

物联网技术

在恶劣天气交通保畅中的应用

黄建玲 王立勋 隋莉颖 陈智宏 / 著

THE APPLICATION OF INTERNET
OF THINGS TECHNOLOGIES FOR THE TRANSPORTATION
IN THE UNPREDICTABLE WEATHER



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

物联网技术 在恶劣天气交通保畅中的应用

黄建玲 王立勋 隋莉颖 陈智宏 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书主要阐述了雨、雪、雾等恶劣天气条件下的道路交通保畅技术,包含恶劣天气条件下的路面积滞水监测,道路交通气象监测,道路高边坡监测,道路桥梁健康状况监测,以及物联信息的编码规则等内容。围绕物联网的感、传、知、用技术,深入剖析物联网技术在恶劣天气条件下道路交通保畅中的应用,对物联网技术在路面积滞水监测、道路交通气象监测方面及桥梁健康状况监测方面进行了详细介绍。

本书可为城市管理者决策和管理提供参考,也可为相关咨询公司、系统集成商、软件开发商等提供相关系统建设指导,同时可作为高校相关专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

物联网技术在恶劣天气交通保畅中的应用/黄建玲等著. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.3
ISBN 978-7-114-14188-1

I. ①物… II. ①黄… III. ①互联网络—应用—异常天气—公路运输—交通运输管理②智能技术—应用—异常天气—公路运输—交通运输管理 IV. ①U491-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 222948 号

书 名:物联网技术在恶劣天气交通保畅中的应用

著 者:黄建玲 王立勋 隋莉颖 陈智宏

责任编辑:任雪莲 周 凯

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:720×960 1/16

印 张:14.75

字 数:264千

版 次:2018年3月 第1版

印 次:2018年3月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-14188-1

定 价:68.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

FOREWORD

物联网产业是未来战略性新兴产业的主导力量之一,物联网作为信息化发展的第三次浪潮,得到了中央以及全国各省市领导的高度重视,国家“十二五”“十三五”规划提出要推进物联网研发应用。全国各级政府高度重视物联网产业发展和应用建设,多个省市提出要发展物联网产业,带动相关产业发展。物联网技术具有全面感知、快速传输、多元数据融合处理等特点,在城市安全运行和应急管理领域有广阔的应用前景。

进入 21 世纪以来,全国经济、社会持续快速发展,人民生活水平日益提高,对社会公共服务质量的要求也愈来愈高。“行”作为人们日常生产和生活的基本保障,一直是各级政府和社会所关注的重大民生问题。人口、机动车保有量和交通需求总量的持续增长使得我国大多数城市的交通发展面临着严峻考验,城市交通系统脆弱,早晚高峰拥堵常发,交通保畅任务繁重。

伴随着全球气候恶化,近年来,暴雨、强降雪、大雾等恶劣天气频发,容易造成城市道路积水、路面结冰、山区公路塌方等灾害,给交通保畅带来更大压力。例如,2011 年 6 月 23 日,北京遭遇十年来最大降雨,22 处道路中断,76 条地面公交线路受到影响,3 条地铁部分区段停运,拥堵指数达到 10(严重拥堵)。

我国城市常见的恶劣天气类型包括暴雨、暴雪和雾霾。恶劣天气对城区交通的影响包括立交桥区积水、路面结冰、能见度下降等;对城镇和山区交通的影响包括道路积水、路面结冰、能见度下降、山区公路边坡崩塌。以北京为例,从 2007 年开始,北京市相关部门开展风险评估工作,评估结论为:极端天气造成的道路积水、路面结冰、公路塌方等始终处于高或极高的风险等级。在北京市交通环境日益严峻的情况下,交通保畅是北京市交通管理的头等大事,利用物联网技术手段,为交通安全运行和监测预警提供科技手段的需求愈来愈迫切。

