

ICS 65.060.99

CCS B07

团 体 标 准

T/CAAA XXXX-202X

穿戴式家畜行为监测设备标识与接入规范

Specification for identification and integration of wearable livestock behavior
monitoring devices

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

(注：征求意见时必须保留这句话。)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国畜牧业协会 发布

目录

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类	2
4.1 依据供电技术	2
4.2 依据家畜种类	3
4.3 依据身体接触程度	3
4.4 依据穿戴位置	3
4.5 依据产品形态	3
5 产品编码与标识	3
5.1 编码	3
5.2 标识	4
6 设备要求	4
6.1 设备基础性能	4
6.2 数据采集与管理	5
6.3 数据表示规范	5
7 设备接入	5
7.1 总体要求	5
7.2 直接接入	6
7.3 间接接入	7
7.4 第三方平台接入	8
7.5 接入安全要求	8
附录 A	9
附录 B	11

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。

本文件由中国畜牧业协会提出并归口。

本标准起草单位：北京市农林科学院信息技术研究中心、北京中农智联科技有限公司、杭州丰栏智能科技有限公司、中国农业大学、北京理工大学、安徽哈泰智能科技有限公司、内蒙古云养牛科技有限公司、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

本标准主要起草人：丁露雨，李奇峰，余礼根，白银生，陈昭辉，宋萍，叶健，乌日娜，刘刚，李卓，张成星，韩广才，马为红，李明宇，于沁杨，唐骏启，王旭，彭程，高荣华，赖成荣，孟蕊。

穿戴式家畜行为监测设备标识与接入规范

1 范围

本文件规定了穿戴式家畜行为监测设备的分类、标识、数据管理、设备接入的相关要求。本文件适用于有源及无源两类穿戴式家畜行为监测设备的研发、测试、管理和应用。

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，注日期的应用文件，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 2423.102	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法
GB/T 4208	外壳防护等级（IP代码）
GB/T 17969.1	信息技术 开放系统互连 OSI登记机构的操作规程 第1部分
GB/T 20138	电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级（IK代码）
GB/T 20563	动物射频识别 代码结构
GB/T 26231	信息技术 开放系统互连对象标识符（OID）的国家编号体系和操作规程
GB/T 37037	可穿戴产品数据规范
GB/T 37093	信息安全技术 物联网感知层接入通信网的安全要求
GB/T 38624.1	物联网 网关 第1部分：面向感知设备接入的网关技术要求
GB/T 38637.1	物联网 感知控制设备接入 第1部分：总体要求
GB/T 38637.2	物联网 感知控制设备接入 第2部分：数据管理要求
DG/T 219	奶牛行为监控设备
YD/T 3729	物联网终端原电池技术要求及测试方法
YD/T 6494	物联网通信端侧设备功耗测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

穿戴式家畜行为监测设备 Wearable livestock behavior monitoring device

采用传感器、物联网通信及有源/无源供电等技术，以侵入或非侵入方式附着或佩戴于家畜体表或体内，能够持续采集行为数据，并通过直接、间接或第三方平台接入方式传输数据，用于辅助实现个体识别、发情检测、健康监测等养殖管理功能的设备。

