

团 体 标 准

T/B10T XXXX—XXXX

矿山用物联网数据融合技术要求

Technical requirements for data fusion in iot for mining applications

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。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

北京物联网智能技术应用协会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 总体要求	2
5.1 基本架构	2
5.2 功能要求	2
5.3 性能指标	2
6 技术要求	2
6.1 数据采集	2
6.2 数据传输	3
6.3 数据处理	3
6.4 数据存储	3
7 数据安全要求	3
7.1 基本要求	3
7.2 数据加密	4
7.3 访问控制	4
7.4 数据完整性	4
7.5 安全审计	5
附 录 A（资料性） 矿山物联网数据融合实施案例	6
参 考 文 献	7

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。

本文件由北京物联网智能技术应用协会提出并归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

本文件为首次发布。



引 言

随着物联网技术在矿山行业的深入应用，矿山生产过程中产生的数据呈现爆炸式增长，包括设备运行数据、环境监测数据、人员定位数据等多种类型。这些数据具有多源异构、实时性强、体量庞大等特点，传统的数据处理方式已难以满足矿山智能化发展的需求。GB/T 34679 和 GB/T 38669 等标准的实施为矿山物联网建设提供了基础框架，但在数据融合层面仍缺乏统一的技术规范。

当前矿山物联网数据融合面临的主要问题包括：数据标准不统一导致系统间难以互联互通；多源数据时空基准不一致影响分析准确性；海量数据处理效率低下制约实时决策能力；数据安全风险加剧影响系统可靠性。这些问题严重制约了矿山物联网系统整体效能的发挥，亟应通过标准化手段予以解决。

本文件参考 GB/T 34679、GB/T 38669 和 GB/T 22239 等技术标准，规定了矿山用物联网数据融合的技术要求，包括数据采集、传输、处理、存储等全流程技术规范。重点解决多源异构数据的标准化接入、时空对齐、特征提取、关联分析等关键技术问题，建立统一的数据融合技术体系。

本文件主要适用于矿山企业的物联网系统建设与运维人员、智能矿山解决方案提供商、矿山安全监管机构等。通过实施本文件规定的技术要求，相关方可实现矿山物联网系统的标准化数据融合，为安全生产决策提供可靠的数据支撑。

本文件的实施将产生显著效益：通过统一数据标准可大幅降低系统集成成本，提升多源数据融合效率，增强数据分析准确性；同时通过规范化的数据安全措施，可将数据泄露风险降低至行业标准要求范围内。这些效益将直接推动矿山行业向数字化、智能化方向转型升级。

矿山用物联网数据融合技术要求

1 范围

本文件规定了矿山用物联网数据融合技术的总体要求、技术要求以及数据安全要求。

本文件适用于矿山生产环境中物联网系统的设计、建设、运维及数据融合应用，包括但不限于煤矿、金属矿、非金属矿等各类矿山场景。

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 34679 智慧矿山信息系统通用技术规范
- GB/T 38669 物联网 矿山产线智能监控系统总体技术要求
- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数据融合 data fusion

集成多个数据源以产生比任何单独的数据源更有价值信息的过程。

[来源：GB/T 36625.1—2018，3.1]

3.2

物联网 internet of things; IoT

通过感知设备，按照约定协议，连接物、人、系统和信息资源，实现对物理和虚拟世界的信息进行处理并作出反应的智能服务系统。

注：物即物理实体。

[来源：GB/T 33745—2017，2.1.1]

3.3

数据安全 data security

通过管理和技术措施，确保数据有效保护和合规使用的状态。

[来源：GB/T 37988—2019，3.1]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AES：高级加密标准（Advanced Encryption Standard）

HMAC：密钥相关的哈希运算消息认证码（Hash-based Message Authentication Code）

JSON：JavaScript 对象表示法（JavaScript Object Notation）

SM2：SM2 椭圆曲线公钥密码算法

SM4：SM4 分组密码算法

TLS：传输层安全协议（Transport Layer Security）

XML：可扩展标记语言（Extensible Markup Language）

5 总体要求

5.1 基本架构

5.1.1 矿山用物联网数据融合系统的基本架构应遵循分层设计原则，采用感知层、网络层、平台层和应用层的四层架构模式：

- a) 感知层：负责各类传感数据的采集，包括环境参数、设备状态、人员位置等；
- b) 网络层：实现数据的可靠传输，支持有线与无线混合组网；
- c) 平台层：提供数据存储、处理和分析能力；
- d) 应用层：面向矿山生产管理、安全监控等业务场景提供数据服务。