本书主要阐述了雨、雪、雾等恶劣天气条件下的道路交通保畅技术,包含恶劣

天气条件下的路面积滞水监测,道路交通气象监测,道路高边坡监测,道路桥梁健康状况监测以及物联信息的编码规则等内容。围绕物联网的感、传、知、用技术,深入剖析物联网技术在恶劣天气条件道路交通保畅中的应用。其中,第1章、第2章重点阐述了物联网技术在恶劣天气交通保畅应用的总体设计思路及框架,由黄建玲、陈智宏、王立勋、隋莉颖等人撰写。第3章重点阐述了恶劣天气交通保畅物联网综合应用平台的建设功能等,由陈智宏撰写。第4章重点阐述了物联网技术在路面积滞水监测中的应用,由王立勋撰写。第5、7章分别从物联网技术在道路交通气象监测方面及桥梁健康状况监测方面进行了阐述,由刘建忠、邹建明、夏晓霞等人撰写。第6章重点阐述了物联网技术在道路高边坡监测中的应用,由王忱、林传祥等人撰写。第8~10章分别阐述了物联网编码规范、系统安全设计和物联网信息资源整合等内容,由陈智宏、隋莉颖、王立勋、李晨、李伟等人撰写。第11章阐述了物联网技术在交通行业应用的风险和效益分析,由王立勋撰写。

本书可为城市管理者决策和管理提供参考,也可为相关咨询公司、系统集成商、软件开发商等提供相关系统建设指导,同时可作为高校相关专业教材使用。

限于笔者的理论水平和实践经验,书中难免存在不妥和错误之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

作者

2017年10月

目 录

CONTENTS

1 绪论	1
1.1 物联网技术概述	1
1.2 恶劣天气交通保畅背景	2
2 应用设计总体框架	4
2.1 设计原则及思路	4
2.2 物联网系统总体框架	5
2.3 恶劣天气交通保畅总体框架	5
2.4 建设运行机制	9
3 恶劣天气交通保畅物联网综合应用平台	11
3.1 建设内容	11
3.2 系统功能架构	11
3.3 应急日常管理子系统	12
3.4 监测预警子系统	12
3.5 应急处置子系统	17
3.6 信息发布子系统	19
3.7 事后评估子系统	21
3.8 数据及系统接口	22
4 积滞水监测	27
4.1 概述	27
4.2 基于物联网技术的路面积滞水交通应急处置关键技术	28
4.3 路面积滞水监测系统建设思路	32
4.4 路面积滞水监测系统技术方案	34
5 道路交通气象监测	37
5.1 北京市道路交通气象监测站现状	37
5.2 道路交通气象信息监测预报系统技术方案	39
5.3 关键技术及创新点	114

6 道路高边坡监测	121
6.1 北京市道路高边坡概况	121
6.2 基于物联网技术的公路高边坡监测技术	121
6.3 场外地址灾害监测设备布设设计方案	125
6.4 公路高边坡地质灾害监测预警系统技术方案	129
7 桥梁健康状况监测	138
7.1 基于物联网的桥梁健康监测系统设计	138
7.2 桥梁健康监测系统总体设计架构	142
7.3 关键技术创新	156
8 数据交换与共享设计	157
8.1 设计思路	157
8.2 设计原则	157
8.3 编码赋码方案	158
8.4 物联基础信息共享方案	158
8.5 物联信息目录共享方案	160
8.6 与市物联网应用支撑平台共享交换方案	161
9 系统安全设计	165
9.1 设计思路	165
9.2 设计原则	165
9.3 安全风险源及风险点分析	166
9.4 安全体系架构的选用	173
9.5 安全策略设计	174
9.6 安全应急方案设计	175
10 物联网信息资源建设	180
10.1 信息资源的采集加工	180
10.2 基础数据库建设方案设计	181
11 风险与效益分析	221
11.1 风险分析	221
11.2 风险管理与应对措施	222
11.3 效益分析	223
后记	225
参考文献	226

