

附件7

《环境空气质量自动监测系统数据采集、传输技术规范（征求意见稿）》

编制说明

《环境空气质量自动监测系统数据采集、传输技术规范》

标准编制组

二〇二五年八月

项目名称：环境空气质量自动监测系统数据采集、传输技术规范

项目统一编号：2017-18

承担单位：中国环境监测总站、北京市生态环境监测中心

编制组主要成员：刘明元、柴文轩、李婧妍、杨子成、李海军、李静

云、王强、孟晓艳

中国环境监测总站技术管理负责人：赵瑞峰

生态环境监测司项目负责人：仇鹏

目 录

1 项目背景	1
1.1 任务来源	1
1.2 工作过程	1
2 标准制订的必要性	3
2.1 环境空气质量监测现状	3
2.2 环境空气质量自动监测数据采集与传输存在的主要问题	4
3 国内外相关标准研究	5
3.1 国内相关技术标准情况	5
3.2 国际相关技术标准情况	6
3.3 本标准的制定及其与国内外相关标准的关系	8
4 标准编制的基本原则和技术路线	9
5 标准的技术内容	10
5.1 标准的适用范围	11
5.2 规范性引用文件	11
5.3 术语和定义	11
5.4 系统结构	13
5.5 数据采集	14
5.6 数据传输	16
5.7 附录说明	21
6 对实施本标准的建议	22
7 参考文献	22

《环境空气质量自动监测系统数据采集、传输技术规范（征求意见稿）》

编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

根据《关于开展 2017 年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》（环办科技函〔2017〕413 号）^{〔1〕}，按照《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环法规〔2020〕4 号）的有关要求，完成《环境空气质量连续自动监测系统数据采集、传输技术规范》制修订任务及相关技术性工作。中国环境监测总站作为承担单位，北京市生态环境监测中心作为协作单位，完成该标准的制修订工作。

1.2 工作过程

1.2.1 成立标准编制组

2017 年 3 月，接到《环境空气质量连续自动监测系统数据采集、传输技术规范》标准制修订工作任务后，立即成立了标准编制组，召开了标准制修订工作启动会。随后标准编制组查阅了国内外相关标准文献资料，结合我国环境监测的实际情况确定了标准制订技术路线。

1.2.2 编制开题论证报告和标准草案

2017 年 4—10 月，编制组根据标准研究任务和研究成果，并结合当前国家环境空气质量自动监测网的具体情况，进行了相关调研和资料收集工作，系统梳理了国家区域站、背景站、城市站等相关站点在数据采集、传输技术方面存在的问题，针对环境空气质量连续在线监测系统数据的采集和传输协议等关键内容进行了多次研讨，编制形成了开题论证报告初稿及标准草案。

2017 年 11 月，中国环境监测总站在北京组织召开标准开题预审会，对开题论证报告初稿和标准草案的内容进行论证，专家组就标准编写的思路、数据采集和传输协议等内容充分发表意见，提出了标准草案的修改意见。会后，编制组依据专家意见对标准草案进行了修改和完善。

2018 年 3 月，生态环境部监测司在北京组织召开标准开题论证会，对标准草案和开题论证报告进行论证，专家组就开题论证报告和标准草案的数据采集和传输协议、文本格式等内容进行评审并充分发表了意见，提出标准草案的修改建议。会后，编制组依据专家意见对标准草案进行了修改和完善。

1.2.3 编制征求意见稿及编制说明

2020年4月，生态环境部监测司在北京组织召开征求意见稿技术审查会，专家组对修改后的标准征求意见稿和编制说明进行审议并充分发表意见，建议对监测数据采集和传输协议、文本格式等进行调整，并据此提出标准征求意见稿及编制说明的修改意见和建议。会后，根据专家组意见，对标准征求意见稿和编制说明进行了修改和完善。

