

我国智慧城市场景中物联网终端评测与认证体系研究

杨靖, 谢金凤, 陈怡

(重庆信息通信研究院, 重庆 401336)

摘要: 在智慧城市建设过程中, 物联网终端是设施智能化和管理精细化的必备要素, 物联网终端产品的质量则是保障智慧城市应用可靠性的关键。然而, 物联网终端具有种类杂、技术协议多、互操作性差、场景差异大的特点, 这导致缺乏统一的物联网终端质量评测与认证体系问题, 从而难以保证智慧城市场景中物联网终端的质量。针对该问题, 首先, 分析了我国智慧城市典型应用中的物联网终端定义、分类与标准化对象。然后, 基于物联网终端标准化对象, 提出了物联网终端评测体系。最后, 考虑物联网终端的通信和行业应用属性, 提出了物联网终端的认证体系。物联网终端评测与认证体系给物联网终端的评测提供了理论依据, 为提高物联网终端质量奠定了基础。

关键词: 智慧城市; 物联网终端; 评测体系; 认证体系

中图分类号: TN929

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-3750.2022.00269

A study of testing-index and certification systems of IoT terminals for smart city in China

YANG Jing, XIE Jinfeng, CHEN Yi

Chongqing Academy of Information and Communications Technology, Chongqing 401336, China

Abstract: IoT terminals are the essential element for smart city, with intelligent facilities and refined management. Furthermore, the reliability of applications in smart city depends on the quality of IoT terminals. However, the quality of IoT terminals in smart city is hard to assure due to the lack of unified testing-index and certification systems for IoT terminals. To address the challenge, the definition and classification of IoT terminals in smart city were firstly analyzed. Then standardization objects for IoT terminals were given. A testing-index system for IoT terminals was proposed based on the objects of standardization for IoT terminals. Considering IoT terminals' communication and application properties in smart city, a certification system of IoT terminals was also proposed. The testing-index and certification systems provide references for IoT terminal testing and pave the way to improve the quality of IoT terminals.

Key words: smart city, IoT terminal, testing-index system, certification system

0 引言

随着物联网应用的普及以及智慧城市的飞速发展, 城市物联网终端设施部署将进入快车道, 物联网终端也成为了城市设施智能化和管理精细化必不可少的要素^[1]。智慧城市通过在城市的交通、能源、安防、环保等领域大量部署物联网终端的方

式, 利用物联网技术实时感知和控制城市设施的运行状态, 运用智能计算技术提供城市状态信息的分析、预测, 支撑城市管理者实现城市设施的智能化控制以及对城市状态的精细化管理。智慧城市需要部署数以百亿计的物联网终端^[2], 大量部署的物联网终端有助于全方位感知城市状态, 进而提升管理者对复杂城市生态系统运转机制的理解。智慧城市

收稿日期: 2022-01-19; 修回日期: 2022-04-12

通信作者: 杨靖, yangjing5@caict.ac.cn

基金项目: 国家重点研发计划 (No. 2018YFB2100201)

Foundation Item: The National Key Research and Development Program of China (No.2018YFB2100201)

应用的可靠性取决于所部署物联网终端的质量^[3]，而建立统一的评测和认证体系是保证物联网终端产品质量、提升智慧城市应用可靠性的重要手段。然而，我国现有的物联网终端评测能力难以应对物联网终端种类杂、技术协议多、互操作性差、场景差异大的挑战，且缺乏统一的评测与认证体系。

不同的智慧城市应用场景需要不同种类、功能和性能的物联网终端来构建智慧城市的感知网络，同一个智慧城市应用场景中可能需要多种终端协同工作。智慧城市中多样性的应用场景和差异化的需求使物联网终端具有多样性，导致物联网终端生产厂商数量众多，且难以统一物联网终端的标准来保障终端产品的质量^[4]。另外，我国各物联网终端生产厂商的产品质量参差不齐，不同生产厂商的物联网终端之间互操作性差且无法相互兼容。物联网终端的差异化还导致不同生产厂商的终端安全性能不一致，从而影响物联网系统和应用的安全性^[5]。由于缺乏统一的物联网终端评测和认证体系，智慧城市应用中物联网终端面临的质量问题、安全问题、兼容性问题、互操作性问题将制约我国智慧城市应用的蓬勃发展。建立物联网终端评测与认证体系是保障智慧城市健康发展的必备要素。

本文首先介绍我国物联网终端评测与认证现状，随后分析智慧城市的典型智慧治理应用，针对典型智慧治理应用中的物联网终端提出物联网终端测试标准化对象体系，从而明确测试标准化目标。基于该标准化对象体系，提出了物联网终端评测体系。最后，建立智慧城市典型应用的物联网终端认证体系。

1 物联网终端评测与认证现状

物联网终端的评测依据物联网的技术要求和标准规范，通过评测过程判断终端是否符合对应技术要求和标准规范。评测结果可由权威结构出具书面证明进行产品认证。物联网终端的评测与认证包含了标准化、测试和认证3个部分，我国的物联网终端评测与认证现状如下。

1.1 标准化现状

物联网终端的标准化涉及终端的基础类标准、感知类标准、网络传输类标准、业务应用类标准等。物联网终端的基础类标准属于顶层设计和指导性文件，是物联网终端标准化工作的基础。在物联网终端基础类标准化工作方面，国际组织 ISO/IEC

JTC1 于 2016 年成立物联网及相关技术分技术委员会，研究制定物联网终端的架构。ITU-T 也成立了子工作组 SG20 对物联网与智慧城市进行标准化。我国也在国家物联网基础工作组下成立总体项目组，研制我国物联网术语和架构等标准。

物联网终端感知性能的标准化是物联网终端标准化工作的难点。感知类标准要面对各类被感知的对象，涉及信息技术之外的多种技术。涉及物联网终端感知性能标准化的国际组织有 ISO、IEC、EPCglobal、IEEE、WGSN 和电子标签工作组等。当前感知技术正朝着智能感知技术演进，而高效计算的芯片、廉价的高分辨率相机、无人机和机器人传感器的出现，使得智能感知技术成为可能^[6]。而智能感知技术标准是未来物联网终端感知技术标准化工作的方向。由于物联网终端感知能力具有复杂性、多样性、边缘性、多领域性的难点，我国在该领域的标准化工作亟待突破。