1 绪 论

1.1 物联网技术概述

物联网是指通过信息传感设备,包括射频识别、红外感应、卫星定位、激光扫描和视频监控等,按照约定的协议,把物品与互联网连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。它是在互联网基础上的延伸和扩展,具有技术融合度高、产业链长、应用领域广等特点,具体包括信息的采集、传输、分析和应用四个环节。

物联网产业是未来战略性新兴产业的主导力量之一,物联网作为信息化发展的第三次浪潮,得到了中央和市委、市政府领导的高度重视,国家“十二五”“十三五”规划提出要推进物联网研发应用。目前,全球物联网产业体系正在建立和完善之中,产业整体处于初创阶段,具备了一些分散、孤立的初级产业形态,尚未形成大规模发展。如物联网核心产业中,2009年传感器产业全球规模在600亿美元左右,射频识别(RFID)不到60亿美元,M2M服务业43亿美元,真正意义上的社会化、商业化物联网服务尚处于起步阶段。物联网相关支撑产业如嵌入式系统、软件等本身均有万亿级美元规模,但并非来自于当前意义的物联网发展,因物联网发展而形成的新增市场还非常小。由于物联网寄生并依附于现有产业,因此现有产业发达的国家其物联网产业也具有领先优势。美国、欧盟、日韩等发达国家和地区基础设施好,工业化程度高,传感器、RFID等微电子设备制造业先进,信息产业发达,因此在物联网产业发展中仍居一定领先地位。从发达国家对物联网的战略布局来看,基本不是着眼于当前和短期的产业发展,而是面向更长远的科技突破、生产力改进和生产方式变革。

我国物联网发展与国际基本同步,处于发展初期,已初步具备一定的产业、技术和应用基础,呈现出良好的发展态势。但关于物联网的定位和特征的认识还未能统一,对于其框架模型、标准体系和关键技术都还缺乏清晰化的界定。

一是产业发展初具基础。2010年,我国物联网市场保持快速增长态势,市场规模达到1933亿元。低频和高频射频识别产业相对成熟,市场规模105.3亿元;



敏感元件与传感器产业初步建立,全国有 1 688 家企事业从事传感器的研制、生产和应用,在生物传感器、化学传感器、红外传感器、图像传感器、工业传感器等领域有较强的专利实力和竞争优势。拥有全球最大、技术先进的公共通信网和互联网,通信设备制造业具有较强的国际竞争力,移动机器对机器(M2M)终端数量接近 1 000 万个,已成为全球最大的移动 M2M 市场之一。

二是技术领域取得突破。我国在芯片、通信协议、网络管理、协同处理、智能计算等领域已取得初步成果。在超高频 RFID、通信技术以及各类新型传感器等领域取得了核心技术的突破性进展。2010 年,我国发布了全球首颗二维码解码芯片,研发了具有国际先进水平的光纤传感器,自主研发的 LTE 也已通过全球 20 多个地区的验证。

三是标准研制取得进展。近年来,我国在传感器网络接口、标识、安全、传感器网络与通信网融合发展、泛在网体系架构等相关技术标准的研究和制定方面取得了进展,已具备攻坚物联网国际标准的能力,是传感器网络国际标准化工作组(WG7)的主导国之一。

四是应用推广初见成效。目前,我国物联网应用以示范性质居多,应用行业已经扩展到电力、交通、环保、安防、物流、医疗、家居等领域,新的应用模式正日趋成熟。例如,在安防领域,防入侵、视频监控以及智能家居等细分领域的物联网应用取得了良好的效果;在医疗领域,面向病房、手术室、保健室等应用场景的物联网产品及解决方案正在日趋成熟。除此之外,物联网在智能楼宇、路灯监控、动物溯源、环境监测等方面的应用也十分广泛。

1.2 恶劣天气交通保畅背景

进入 21 世纪以来,我国经济社会持续快速发展,人民的生活水平日益提高,对社会公共服务质量的要求也愈来愈高。“行”作为人们日常生产和生活的基本保障,一直是各级政府和社会所关注的重大民生问题。人口、机动车保有量和交通需求总量的持续增长使得全国大中城市交通发展面临着严峻的考验,城市交通系统脆弱,早晚高峰拥堵常发,交通保畅任务繁重。

