道监测

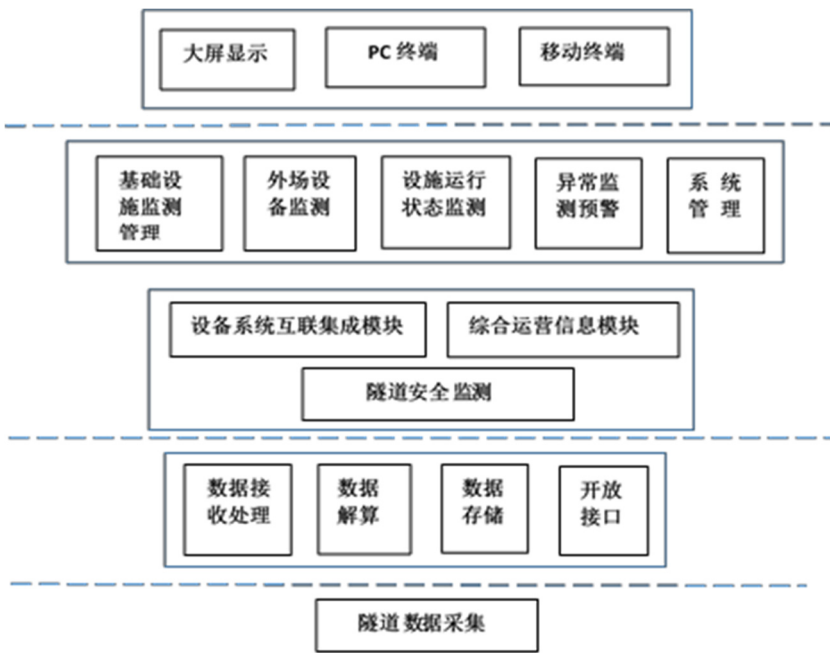


图7-4 隧道安全监测架构图

隧道安全监测

1. 隧道安全监测数据外场采集完成后,将自动上传采集数据至数据中心进行数据处理、解算、存储;
2. 设备系统互联集成将隧道安全监测处理后的信息和综合运营信息与之隧道关联信息融合处理;
3. 完成对隧道安全的基础设施监测、外场设备（设施）的监测、设施运行状态的监测等功能;
4. 根据已掌握的基础信息和经验数据，以及相关部门技术支持，预设阈值，异常情况报警;
5. 监测信息以大屏显示、PC终端、移动端等多种形式展示，并形成监测报表、历史数据统计报表、异常情况分析表等多种信息的专业图表。

(5) GNSS导航定位模块

针对“交通强国纲要”总体要求,在高速公路基础设施健康监测系统设计中,采用北斗高精度技术,平台采用 GNSS 导航定位模块和桥梁、隧道等数字模块对应的运算子系统,通过传感器采集的数据,经过 CORS 站的差分运算,与数字孪生模型形成大数据,对各类场景下以及低温环境下的动态数据进行分析、处理,为基础设施健康监测、道路养护和问题溯源提供决策支撑,为运输车辆安全通行提供预警信息,为隧道内车辆提供导航定位无死角服务,为应急指挥提供精准服务。该技术与传统传感技术相比,优势在于7×24 小时的动态监测,且精度可达到毫米级。

本设计将北斗技术应用于基础设施桥梁、隧道等健康监测中,将更加完善基础设施的健康监测功能。

（6）设备系统互联集成模块

通过设备系统互联集成,融合桥梁健康监测、隧道安全监测、环境气候监测以及监控中心的设备或系统,与这些系统或相关设备进行通信接口连接,采集相关信息、设备控制,进行处理、显示、报警、联动,为平台监测信息展示和事件联动处置管理应用提供基础。

（7）综合运营信息监测模块

通过集成各相关系统或设备,平台可以实现对于基础设施运行安全相关信息的监测展示。具体包括以下信息:

①设施的基础信息

包括监测的桥梁、隧道的基础设施以及相关的机电设备、辅助设施等设施的基础信息。基础信息主要采用地理信息系统GIS实现,包括GIS地图、卫星影像地图、三维实景地图等。对应WEBGIS系统,负责系统GIS数据管理、显示。

- 路线名称、行政级别、建设时间、技术等级以及路线主体设施设计技术指标及主要参数;
- 监测的基础设施参数、运行期间的历史记录(包括建管养)信息等。如监测边坡路段的路基边坡参数、传感器及设备的信息描述、传感器的埋设位置、设备位置及编号等;
- 监测的基础设施周围的外场机电设备。包括摄像机、可变情报板、广播等数量、性能及相关信息。

②实时监测的信息

实时监测信息主要是对基础设施外场感知内容和设备工作状态的进行管理。以及在监控中心、管理中心的支持下,完成基础设施结构健康监测数据、环境、气象监测数据、基础设施附近在监控范围的摄像机图像等相关信息。

- 气象信息:温度、湿度、风速风向、降雨量、降雪量、路面积水、路面结冰等;