物联网终端的通信技术是大多数标准化组织研究的对象。物联网终端的网络传输标准化涉及的国际国内组织众多，且相关标准体系较为成熟和完善。目前，物联网终端的网络传输标准化工作也多集中于基于 5G 网络的物联网通信^[7]。另外，物联网终端的应用呈现跨行业和领域的特点，不同行业和领域对物联网终端的标准化要求具有差异性^[8]，所以物联网终端的标准化工作还需要考虑行业应用的特点。然而，物联网终端涉及行业众多且相关标准缺失，并且物联网终端业务应用的标准化工作制约着智慧城市建设的发展。目前，需要结合行业特点对物联网终端开展行业应用的标准化工作。

当前，物联网行业应用存在安全和隐私漏洞^[9]。物联网应用的多样性使得物联网终端设备具有丰富的组件、数据层、编程语言和硬件种类。丰富的技术和硬件导致了物联网终端的兼容性和互操作性问题。考虑物联网终端的复杂应用场景和不同生产厂商的物联网终端质量参差不齐且没有统一的标准等情况，物联网终端的安全性、互操作性和兼容性是物联网终端标准化工作的重点和难点。此外，市场上不同企业的物联网终端底层软件技术方案多为企业私有，出于商业利益的考虑，不同企业间的技术方案难以达成一致。物联网应用和方案的多样性是物联网终端蓬勃发展的动力，但同样也是制约物联网终端标准化的主要因素。

1.2 测试现状

依据标准对物联网终端测试是确保物联网终端质量的重要环节。随着技术的演进,物联网终端测试技术呈现测试自动化和测试云化的趋势^[10]。此外,物联网终端的测试不仅针对终端的硬件属性,还需要考虑终端的软件和安全属性。物联网终端测试的自动化可以有效解决测试中无法复现的问题,并且提高检测的效率^[11]。在自动化测试领域,国外技术起步早且市场份额占比大。我国的自动化测试技术虽然起步晚,但与国外技术的差距正在逐渐缩小^[12]。除了在物联网终端部署前进行测试,部分场景需要考虑对已经部署的物联网终端进行在线云测试。物联网终端测试的云化,使得测试资源通过云服务器进行共享,极大提升了测试工具资源的利用率。物联网终端的硬件测试用例大多通过线下进行,例如终端的环境可靠性、电气安全性、通信性能等。而涉及物联网终端的软件和安全测试可以通过在线的方式开展。

在物联网终端的测试中,通信协议和通信性能是评测和标准化的核心领域。当前,多种物联网协议和接入方式,例如,消息队列遥测传输(MQTT, message queuing telemetry transport)、约束应用协议(CoAP, constrained application protocol)、窄带物联网(NB-IoT, narrow band internet of things)、增强机器类通信(eMTC, enhanced machine type communication)等技术要求与测试方法被国际标准机构主导,我国检测机构和技术研究机构尚无健全的检测能力。虽然我国已经具备评测智慧城市典型应用物联网终端的基本能力,但面对物联网和智慧城市大规模的发展趋势以及终端数量大、技术创新周期短和技术方案多样化等特点,现有评测系统存在功能不完整、性能不符合要求、协议标准不适配和不兼容、不安全等问题。

1.3 认证现状

2021年我国发布的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》指出要分级分类推进新型智慧城市建设,将物联网感知设施、通信系统等纳入公共基础设施统一规划建设^[13]。考虑到我国第十四个五年计划是以“推动高质量发展”为主题,智慧城市的高质量发展需要以部署可靠的物联网终端作为底层支撑^[14],而对物联网终端的认证是保障智慧城市应用中物联网终端质量的重要手段。

智慧城市的建设需要部署不同行业的物联网终端,而不同行业对物联网终端的标准化需求各不相同,进而导致不同行业的物联网终端标准差异巨大。而物联网终端标准化的差异导致了不同行业物联网终端认证种类的差异。目前,产品质量认证类别主要有强制性认证和自愿性认证两大类^[15],因此物联网终端产品的认证包括强制性和自愿性两种认证。在强制性认证方面,物联网终端因包含通信模块,所以终端需要符合我国无线电发射产品涉及的市场准入要求^[16]。此外,物联网终端的行业属性使得终端还要满足各个行业应用的强制性认证。根据国家强制性产品认证目录^[17],不同行业的产品强制性认证规则具有差异性,物联网终端产品需要结合行业特点开展强制性认证。考虑保护消费者、环境和国家安全是国家强制性产品认证的出发点^[15],所以物联网终端产品的强制性认证重点关注产品的基础安全。除了国家强制性产品认证,物联网终端产品还可以进行自愿性产品认证。单个行业的自愿性产品认证种类多,且不同行业的自愿性产品认证种类差异大。由于自愿性产品认证并非国家强制要求,所以多个生产厂商的同一种物联网终端产品可能具备不同的自愿性产品认证。目前,物联网终端产品的认证体系呈现出分散性的特征,且未有研究构建物联网终端的认证体系。

2 智慧城市典型应用中的物联网终端

作为新一代信息技术与城市可持续发展相结合的产物^[18],智慧城市在我国国家标准中被定义为运用信息通信技术,推动城市管理和服务智能化,提升城市管理和服务效率、提高城市居民幸福感和满意度的一种创新城市^[19]。根据智慧城市定义,将智慧城市的管理与服务类型分为智慧治理、智慧产业和智慧民生3类^[19-20]。在3类智慧城市的管理与服务类型中,智慧治理利用信息通信技术对城市的管理开展预测、分析、计划、组织和协调等活动^[19],对改善城市运行效率、提升城市运行智能化水平起着重要作用。因此,本文重点分析智慧城市中的典型智慧治理应用以及应用所包含的终端。

智慧城市的建设通常在市场监管、城市管理和安全监督3个方面面临诸多挑战,而这3个方面也是智慧治理的需求来源。根据智慧治理的需求来源,本文主要考虑智慧城市中的八大典型智慧治理应用,即物联网金融、智能安防、智能交通、智慧

环卫、智慧市政、智能家居、智慧管网和智慧消防。智慧城市中的典型智慧治理应用如图 1 所示。

典型智慧治理应用涉及的物联网终端众多，需要结合智慧城市应用的需求特点提取物联网终端的个性和共性评测指标。明确物联网终端的定义、分类和标准化对象可以指明评测指标提取的方向和具体内容，进而构建物联网终端评测体系。