伴随着全球气候恶化,近年来,暴雨、强降雪、大雾、台风等恶劣天气频发,容易造成城市道路积水、路面结冰、城郊山区公路塌方等灾害,给交通保畅带来更大压力。以北京市为例:2011 年 6 月 23 日,北京遭遇十年来最大降雨,此次降雨造成北京市内 22 处道路中断,76 条地面公交线路受到影响,3 条地铁部分区段停运,拥堵指数达到 10(严重拥堵)。2012 年 7 月 21 日,北京遭遇 61 年来最大降雨,造成 47



条县级以上公路阻断,37处市管城市道路中断,86条地面公交线路受到影响,5条地铁线路的12个站口封闭,机场线停运。城市常见的极端天气类型包括暴雨、暴雪和雾霾。恶劣天气对城区交通的影响包括立交桥区积水、路面结冰、能见度下降等;对城镇和山区交通的影响包括道路积水、路面结冰、能见度下降、山区公路边坡崩塌。从2007年开始,按照北京市应急办开展风险评估工作的要求,全市连续几年开展风险评估工作,评估结论为:极端天气造成的道路积水、路面结冰、公路塌方等始终处于高或极高的风险等级。

本书重点探讨,如何利用物联网“感、传、知、用”技术,建设恶劣天气交通保畅物联网系统,并总结可行的建设运行机制。通过恶劣天气交通保畅物联网系统应用,实现在雨、雪、雾霾、大风等恶劣天气条件下,实时监控城市重点路段和路口、高速公路等的路面积水、积雪、结冰情况,汛期山区公路重点部位地质灾害变化情况,结合交通流量等信息,动态监控影响道路交通的风险因素等功能。最终达到为城市决策指挥提供数据与信息支持,提升预警研判水平,进一步提高相关部门交通管控和突发事件应对能力,达到有效地保护人民生命和财产安全的目的。

2 应用设计总体框架

2.1 设计原则及思路

充分考虑建设单位现有业务和信息化基础条件,以数据采集为基础,以信息集成为目标,以恶劣天气交通保畅物联网综合应用平台建设为核心,注重强化数据采集、传输、共享环节,充分利用建设单位信息化资源,立足示范,集约建设。

2.2.1 设计原则

物联网技术应用系统建设遵循以下原则:

1) 统筹规划,统一标准

应用涉及多个部门的协作,要进行统筹规划、总体设计和分级实施,实现项目建设和应急工作有机结合。突出重点、强化示范效应。各参建部门要根据本部门的实际情况,在同一标准下,本着共建共用的原则,集约建设。

2) 集约建设,充分利旧

充分依托政府电子政务系统、部门信息化资源,与已经存在的业务系统和技术支撑系统有机结合,促进资源进一步整合,充分利用各个部门的现有信息化资源,避免重复建设。

3) 自主创新,带动产业

要依靠科技,借鉴国内外先进经验开展建设工作,注重系统设备的可靠性、实用性和先进性,采用符合当前发展趋势的先进技术,并充分考虑技术的成熟性。优先采购自主创新产品及服务,带动相关产业发展。

2.2.2 设计思路

在明确项目目标和项目顶层需求前提下,进行总体框架设计和总体功能设计,在总体框架和功能设计指导下,形成专业支撑系统功能设计,进而完成总体功能所需的数据采集、分析、展示、预警模型及共享交换等必要的功能设计。设计思路采用“总—分—总”的循环往复优化设计,完成前端场外设备部署及数据采集与传



输、专业支撑系统分析处理、综合应用平台整体展现。

设计步骤如下：

- (1)项目总体系统逻辑框架设计。
- (2)顶层综合应用平台功能设计。
- (3)各专业支撑系统前端采集系统设计及专业应用系统功能的设计。
- (4)共享交换接口功能设计。