5.1.2 系统架构设计应符合 GB/T 34679 中关于智慧矿山信息系统架构的要求，确保与现有矿山信息化系统的兼容性。

5.1.3 网络层应采用工业级通信设备，在矿山恶劣环境下应能够可靠传输。平台层应具备分布式计算能力，支持大规模数据的实时处理。矿山物联网数据融合实施案例见附录 A。

5.2 功能要求

矿山物联网数据融合系统应具备以下基本功能：

- a) 数据采集：支持多源异构数据的接入，包括传感器数据、视频监控数据和定位数据等；
- b) 数据传输：确保数据的实时性和可靠性，支持断点续传和异常报警；
- c) 数据处理：包括数据清洗、格式转换、特征提取和关联分析等，满足不同业务场景的数据需求；
- d) 数据存储：支持结构化数据和非结构化数据的长期保存，具备数据备份和恢复机制；
- e) 可视化展示：提供直观的数据呈现方式，支持多终端访问。

5.3 性能指标

矿山物联网数据融合系统的性能指标应满足矿山安全生产和智能化管理的需求，要求如下：

- a) 系统容量：支持至少 10000 个终端设备的接入；
- b) 处理延迟：数据处理延迟 ≤ 1 s；
- c) 采集精度：环境参数监测误差 $\leq \pm 2\%$ ；
- d) 可用性：全年系统可用性 $\geq 99.9\%$ ；
- e) 存储能力：满足矿山 3 年以上的数据保存需求，支持按时间、类型等条件进行快速检索；
- f) 扩展性：支持硬件和软件的平滑升级。

矿山物联网数据融合系统性能指标见表 1。

表 1 矿山物联网数据融合系统性能指标

性能参数	指标要求	测试方法
系统容量	≥ 10000 终端	压力测试
数据处理延迟	≤ 1 s	端到端测试
数据采集精度	误差 $\leq \pm 2\%$	统计分析
系统可用性	$\geq 99.9\%$	运行统计
存储容量	≥ 3 年数据	存储设备检测

6 技术要求

6.1 数据采集

6.1.1 传感数据

传感器数据采集主要涉及矿山生产环境、设备状态等关键参数的监测。传感数据采集要求如下：

- a) 应符合 GB/T 38669 的规定；
- b) 采集频率应根据不同监测对象的特点确定，关键参数采集频率 ≥ 1 次/s；
- c) 传感器精度应满足实际应用需求，一般 ≥ 0.5 级；
- d) 传感器应具备自动校准功能，确保数据准确性；

e) 传感器网络应具备自组网能力，确保数据传输的可靠性。

6.1.2 音视频数据

音视频采集主要用于矿山安全监控和生产过程可视化。音视频数据采集要求如下：

- a) 用于设备监控的实时视频输出分辨率应不低于 1280 像素×720 像素；
- b) 用于人员监测的实时视频应具备入侵检测功能，宜具备人脸识别功能；
- c) 用于物料监测的实时视频输出分辨率宜不低于 1920 像素×1080 像素（1080P）；
- d) 帧率≥25 fps；
- e) 音频采样率≥44.1 kHz；
- f) 设备应具备低照度环境下的成像能力，最低照度≤0.01 lux；
- g) 设备应具备防尘防水功能，防护等级≥IP67。

6.1.3 位置数据

位置数据采集主要用于人员定位和设备跟踪。位置数据采集要求如下：

- a) 应符合 GB/T 38669 位置数据采集的规定；
- b) 定位精度在室内环境下≥1 m，在巷道环境下≥3 m；
- c) 定位系统应支持至少 1000 个终端同时在线；
- d) 位置数据更新频率≥1 次/s；
- e) 系统应具备抗多径干扰能力，在复杂巷道环境下定位应准确。

6.2 数据传输

矿山物联网数据传输应满足以下技术要求：

- a) 传输网络应具备高可靠性，网络可用性≥99.9%；
- b) 传输延迟应控制在合理范围内，端到端延迟≤500 ms；
- c) 传输协议应支持多种数据类型，包括结构化数据和非结构化数据；
- d) 传输过程应采取加密措施，确保数据安全性；
- e) 网络应具备自愈能力，单点故障恢复时间≤30 s；

