

T/JLA

福建省计量测试学会团体标准

T/JLA XXXX—XXXX

基于窄带物联网（NB-IoT）技术的物联网水表计量与通信融合测试方法

Measurement and communication integration test method of Internet of Things water meter based on Narrow Band Internet of Things(NB-IoT) technology

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

福建省计量测试学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	1
5 测试设备要求	2
5.1 测试系统架构及原理	2
5.2 测试系统部件	2
6 测试条件要求	7
6.1 测试环境条件	7
6.2 测试介质	7
7 技术要求	7
7.1 资料性文件	7
7.2 计量性能要求	8
7.3 密封性要求	9
7.4 机电转换误差要求	9
7.5 通信性能要求	9
8 试验方法	10
8.1 密封性检查	10
8.2 计量性能测试	10
8.3 机电转换误差测试	10
8.4 物联网水表跨行业特性测试	10
8.5 物联网水表通信性能测试	11
附录 A (资料性) 物联网水表读数识别结果	13
A.1 提取数字表盘	13
A.2 表盘数字识别	13
A.3 指针读数识别	13
附录 B (资料性) NB-IoT 网络工作频段	14
参考文献	15

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专利的责任。

本文件由福建省计量科学研究院提出。

本文件由福建省计量测试学会归口。

本文件起草单位：福建省计量科学研究院、北京市计量检测科学研究院、福州市自来水有限公司、福州物联网开放实验室有限公司、福建上润精密仪器有限公司、福建泛函物联网数据技术有限公司、京源中科科技股份有限公司、派一（福建）物联科技有限公司。

本文件主要起草人：蔡丽枝、刘鸿滨、吴二帅、陈祥、林荣钊、陈惠平、吴斌、何娟、詹男杰、宋超、李晨、陈晓燕、张天辰、郑哲、林章复、孙发君、成士其。

基于窄带物联网（NB-IoT）技术的物联网水表计量与通信融合测试方法

1 范围

本文件规定了基于窄带物联网（NB-IoT）技术的物联网水表的计量与通信融合测试方法的测试设备要求、测试条件要求、技术要求及试验方法。

本文件适用于基于窄带物联网（NB-IoT）技术的物联网水表的计量与通信融合测试，可用于分析物联网水表的计量与通信功能的相互影响，为物联网水表的研发、测试、生产等环节提供参考。提出的通信性能检测项目及指标，可作为评价物联网水表性能的参数。

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。

- GB/T 778.1-2018 饮用冷水水表和热水水表 第1部分：计量要求和技术要求
- GB/T 778.2-2018 饮用冷水水表和热水水表 第2部分：试验方法
- GB/T 22690-2008 数据通信设备通用机械结构 机柜和插箱
- YD/T 3331-2018 面向物联网的蜂窝窄带接入（NB-IoT）无线网总体技术要求
- CJ/T 535-2018 物联网水表
- JJG 162-2019 饮用冷水水表检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

窄带物联网 Narrow Band Internet of Things; NB-IoT

基于 E-UTRAN 技术，使用 180kHz 的载波传输带宽，支持低功耗设备在广域网的一种蜂窝数据连接技术。具备广覆盖，支持海量连接，支持低时延敏感、低功率的特点。

[来源：YD/T 3331-2018，3.1.1]

3.2

物联网水表 wireless water meter based on NB-IoT

具有水流量等信号采集、数据处理和信息存储等功能，并通过NB-IoT网络实现数据交互的水表。

3.3

计量与通信融合测试 Measurement and communication integration test method

将计量性能测试与通信性能测试的过程融合在一起，同时在一套装置上实现测试，按测试的要求及步骤逐项完成各项性能测试。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

- NB-IoT 窄带物联网 (Narrow Band Internet of Things)
- RSRP 参考信号接收功率 (Reference Signal Receiving Power)
- SNR 信噪比 (Signal to Noise Ratio)

5 测试设备要求

5.1 测试系统架构及原理

基于窄带物联网 (NB-IoT) 技术的物联网水表的计量与通信融合测试系统架构如图 1 所示, 通过此系统设计实现物联网水表的计量与通信融合自动化测试。各主要架构部分如下:

- 计量测试系统: 用于对物联网水表进行计量测试的设备, 可以是自动测试系统、半自动测试系统或纯人工测试设备。
- NB-IoT 网络: 运营商提供的实际商用 NB-IoT 基站, 作为接入信源, 为被测物联网水表提供接入网络通信连接。为支持对物联网水表进行通信功能与性能的测试, 要求运营商 NB-IoT 基站的配置参数可调, 为本测试系统实现可调控的接入参数, 模拟物联网水表实际安装位置环境的信号状态。
- 屏蔽箱: 提供容纳多个物联网水表的测试空间, 并隔绝外部杂乱的信号。利用计量测试系统的现有管道走向, 可在流量测试夹具部分搭建起信号屏蔽空间, 在不影响原先测试水流的前提下, 获得通信领域的信号隔离环境。屏蔽箱的设计基于计量测试系统的检测台的大小、形态以及测试场地情况, 可改造检测台, 将屏蔽箱镶嵌于检测台上; 或将屏蔽箱通过软管连接至检测台的通水管道, 屏蔽箱则可放置于实验桌等位置。
- 测试计算机: 安装有测试控制软件, 连接至射频控制设备, 向其供电并进行测试控制。测试计算机还连接至屏蔽箱, 以控制屏蔽箱中用于辅助流量测试及机电误差测试的摄像头等测试设备部件。
- 射频控制设备: 连接至测试计算机, 按照测试控制软件要求, 对输入的 NB-IoT 网络信号进行多种操作 (如 RSRP 和 SNR 的调整) 后输入到屏蔽箱, 并实现测试内容的整体测试流程自动化。

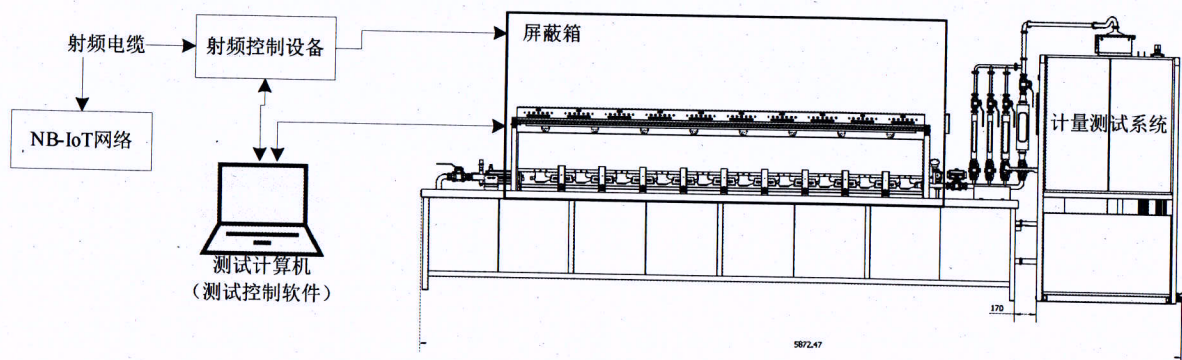


图1 测试系统架构示意图

5.2 测试系统部件

5.2.1 计量测试系统

测试物联网水表计量性能的测量标准器为准确度等级0.2级的水表计量标准装置, 或扩展不确定度 ($k=2$) 优于物联网水表最大允许误差绝对值1/5的水流量标准装置。

水表计量标准装置或水流量标准装置还应满足下列要求:

- 装置可以是基于收集法的静态容积法、静态质量法装置, 也可以是基于流量时间法的标准表法装置或活塞式水表检定装置;
- 装置的流量范围应满足所测物联网水表最小规格的最小流量和最大规格的过载流量;
- 装置应有供水稳压措施, 能消除脉动、水锤和振动的不利影响, 装置应具有适宜的流量稳定度, 确保在一次检定期间流量恒定在选定的值上;
- 装置测量段的管道内直径应满足所测物联网水表的通径范围;
- 装置测量段的安装条件应满足所测试物联网水表的安装要求;

- f) 当装置具备时间测量和接收脉冲、电流或编码等检定信号的功能时，这些功能应经过验证，测量参数应经过检定或校准；
- g) 装置的技术指标还应符合 JJG 1113《水表检定装置》、JJG 164《液体流量标准装置》和 JJG 643《标准表法流量标准装置》等相应规程的规定，经检定合格或经校准满足相应的要求。

5.2.2 射频控制设备

5.2.2.1 概述

射频控制设备，工作频率可覆盖国内NB-IoT的主要应用频段（800~900）MHz以及扩展频段（1700~1900）MHz。通过USB接口与测试计算机连接，完成设备的供电及控制；在设备连接端设置多个SMA射频接口，分别作为信号的输入输出接口；设置LED用于指示射频控制设备的状态。射频控制设备配合测试控制软件可实现针对测试内容的整体测试流程的自动化实现。

5.2.2.2 技术原理

射频控制设备是实现整体自动化测试方案的主要射频硬件交互平台，既包含与主控系统连接的数字程控部分功能电路，又包含射频有源器件在内的多路射频信号强度调节电路，在设计中需要着重考虑数字控制电路与模拟射频电路的电磁兼容性问题以及射频链路中传输信号的工作稳定性。

射频控制设备内部的射频控制单元是实现该功能的关键设计，需要在充满复杂同频干扰的电磁环境中同时实现大动态范围和高精度信号强度调控的射频链路设计，并保证其工作稳定性和一致性。