2.1 物联网终端定义

在我国国家标准中，物联网被定义为通过感知设备连接人、物体和资源的智能服务系统^[19]。基于物联网的定义，物联网终端是能够对物或环境进行信息采集或执行操作，并能联网通信的感知设备。因此，感知和通信技术是物联网终端的核心技术。

感知技术实现对感知对象的属性识别，实现对感知对象属性信息的采集、处理、传送，也可以实现对控制对象的控制^[21]，其中感知技术可以分为采集控制技术和感知数据处理技术。通信技术是为物联网终端提供通信能力支撑物联网运行的技术。物联网终端利用通信技术接入公共网络或者私有网络，并与智慧应用进行通信^[22]，例如，位于物联网感知层中的物联网终端利用通信技术与智慧应用层中的不同智慧应用程序进行通信。

通过明确物联网终端的定义和核心技术，确定了物联网终端标准化对象的重点。接下来将围绕物联网终端的定义和核心技术，确定物联网终端标准化对象，从而为物联网终端评测体系的建立提供目标。

2.2 物联网终端分类

在智慧城市中八大典型智慧治理应用场景中，

依据物联网终端的定义将智慧城市中的物联网终端分为感知终端和执行终端^[22]。随后，根据感知对象和控制对象的差异，对感知终端和执行终端进行分类。

智慧城市典型智慧治理应用通过物联网感知终端获取城市的各种状态信息，从而实现对城市基础设施、环境、设备和人员的识别、信息采集与监控。因此，物联网感知终端包括：环境感知终端、安全感知终端、图像感知终端、身份感知终端、位置感知终端、设施感知终端以及其他感知终端。物联网感知终端见表 1。

通过部署物联网执行终端，智慧城市典型智慧治理应用可以实现对城市基础设施、环境、设备和人员等要素的管理和控制。根据智慧治理应用中的控制对象类型，物联网执行终端分为：环境控制终端、安全执行终端、通告警示终端以及其他执行终端。物联网执行终端见表 2。

2.3 物联网终端测试标准化对象

当前，智慧城市典型智慧治理应用中的物联网终端缺乏统一的评测和认证体系。而对物联网终端进行评测和认证，需要依据相关标准对物联网终端进行评测，并且物联网终端评测与物联网终端标准密不可分。物联网终端的评测需要以相关标准为依据，而物联网终端相关标准的制定是对物联网终端标准化的结果。因此，构建物联网终端评测框架首先要构建物联网终端测试标准化对象体系，明确标准化目标。随后，按照标准化对象梳理相关技术标准。最后，从技术标准中提炼出物联网终端的共性和特性测试指标，从而构建物联网终端评测框架。

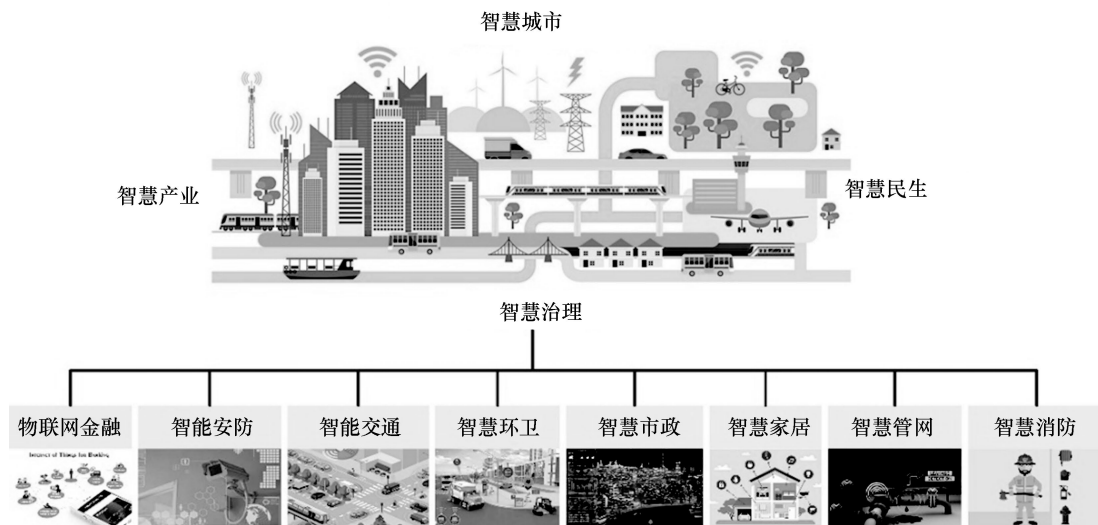


图 1 智慧城市中的典型智慧治理应用

表 1 物联网感知终端

终端类型	终端名称	
环境感知终端	温度监测终端	光线探测器
	机动车尾气监测仪	水质水位检测仪
	水质检测仪	负氧离子浓度监测器
	扬尘监测仪	压力监测仪
	恶臭监测仪	...
安全感知终端	防入侵震动探测器	液位计
	红外感应器	可燃气体监测器
	激光雷达	门磁感应器
	围栏振动器	火灾监控探测器
	水浸探测器	可燃气体传感器
	烟雾探测器	...
图像感知终端	视频监控终端	智能摄像机
	轮廓感知终端	智能定位行车记录仪
	视频监控摄像机	...
身份感知终端	RFID 标签	车牌识别相机
	RFID 识别器	垃圾车辆识别终端
	门禁终端	垃圾种类识别终端
	人脸识别终端	智慧员工胸牌
	车牌识别终端	...
位置感知终端	UWB 位置感知终端	定位测速雷达
	北斗 GPS 定位终端	...
设施感知终端	重量感知终端	智能电表
	水压监测器	智能水表
	地磁检测器	智能燃气表
	测速仪	智能插座
	垃圾桶状态感知终端	智能插排
	智能井盖	...
其他感知终端		

表 2 物联网执行终端

终端类型	终端名称	
环境控制终端	智能空气净化器	智能投影仪
	智能空调	视频门铃
	智能风扇	...
安全执行终端	智能门锁	智能断路器
	水压变送器	...
通告警示终端	烟雾报警器	电弧报警器
	天然气报警器	...
	声光报警器	...
其他执行终端		

基于物联网终端的定义与典型智慧治理应用场景中的物联网终端的分类，提取典型物联网终端共性特点，进而构建智慧城市典型应用中物联网终端测试标准化对象体系。测试标准体系包含两个方