2020年9月，生态环境部办公厅发布《关于征求<环境空气 降尘的测定 重量法>等5项国家环境保护标准意见的函》（环办标征函〔2020〕50号），就《环境空气质量连续自动监测系统数据采集、传输技术规范（征求意见稿）》公开征求意见，共征集36个单位的反馈意见，编制组于2021年2月根据反馈意见对标准征求意见稿和编制说明进行了修改和完善。

2024年3月，因项目负责人调整，生态环境部监测司批准更换本标准负责人并调整编制组成员。新编制组补充调研国内外最新工作进展，重新安排任务分工与进度，结合前期成果、智能化发展需求及相关单位意见，对标准文本进行了深入修改。

1.2.4 召开征求意见稿内审会

2025年6月，中国环境监测总站组织6位监测行业专家召开内部技术审查会，提出如下修改意见：

1、建议明确与相关标准的协调，补充国内外进展调研情况，明确采集参数范围边界，对标准的普适性、拓展性方面进行补充修订；

2、进一步规范标准文本及编制说明的文字图表内容表述。

编制组针对专家意见，充分开展国内外环境监测数据、气象数据采集传输进展调研，完善与相关采集传输标准关联与差异，明确了采集参数范围边界，对标准对于多类型设备、站点的适用性和拓展性进行了修订和确认，并针对标准文本和编制说明的文字及图标的规范性进行了修订。

1.2.5 召开征求意见稿技术审查会

2025年8月，生态环境部监测司组织召开了本标准征求意见稿的技术审查会。本次会议采用视频会议的形式，来自中国环境监测总站、中国科学院大气物理研究所、上海市环境监测中心等单位的9位专家组成专家组听取了标准编制单位所做标准征求意见稿及编制说明的内容介绍，经质询、讨论，形成以下审查意见：

一、标准编制单位提供的材料齐全、内容完整，文本编制格式严格遵循GB/T 1.1-2020相关要求；

二、标准编制单位对国内外采集传输技术方法和相关规范标准进行了调研；

三、标准定位准确、技术路线合理可行，引用标准充分，示例内容较完善，具有较强的科学性和实用性，与现行标准体系衔接合理。

专家组同意通过该标准征求意见稿的技术审查。建议按照以下意见修改完善后，提请公开征求意见：

1.按照《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ565-2010）对标准文本和编制说明进行编辑性修改；

2.进一步提升标准文本中图片分辨率，检查标准文本专业名词前后统一，提升编制说明

可读性。

编制组根据技术审查会意见进一步修改征求意见稿及编制说明文本、图片等相关内容，并上报生态环境部监测司。

根据生态环境部监测司审查意见，将标准名称修改为环境空气质量自动监测系统数据采集、传输技术规范。

2 标准制订的必要性

2.1 环境空气质量监测现状

从 2014 年底开始，我国已经建立起较为完善的环境空气质量监测网，目前我国已经建成了国家、省、市三级空气质量监测网络，实现了地市级以上城市和国控点位的 SO₂、NO₂、CO、O₃、PM_{2.5}、PM₁₀ 等指标实时发布，在服务环境管理与向公众提供健康指引及出行建议等方面发挥了重要作用。

当前，国家环境空气质量监测网络已全面建成，覆盖全国所有地级及以上城市，“十五五”期间，国家网设置 1618 个国控站，64 个区域站，16 个背景站，同时，国家积极开展大气颗粒物组分监测、光化学监测和沙尘监测的组网工作，组分监测网 226 个站点、光化学监测网 222 个站点已与国家联网，沙尘监测网规划建设 509 个站点，逐步形成了常规监测与专项监测互为补充、国家与地方网络互联互通的立体化监测体系。目前国家环境空气质量监测网的组成情况见“图 1”。