为提高设备的通用性和环境适应性，产品整机结构应符合GB/T 22690-2008中的机箱尺寸要求。在外壳机箱结构上设计密封的信号屏蔽结构，以实现对外界环境信号的隔离，保证其在复杂电磁环境下的工作稳定性，同时尽量减少水汽及灰尘等对内部电路的影响。射频控制设备的外结构采用标准1U机箱，可安装于标准机柜中。

在射频控制设备内部采用模块化设计方法，将不同功能模块进行了空间分隔，在保证各模块功能独立性和工作稳定性的基础上通过高隔离度的射频电缆连接实现各功能模块的信号连通。控制单元模块通过采用数模分区、单点接地、大面积屏蔽信号地等设计方法来保证电路板的电磁兼容特性。

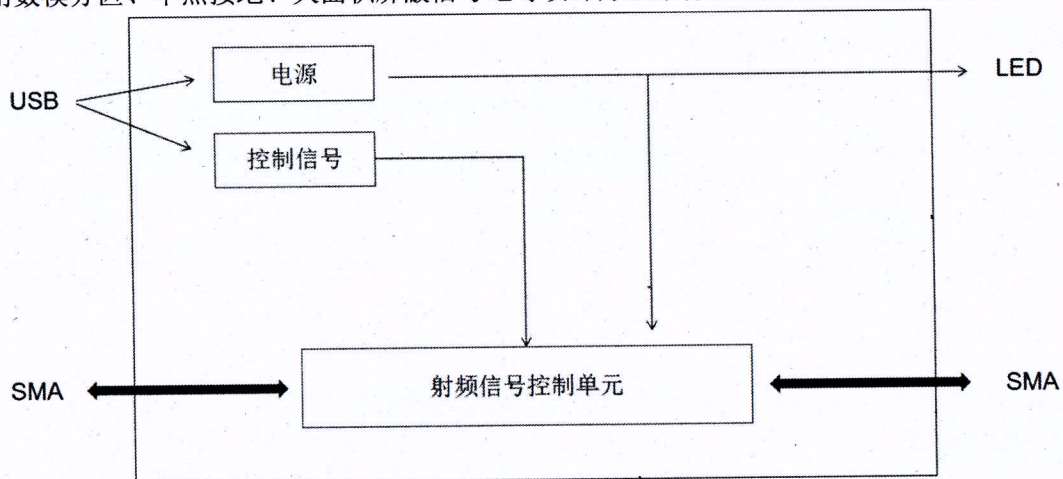


图2 射频控制设备功能框图

5.2.2.3 技术要求

对射频控制设备的技术要求如下：

- a) 宽频带，能够覆盖 NB-IoT 的所有应用频率：（800~900）MHz，（1700~1900）MHz；
- b) 宽动态控制范围：（0~60）dB；
- c) 射频接口：SMA-K；
- d) 可维护性；
- e) 可靠性；
- f) 内部功能模块独立性强，隔离度高。

5.2.2.4 参数

射频控制设备参数如表1所示。

表1 射频控制设备参数表

参数名称	指标条件	最小	典型	最大
控制步进	(0~60) dB	/	0.5 dB	/
驻波比	(0~60) dB	/	/	2:1
射频接口	SMA-K 50Ω阻抗			
使用环境	室内常温			

5.2.3 屏蔽箱

根据计量测试系统的结构及测试场地、单次检测物联网水表的数量等综合因素定制相应规格的屏蔽箱。箱体配置有水流管道接口，接口可连接至计量测试系统上的检测台。屏蔽箱信号隔离度应不小于60dB，以满足物联网水表对信号环境的测试要求，同时避免内部测试信号向外发射，引起局部信号不稳定。

如下图3所示，以独立屏蔽箱设计为例，整体半开口，保证使用过程中充足的操作空间。箱体下可安装滑轮以实现整体推动，便于屏蔽箱在测试场地中间的转移，并可连接至不同的计量测试系统。