- 桥梁健康监测:桥梁结构型式、受力特点、桥梁规模是桥梁监测指标选取的主要影响因素,其中不同结构类型桥梁其受力特点不同,这决定了监测重点部位和监测指标也各不相同。桥梁监测指标选取参考如下:梁桥重点监测挠度、位移、应变、裂缝、车辆荷载等指标;拱桥重点监测结构的梁端位移、变形、车辆荷载等指标;悬索桥重点监测空间位移、大缆索力、支座反力、车辆荷载等指标;斜拉桥重点监测变形、斜拉索索力、车辆荷载等指标;

- 隧道安全监测:隧道裂纹、围岩内部位移、衬砌钢拱架应变、二衬结构内应力、锚杆轴力、拱顶下沉、风速风向等指标;

- 其他相关信息:应急救援信息、基础设施附近机电设施运行状态信息、工程项目养护、管理信息等;

③人机界面

系统监测信息支持HMI信息展示和交互载体,用以适应信息交互业务各种应用场景。系统采用多源交通信息的GIS综合展示、大屏信息显示与交互、指挥调度工作一机多屏交互,实现系统用户交互界面对一些信息的共享。

- 在中控调度中心、基础设施监测平台为监控大屏交互终端提供信息显示和人机交互界面,以供中控调度;

- 系统可将预警相关信息的语音、视频、图片等信息,以电话、短信、移动端、邮件等多种形式发送给救援、指挥调度等相关部门或人员,做出快速响应;

图形可采用“基础设施总貌图、区域布设图、单点设备(设施)布设图”多层次、三维化等多种展示形式,实现空间分布对象信息的综合监测、展示和预警、报警信息的管理。直观显示监测设施的运营状态,点击监测区域中摄像图标,相应画面可切换到监视屏上。

7.6 数据资源层

数据资源层对系统应用模块信息整合,进行多源数据汇聚分析,通过数据关联、融合计算等运算处理,实现与多方用户调度、协同处置、管理、设备设施运行维护、数据分析辅助决策等功能。平台支持相同监测因素不同测点数据进行对比分析,相同时间段内不同监测因素的关联性对比等多种因素及指标的分析,真实反映出监测设施的运行状况。提供各类信息存储的工具和场所,建立与各种信息类型、信息规模相匹配,与其预处理、后处理功能要求相适应的分布式信息存储结构,以及相应的信息交换模式,构

建信息库。

数据软件具备对数据采集的参数设置、安装调试、远程遥测、数据接收等功能，能够协同接收多台数据采集发来的数据并分门别类的进行管理，可灵活配置数据采集设备而无需改动软件，具有较强的系统扩展能力；具备历史数据查询、专业图表生成、分析结果导出、分析数据远程分享等功能。

（1） 数据接收处理子系统

从终端接收回来的数据进行初步清洗，将不能反映监测对象的信息数据进行处理，尽可能获取反映监测对象的真实状态的信息数据；针对各类传感器及设备特征采集的原始数据，分析其设备的工作状态及故障可能的因素及维修建议；处理异常数据。

（2） 数据解算子系统

实现将数据转换成实际位移、降雨量等相关可读参数，对监测的基础设施数据分析、与历史数据对比、设施运营状态的趋势预测，提出反映基础设施运营状态的关键指标，综合各状态指标的变化，对基础设施及关键构件的状态做全面评估。

（3） 数据存储子系统

将原始数据及解算数据同步高速存储到数据库中，以便后续综合运营信息子系统及其他系统的调阅。

（4） 开放接口子系统

满足开放性标准的需求，如数据库容量的扩充、系统软件功能的增强等方面的要求。将基础设施的数据资源整合后，提供统一的可视化共享管理，通过流程化管控，管理员能根据共享需求，将资源受控共享给指定用户，同时提供共享资源的使用审计，保障数据安全。实现多系统数据对接，如公路养护管理系统、应急救援系统、公安系统、消防系统等，为后续多功能预留接口。

7.7 系统管理层

系统管理模块主要完成对外场设备、基础设施运行状态监测出现异常事件报警，与多部门协调调度、辅助管理，对于报警、查询、历史数据等自动生成表格统计、报表、打印，并实现多级用户多级权限管理等功能。

系统管理层主要包括：基础设施监测与管理模块、外场设备监测模块、基础设施运行状态监测模块、异常监测预警模块、系统管理模块。

(1) 基础设施监测与管理模块

基础设施监测与管理模块主要实现基础设施数据的接入管理、综合处理及可视化展示，如本设计的重点监测位置桥梁、隧道等静态数据的输入，同时接入桥梁健康监测、隧道安全情况监测等动态监测数据。以空间可视化的方式展现基础设施状况，结合现有监测的基础设施相关信息，为养护管理、运营决策提供支持。

在此基础上，构建基于三维实景数据采集技术、空间位置实时获取技术及地理信息综合处理及展示技术、基于GIS时空综合统计分析技术等现代化技术手段，实现重点设施环境信息采集、基础设施精细化空间数据库构建、基础设施各类感知数据变化的监测、现状数据库的更新和历史数据库的维护，以及基础设施综合管理与统计分析。