2.2 物联网系统总体框架

城市安全运行和应急管理领域物联网应用总体框架,一般宜采用“1+1+N”的模式,即一个城市应急指挥平台、一个城市物联网应用支撑平台、多个由部门和区县建设的物联网应用管理系统和平台,实现城市日常管理与应急管理的有机结合。其中,城市应急指挥平台作为全市城市安全运行和应急管理的综合指挥平台,接入全市城市安全运行和应急管理物联网信息,进行汇总和综合展示,为城市管理者全面掌控全市城市安全运行和应急管理情况提供服务,为开展科学决策提供辅助支撑;城市物联网应用支撑平台是城市应急指挥平台获取各单位物联网信息的总渠道,也是城市安全运行和应急管理部门开展信息共享交换的总枢纽,实现各类物联网信息的规范接入、有效整合,支撑跨部门、跨区域的资源共享;各部门、各区县建设物联网应用管理系统和平台,应用物联网技术,通过各类感知设备,实时获取物联网管理对象的感知信息,进行实时化、精细化、智能化管理。以北京市为例,城市安全运行和应急管理领域物联网应用总体框架见图 2-1。

2.3 恶劣天气交通保畅总体框架

2.3.1 需求研究

恶劣天气交通保畅物联网系统是以恶劣天气条件下的城市交通为对象,在实时采集和整合天气、积水、交通保畅等相关数据资源的基础上,将天气与交通日常监测和应急服务有机结合,实现恶劣天气交通保畅的日常管理、监测预警、应急处置和事后评估,提高城市交通运行动态监控、风险管理、突发事件预测预警和科学应对的能力,为领导决策和公众出行提供服务。