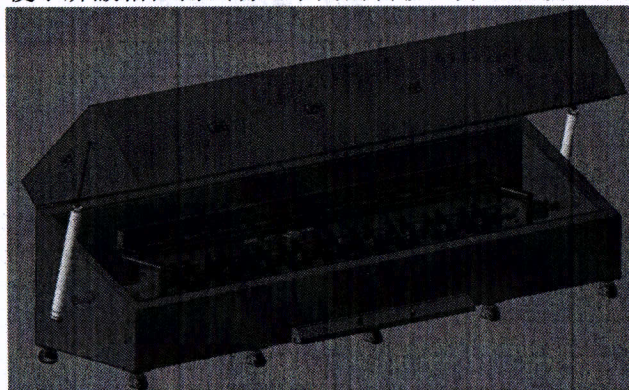


图3 屏蔽箱示意图

5.2.4 测试管道支架

测试管道支架位于屏蔽箱内，根据屏蔽箱的大小及样式定制。管道夹具采用气动闭锁方式，可通过气泵控制实现批量被测物联网水表的夹起与放开。

管道支架上每个物联网水表的测试位置上具有照明装置、摄像头读取设备以及红外控制单元，便于操作人员在测试进行中对表具读数进行监控。

5.2.5 测试计算机

测试计算机连接射频控制设备，测试控制软件运行于其上。

测试计算机完成整个测试系统的自检和控制，测试数据的采集和计算以及测试日志的保存等工作。测试计算机是整套测试系统的中枢。

5.2.6 测试控制软件

测试控制软件可实现自动化测试。软件通过互联网数据平台接口，可接入所需求的各在线数据平台（需对平台数据格式进行匹配），进行数据结果的查询以及数据的写入。软件内置了控制硬件的硬件指令集，可通过多个USB串口，实现与匹配硬件的有线通信。软件内置本地数据库，可保存大数据量的测

试数据结果，并进行历史查询。软件添加了离线测试模式，可通过Excel文件，进行测试数据结果的导入。

测试软件内包括了被测物联网水表的红外（近端）控制指令集，可在测试中独立控制每个被测物联网水表的通信工作状态。

5.2.7 摄像头与红外探头

5.2.7.1 实现功能

测试系统内包含摄像头，用于实时获取当前被测物联网水表的表盘读数。具体读数的获取可采用图像人工目视，或计算机图像识别的手段。建议采用计算机图像识别，自动流量测试的实现步骤如下：

- 通过摄像头实时监控被测物联网水表表端机械读数并回传数据。实现方式：通过识别算法找出表盘中数字轮盘与指针，并通过图像处理与文字识别算法得出当前被测物联网水表流量值。
- 将读数与实际通过被测物联网水表的流量值进行对比，实现流量测试。
- 统计数据并生成对应的测试报告，实现全自动测试流程。

5.2.7.2 摄像头选型（建议）

宜采用工业级摄像头，应符合如下需求：

- 大小、形状及配件设计，应便于安装；
- 帧率应能跟进水表实际应用时的指针转速。

建议摄像头参数如表2所示。

表2 摄像头参数

感光度	1/2.7~2735
有效像素	1920 x 1080P
像素尺寸	3μm x 3μm
灵敏度	3300mV/Lux-sec
帧率	支持 30f/s
图像区域	5856μm x 3276μm
中心清晰度	1000LW/PH (Center)
输出格式	MJPG
物距	1cm~100m
存储温度	-20℃~70℃
工作温度	0℃~60℃
工作湿度	15%~85%

5.2.7.2.1 机械水表数字表盘读数自动识别

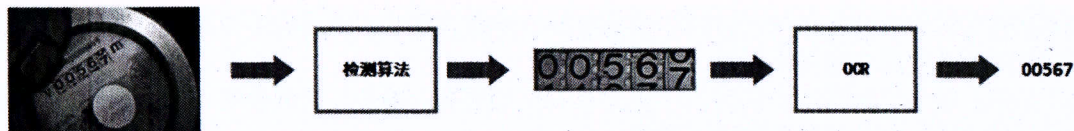


图4 机械水表数字表盘读数自动识别步骤示意图

机械水表数字表盘读数自动识别步骤如下：

- 通过特征检测算法，切割出表盘区域。
- 通过 OCR (optical character recognition, 文字识别) 识别表盘区域 (5-6 个数字区域)，注重 0-9 过程半字识别。

5.2.7.2.2 机械水表指针读数自动识别



图5 机械水表指针读数自动识别步骤示意图

机械水表指针读数自动识别步骤如下：

- a) 对图片进行霍夫（直线）检测，校准水平线。
- b) 图像识别，去除表盘，获取指针。
- c) 计算出指针最大值，乘以量程。得出指针读数。

5.2.7.3 红外通信参数

5.2.7.3.1 红外通信参数

- a) 网络类型：点对点；
- b) 通信距离：<1M；
- c) 传输速率：115.2kbps；
- d) 建立时间：<0.5s。
- e) 红外探头类型：无（需对准收发，中间无障碍物）。

5.2.7.3.2 红外通信协议（建议）

红外通信协议应具备同时独立控制多台物联网水表的能力，红外数据格式建议加入地址码用于区分不同物联网水表。

红外通信数据包格式如表3所示。

表3 红外通信数据包格式

字段名称	包头	地址码	消息类型	CMD	数据长度	数据域	CRC	包尾
字段说明	包的开始，固定为0xAA	IMEI	指示消息类型	应用数据的命令码	数据域的数据长度	传输数据内容	校验码	包的结束，固定为0x55
长度/BYTE	1	8	1	1	2	N	2	1