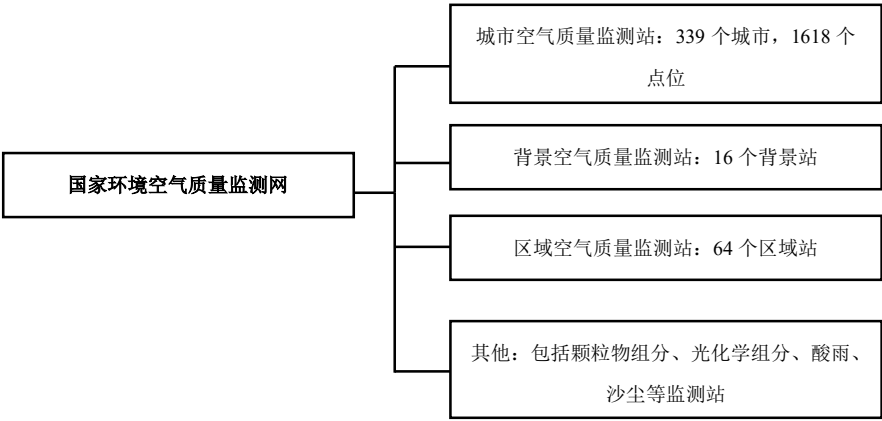


图 1 国家环境空气质量监测网的组成情况

环境空气质量监测数据的采集、传输和应用过程见“图 2”。

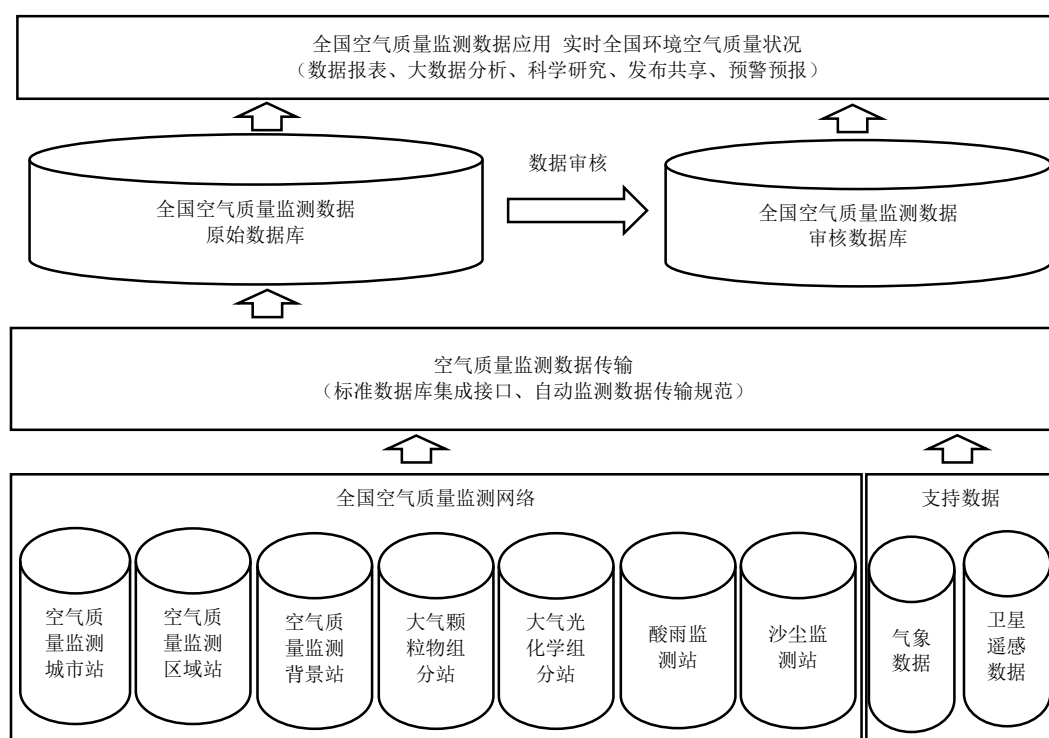


图2 环境空气质量监测数据的采集、传输和应用过程

在不同类型的监测网络中，监测指标不同，不同监测指标的数据类型不同。目前国家环境空气质量监测网的监测指标包括：

- (1) 城市空气：SO₂、NO₂、CO、O₃、PM_{2.5}、PM₁₀、气象五参数等。
- (2) 区域空气：SO₂、NO₂、CO、O₃、PM_{2.5}、PM₁₀、酸沉降、气象五参数、能见度等。
- (3) 背景空气：SO₂、NO₂、CO、O₃、PM_{2.5}、PM₁₀、酸沉降、黑碳、颗粒物组分、粒子数浓度、VOCs、能见度、气象五参数等。
- (4) 颗粒物组分、光化学组分及超级站等：颗粒物中 OC、EC，颗粒物中 SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、F⁻、NH₄⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺、K⁺等水溶性离子，颗粒物中金属元素，VOCs 等。
- (5) 沙尘天气：必测项目：TSP 和 PM₁₀，选测项目：能见度、风速、风向和大气压。

另外，在环境空气质量监测过程中，还将采集和传输监测设备的核心参数及状态信息等数据，包括流量、采样温度、管路湿度、管路压力、校准参数、电压、电流、光强、时间、*k* 值（斜率）、*b* 值（截距）、设备报警信息、站点经纬度、站点名称、各种设备型号等。

2.2 环境空气质量自动监测数据采集与传输存在的主要问题