面，一个是测试技术的标准体系，另一个是产品标准体系。测试技术标准体系是对测试手段和技术的规范，而产品标准是对产品功能和性能的规范。因此，可将物联网终端测试标准化对象分为两类：测试技术和终端产品。

测试技术是物联网终端评测体系构建的基础，所以将与测试技术相关的标准化对象定义为基础性标准化对象。另外，物联网终端产品的功能和性能测试是物联网终端评测体系构建的重点。考虑不同物联网终端的差异和共性，将物联网终端产品相关的标准化对象分为功能性标准化对象和共性技术标准对象。因此，物联网终端测试标准化对象体系包括：基础性标准化对象、功能性标准化对象和共性技术标准对象，典型应用物联网终端测试标准化对象如图 2 所示。

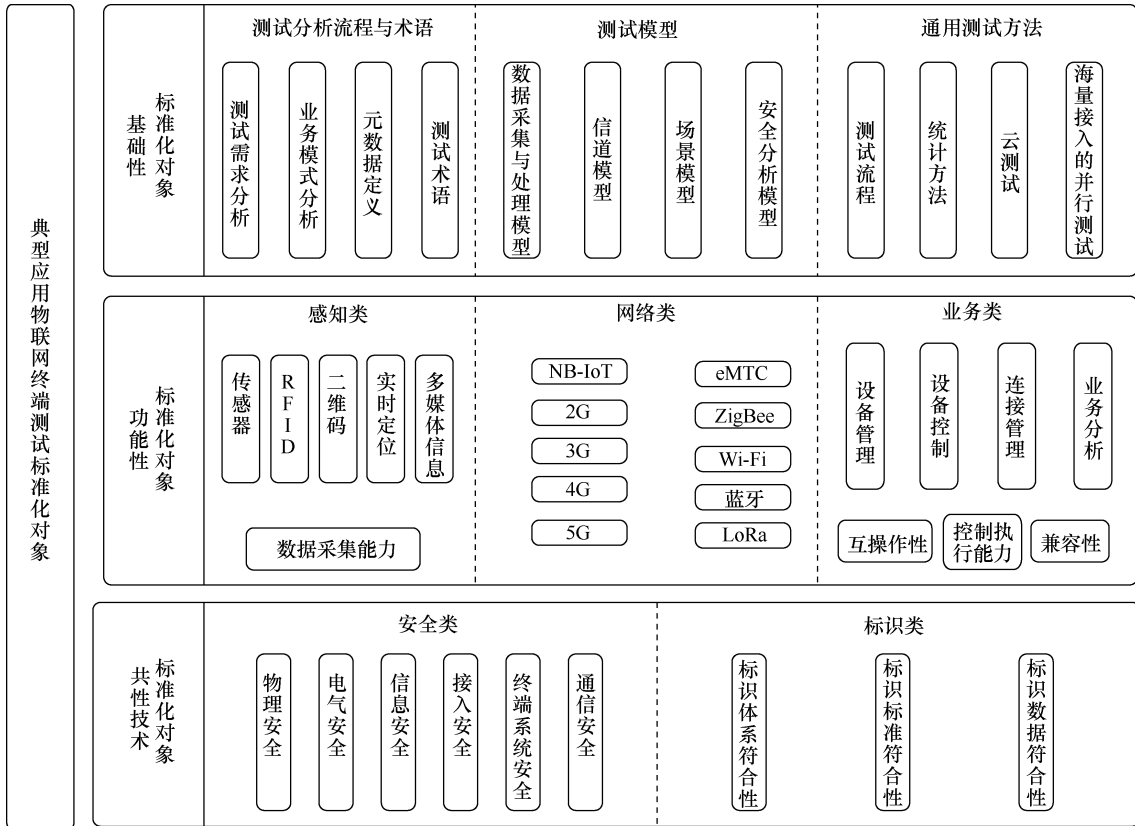
构建的物联网终端测试标准化对象体系将服务于物联网终端测试标准的制定以及物联网终端质量的认证。最终通过标准的制定指导测试工具、测试仪表的开发验证，形成产业协同闭环。

2.3.1 基础性标准化对象

基础性标准化对象定义为物联网终端测试过程中具有广泛性和基础性的内容。对基础性标准化对象进行标准制定有助于提高测试效率，保证测试结果必要的准确一致性。基础性标准化对象包括测试分析流程与术语、测试模型、通用测试方法 3 个部分^[11]。

测试分析流程与术语是测试前期和过程中经常使用的对象。测试前期需要明确测试的需求从而确定测试内容和方案。测试过程往往需要多个仪器设备、多个测试人员协同工作。为保证测试内容的统一性，需要对测试过程的专业术语进行规范，具体对象包括：测试需求分析、业务模式分析、元数据定义、测试术语等。

测试模型是测试过程中数据的采样和处理方法。基于测试数据进行分析时需要按照规定的测试流程开展，从而保证分析结果的统一性。物联网终端的测试需要考虑应用场景的差异性，通过场景模拟可以反映物联网终端在实际场景中的性能，而建立统一的场景模型能够有效避免不同评测机构进行物联网终端场景测试时结果的不一致性。考虑物联网终端大量无线接入的场景涉及无线信道模型^[23]，场景模型中需要具备统一的信道模型来支撑物联网终端大量接入的场景模拟测试。因此，测试模型



具体包括：数据采集与处理模型、信道模型、场景模型、安全分析模型等^[11]。

通用测试方法是物联网终端测试过程中的试验方法、分析方法、抽样方法和计算公式等。对测试方法标准化有助于提高测试效率，保证不同评测机构的评测结果具有必要的准确性和一致性。云测试、海量接入的并行测试以及自动化测试是未来物联网终端测试技术的重点发展趋势^[3]，需要对未来测试技术进行标准化。关键测试方法包括：测试流程、统计方法、云测试、海量接入的并行测试等^[11]。

2.3.2 功能性标准化对象

功能性标准化对象定义为物联网终端所具备的一系列功能，是物联网终端测试过程中的主要和重点内容。基于对物联网终端关键技术分析和终端类型分类，在考虑物联网终端业务功能逻辑的情况下，将物联网终端的功能性标准化对象分为三大类：感知类、网络类和业务类。

感知类的功能性标准化对象是物联网终端的各类感知功能。物联网感知功能是通过传感器对环境及设备信息进行采集实现的。另外，物联网终端还要感知多媒体信息，如视频和音频信息。