对通信数据包格式说明如下：

- a) 包头：包头固定为0xAA，用于判断数据包起始位。
- b) 地址码：地址码长度为8个字节。主要用于区分不同的设备。内容为设备IMEI号。
- c) 消息类型：
 - 1) 0x3A：广播数据，无视地址码验证，例如查询设备ID命令；
 - 2) 0x4A：应用数据，需要表端MCU处理应答命令；
 - 3) 0x5A：转发数据，如下发至NB模组的AT命令。
- d) CMD：应用数据的命令码：
 - 1) 0x01：开始测试命令；
 - 2) 0x02：触发主动上报；
 - 3) 0x03：结束测试模式。
- e) 数据长度：数据域的数据长度，2个字节。
- f) 数据域：传输的数据内容。
- g) CRC：CRC校验，CRC校验主要校验接收到的数据是否正确。CRC校验长度=包头+地址码+消息类型+CMD+数据长度+数据域。
- h) 包尾：包尾固定为0x55，用于判断数据包结束位。

5.2.7.4 表端软件调整

5.2.7.4.1 测试模式

表端MCU需添加测试模式，用于配合OTA测试流程。在测试模式下，红外、NB-IoT通信模组处于开启状态，实时响应PC上位机发起的请求与命令。

5.2.7.4.2 红外通信协议

建议采用统一红外通信协议，用于完成通信计量融合测试内容。主要分为以下内容：

- 合法性验证、确保数据完整性。添加地址验证，防止多设备间数据互相干扰。
- 定义数据类型，对少数 MCU 端操作命令进行响应与应答，对控制 NB-IoT 通信模组设备的 AT 命令进行数据转发透传，从而减少表端 MCU 工作量。

6 测试条件要求

6.1 测试环境条件

环境条件应满足物联网水表的额定工作条件，且符合下列要求：

- 环境温度范围： $(5\sim 35)$ ℃，当采用容积法装置测试物联网水表时，环境温度应控制在 $(10\sim 30)$ ℃之内
- 水温范围： $20\text{℃}\pm 10\text{℃}$ ，一次测试的水温变化不超过 5℃ ，且与环境温度之间的偏差应不超过 5℃ ；
- 环境相对湿度范围：测试物联网水表时应不超过93%，且一次测试的湿度变化应不超过10%；
- 水源压力范围：最小为0.03MPa，最大到MAP，物联网水表上游压力变化不超过10%；
- 工作电源范围：交流电源电压为标称值的 $(85\sim 110)\%$ ，频率为标称值的 $(98\sim 102)\%$ ；直流电源电压为标称值的 $(90\sim 110)\%$ ；
- 测试场所应无明显的振动和外磁场干扰。

6.2 测试介质

测试介质应为公共饮用水或清洁的循环水，水中不应含有任何可能会损坏或影响物联网水表工作的物质，且无气泡。

测试基于电磁感应原理的物联网水表时，水的电导率应控制在制造商要求的范围内。

7 技术要求

7.1 资料性文件

7.1.1 技术文件

测试的物联网水表应提供以下文件：

- 使用说明书；
- 原理结构图；
- 电子装置功能逻辑流程图；
- 接口方式及通信协议资料；
- 水表上报给平台的数据及参数列表。

7.1.2 文件信息

技术文件应至少包含如下信息：

- 产品名称；
- 产品型号；
- 产品支持的协议版本（例如R13、R14）；
- 产品支持的频段（例如Band3、Band5、Band8）；
- 产品的传输能力等级（例如NB1）；

- f) 模组型号;
- g) 模组供应商;
- h) 核心芯片(芯片组)型号;
- i) 核心芯片(芯片组)供应商;
- j) 基带芯片型号;
- k) 基带芯片供应商;
- l) 射频芯片型号;
- m) 射频芯片供应商;
- n) 硬件版本;
- o) 软件版本;
- p) 供电方式;
- q) 天线类型及增益;
- r) 标称电压;
- s) 平台地址;
- t) 平台版本。

7.2 计量性能要求

7.2.1 物联网水表的流量特性

物联网水表的流量特性应按 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 和 Q_4 的数值确定。
物联网水表应按 Q_3 (m^3/h)的数值以及 Q_3/Q_1 的数值标识。
 Q_3 的数值应从表4中选取。