在环境空气质量自动监测工作中，现场监测设备获得监测数据后，需要通过数据采集接口向环境空气质量自动监测站点现场的数据采集传输仪发送数据，然后由现场数据采集传输仪将数据发送至环境空气质量自动监测数据平台服务器。目前，环境空气质量自动监测设备与现场数据采集传输仪之间的数据采集以及现场数据采集传输仪到环境空气质量自动监测

数据平台服务器的数据传输没有统一的标准与规范。因此设备厂商和系统集成企业在这方面无规范可依，从而导致各企业采用各自的企业标准，系统集成难度和维护难度增加，从而极大地增加了空气质量自动监测站点的建设和维护成本。

目前在环境空气质量自动监测工作中，随着全国环境空气质量监测网的不断完善，在自动监测系统数据采集传输方面存在的主要问题包括：

1、目前没有专业针对环境空气质量自动监测数据的采集和传输整体流程及其通信协议的标准和规范。

2、不同单位、不同厂家建设的环境空气质量自动监测网数据采集和数据传输采用的通信协议、数据格式有很大差异，集成困难。

3、各个监测网络之间难以做到互联互通，容易导致重复建设，形成信息孤岛。

因此，有必要制订《环境空气质量自动监测系统数据采集、传输技术规范》，以规范环境空气质量自动监测过程中的数据采集与传输过程。通过该规范的制订，可以使数据采集与传输过程规范，让系统集成商和设备制造商有规可依，从而逐渐促使监测设备的数据标准化和系统集成工作的标准化，进而降低监测站点建设、维护的费用。

3 国内外相关标准研究

在标准制定过程中，编制组对国内外相关标准进行了大量调研工作。虽然有个别省市制定了自己的环境空气质量自动监测数据通信传输技术规范，但就全国范围来看，目前尚未有专门针对国家环境空气质量自动监测网数据采集、传输相关的国家标准或行业标准。不同单位、企业进行的软硬件开发过程中，采用各自不同的数据采集与传输标准，目前没有统一规范。