3.2

直接接入 Direct integration

指穿戴式家畜行为监测设备不经过中间设备中转，利用其自身的通信模组，通过网络协议直接与主体平台（如云平台、软件系统）建立连接和数据传输的接入方式。

3.3

间接接入 Indirect integration

指穿戴式家畜行为监测设备需先通过短距离通信技术将数据发送至中间设备（如物联网网关或中继器），再由该中间设备统一处理后转发至主体平台进行逻辑应用的接入方式。

3.4

第三方平台接入 Third-party platform integration

指穿戴式家畜行为监测设备通过规定的网络协议和数据格式，经直接或间接方式将数据传输至主体平台，并由该主体平台转发至独立于其自身的第三方平台进行逻辑应用的接入方式。

3.5

有源设备 Active device

指自带独立供电单元，能够自主完成数据采集、处理、存储或传输的穿戴式家畜行为监测设备。

3.6

无源设备 Passive device

指无内置工作电源，需依靠外部技术（如电磁感应、反向散射等）以实现标识识别或数据交互的穿戴式家畜行为监测设备。

3.7

数据帧 Data frame

为实现设备间数据交互，按照规定格式组织而成的结构化数据单元，包含标识、数据内容及校验等信息，用于监测数据、控制指令等信息的传输与识别。

3.8

数据包 Data packet

在数据通信网络中，按照通信协议封装，包含控制信息、地址信息、数据内容等，可在网络节点间独立传输的基本数据单元。

3.9

原电池 Primary battery

按不可充电设计，直接把化学能转变为电能的装置；可由一个或多个单体原电池构成。

3.10

循环寿命 Cycle life

指可充电电池，在规定的充放电条件下，电池容量衰减至初始容量70%时所经历的完整充放电循环次数。

3.11

生命周期覆盖能力 Lifecycle coverage capacity

指可充电电池的循环寿命与单次充电续航时间的乘积（单位：天），用于表征电池在正常使用条件下能够支撑设备连续工作的总天数。

4 分类

4.1 依据供电技术

依据供电技术，穿戴式家畜行为监测设备可分为有源设备与无源设备两类。

4.2 依据家畜种类

依据家畜种类，穿戴式家畜行为监测设备可分为：

- a) 牛用设备：监测牛的行为模式、位置、活动轨迹、活动量、体温、呼吸频率等信息进一步分析应用，如项圈、头套、智能耳标、脚环、尾根计；
- b) 羊用设备：监测羊的行为模式、位置、活动量及体温等信息进一步分析应用，如项圈、智能耳标；
- c) 猪用设备：监测猪的行为模式、活动量及体温等信息进一步分析应用，如智能耳标；
- d) 马用设备：监测马的行为模式、步态、位置、活动轨迹、活动量、体温、心率等信息后进一步分析应用，如胸带、头套、尾根计；
- e) 其他畜种用设备：用于其他未归入以上分类的畜种，监测行为信息并进一步分析应用。

4.3 依据身体接触程度

依据身体接触程度，穿戴式家畜行为监测设备可分为近身型、贴身型、植入型。

- a) 近身型：靠近家畜身体的穿戴设备，器件与家畜身体接触的紧密程度对监测结果影响较小，如项圈、脚环；
- b) 贴身型：需紧贴家畜身体的穿戴设备，器件与家畜身体接触的紧密程度对监测结果影响较大，部分器件甚至会穿透家畜耳朵、鼻镜、尾根等部位，如智能耳标、鼻环式监测器；
- c) 植入型：通过吞服、埋植或注射等方式植入到家畜体内或皮下的监测设备，器件完全位于家畜皮下、组织或腔体内部，如瘤胃胶囊、植入式活动检测仪；
- d) 其他：其他未归入以上分类的可能类型。

4.4 依据穿戴位置

依据家畜的穿戴位置，穿戴式家畜行为监测设备可分为：

- a) 头部设备：以头套、耳标等为外形，佩戴在家畜头部的设备；
- b) 颈部设备：以项圈、颈环等为外形，佩戴在家畜颈部的设备；
- c) 腿部设备：以脚环为外形，佩戴在家畜腿部的设备；
- d) 尾部设备：以尾环、尾根计等为外形，佩戴在家畜尾部的设备；
- e) 其他设备：其他未归入以上分类，佩戴在其他部位或适用于多个位置的设备。

4.5 依据产品形态

依据行业内通用产品形态分类，穿戴式家畜行为监测设备可分为耳标类、头套类、项圈/颈环类、脚环类、尾环类、胸带/马甲类等。

5 产品编码与标识

5.1 编码

穿戴式家畜行为监测设备应具有唯一且不可篡改的编码，以实现设备的个体识别和全生命周期追溯。无源设备产品编码结构应符合GB/T 20563的规定。有源设备编码依次由标识前缀码、厂商码、分类编码和产品码四部分组成，以空格分隔。其中：

- a) 标识前缀码为“1.2.156.20016.1”；
- b) 厂商码可依据GB/T 26231规定的要求进行注册管理；
- c) 分类编码依次由畜种码、身体接触程度码、穿戴位置码、产品形态码四部分组成，以“.”分隔。其中，家畜种类代码为1位数字，身体接触程度码为1位数字，穿戴