表4 Q_3 的数值

单位: m^3/h

1.0	1.6	2.5	4.0	6.3
10	16	25	40	63
100	160	250	400	630
1000	1600	2500	4000	6300

注: 该列数可以按此序列扩展到更大或更小的数值。

Q_3/Q_1 的数值应从表5中选取。

表5 Q_3/Q_1 的数值

40	50	63	80	100
125	160	200	250	315
400	500	630	800	1000

注1: 该列数可以按此序列扩展到更大或更小的数值。

注2: Q_3/Q_1 可以用 R 表示, 如R160表示 $Q_3/Q_1=160$ 。

比值 Q_2/Q_1 为1.6。

比值 Q_4/Q_3 为1.25。

7.2.2 准确度等级和最大允许误差

物联网水表的准确度等级分为1级和2级, 不同准确度等级的物联网水表在不同工作温度下的最大允许误差应符合表6的规定。

表6 物联网水表的允许误差

流量	低区	高区
----	----	----

流量		低区	高区	
		$Q_1 \leq Q < Q_2$	$Q_2 \leq Q \leq Q_3$	
工作温度/℃		$0.1 \leq T_w \leq 50$	$0.1 \leq T_w \leq 30$	$30 < T_w \leq 50$
最大允许误差	1级	±3%	±1%	±2%
	2级	±5%	±2%	±3%

如果物联网水表所以的示值误差符号相同,则至少其中一个示值误差应不超过最大允许误差的1/2。

7.3 密封性要求

新制造的物联网水表应能承受1.6MAP且持续1min的密封性试验,不发生渗漏、泄漏或损坏。

7.4 机电转换误差要求

基表为机械水表的物联网水表,电子示值应与机械主示值保持正确的对应关系,机电转换误差应符合表7的规定。

表7 物联网水表机电转换误差

机电转换方式	机电转换误差
实时转换式	不超过±1个脉冲当量
直读式	不超过±1个最小转换分度值

7.5 通信性能要求

7.5.1 物联网水表跨行业特性要求

7.5.1.1 可控实网环境下单表联通性要求

使用测试系统,应能构造出满足RSRP不低于-115dBm,SNR不低于-3dB的可控实网测试环境。在此环境下,单台物联网水表应能够成功进行数据上报。

7.5.1.2 可控实网环境下多表联通性要求

使用测试系统,应能构造出满足RSRP不低于-115dBm,SNR不低于-3dB的可控实网测试环境。在此环境下,控制10台物联网水表依次进行上报,10台物联网水表均应成功完成上报。

7.5.1.3 通信模块与计量数据单表匹配性要求

使用测试系统,应能构造出满足RSRP不低于-115dBm,SNR不低于-3dB的可控实网测试环境。在此环境下,控制物联网水表上报流量读数,表端读数与平台接收到的读数应一致。

7.5.2 物联网水表通信性能要求

7.5.2.1 物联网水表的通信抗干扰性要求

使用测试系统,选择测试信号干扰参数,应能构造出表端信号RSRP不低于-115dBm,SNR不低于-3dB的测试环境。在此环境下,控制10台物联网水表依次进行上报,10台物联网水表均应成功完成上报。

7.5.2.2 物联网水表单表最低联通性要求

使用测试系统,选择测试信号干扰参数,应能构造出表端信号RSRP为-135dBm的测试环境。在此环境下,控制单台物联网水表进行上报,物联网水表应能够成功进行数据上报。

7.5.2.3 可控实网环境下单表上报成功率要求

使用测试系统,选择测试信号干扰参数,应能构造出不同信号强度的测试环境。在不同信号强度下,控制单台物联网水表进行上报,确认上报成功率应符合表8要求。

表8 可控实网环境下单表上报成功率

RSRP/dBm	SNR/dB	业务上报次数	上报成功率/%
-105	> 7	2	100
-110	> 2	2	100
-115	>-3	2	100
-135	≤-5	2	50

7.5.2.4 物联网水表天线性能要求

天线工作频率应包含NB-IoT基站的发送信号频点。

天线在NB-IoT工作频带内的S11参数应小于等于-10 dB。

天线方向图应该具有水平全向性特点。

天线应牢固安装于水表内部，不发生晃动。

8 试验方法

8.1 密封性检查

将物联网水表单个或成批安装在水压强度试验装置上，先通水排除表内和试验装置管道内的空气，然后在水表静止状态下缓慢平稳地升高试验水压，直到1.6MAP，然后在该压力下保持1min并观察物联网水表，应无渗漏或损坏。保压期间应保证压力为静水压，避免压力冲击，流量应为零。

8.2 计量性能测试

物联网水表的示值误差测试方法主要参照 JJG 162-2019 中7.3.4。

8.3 机电转换误差测试

机电转换误差测试步骤如下：

- 通过摄像头获得被测物联网水表表端机械读数。
- 通过红外控制模块读取被测物联网水表表端电子记录读数。
- 判断被测物联网水表机电误差。

8.4 物联网水表跨行业特性测试

8.4.1 测试条件（单表红外控制）

待测物联网水表安置于测试支架固定位置，每个测试位置安装有独立的红外控制探头，可在测试进行中，在不影响测试信号环境的情况下，控制待测物联网水表的工作状态；使得各待测物联网水表的通信工况与测试流程互相匹配。