3.1 国内相关技术标准情况

根据调研和查阅相关资料，目前与环境空气质量自动监测数据采集、传输相关主要国内技术标准和规范性文件主要包括：

表 1 国内环境空气质量自动监测数据采集、传输相关现行标准/规范

通过对以上已有标准和规范的查询，在本标准的起草过程中，将参考并遵循已有标准的

标准/规范名称	标准/规范编号	主要内容
大气污染物名称代码 [5]	HJ 524	规定了大气污染物名称代码，对环境管理、环境统计、环境监测、环境影响评价、排污权交易、污染事故应急处置、各类大气环境质量标准、各类大气污染物排放标准、环境保护国际履约、环境科学研究、环境工程、环境与健康 and 实验室信息系统等业务涉及的大气污染物及相关指标进行分类、列表。适用于全国各级环境保护部门有关大气污染物的信息采集、交换、存储、加工、使用以及环境信息系统建设的管理工作
环境监测信息传输技术规范 ^[6]	HJ 660	规定了环境监测信息的传输模式、传输流程，传输的数据格式和代码定义，是使用 FTP 方式传输监测数据 XML 文件的传统传输方式。适用于国家各级环境监测站、各级自动监测站和有关单位之间环境监测信息的传输活动
污染物自动监测监控系统数据传输技术要求 ^[7]	HJ 212	规定了污染物自动监测监控系统的系统结构、现场机与上位机的协议层次、现场机与上位机的通信协议、自动监测现场仪器仪表与数采仪的通信方式、数据采集处理与上传的技术要求，适用于自动监测设备与监控设备之间的数据传输，以及自动监测设备的数据采集与处理
地表水自动监测系统通讯协议 技术要求 ^[8]	HJ 1404	规定了地表水水质自动监测系统数据和信息传输的系统结构、协议层次和协议内容等技术要求。适用于地表水水质自动监测站与地表水水质自动管理平台之间的数据和信息传输
污染源在线自动监控（监测）数据采集传输仪技术要求 ^[9]	HJ/T 477	规定了污染源在线自动监测（监控）数据采集传输仪的技术性能要求和性能检测方法，规定了数据采集传输仪的工作原理、性能指标、设备外观、通信方式、构造等要求，并对相关的检测、标志和操作说明书等进行了约定

规定，结合目前我国环境空气质量自动监测实际业务需求，制定环境空气质量监测数据采集、传输技术规范^[9-13]。

3.2 国际相关技术标准情况

编制组对美国环保署（EPA）、欧盟环境署（EEA）、国际标准化组织（ISO）和世界气象组织（WMO）等机构的相关标准和管理实践进行了系统调研。结果表明，国外通过成熟的监测网络、标准化的数据交换框架和信息系统建设，实现了空气质量自动监测数据的统一采集、批量传输和跨国共享，对我国标准制定具有重要参考价值。

（1）美国环保署空气质量系统和空气质量实时发布系统

美国环保署^[14]建立了覆盖全国的空气质量系统（Air Quality System, AQS），用于收集和管理各州、地方及部落空气质量监测网络的自动监测数据。美国监测网络包括 SLAMS、NCore 和特设监测站点，采用符合联邦参考方法（FRM）或等效方法（FEM）的连续监测设备，按小时采集污染物浓度和气象参数。各地通过数采仪汇总监测数据，并通过中央数据交换平台（CDX）批量上传至 AQS 数据库。数据文件采用 XML 或 CSV 格式，包含站点元

信息、参数、测量方法和时间序列等内容，实现全网统一管理。

AQS 系统的数据传输并非分钟级实时上传，而是以日、周或月度为周期进行批量提交。AQS 数据通过 API、Data Mart 等途径向公众和科研机构开放，并正在推进系统现代化建设，以增强云端处理和跨平台数据共享能力。

实时空气质量信息通过独立的空气质量实时发布系统（AirNow）平台每小时更新，用于公众空气质量指数（AQI）发布，与 AQS 正式数据库分离。空气质量实时发布系统推荐各监测机构以小时为单位提交数据，通常要求在“上一整点后一小时内”完成上传，用于计算实时空气质量指数并快速发布于网站、移动应用及健康预警系统。上传文件多采用 AQCSV 或 XML 格式，通过 FTP、API 或 RSS 接入。AirNow 接收的实时数据未经完整质量审核，不直接用于国家空气质量标准（NAAQS）的合规判定，而是作为快速健康预警信息与公众服务的主要数据来源，与 AQS 的事后批量上传形成“实时发布—事后监管”的双轨数据管理模式。

（2）欧盟环境署欧洲环境信息与观测网络/空气质量电子报告系统

欧盟通过环境署（EEA）^[15]建立了欧洲环境信息与观测网络（European Environment Information and Observation Network, Eionet），成员国需通过空气质量电子报告系统（Air Quality e-Reporting）系统定期向欧盟中央数据库提交空气质量监测数据。根据《空气质量框架指令》和实施决策（2011/850/EU），成员国每年需提交上一年度经过验证的监测数据、区域区划、采样点元信息和空气质量改善计划等内容，数据文件采用基于 INSPIRE 标准的 XML 格式，通过中央数据仓库（CDR）或 API 上传。