6.3 数据处理

数据处理主要包括数据清洗、数据转换和数据融合三个步骤。数据处理应满足以下技术要求：

- a) 数据清洗：应能识别并处理异常值、缺失值和重复值，数据清洗准确率≥99%；
- b) 数据转换：应支持多种数据格式的转换，包括 JSON、XML 和二进制格式；
- c) 数据融合：应采用多源异构数据融合算法，融合准确率≥95%；
- d) 实时处理：处理系统应具备实时处理能力，单条数据处理时间≤100 ms。
- e) 时空对齐：应建立统一的时间和空间基准，实现多源数据的时空配准，时空对齐精度应达到时间同步误差≤1 ms。

6.4 数据存储

矿山物联网数据存储应满足以下技术要求：

- a) 存储系统应支持结构化数据和非结构化数据的混合存储；
- b) 原始数据存储时间≥3 y，关键数据存储时间≥5 y；
- c) 视频/图像数据的存储深度宜大于 30 天，非视频/图像数据的存储深度应大于 730 天；
- d) 存储系统应具备数据备份功能，每日至少进行一次全量备份；
- e) 存储系统应支持快速检索，单表千万级数据查询响应时间≤1 s；
- f) 存储系统应具备数据加密功能，确保存储数据的安全性。

7 数据安全要求

7.1 基本要求

7.1.1 数据融合过程中的安全要求应符合 GB/T 34679、GB/T 38669 和 GB/T 22239 的相关规定。

7.1.2 矿山物联网数据融合系统应建立完善的安全管理体系，包括安全策略制定、安全风险评估、安全事件处置等环节。

7.1.3 系统应具备实时监测和预警能力，能够及时发现并处理安全威胁。对于涉及安全生产的关键数据，应采用多重备份机制。

7.1.4 系统应按照GB/T 22239的要求，根据系统重要性确定安全保护等级，第三级及以上系统应通过等级保护测评。

7.2 数据加密

矿山物联网数据融合系统数据加密应符合下列要求：

- 对于传感数据、音视频数据和位置数据等不同类型的数 据，应根据其敏感程度和安全等级采用相应的加密算法；
- 敏感数据应采用加密算法，非敏感数据可采用轻量级加密算法以降低系统开销；
- 传输过程中的数据，宜使用 TLS 1.2 及以上版本协议进行加密传输；
- 存储在数据库中的数据，应采用透明数据加密技术；
- 加密密钥管理应包括密钥生成、存储、分发、更新和销毁等环节；
- 系统应实现密钥的自动轮换机制，密钥轮换周期不应 > 90 d。

数据加密算法及适用场景见表 2。

表 2 数据加密算法及适用场景

数据类型	加密算法	密钥长度	适用场景
传感数据	--	--	井下环境监测数据
音视频数据	SM4	128 位	井下视频监控
位置数据	--	--	人员定位信息
控制指令	SM2	256 位	设备远程控制

7.3 访问控制

矿山物联网数据融合系统访问控制应符合下列要求：

- 应建立基于角色的访问控制机制，实现不同级别用户对数据的分级访问；
 - 系统访问控制应包括身份认证、权限分配和操作审计等功能；
 - 系统应采用多因素认证方式，至少包含密码认证和动态令牌两种认证因素；
 - 对于高危操作，如数据删除、系统配置修改等，应增加生物特征认证或审批流程；
 - 访问控制策略应实现最小权限原则，确保用户仅能访问其职责范围内的数据；
- 用户角色及权限分配见表 3。

表 3 用户角色及权限分配

角色类型	数据访问权限	操作权限	认证方式
系统管理员	全部数据	系统配置、用户管理	密码+动态令牌+指纹
安全管理员	安全相关数据	安全策略配置	密码+动态令牌
数据分析师	业务相关数据	数据分析、报表生成	密码+短信验证
操作员	业务相关数据	日常操作	密码+短信验证
普通用户	授权数据	查询操作	密码认证

7.4 数据完整性

矿山物联网数据融合系统应确保数据在采集、传输、处理和存储过程中的完整性，并符合下列要求：

- 系统应采用数字签名技术对关键数据进行完整性保护，签名算法应符合国家密码管理要求；
 - 对于传感数据，应实现从采集端到应用端的全程完整性校验；
 - 系统应建立数据完整性监测机制，定期对存储数据进行校验；
 - 当检测到数据异常时，应能自动触发数据恢复流程；
 - 数据备份策略应满足业务连续性要求，重要数据应实现异地容灾备份；
 - 数据完整性保护措施应覆盖数据的全生命周期，包括创建、修改、传输、存储和销毁等环节；
- 数据完整性保护措施见表 4。