8.4.2 可控实网环境下单表联通测试

待测物联网水表在数据平台上完成信息注册后，放置于测试屏蔽箱内的测试位置进行流量通信融合测试。进行单表测试时，只能于屏蔽箱内放置一台待测水表，其余测试位置采用水管接通水路。

测试中的NB-IoT信号强度可通过测试软件界面输入，实现不同信号强度下的联通性测试。同时，测试结果也可在测试软件上读取，实现整体测试的流程闭环。

测试步骤如下：

- 待测物联网水表在数据平台注册。
- 安置待测物联网水表于指定单表测试位置。
- 打开夹具气阀，关闭屏蔽箱。
- 打开测试软件，输入待测物联网水表的ID号。
- 测试软件内选择测试信号参数（RSRP 不低于-115dBm，SNR 不低于-3dB），测试持续时间等参数设置。

- f) 点击开始测试。
- g) 获取测试结果（软件获取数据平台当次上报记录为当次上报成功），本地存储测试结果。

8.4.3 可控实网环境下多表联通测试

多台待测物联网水表在数据平台上完成信息注册后，放置于测试屏蔽箱内的测试位置进行流量通信融合测试。进行多表测试时，可同时测试数量为10台，需要把待测物联网水表依次放置于指定测试位置上进行测试。测试系统通过红外指令，依次控制每台物联网水表通信上报。

测试步骤如下：

- a) 多台待测物联网水表在数据平台注册。
- b) 安置待测物联网水表于指定多表测试位置。
- c) 打开夹具气阀，关闭屏蔽箱。
- d) 打开测试软件，依次输入多台待测物联网水表的 ID 号。
- e) 测试软件内选择测试信号参数（RSRP 不低于-115dBm，SNR 不低于-3dB），测试持续时间等参数设置。
- f) 点击开始测试，等待测试结果（软件获取数据平台当次上报记录为当次上报成功）。
- g) 获取测试结果，本地存储测试结果。

8.4.4 通信模块与计量数据单表匹配测试

物联网水表放置于测试系统内，可在设定的时间点触发水表通信上报，同时被测试装置记录下通信上报时间点的表端流量读数。

测试步骤如下：

- a) 待测物联网水表在数据平台注册。
- b) 安置待测物联网水表于指定单表测试位置。
- c) 打开夹具气阀，关闭屏蔽箱。
- d) 打开测试软件，输入待测物联网水表的 ID 号。
- e) 测试软件内选择测试信号参数（RSRP 不低于-115dBm，SNR 不低于-3dB）。
- f) 对比上报数据平台流量数据与表端上报时的流量读数。
- g) 判断测试结果（数据平台流量读数与表端流量读数相符（一定范围内），为测试通过）。

8.5 物联网水表通信性能测试

8.5.1 物联网水表的通信抗干扰测试

物联网水表的通信性能会受到具体安装位置信号质量（信号干扰因素）的极大影响，从而造成通信上报不成功的现象。为了在测试中模拟出可能出现的信号干扰情况，本测试方案具备了测试环境干扰影响可调可控的功能。

测试步骤如下：

- a) 待测物联网水表在数据平台注册。
- b) 安置待测物联网水表于指定单表测试位置。
- c) 打开夹具气阀，关闭屏蔽箱。
- d) 打开测试软件，输入待测物联网水表的 ID 号。
- e) 测试软件内选择测试信号干扰参数（水表终端信号 RSRP 不低于-115dBm，SNR 不低于-3dB）。
- f) 对比上报数据平台实际获取读数与表端上报次数。
- g) 判断测试结果（软件获取数据平台当次上报记录为当次上报成功）。

8.5.2 物联网水表单表最低联通测试（需基站参数匹配）

本测试系统可测试弱信号环境下，物联网水表的通信上报性能。

测试步骤如下：

- a) 待测物联网水表在数据平台注册。
- b) 安置待测物联网水表于指定单表测试位置。
- c) 打开夹具气阀，关闭屏蔽箱。

- d) 打开测试软件，输入待测物联网水表的 ID 号。
- e) 在软件内设置降低测试信号强度（使得水表 RSRP 为-135dBm）。
- f) 判断测试结果（水表可在 RSRP 为-135dBm 时上报数据，数据平台获取当次上报记录）。