恶劣天气交通保畅物联网系统的建设和使用单位包括城市交通、国土、水务、气象、地勘、公安交管等部门。

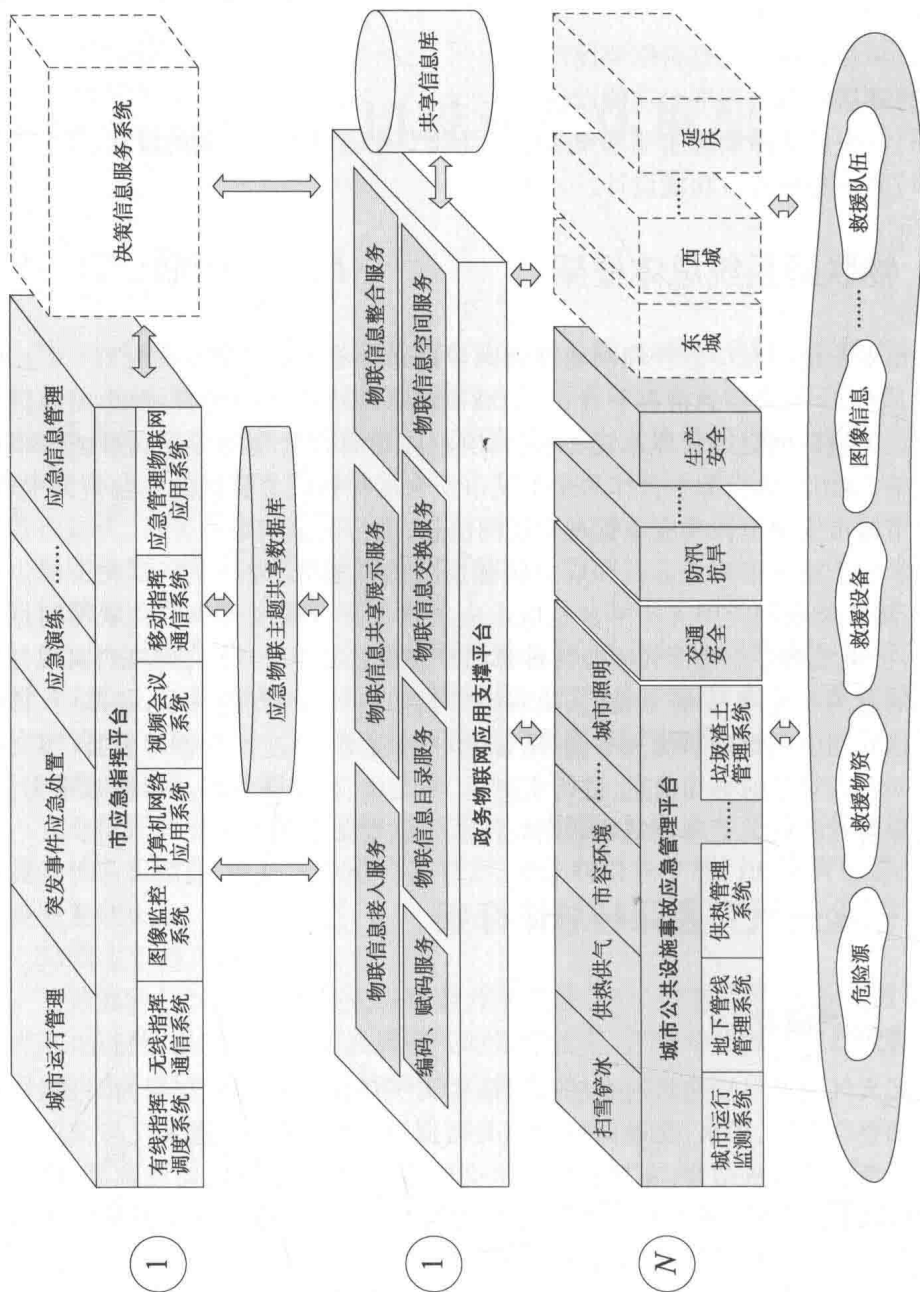


图2-1 城市安全运行和应急管理领域物联网应用总体框架图



1) 服务对象分析

恶劣天气交通保畅物联网系统服务对象分为三类群体,一是行政管理部门(包括城市应急指挥中心、交通安全应急指挥中心、其他专项指挥中心、相关委办局和下一级政府);二是交通行业企业(城市地面公交公司、地铁运营公司、高速公路公司、道路养护公司、道路客运公司等);三是社会公众。服务对象及服务内容分析见表 2-1。

服务对象及服务内容

表 2-1

序号	服务对象	服务内容
1	城市应急指挥中心	全面掌握应对极端天气下交通保畅相关信息;掌握天气实况及天气预报、动态路况和运输服务、突发事件等状况
2	交通安全应急指挥中心; 其他专项指挥中心; 相关委办局; 下一级政府	以日常管理、监测预警、应急处置、事后评估为核心,对极端天气下道路交通突发事件的发生、发展、结束提供全方位的跟踪服务。通过信息汇总,结合相关的预案、法规、案例、资源配置情况,会同应急专家建议,分析存在的问题(安全隐患)、预测发展趋势,辅助领导进行突发事件处置整体部署、资源调度等决策;并通过综合系统提供的信息,实时监测极端天气条件下的数据,以及产生风险隐患和突发事件的态势,结合对突发事件信息进行综合研判,迅速启动应急事件应急预案
3	交通行业企业	掌握天气实况及变化趋势、动态路况、应急处置决策支持信息等,可上报企业应急处置动态及效果
4	社会公众	掌握天气实况及变化趋势、动态路况和公共交通服务、出行提示信息等

2) 核心业务需求分析

恶劣天气交通保畅物联网系统的核心业务需求包括日常监测预警,信息的接收、上报、处理,应急指挥决策支持和信息服务。

(1) 日常监测预警:通过各类监测数据、数据挖掘分析结果信息等,分析判断当前和未来天气情况,恶劣天气条件下的路网运行状况、桥梁健康状况、道路地质灾害等情况,实现对未来恶劣天气条件下各类突发事件的积极预防、各类预警信息的及时发布。