位置码为 1 位数字，产品形态码为 2 位数字，表 1 给出了分类编码的分配表：

- d) 产品码由厂商或研发机构自行分配，在符合 GB/T 17969.1 要求的前提下不限定长度和层级数。

表1 分类编码分配表

家畜种类代码	身体接触程度码	穿戴位置码	产品形态码
猪 (1)	近身型 (1) 贴身型 (2) 植入型 (3) 其他 (9)	头部 (1)	耳标类 (01)
牛 (2)		颈部 (2)	头套类 (02)
羊 (3)		腿部 (3)	项圈/颈环类 (03)
马 (4)		躯干 (4)	脚环类 (04)
其他 (9)		尾部 (5)	尾环类 (05)
		其他 (9)	胸带/马甲类 (06)
			其他 (99)

5.2 标识

穿戴式家畜行为监测设备应同时具备物理标识与电子标识，以识别设备自身。

5.2.1 物理标识

通过印刻或贴附的形式在设备表面标识编码，编码方式应符合本文件5.1的规定。标识有源设备时，可省略标识前缀码和厂商码。省略厂商码时，需标识厂商品牌或名称。

5.2.2 电子标识

电子标识存储于设备的电子存储器中，标识内容包括：

- a) 设备型号：设备型号名称编制规则应符合 DG/T 219 中 4.2.1 的规定；
- b) 设备序列号：设备的唯一标识，标识方法应符合本文件 5.1 的规定；
- c) 硬件版本号：标识当前硬件版本号，标识方法应符合 GB/T 37037 中 5.5 的规定；
- d) 固件版本号：标识当前固件版本号，标识方法应符合 GB/T 37037 中 5.6 的规定；
- e) 软件版本号：标识当前软件版本号，标识方法应符合 GB/T 37037 中 5.7 的规定。

6 设备要求

6.1 设备基础性能

设备基础性能应符合以下要求：

- a) 设备应具备满足实际场景使用的通信性能与环境适应性能；
- b) 设备的无线通信距离应满足实际部署要求，通信稳定可靠；
- c) 设备应支持家畜个体（或群体）自动身份识别或辅助编号，自动识别距离根据应用场景确定，短距离识别场景应小于 15 厘米以防串读，中距离识别场景应大于等于 50 厘米；
- d) 设备应满足养殖场常规环境条件，支持工作环境温度上限不高于 60℃，下限不低于 -30℃，相对湿度 15%~99%之间，测试方法应符合 GB/T 2423.102；
- e) 设备的防水、防尘性能等级应不低于 IP65，测试方法应符合 GB/T 4208；
- f) 设备应具备防撞击性能，其外壳抗机械冲击等级应不低于 IK08，测试方法应符合 GB/T 20138 的规定，试验后设备结构应无损坏，功能及数据传输应正常；
- g) 有源设备电池的容量或生命周期覆盖能力应不低于对应畜种养殖的典型生命周期，

其中：原电池的容量测试方法应符合 YD/T 3729 中 5.1.4 的规定；可充电锂电池的生命周期覆盖能力（按附录 A 测得的循环寿命与按附录 B 测得的单次充电续航时间的乘积计算）应满足前述要求。

6.2 数据采集与管理

- a) 应支持对数据进行自动、连续的采集或基于时间点的定时采集；
- b) 应支持在线采集或离线采集，在线采集时应具备采集时间自动校准功能；
- c) 应支持触发式数据采集方式，并标识数据采集时间；
- d) 应使用东八区（UTC+8/GMT+8）表示、同步、设置设备时间，采用 YYYY-MM-DD HH:MM:SS 的数据格式；
- e) 应支持设备工作状态采集及设备参数查询；
- f) 应支持异常数据的清洗、剔除与校验，确保原始数据的真实性、完整性与可用性；
- g) 数据管理性能总体要求应符合 GB/T 38637.2 和 GB/T 37037。