(2) 外场设备监测模块

外场设备监测模块主要实现对重点监测基础设施的各类外场感知内容和设备工作状态进行管理。本功能模块应在管理中心或分中心的支持下，完成对高速公路桥梁、隧道等基础设施的外场设备采集数据的接入和处理。

(3) 基础设施运行状态监测模块

基础设施运行状态监测模块主要实现对每个基础设施监测的整体运行状态进行监测管理，结合基础设施运行状态的综合评估指标的指标体系，当相应监测内容超过预定的阈值时，系统自动报警，转入预警模块。基础设施运行状态监测主要内容包括桥梁健康监测、隧道安全情况监测等。

(4) 异常监测预警模块

异常监测预警模块主要实现异常信息确认及报警功能。通过预警模型计算分析，以空间可视化的方式，在GIS地图上发布预警信息。

1) 安全预警阈值确定

异常监测预警模块通过建立局部测点阈值、参数类别阈值、整体基础设施运行状态阈值的多层次阈值体系实现，目的在于根据阈值预防结构、设施的损伤、防止突发因素破坏并为特殊灾害下的管理措施提供依据。当超过阈值时自动报警，阈值大小应参照设计文件、施工记录及相关试验结果及设施的损坏程度等因素确定。

2) 安全预警级别划分

本系统采取预警、报警、极限报警三级划分，分别对应着黄色、橙色、红色三种指示颜色，预警程度由轻到重依次如下：

三级黄色预警——监测值变化较大，结构有可能发生损伤，监测人员应加密监测，密切关注该指标变化，建议进行现场检查。

二级橙色报警——监测值出现异常，监测人员应进行现场检查，查明原因，如确是结构问题，应采取措施防止监测异常继续发展，并报养护部备案。

一级红色极限——监测值超过时，代表结构有可能发生事故，应立刻上报桥梁养护部及大桥安全负责人，采取紧急预案，查明原因、解决问题。

3) 安全预警方式

安全预警由声音、图像、短信等多种方式实现：

声音报警——以不同级别的警报声提示控人员。

图像报警——在监控屏幕上以黄、橙、红显示报警程度与位置。短信报警——通过短信将预警信息发送至管理人员手机。

4) 预警应急措施

系统预警后，对监控人员应采取的响应措施进行提示，指导监控人员在应急状态下采取正确的措施。

(5) 系统管理模块

- 1) 文档管理：对于人工巡检、历史数据、登陆日志等进行有效管理，特殊事件信息可单独存储及分析；
- 2) 自动生成报表：根据预先设定的时间，系统自动生成各类监测报表，同时可以通过短信、E-MAIL等多种方式自动发送给相关人员。也可根据人工分析的结果，生成各类型报表；
- 3) 预警分析服务：异常状态预警后，通过数据信息，分析评判设施或结构物工作性能，给出管养建议；
- 4) 不同级别及方式报警：预警发布形式灵活多样，可根据其危险程度采用短信、网页、邮件、广播、大屏显示等方式和渠道进行分级发布；
- 5) 管理员系统：管理员负责管理整个系统、包括系统的维护、用户名与密码管理、不同用户授权管理等；
- 6) 用户权限管理：对于不同用户具有不同的管理权限，多级用户、多级权限管理。

7.8 信息展示层

该信息展示模块是基于GIS平台的基础设施运行状态监测模块，主要监测基础设施外场设备、设施、环境等一系列与监测有关的内容。提供三维可视化模型、监测点图展示服务，通过监测点图可看到设施监测点分布及测点状态（是否预警）。信息展示模块包括地图、工具、图层管理、查询定位等功能模块。监测信息可以通过监测大屏、电脑终端显示设施运行状态和报警信息，也可通过手机短信、移动APP、网站、公众号等多种方式发布报警信息。

7.9 系统总体要求

- (1) 提供智能化的基础设施运行监测、预警、联动、处置流程管理、调度反馈信息记录与管理等重要功能，并对整个流程进行全过程跟踪、记录、管理；
- (2) 综合管理系统结合智能仪器，可远程调整测试参数，避免传统仪器以及系统因为进行参数改变而必须到现场的问题；
- (3) 监测频率可自动设置，也可人工干预，保证数据采集的合理性；
- (4) PC端及移动终端数据查看，具备移动终端查询功能，可通过手机、IPAD等形式对监测数据进行实时查询；
- (5) 历史数据查询，可以直接生成EXCEL或其他形式报表，可对报表、图形、报警信息统计结果等信息打印；
- (6) 远程在线查看和查询功能，相关部门可以通过网络实现对各项监测参数的查看和查询；
- (7) 设置人工输入接口，并对采集的时间、天气、温湿度等做详细分类，以保证数据接入的完整；
- (8) 具有相应的安全机制和自诊断功能，当信息无法传输时能够自动报警。

7.10 工程量清单

表 7-1 工程量清单