此外，欧盟另设实时上传（Up-To-Date, UTD）数据通道，用于成员国每小时上传未经完全验证的监测数据，支持欧洲空气质量指数（European AQ Index）的近实时发布。UTD 数据为补充性信息，不直接用于法规合规性评估。Eionet 系统通过统一的数据模型和元数据词典，实现各国监测网络与欧盟中央数据库的互联互通，并通过数据浏览器、下载接口向公众和科研机构开放。

（3）国际标准化组织（ISO）

国际标准化组织发布的 ISO 7168 系列（空气质量—数据交换，Air quality—Exchange of data）是目前国际上专门针对空气质量监测数据跨系统交换的主要技术标准。该系列标准旨在为不同国家和机构的空气质量监测网络提供统一的数据文件结构和传输格式，实现跨平台、跨国界的数据共享和互操作。

ISO 7168 包括两个部分：

ISO 7168-1:1999（通用数据格式，General data format）^[16]：定义了一种面向国际交换的通用数据格式，采用分层结构（组 Group、区块 Block、记录 Record、数据项 Datum）组织数据，并通过关键词（Keyword）标识各字段内容，例如文件名、站点信息、采样时间、污染物参数、浓度值和数据状态等。文件使用 ASCII 编码，每行长度和文件命名规则均有明确要求，确保数据文件既适合人工阅读，也能被自动处理程序解析。

ISO 7168-2:1999（压缩数据格式，Condensed data format）^[17]：针对后台系统间的自动化数据传输需求，提供一种简化格式，仅保留关键元信息和测量数据字段，文件体积更小、处理效率更高，适用于大规模、快速交换场景。

(4) 世界气象组织 (WMO)

WMO^[18]在全球大气和环境观测数据采集与传输方面建立了成熟的信息交换体系。其《代码手册 (Manual on Codes)》(WMO No.306)定义了 BUFR、CREX、GRIB 等标准化数据格式,用于通过全球电信系统 (GTS) 传输大气观测数据,包括空气质量、气象要素和温室气体等信息。

WMO 推出的 WIGOS (全球综合观测系统) 为每个观测设施分配唯一标识符 (WSI), 并通过统一元数据框架确保空气质量监测站及设备采集数据在全球范围内可追溯。全球大气监测计划 (GAW) 要求各国监测网络采用统一采样周期和传输格式, 将观测数据按小时或日批量发送至区域和世界数据中心, 通过 WIS (WMO 信息系统) 实现全球共享。

3.3 本标准的制定及其与国内外相关标准的关系

通过对国内外相关标准的调研,在本标准的制定过程中,将遵照相关国家和生态环境标准的规范性规定,参考国内外其他相关标准和文件的成熟经验,并按照本标准制定的基本原则和使用范围,制定标准。

其中,在数据采集过程中,设备与数采的通信,如果选择使用 Modbus (莫迪康串行通信协议) 类协议,应符合《基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范》(GB/T 19582) 的要求。

在数据传输过程中,所涉及的空气质量自动监测数据的数值有效性、数据修约、时段均值和区域均值统计计算方法与环境空气质量指数等评价体系应符合《环境空气质量指数 (AQI) 技术规定》(HJ 633) 与《环境空气质量评价技术规范 (试行)》(HJ 663) 的要求。

数据传输过程的安全保护应符合《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》(GB/T 22239) 的要求,其密钥的生成管理及加解密算法应符合《信息安全技术 信息系统密码应用基本要求》(GB/T 39786) 的要求。

数据传输过程使用的监测因子、状态参数等编码均应采用《环境空气质量监测数据编码技术规范》(HJ XXX) (征求意见稿) 的要求。

在环境监测数据传输方面,目前的相关标准主要有《环境监测信息传输技术规定》(HJ 660) 和《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》(HJ 212)。