6.3 数据表示

应用服务中使用的数据元应符合 GB/T 37037 的要求。

7 设备接入

7.1 总体要求

穿戴式家畜行为监测设备接入方式见图1，总体上应遵循 GB/T 38637.1 中 5 的要求。除直接接入或间接接入，行为监测设备同时还应支持接入第三方平台。

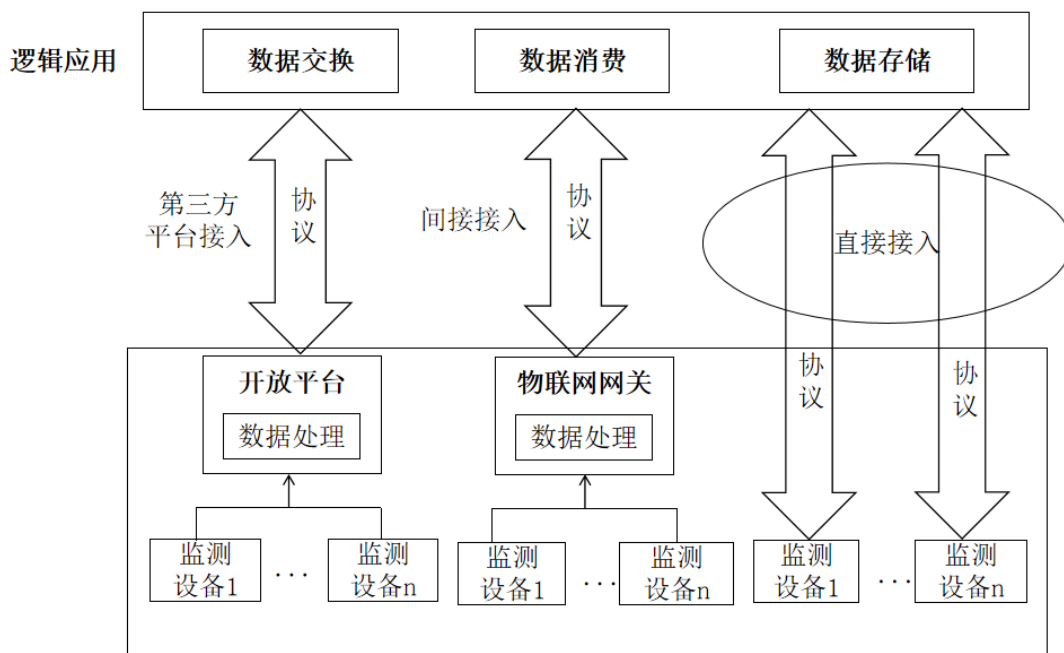


图1 穿戴式家畜行为监测设备接入方式

7.2 直接接入

直接接入一般要求按照 GB/T 38637.1 中 7 执行。其中，接口协议数据结构还应满足以下要求：

7.2.1 数据帧组成

接口协议数据帧的组成结构应符合图2的规定。

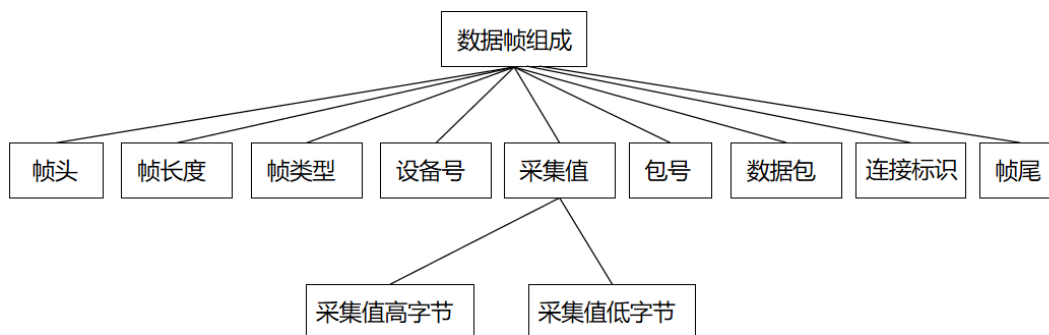


图2 数据帧组成

7.2.2 数据帧传输格式

数据帧的传输格式应符合以下要求：

- 帧头、帧尾、帧长度、设备号、包号、连接标识等控制字段，应采用明码传输；
- 采集值、数据包等数据字段，按十六进制（HEX）格式进行传输；
- 数据帧的字节顺序（大小端）应统一约定，避免解析错误；
- 各字段的字节长度、取值范围及编码方式，应给出明确定义。