除了感知设备、环境和多媒体信息外，物联网终端还要具备被其他设备感知和识别的功能^[11]。

网络类的功能性标准化对象是实现物联网终端联网通信所涉及的无线网络通信技术。依据是否支持 TCP/IP，网络类的功能性标准化对象可分为：1)支持 TCP/IP 且能直接接入互联网的无线通信技术，如 NB-IoT、Wi-Fi、LoRa、eMTC、2G、3G、4G、5G 等技术；2)不支持 TCP/IP 且无法直接接入互联网的无线通信技术，如 ZigBee、蓝牙等技术^[11]。

业务类的功能性标准化对象是支撑物联网终端间、物联网终端与物联网管理平台间的互操作和兼容性的能力，这些能力通过物联网终端的感知、控制和网络传输等协议来实现。考虑大量的物联网终端相互通信的场景，物联网终端可能被选为中继节点或者路由节点，并且需要管理周边的物联网终端设备。因此，业务类的功能性标准化对象包括了设备管理、设备控制、连接管理和业务分析等协议内容。

2.3.3 共性技术标准对象

通过抽象化物联网终端所涉及的共性技术，形成了共性技术标准对象，并由安全类技术和标识类技术组成。

物联网终端安全类的共性技术标准化对象是保障物联网终端正常且稳定工作的各项安全技术和措施。物联网终端在实际场景中的应用需要考虑终端的部署位置,从而保障终端的物理特性不受到部署位置环境的破坏,即保障物联网终端的物理安全。在终端部署位置确定后需要保障应用场景中的物联网终端能够正常供电工作,即保障物联网终端的电气安全。物联网终端的正常工作涉及信息感知、无线网络接入、感知数据发送、物联网系统和应用平台间通信等过程,在信息网络安全方面需要保障物联网终端的信息安全、接入安全、终端系统安全和通信安全。为了提高物联网终端的安全防护水平,需要对物联网终端的物理安全、电气安全、信息安全、接入安全、终端系统安全以及通信安全进行标准化。

物联网终端标识类的共性技术标准化对象是物联网终端的标识技术。物联网终端身份的正确识别是建立物联网安全连接的重要前提。要求通过标识能够识别出标识所属体系和物联网终端所属行业分类,同时通过标识能够检测出具体的标识数据。考虑不同标识体系的编码规则存在差异,物联网终端标识类的共性技术标准化对象包括标识体系、标识标准和标识数据 3 类。在物联网终端测试过程中,需要评测终端标识的体系符合性、标准符合性和数据符合性。

3 物联网终端评测体系

物联网终端标准的制定针对物联网终端标准化对象制定共同使用和重复使用的文件,并通过标准的实施达到物联网终端质量的统一。物联网终端测试依据标准化过程形成的标准进行测试。标准中确定了测试指标来定量描述标准化对象的各方面技术要求,随后通过获取测试指标的数值判断物联网终端产品是否符合标准要求。通过对全国标准信息公共服务平台^[24]提供的物联网终端标准进行检索、研究和归纳,本文将物联网终端的测试分为 7 类,即功能测试、基础性能测试、一致性测试、标识符合性测试、兼容性测试、安全性测试、可靠性测试。物联网终端评测体系如图 3 所示,由 7 类测试、23 个二级测试指标、87 个三级测试指标组成。

1) 功能测试

物联网终端的核心功能是感知控制。基于国家标准^[17],物联网终端的功能测试指标由两个二级测

试指标组成,即感知控制指标和通用功能指标。区别于传感器的性能测试,物联网终端的感知成功率和控制成功率反映了物联网终端联网后的可靠性。而物联网终端的感知精确度和控制精确度的测试是判断终端是否具有专业的感知和控制测试认证,即终端的感知精确度和控制精确度测试由专业的传感器测试认证机构完成并出具证书。而物联网终端评测机构查验物联网终端是否已具备专业的认证。通用功能指标包含 9 个三级测试指标^[25],分别为自描述、可管理性、自配置、网络通信、准确性、灵活性、实时性、可发现性、可用性。

2) 基础性能测试

物联网终端的基础性能测试需要评测物联网终端的通信性能、电源性能和功耗性能,以确保物联网终端能够正常收发感知数据,同时满足特殊场景的低功耗需求。此外,基础性能测试还需要对物联网终端的电磁兼容性能进行测试,以判断物联网终端不会对周围设备产生电磁干扰,同时终端自身能够抵抗电磁干扰。

3) 一致性测试

需要评测物联网终端与对应协议的符合程度,即判断物联网终端的行为是否符合行业协议,从而保证物联网终端之间、物联网终端与网络设施之间能够相互通信。因此,一致性测试围绕物联网终端的通信能力展开,具体包括通信协议一致性、接口一致性、数据一致性和射频一致性 4 个方面。

4) 标识符合性测试

针对物联网终端标识所属的体系、遵从的标准以及包含的数据等进行检测,从而评测物联网终端标识的体系符合性、标准符合性和数据符合性。考虑城市管理者对部分标识数据的安全和隐私需求,标识符合性测试还需要评测标识数据的安全性和隐私性。

5) 兼容性测试

需要对不同生产厂商的物联网终端间的互操作性进行测试。不同生产厂商的物联网终端往往无法相互兼容,为了保障典型应用场景中不同厂商的物联网终端之间的互操作性,降低智慧城市系统维护复杂度,需要测试物联网终端的兼容性,确保应用中不同生产厂商物联网终端数据和指令的兼容。