8.5.3 可控实网环境下单表上报成功率测试

在不限整体测试时间的前提下，本测试方案还可统计物联网水表的在不同信号强度下的多次上报成功率。此测试结果可以体现出待测水表的通信稳定性。

测试步骤如下：

- a) 待测物联网水表在数据平台注册。
- b) 安置待测物联网水表于指定单表测试位置。
- c) 打开夹具气阀，关闭屏蔽箱。
- d) 打开测试软件，输入待测物联网水表的 ID 号。
- e) 测试软件内选择测试信号强度等参数（水表终端 RSRP 不低于-115dBm，SNR 不低于-3dB），设置上报次数。
- f) 点击开始测试。
- g) 判断测试结果（数据平台统计当前测试收到上报次数，并统计当前测试上报率）。

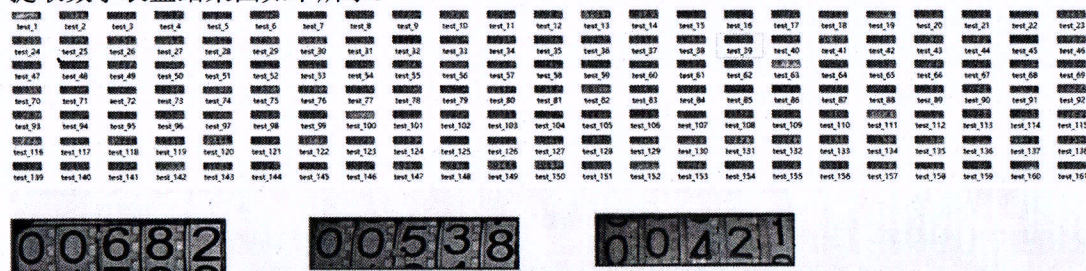
8.5.4 物联网水表天线性能测试（暗室测试）

当发现性能较差的物联网水表，建议可进一步采用暗室测试的方式，确定物联网水表的具体通信性能问题；如内置天线效率、方向图、模组解调性能等影响通信性能的因素。

附录 A (资料性) 物联网水表读数识别结果

A.1 提取数字表盘

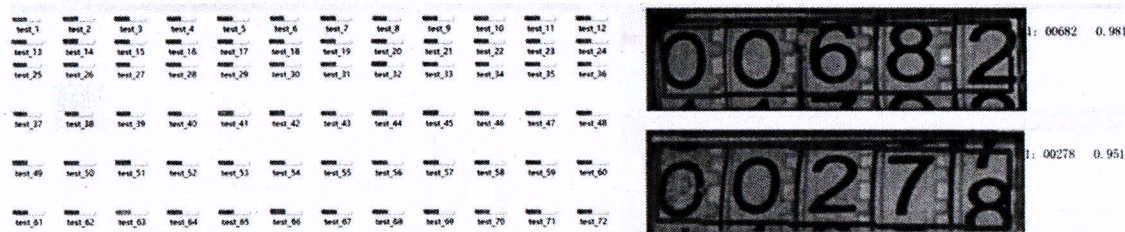
提取数字表盘结果图如下所示:



图A.1 提取数字表盘结果图

A.2 表盘数字识别

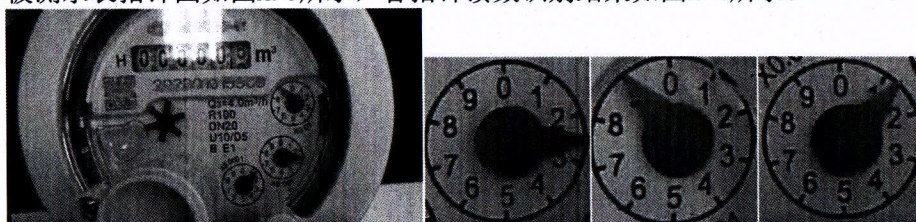
表盘数字识别结果图如下所示:



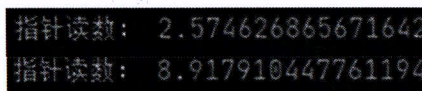
图A.2 表盘数字识别结果图

A.3 指针读数识别

被测水表指针图如图A.3所示,各指针读数识别结果如图A.4所示。



图A.3 被测水表指针图



图A.4 指针读数识别结果图

附录 B
(资料性)
NB-IoT 网络工作频段

国内NB-IoT网络的主要工作频段参见表B.1。

表B.1 NB-IoT 网络的工作频段

工作频段	上行频率	下行频率	运营商
3	1710 MHz~1785 MHz	1805 MHz~1880 MHz	中国联通
5	824 MHz~849 MHz	869 MHz~894 MHz	中国电信
8	880 MHz~915 MHz	925 MHz~960 MHz	中国移动、中国联通

参 考 文 献

- [1] Matz A P , Fernandez-Prieto J A , J Cañada-Bago, et al. A Systematic Analysis of Narrowband IoT Quality of Service[J]. Sensors, 2020, 20(6):1636
-