7.2.3 字节序约定

所有多字节字段（如帧长度、设备号、采集值）宜采用大端格式传输，即高字节在前，低字节在后。

7.2.4 长度计算规则

帧长度字段表示从“帧类型”到“帧尾低字节”的总字节数，用于接收端校验帧完整性。

7.2.5 校验方式

帧尾字段可包含CRC-16等校验和，校验范围为帧头至连接标识字段。

7.2.6 数据包结构

数据包的结构、长度及编码格式应满足以下要求：

- a) 数据包长度应根据实际采集数据量确定，并在帧长度字段中完整体现；
- b) 数据包应采用十六进制（HEX）格式传输；
- c) 数据包内容应清晰、完整，不得出现残缺、乱序或冗余无效数据；
- d) 数据包应具备可解析性；
- e) 当无有效业务数据时，数据包字段可置空，其长度记为0。

7.3 间接接入

穿戴式家畜行为监测设备通过网关、中继设备等中间节点间接接入平台时，应符合GB/T 38624.1的规定，一般要求应按照GB/T 38637.1 中6执行。

7.3.1 设备与中间节点之间的通信

可采用LoRa/LoRaWAN、Wi-Fi、UWB、蓝牙（BLE）等技术，各技术应满足以下要求：

- a) 采用 LoRa 技术时，设备与网关间物理层通信应符合 LoRa 技术规范，网关与平台间可采用 LoRaWAN 协议，数据帧应封装在 LoRaWAN 的 payload 字段中；
- b) 采用 Wi-Fi 技术时，应符合 IEEE 802.11 系列标准，数据可通过 TCP/IP 协议栈，以 MQTT、HTTP/HTTPS 或 UDP 协议传输，业务数据帧作为应用层载荷；
- c) 采用 UWB 技术时，应符合 IEEE 802.15.4 系列标准；
- d) 采用蓝牙（BLE）技术时，应符合蓝牙技术联盟规范，BLE 设备可通过 GATT 服务与特征值传输数据，业务数据帧写入对应特征值中。

7.3.2 中间节点与平台之间通信

中间节点与平台之间的数据交互，宜采用MQTT、HTTP/HTTPS等协议、JSON格式，具体要求如下：

- a) JSON 数据应包含设备标识、采集时间、业务数据、状态信息等必要字段，确保数据完整可解析；
- b) JSON 格式应符合 RFC 8259 规范，字段名、数据类型应统一约定，避免歧义；
- c) 业务数据帧内容，应作为 JSON 对象的属性值进行承载；
- d) 当传输多设备或多测点数据时，应采用 JSON 数组格式封装，每条数据对应一个设备或测点；
- e) JSON 数据的编码应采用 UTF-8，时间戳应采用 ISO 8601 格式或 Unix 时间戳格式。

7.3.3 文件格式要求

间接接入方式下，设备应能提供完整的数据传输记录、日志或配置文件，用于数据追溯与问题排查。

文件类型包括数据文件和系统文件两类，其中数据文件宜采用.csv格式，系统文件（如配置文件、日志文件）宜采用.txt格式。

7.4 第三方平台接入

监测设备第三方平台接入宜采用MQTT或HTTPS协议、JSON格式，基本要求如下：

- a) 应具备实现指令及信息交互功能，包括但不限于：数据采集上传、指令接收和消息发送等功能。
- b) 应开放相关查询接口，查询内容包括但不限于：终端名称、设备型号、设备状态、接入方式、品牌、厂商等内容。
- c) 应开放设备管理接口，应支持应用平台向其设备下发指令。

7.5 接入安全要求

接入系统安全技术要求应符合GB/T 37093。

7.5.1 网络接入认证

- a) 监测设备应在接入网络中具有唯一的网络身份标识，可采用设备ID或序列号；
- b) 监测设备能向接入网络证明其网络身份，鉴别机制及鉴别失败处理方法应符合GB/T 37093中6.1.2。

7.5.2 网络访问控制

监测设备应禁用闲置的通信端口，访问控制按照GB/T 37093中6.1.3执行。

7.6 协议适配

按照GB/T 38637.1中9执行。

附录 A

(规范性)