(2) 信息接收、上报、处理:能够及时做到信息接收、记录和上报,完成非常态下的突发事件信息报送。实现与上级单位、下级单位及其有关部门、专业机构和监测网点的突发事件信息系统互联互通,加强跨部门、跨地区的信息交流与情报合作。



(3) 应急指挥决策支持:为指挥人员在应急指挥大厅进行指挥调度提供软硬件支持,通过调用相关预案以及历史参考案例,结合现场实时情况信息,帮助指挥员进行理性决策;自动记录整个指挥调度的过程,形成完整案例,丰富案例库,为实现应急处置的智能化、知识化打下基础,提供更丰富、准确的决策依据。

(4) 信息服务:可将事件信息和预警信息及时通知到城市应急指挥中心、各成员单位,以及其他专项应急指挥部和区县应急指挥中心,使相关单位能及时了解事件信息,做好快速处置和防范措施;可利用网站、短信、可变情报板等多种方式,及时为公众提供城市、国省干线公路路况、道路阻断、高速公路关闭、施工绕行、突发事件、处置进展、交通诱导、公众安全防护措施等信息服务。

3) 核心功能需求分析

恶劣天气交通保畅物联网系统核心业务功能需求包括信息综合分析与展示、应急处置,以及信息共享交换与服务。

(1) 信息综合分析与展示:具备各类监测数据和视频图像的接入功能,能对所采集的数据进行综合分析处理,对交通重大风险源进行识别和管理,实现突发事件的预测预警,并可对阻断时间、事件影响程度等进行综合研判和预测。同时,提供图、表等展示形式,并实现结合地理信息系统进行展示。

(2) 应急处置:可对突发事件进行自动报警,辅助应急指挥人员有效部署应急队伍、应急物资、应急装备等资源,实现移动指挥,通过网站、可变情报板等发布应急信息,完成历史案例分析、应急过程回放等。