表 4 数据完整性保护措施

数据类别	完整性校验方式	校验频率	异常处理机制
实时传感数据	HMAC-SHA256	每次传输	实时报警并重传
历史数据	数字签名	每日一次	自动修复或人工介入
配置数据	CRC32 校验	每次修改	版本回滚
日志数据	哈希校验	每周一次	隔离异常数据
备份数据	MD 5 校验	每月一次	重新备份

7.5 安全审计

7.5.1 系统应具备完善的安全审计功能，记录所有关键操作和安全事件。

7.5.2 审计日志应包括用户身份、操作时间、操作类型、操作对象、操作结果等信息，日志保存时间 ≥ 6 个月。

7.5.3 审计日志应加密存储，防止篡改和删除。

7.5.4 系统应支持实时审计分析，对异常行为进行预警。

附录 A
(资料性)
矿山物联网数据融合实施案例

A.1 案例背景与系统架构

本案例以某大型煤矿企业为实施对象，该矿山采用物联网技术实现生产环境监测、设备状态监控和人员定位等功能。系统架构包括感知层、网络层和应用层。感知层部署了温度、湿度、瓦斯浓度等环境传感器，以及设备振动、电流等状态监测传感器，共计 1200 余个数据采集点。

网络层采用工业环网与 5G 混合组网方式，主干网络带宽达到 10Gbps。应用层部署数据融合平台，实现多源异构数据的统一处理与分析，日均处理数据量超过 2TB。系统建设周期为 18 个月，覆盖矿区面积 12 平方公里。

矿山物联网系统主要设备配置见表 A.1。

表 A.1 矿山物联网系统主要设备配置

设备类型	技术参数	部署数量	数据采集频率
环境传感器	测量精度±0.5%FS	320	1次/min
设备状态传感器	采样率10kHz	450	1次/s
定位基站	定位精度±0.5 m	28	连续采集
边缘计算节点	处理能力16核/64GB	15	实时处理

A.2 数据融合实施过程

数据融合实施分为四个阶段：数据预处理阶段采用卡尔曼滤波算法对传感器原始数据进行去噪处理，异常数据识别准确率达到 98.7%；特征提取阶段通过小波变换提取设备振动信号的时频特征，特征维度从原始数据 1024 点降至 32 维；数据关联阶段建立时空索引模型，实现环境数据与设备状态的自动关联，关联成功率超过 95%；决策支持阶段采用深度学习算法进行设备故障预测，预测准确率达到 89.3%。

实施过程中遇到的主要技术难点包括多源数据时间同步问题、异构数据格式统一问题以及海量数据实时处理问题。通过引入高精度时钟同步协议、制定统一的数据编码规范以及采用分布式流处理框架，这些问题均得到有效解决。整个系统的数据融合延迟控制在 200 ms 以内，满足矿山安全生产的实时性要求。

A.3 实施效果评估

系统实施后，矿山安全生产指标显著提升：设备故障预警时间从平均 4 h 缩短至 30 min，重大安全事故发生率降低 72%；生产效率提高 15%，主要得益于设备状态实时监控带来的预防性维护能力提升；能源消耗降低 8.5%，通过环境数据与设备运行数据的融合分析实现了用能优化。

经济效益方面，系统建设总投资 3200 万元，年均可产生直接经济效益约 1800 万元，投资回收期 2.1 年。间接效益包括减少安全事故损失约 500 万元/年，降低设备维修成本约 300 万元/年。该系统已成为国内矿山物联网建设的标杆案例，其数据融合技术方案被推广应用于 3 个同类矿山项目。

系统实施前后关键指标对比见表 A.2。

表 A.2 系统实施前后关键指标对比

指标名称	实施前	实施后	提升幅度
设备故障响应时间	4 h	30 min	87.5%
安全事故发生率	2.3 次/月	0.65 次/月	72%
生产效率	100%基准	115%	15%
能源消耗		91.5%	8.5%

参 考 文 献

- [1] GB/T 20988—2007 信息安全技术 信息系统灾难恢复规范
- [2] GB/T 25070—2019 信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求
- [3] GB/T 28448—2019 信息安全技术 网络安全等级保护测评要求
- [4] GB/T 33745—2017 物联网 术语
- [5] GB/T 36625.1—2018 智慧城市 数据融合 第1部分：概念模型
- [6] GB/T 37988—2019 信息安全技术 数据安全能力成熟度模型