循环寿命试验方法

A.1 试验条件

穿戴式家畜行为监测设备的可充电锂电池循环寿命的试验应在温度为 $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中进行，相对湿度为25%~85%。可根据需要增设附加试验条件，模拟畜体穿戴环境时，温度为 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；模拟低温工作环境时，温度为 $-20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

A.2 试验仪器

试验用仪器应符合以下要求：

- a) 电压、电流和温度测量仪表的准确度等级不低于 0.5 级；
- b) 恒流恒压源电流稳定度不低于 $\pm 1\%$ 。

A.3 试验方法

A.3.1 试验方法选择

循环寿命试验可采用以下任一方法：

- a) 实际工况测试（方法一），即采用设备典型工作电流 I_w 进行测试；
- b) 加速等效测试（方法二），即采用 1C 倍率电流进行测试，其中 C 为电池额定容量。

A.3.2 放电电流确定

- a) 采用方法一的试验方法时，放电电流 I_w 应为设备在典型工作状态下的平均工作电流，包括数据采集、无线通信、待机等状态的综合电流值，单位为毫安（mA），制造商应明示 I_w 的确定方法或将设备置于典型工作状态下实测；
- b) 采用方法二的试验方法时，放电电流采用 1C 倍率电流（以下简称 I_{1C} ），其数值等于电池额定容量 C。

A.3.3 充电方法

若制造商未提供专用充电方法，按以下方法充电：

- a) 充电前，电池按 A.3.2 确定的放电电流（ I_w 或 I_{1C} ）恒流放电至终止电压；
- b) 在 $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 环境中，以 0.5 倍放电电流（ $0.5I_w$ 或 $0.5I_{1C}$ ）进行恒流充电，直至电池端电压达到充电限制电压；
- c) 转为恒压充电，直至充电电流降至 0.05 倍放电电流（ $0.05I_w$ 或 $0.05I_{1C}$ ），停止充电；
- d) 充电总时长：方法一不应超过 8 小时，方法二不应超过 3 小时。

A.3.4 循环寿命测试步骤

- a) 按 A.3.3 规定的方法将电池充满电，搁置 0.5 小时（方法二可缩短至 15 分钟）；
- b) 以 A.3.3 确定的放电电流（ I_w 或 I_{IC} ）恒流放电至制造商规定的放电终止电压，记录放电时间，按公式（A.1）计算放电容量；
- c) 搁置 0.5 小时（方法二可缩短至 15 分钟）；
- d) 重复步骤 a) ~ c)，进行下一个充放电循环；
- e) 当连续两次放电容量均低于初始容量的 70%（或制造商明示的衰减阈值）时，终止测试。

A.3.5 放电容量计算

每次循环的放电容量按公式（A.1）计算：

$$C_i = I \times t_i \quad (\text{A.1})$$

式中：

- C_i ——第 i 次循环的放电容量，单位为毫安时（mAh）；
- I ——实际采用的放电电流（ I_w 或 I_{IC} ），单位为毫安（mA）；
- t_i ——第 i 次循环的实际放电时间，单位为小时（h）。

初始容量为首次循环（至少经过 3 次预循环稳定后）记录的放电容量，通常取第 3 次循环的测试值。

A.4 试验结果

累计完成的充放电循环次数即为该电池在所选试验方法下的循环寿命，以“次”为单位，结果应精确至整数位。采用方法二（加速等效测试）的，制造商应提供加速系数与实际工况寿命的折算关系，并附验证数据。折算关系不作为本标准符合性判定的强制要求，但应在产品说明书中明示。

A.5 测试报告

测试报告应至少包括以下内容：

- a) 电池型号、标称容量、标称电压；
- b) 所采用的试验方法（实际工况测试/方法一或加速等效测试/方法二）；
- c) 测试环境温度（23℃或 40℃，如适用）；
- d) 实际采用的放电电流值（如为实际工况测试，注明 I_w 的确定方法及数值；如为加速等效测试，注明为 1C 及对应电流值）；
- e) 采用的衰减阈值（70%或其他明示值）；
- f) 各次循环的放电容量记录表或容量衰减曲线；
- g) 最终循环寿命测试结果（次数）。

附录 B

(规范性)