(3) 信息共享交换与服务:整合并形成支持不同部门业务应用系统的公共资源,实现相关部门数据共享和服务,并实现向上级平台报送数据功能。

2.3.2 总体框架

恶劣天气交通保畅物联网系统总体框架包括感知层、网络层、支撑层、应用层、标准规范体系与安全保障体系。系统总体架构如图 2-2 所示。

(1) 感知层:通过积滞水传感器、气象检测站、桥梁/边坡位移/压力传感器、视频监控设备,交通流检测设备等,获取恶劣天气交通保畅相关的信息。

(2) 网络层:由城市政务物联数据专网、移动公网等组成,实现数据和信息的高效、可靠、实时、安全的传输。

(3) 支撑层:由城市物联网应用支撑平台提供感知设备和数据编码赋码、信息目录、数据共享交换、地理信息服务等,高效支撑系统应用。

(4) 应用层:包括积滞水监测、气象监测等 7 个专业系统,以及日常管理、监测预警、应急处置、事后评估 4 个子系统。利用天气实时监测及预测作为纽带,通过



综合分析、预警预报及应急指挥,实现各部门的相互联动,实现恶劣天气条件下的交通保畅。

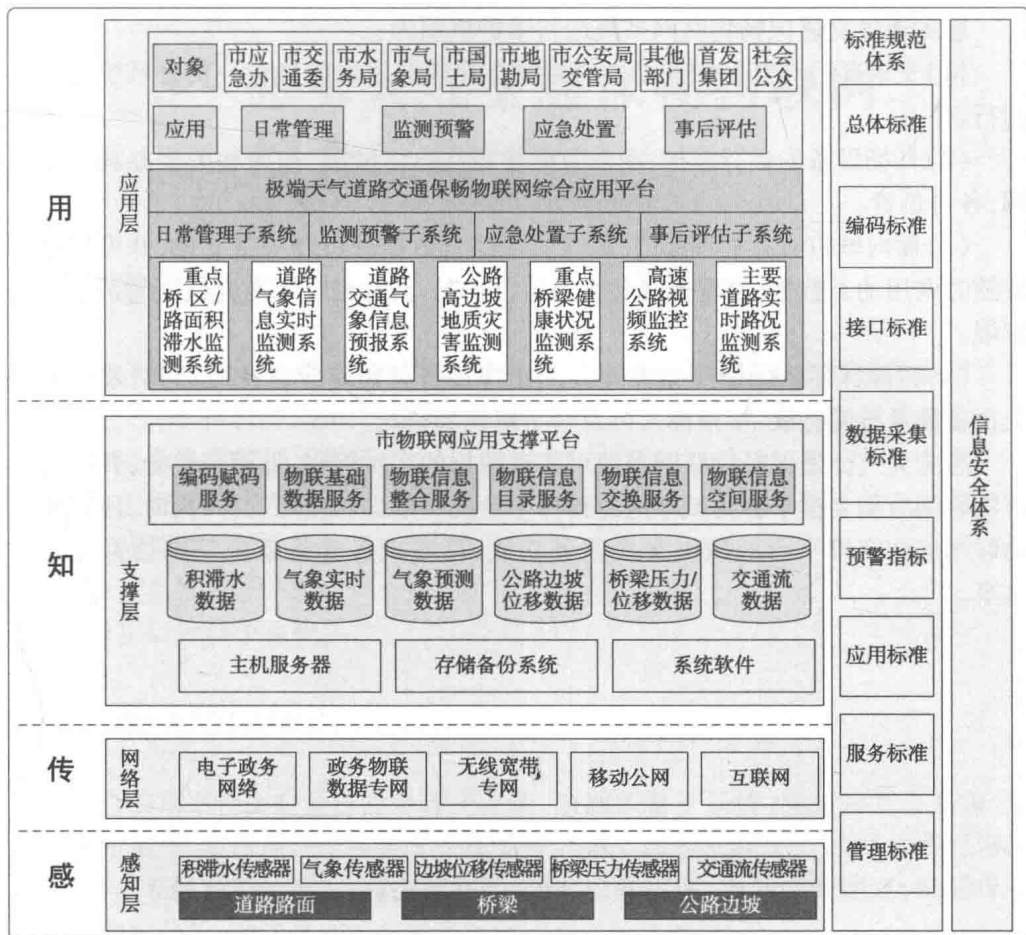


图 2-2 系统总体框架图

(5) 标准规范体系与安全保障体系:包括编码、接口、预警等指标规范体系,以及网络安全、系统安全、应用安全等各项安全管理制度。

2.4 建设运行机制

一般而言,恶劣天气交通保畅物联网系统由全市统筹规划安排,交通部门牵头,相关委办局参与共同建设。城市信息化管理部门牵头建设全市物联网应用支撑平台,提供感知设备和数据编码赋码、信息目录、数据共享交换、地理信息服务



等。系统建设费用由政府投入,其日常运行维护和技术支持所需经费纳入政府财政预算。

恶劣天气交通保畅物联网系统运行维护机制为:

(1) 交通管理部门与其他相关委办局的应急管理部门或信息中心负责系统的日常运行。

(2) 外场设备的运行维护、动态数据管理和日常监测,按照相关委办局业务范围,各自负责。

(3) 面向城市应急管理部门,重点实现综合数据分析和决策支持,并可根据需要随时调用动态数据,查看天气和交通运行状况,具有相应级别内最高的调度指挥权限。

(4) 抢险保障队伍按照相关委办局指挥进行备勤和应急抢险,同时通过系统上报备勤及抢险进展,使指挥人员及时了解现场情况。

恶劣天气交通保畅物联网系统可实现数据的实时接收、处理与整合,并通过城市物联网应用支撑平台为城市应急指挥平台提供数据和应用支撑;同时,通过城市物联网应用支撑平台的数据交换服务功能,可实现各专业系统间的数据交换与共享。