6) 安全性测试

针对物联网终端的信息安全、电气安全、物理安全、接入安全、终端系统安全和通信安全进行评

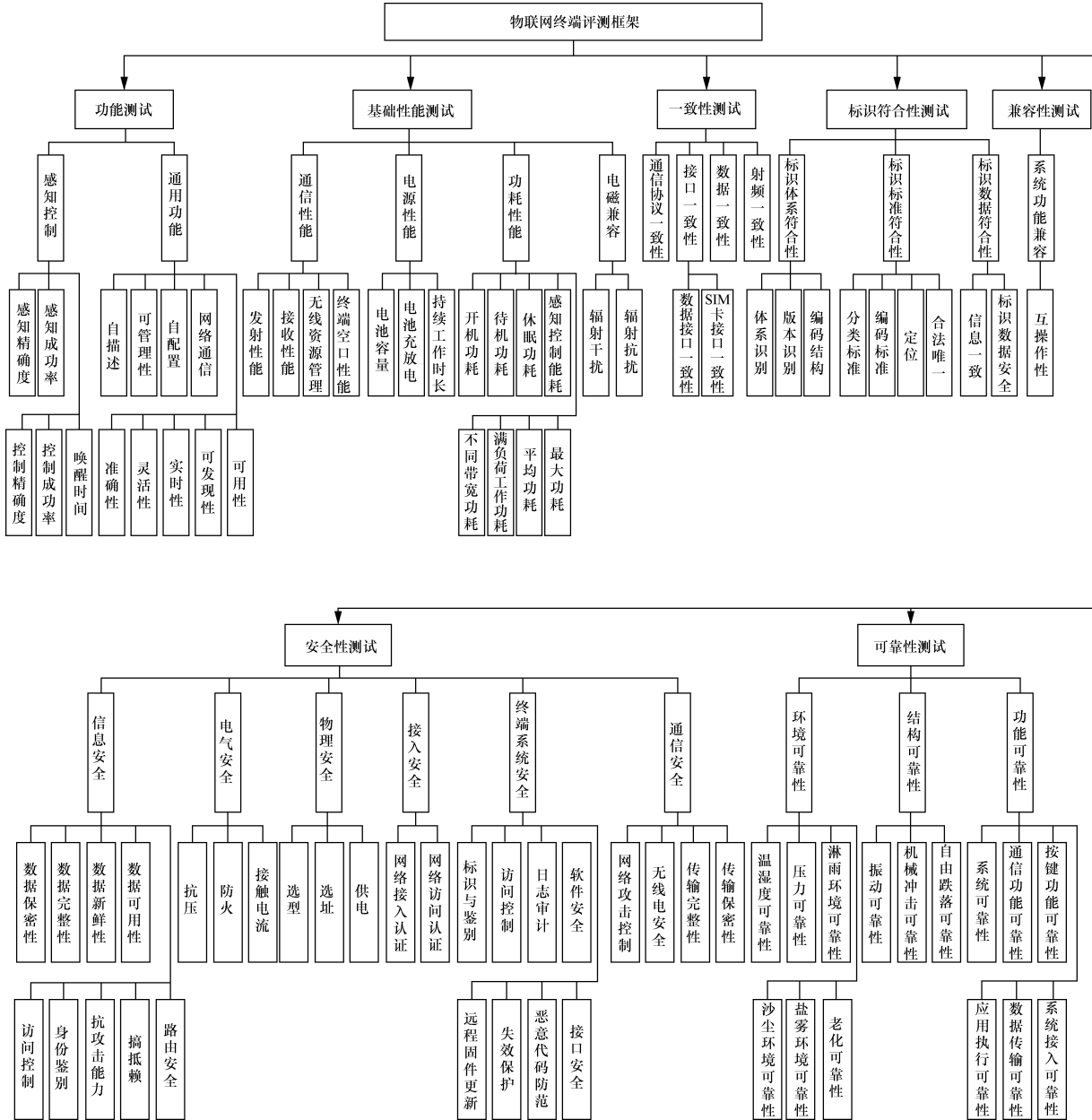


图 3 物联网终端评测体系

测。信息安全方面，物联网终端容易遭受数据篡改、存在数据泄露等信息安全问题。电气安全方面，智慧城市中的物联网终端需要符合不同应用场景的电气安全标准。物理安全方面，需要评测物联网终端抵抗攻击者物理破坏的性能，确保终端在被攻击后仍然可以正常工作。接入安全方面，物联网终端需要具备接入和访问控制能力，以抵抗网络入侵攻击。终端系统安全方面，针对具有系统软件的物联网终端需要评测物联网终端所安装系统软件的漏洞和系统安全防护机制等，确保物联网终端系统达到安全等级保护要求。通信安全方面，物联网终端多采用无线的方式传递和接收信息，而无线信息传输的完整性和传输保密

性是保障物联网终端通信安全的重要指标。

7) 可靠性测试

在智慧城市中的典型智慧治理应用中，存在高压、潮湿、沙尘等极端环境，终端可能面临振动和冲击。可靠性测试需要确保物联网终端在极端的环境和工况条件下，终端的结构不会形变，功能仍然正常。因此，可靠性测试需要对物联网终端的环境可靠性、结构可靠性和功能可靠性进行测试。

4 物联网终端认证体系

认证是一种具有权威性和公信力的第三方合格评定活动^[26]，对物联网终端进行认证有利于推动

物联网终端的质量提升。因此，在构建物联网终端标准体系后需要构建物联网终端的认证体系，并依照物联网终端的认证体系对物联网终端进行合格评定，以确保物联网终端的质量。

物联网应用呈现跨行业和领域的特点，不同行业和领域对物联网终端的认证具有差异性。此外，当前的物联网终端认证多是将物联网终端当作无线通信产品，且主要对终端的通信性能进行认证，尚且缺乏不同行业应用的物联网终端认证。因此，构建物联网终端的认证体系不仅要考虑物联网终端的通信属性，还要考虑物联网终端的行业属性。

根据物联网终端的定义，在构建物联网终端的认证体系时将物联网终端的通信属性和行业属性分离，形成物联网通信终端产品认证和物联网终端行业应用认证两部分。通过研究物联网通信终端产品认证清单和物联网终端行业应用认证清单来构建物联网终端认证体系。

4.1 物联网通信终端产品认证

物联网终端作为具有通信能力的终端产品需要满足无线电发射产品市场准入要求^[16]。目前，我国无线电发射产品通常涉及 3 个市场准入要求，分别是中国强制性产品认证（CCC, China Compulsory Certification）、进网许可证（CTA, China Type Approval）和无线电发射设备型号核准证（SRRC, State Radio Regulatory Commission）^[16]。

自愿性认证是指企业为了提高自己的质量管理水平，并表明自己的产品生产过程或服务质量的保证，而自愿申请的认证活动^[15]。除了接入公用电信网络时进行的强制性认证外，物联网通信终端还可以进行自愿性认证，包括泰尔认证、蓝牙 BQB 认证、Wi-Fi 联盟认证等。物联网通信终端产品认证由强制性认证和自愿性认证构成，物联网通信终端产品认证清单见表 3。