单次充电续航时间试验方法

B.1 概述

本附录规定了穿戴式家畜行为监测设备的可充电锂电池单次充电续航时间的试验方法。续航时间指设备在典型工作状态下，从满电状态运行至电量耗尽（或电压降至截止电压）的连续工作时间。本试验方法采用算法作为标准方法，以实测法为验证方法。当算法与实测法结果存在差异时，以实测法为准。

B.2 试验条件

试验应在温度为 $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为25%~85%的环境中进行。可根据需要增设附加试验条件，模拟畜体穿戴环境时，温度为 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；模拟低温工作环境时，温度为 $-20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

B.3 试验仪器

试验用仪器应符合以下要求：

- a) 电压、电流和温度测量仪表的准确度等级不低于 0.5 级；
- b) 恒流恒压源电流稳定度不低于 $\pm 1\%$ ；
- c) 数据采集系统应能连续记录电压、电流、温度等参数，采样频率不低于 1 赫兹。

B.4 试验方法

B.4.1 试验方法选择

续航时间试验应采用算法（方法一）作为标准方法，制造商可采用实测法（方法二）进行验证。

B.4.2 算法（标准方法）

B.4.2.1 电池容量测试

按附录A规定的方法测量电池的实际容量C，单位为毫安时（mAh）。测试前，电池应至少经过3次充放电预循环以稳定性能。

B.4.2.2 平均功耗电流测试

按 YD/T 6494规定的方法，测量设备在典型工作状态下的功耗电流。典型工作状态应至少包括以下工况：

- a) 数据采集状态（按制造商规定的采集频率）；
- b) 无线通信状态（按制造商规定的上报间隔）；

- c) 待机状态（如有）；
- d) 休眠/深度休眠状态（如有）。

制造商应在测试报告中明示各工作状态的电流值、时间占比及平均功耗电流的计算过程，平均功耗电流 I_{avg} （单位：毫安，mA）应按公式B.1计算：

$$I_{avg} = \frac{\sum(I_i \times t_i)}{T_{cycle}} \quad (\text{B.1})$$

式中：

- I_i ——第 i 种工作状态下的电流，单位为毫安时（mAh）；
- t_i ——第 i 种工作状态在一个完整工作周期内的持续时间，单位为小时（h）；
- T_{cycle} ——一个完整工作周期的总时间，单位为小时（h）。

B.4.2.3 续航时间计算

续航时间按公式B.2计算，可根据需要按24 h/d转换为天数（d），精确至0.1 d。

$$T = \frac{C}{I_{avg}} \quad (\text{B.2})$$

式中：

- T ——续航时间，单位为小时（h）；
- C ——电池实际容量，单位为毫安时（mAh）；
- I_{avg} ——平均功耗电流，单位为毫安（mA）。

B.4.3 实测法（验证方法）

需将设备充满电后，置于模拟典型工作状态的运行环境中连续工作，直至设备因电量耗尽自动关机或电压降至制造商规定的截止电压，记录运行时间。测试要求如下：

- a) 测试前设备应处于满电状态，并静置 30 分钟；
- b) 测试过程中设备应按制造商规定的典型工作模式运行（包括采集频率、上报间隔等）；
- c) 测试环境温度应符合 B.2 的规定；
- d) 当设备出现以下任一情况时，判定为电量耗尽：设备自动关机且无法重启；电池电压降至制造商规定的放电终止电压；设备连续 5 min 无法响应正常操作指令；
- e) 应至少测试 3 个样本，取算术平均值作为最终结果。

B.5 试验结果

续航时间按以“天（d）”为单位的方式表达，精确至0.1d，并明示续航时间的测试条件，包括采集频率、数据上传/上报时间间隔、测试环境温度、工作模式描述。采用实测法的，还应明示测试样本数量。

B.6 测试报告

测试报告应至少包括以下内容：

- a) 设备名称、型号、硬件版本、软件版本；
- b) 电池型号、标称容量、标称电压；

- c) 所采用的试验方法（算法或实测法）；
 - d) 试验环境温度（23°C或 40°C，如适用）；
 - e) 算法应提供：电池实测容量值、各工作状态的电流及时间占比、平均功耗电流计算过程、计算结果；
 - f) 实测法应提供：各样本实测续航时间、平均续航时间及标准差、电量耗尽判定依据；
 - g) 试验结果。
-