表 3 物联网通信终端产品认证清单

认证类型	认证名称
强制性认证	CTA
	SRRC
	CCC
自愿性认证	泰尔认证
	蓝牙 BQB 认证
	Wi-Fi 联盟认证
	其他自愿性认证

4.2 物联网终端行业应用认证

物联网应用跨行业的特点决定了物联网终端行业应用认证需要考虑多个不同的行业和应用场景。依据国家认证认可监督管理委员会公布的《强制性产品认证实施规则汇总》^[17]和《自愿性产品认证机构名录》^[27]，针对智慧治理的 8 个典型行业应用场景，仅考虑物联网终端的行业属性，构建的 8 个典型应用场景中物联网终端涉及的强制性认证和自愿性认证清单见表 4。根据物联网终端行业应用认证清单，物联网终端行业应用认证呈现种类多且分散的特点。

4.3 物联网终端信息安全认证

部署大量的物联网终端是智慧城市建设的基础，而智慧城市应用的可靠性依赖于所部署物联网终端的质量。考虑到对物联网终端开展认证活动有利于保障和提升物联网终端的质量，构建物联网终端认证体系有利于保障智慧城市应用的可靠性。作为城市管理和控制的重要基础设施，物联网终端的信息安全也影响着智慧城市管理与控制的安全性。同时，物联网终端的信息安全也影响着智慧城市应用中的隐私保护^[28-29]。因此，物联网终端的认证体系建设还需要考虑信息安全的认证。

信息安全是当前智慧城市中物联网技术发展的热点之一^[30-31]，而智慧城市应用的信息安全是城市数据隐私保护的基础。目前，针对物联网终端的认证多聚焦于物联网终端的通信属性和行业应用属性，缺少单独针对物联网终端的信息安全认证类型。现有的信息安全认证大多是针对物联网或者物联网平台的安全认证，即通过网络和平台的信息安全来保障整个物联网应用的安全。物联网终端的种类多、应用场景丰富且不同应用场景下的信息安全等级要求存在差异，这些特点导致现有认证体系中缺少针对物联网终端的信息安全认证。物联网终端信息安全的认证取决于物联网终端信息安全标准的制定，而国家标准信息公共服务平台^[24]的数据表明，现有国家标准中涉及物联网终端的信息安全标准只有一项，且该标准适用范围仅为物联网感知终端^[32]。

针对智慧城市中物联网终端信息安全认证的现状，需要积极制定信息安全相关标准，以完善智慧城市物联网终端信息安全标准体系，为物联网终端信息安全认证提供充足依据。最后，在完善的物联网终端信息安全标准体系的基础上，针对不同应用场景建立不同等级的信息安全认证种类。物联网

表 4 物联网终端行业应用认证清单

应用场景	认证类型	认证名称
物联网金融	自愿性认证	金融科技产品认证
		金融科技国家推行自愿性产品认证
智能安防	强制性认证	安全防范产品强制性认证
		防爆电气强制性认证
		其他强制性认证
	自愿性认证	中国公共安全产品 GA 认证 CQC 标志认证 其他自愿性认证
智能交通	强制性认证	车辆及安全附件强制性认证
		照明电器强制性认证
		其他强制性认证
	自愿性认证	交通产品 CCPC 认证 其他自愿性认证
智慧环卫	强制性认证	车辆及安全附件强制性认证
		其他强制性认证
智慧市政	强制性认证	防爆电气强制性认证
		照明电器强制性认证
		其他强制性认证
	自愿性认证	资源节约认证
		高效照明产品认证 (ELI)
		中国环境保护产品认证 (CCEP 认证)
		华为 IoT 技术认证
强制性认证	国家防爆认证	
	中水润科节水产品认证	
	其他自愿性认证	
	家用和类似用途设备强制性认证	
智能家居	强制性认证	电路开关及保护或连接用电器装置强制性认证
		照明电器强制性认证
		家用燃气器具强制性认证
		其他强制性认证
		其他强制性认证
	自愿性认证	CQC 标志认证
		环保认证
		资源节约 (节能节水) 认证
		CCRC 的 IT 产品信息安全认证
		新华节水认证
强制性认证	北京中轻联认证	
	赛宝认证	
	威凯 CVC 标志认证	
	绿色之星产品认证	
	CHCT 中家院检测认证	
智慧管网	强制性认证	防爆电气强制性认证
		安全防范产品强制性认证
		其他强制性认证
	自愿性认证	资源节约认证 中水润科节水产品认证 其他自愿性认证
智慧消防	强制性认证	消防产品强制性认证
		其他强制性认证
	自愿性认证	CCC 消防产品质量认证 其他自愿性认证

终端信息安全认证的建立,有助于完善物联网终端认证体系,从而保障智慧城市管理与控制中的信息安全性和隐私性。

5 结束语

本文针对智慧城市中八大典型应用场景中的物联网终端开展了研究,明确了物联网终端测试的标准化对象,即基础性标准化对象、功能性标准化对象和共性技术标准化对象。基于物联网终端测试的标准化对象,提出了由 7 类测试、23 个二级测试指标和 87 个三级测试指标组成的物联网终端评测体系。考虑物联网终端的通信属性和行业应用属性,构建了智慧城市典型应用场景的物联网终端认证体系。针对智慧城市中的物联网终端缺乏统一的评测与认证体系的问题,本文提出的物联网终端评测与认证体系,给物联网终端的评测提供了理论依据,为提高物联网终端质量提供了指导。在未来的工作中,可以基于提出物联网终端评测体系,梳理物联网终端评测技术标准与评测标准,完善现有智慧城市物联网终端评测标准体系。

参考文献:

- [1] PRIYA DHARSHINI K, GOPALAKRISHNAN D, SHANKAR C K, et al. A survey on IoT applications in smart cities[M]//Immersive Technology in Smart Cities. Cham: Springer International Publishing, 2021: 179-204.
- [2] ZHAO Y F, LIU Z C, QIU C, et al. Socialized learning for smart cities: cognitive paradigm, methodology, and solution[J]. IEEE Wireless Communications, 2021, 28(5): 200-208.
- [3] ZHU S C, YANG S K, GOU X D, et al. Survey of testing methods and testbed development concerning Internet of Things[J]. Wireless Personal Communications, 2022, 123(1): 165-194.
- [4] GOMEZ A K, BAJAJ S. Challenges of testing complex Internet of Things (IoT) devices and systems[C]//Proceedings of 2019 11th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE). Piscataway: IEEE Press, 2019: 1-4.
- [5] KRICHEN M, LAHAMI M, CHEIKHROUHOU O, et al. Security testing of internet of things for smart city applications: a formal approach[M]//Smart Infrastructure and Applications. Cham: Springer International Publishing, 2019: 629-653.
- [6] SONY S, LAVENTURE S, SADHU A. A literature review of next-generation smart sensing technology in structural health monitoring[J]. Structural Control and Health Monitoring, 2019, 26(3): e2321.
- [7] BAEK S, KIM D, TESANOVIC M, et al. 3GPP new radio release 16:

- evolution of 5G for industrial Internet of Things[J]. IEEE Communications Magazine, 2021, 59(1): 41-47.
- [8] 王晓春. 物联网技术与应用标准化研究[J]. 中国标准化, 2021(5): 83-85.
WANG X C. Research on standardization of Internet of Things technology and application[J]. China Standardization, 2021(5): 83-85.
- [9] SALEEM J, HAMMOUDEH M, RAZA U, et al. IoT standardisation: challenges, perspectives and solution[C]//Proceedings of ICFNDS '18: Proceedings of the 2nd International Conference on Future Networks and Distributed Systems. 2018: 1-9.
- [10] SAND B. IoT testing-the big challenge why, what and how[EB]. 2016.
- [11] 谢金凤, 严涵琦, 邓炳光, 等. 物联网终端评测体系发展研究[J]. 电信科学, 2021, 37(2): 63-70.
XIE J F, YAN H Q, DENG B G, et al. Development research of terminal evaluation system of Internet of Things[J]. Telecommunications Science, 2021, 37(2): 63-70.
- [12] 苏振湘, 侯璐璐. 自动化测试技术在物联网项目中的实践[J]. 中国宽带, 2020(3): 96.
SU Z X, HOU L L. Practice of automated testing technology in IoT projects[J]. China Broadband, 2020(3): 96.
- [13] 安晖. 从“十四五”规划建议看新型智慧城市建设方向[J]. 信息技术, 2021, 15(1): 21-24, 31.
AN H. The direction of new smart city construction in the proposal of the 14th five-year plan[J]. Information and Communications Technologies, 2021, 15(1): 21-24, 31.
- [14] ROUSTRAY S K, SHARMILA K P, AKANSKHA E, et al. Narrowband and IoT (NB-IoT) for smart cities[C]//Proceedings of 2021 Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV). Piscataway: IEEE Press, 2021: 393-398.
- [15] 范荣妹, 邱克斌, 朱培武, 等. 标准化理论与综合应用[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2021.
FAN R S, QIU K B, ZHU P W, et al. Standardization Theory and Comprehensive Application[M]. Chongqing: Chongqing University Publishing, 2021.
- [16] 王琳. 物联网无线通信产品国内外认证要求解析[J]. 电子产品世界, 2020, 27(2): 58-61.
WANG L. Analysis of certification requirements for IoT wireless communication products at home and abroad[J]. Electronic Engineering & Product World, 2020, 27(2): 58-61.
- [17] 国家认证认可监督管理委员会. 强制性产品认证实施规则汇总[EB]. 2021.
Certification and Accreditation Administration of the People's Republic of China. Summary of Implementation Rules for Compulsory Product Certification[EB]. 2021.
- [18] 刘剑, 许云林, 杨鹏飞, 等. 我国智慧城市发展现状与规划建设研究[J]. 农村经济与科技, 2019, 30(4): 195, 197.
LIU J, XU Y L, YANG P F, et al. Research on the development status and planning and construction of smart cities in my country[J]. Rural Economy and Science-Technology, 2019, 30(4): 195, 197.
- [19] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 智慧城市术语: GB/T 37043—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Smart City—terminology: GB/T 37043—2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [20] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 智慧城市顶层设计指南: GB/T 36333—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Smart City—Top-level design guide: GB/T 36333—2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [21] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 物联网参考体系结构: GB/T 33474—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Internet of Things—Reference architecture: GB/T 33474—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [22] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 智慧城市技术参考模型: GB/T 34678—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Smart City. Technical reference model: GB/T 34678—2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [23] NGUYEN D C, DING M, PATHIRANA P N, et al. 6G Internet of Things: a comprehensive survey[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2022, 9(1): 359-383.
- [24] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 全国标准信息公共服务平台[EB]. 2021.
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. National public service platform for standards information[EB]. 2021.
- [25] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 物联网系统评价指标体系编制通则: GB/T 36468—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Internet of Things—General principles of stipulation on evaluation indicator system: GB/T 36468—2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [26] 国家市场监督管理总局. 中华人民共和国认证认可条例[J]. 轻工标准与质量, 2021(1): 13-18.
State Administration for Market Regulation. Regulations of the People's Republic of China on certification and accreditation[J]. Standard & Quality of Light Industry, 2021(1): 13-18.
- [27] 国家认证认可监督管理委员会. 自愿性产品认证机构名录[EB]. 2014.
Certification and Accreditation Administration of the People's Republic of China. List of voluntary product certification institutions[EB]. 2014.

- lic of China. Directory of voluntary product certification bodies[EB]. 2014.
- [28] GADEKALLU T R, PHAM Q V, NGUYEN D C, et al. Blockchain for edge of things: applications, opportunities, and challenges[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2022, 9(2): 964-988.
- [29] ZHU L H, TANG X Y, SHEN M, et al. Privacy-preserving machine learning training in IoT aggregation scenarios[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2021, 8(15): 12106-12118.
- [30] ZHANG W, PALAOAG T. Improving information security in smart city[C]//Proceedings of 2021 5th International Conference on Communication and Information Systems (ICCIS). Piscataway: IEEE Press, 2021: 215-221.
- [31] LV Z H, QIAO L, KUMAR SINGH A, et al. AI-empowered IoT security for smart cities[J]. ACM Transactions on Internet Technology, 2021, 21(4): 1-21.
- [32] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 信息安全技术 物联网感知终端应用安全技术要求: GB/T 36951—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Information security technology—Security technical requirements for application of sensing terminals in internet of things: GB/T 36951—2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.

[作者简介]



杨靖(1992-), 男, 博士, 重庆信息通信研究院助理研究员, 主要研究方向为物联网终端评测、5G/6G 技术、远程医疗等。



谢金凤(1985-), 女, 重庆信息通信研究院高级工程师, 主要研究方向为物联网测试关键技术及标准体系。



陈怡(1990-), 女, 重庆信息通信研究院工程师, 主要研究方向为信息通信、物联网应用技术。