其中,《环境监测信息传输技术规定》(HJ 660) 是采用 FTP 方式传输监测数据 XML 文件的传统文件方式传输,属于单向异步数据传输,协议本身无法反馈传输情况,需要使用额外的 Web Service 服务器提供上传缺失反馈。因反馈查询不便,难以用于实时的上传-反馈-缺失重传机制,只适合于小时值以上时间周期或对实时性要求不高的数据传输,无法保证数据传输的及时性,并难以提供数采和设备的质控、远程控制等功能,因此该标准并不适合用于实时性和互动性较高的环境空气质量自动监测系统的数据采集与传输。

《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》(HJ 212-2017) 主要用于污染源的数据传输,定义了水、气等多种污染源监测要素的数据传输,并支持对监测设备的远程控制。该协议初始是为了污染源在线监测系统设计的,并非专门为环境空气质量自动监测系统而设计,对环境空气质量自动监测的数据采集与传输不具有针对性,并且与国家环境空气质量监

测网以及各地空气质量监测系统的数据传输方式差别较大。在实际使用中，选择 HJ 212 协议传输数据的厂家，在平台和数采之间通信的很多方面，如前后时标、1 分钟及 N 分钟数据命令编码的区分、监测因子编码、数据传输线程、数据标志等方面，都做了或多或少的扩充和修改。由于针对环境空气质量自动监测系统通信规定不全面，使用 HJ 212 的厂家之间无法简单互通，需要单独沟通协议细节。

修订后的《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》（HJ 212-2025）在 HJ 212-2017 版本的基础上做了很大改进，并对环境质量监测方面做了扩充，但是本质上还是以污染源在线监测需求为基础的体系，并不能完美覆盖环境空气质量自动监测系统的需求。空气监测需要采集在线质控、动态校准、站房动环设备等特有数据，需要统一质控任务编码和数据标识，支持多种采集方式及数据回补。在本标准的制定中，采用了与 HJ 212 兼容的通信协议框架，但是数据传输格式按照环境空气质量自动监测网的要求做了重新定义，并尽可能与现有国家环境空气质量监测网以及各地环境空气质量监测系统的传输兼容，在保证监测数据采集和传输标准化的前提下，减少国家及各级环境空气质量监测网传输方式的修改成本。

通过对美国 AQS、AirNow、欧盟 Eionet、ISO 7168 系列和 WMO 等国际体系的调研发现，国外在环境空气质量自动监测数据采集与传输方面已经形成了较为完善的体系。美国通过 AQS 实现国家级批量数据管理，并以 AirNow 系统满足公众实时信息发布需求；欧盟通过 Eionet 建立了统一的数据流模型和年度上报机制；ISO 7168 系列标准提出了国际通用的空气质量数据交换文件结构；WMO 则依托全球电信系统（GTS）和 WIS 实现了跨国大气监测数据的批量共享。这些体系在数据结构标准化、元信息描述、批量化传输、国际互操作性等方面积累了成熟经验。

相比国外模式，我国生态环境管理对空气质量自动监测数据的实时性、完整性和监管应用有更高要求，需要分钟级采集、小时级实时上传以支撑环境执法、快速预警和区域联防联控等工作。基于对国外先进经验的系统调研，本标准在制定过程中在文件结构设计、参数字段定义、数据安全传输和自动化远程管理等方面既借鉴了国外成熟模式，同时结合我国环境管理需求。一是保持现有分钟级采集、小时级实时上传的要求，以满足环境执法、快速预警和信息公开的管理需求；二是结合我国统一的环保物联网体系，完善监测站点与数据平台的双向通信机制，实现自动化远程采集、参数配置和指令下发；三是引入国际通用的通信协议安全机制和动态密钥加密策略，提升数据传输的安全性和可靠性。

4 标准编制的基本原则和技术路线

本标准内容主要包括环境空气质量自动监测系统数据采集、传输过程的标准化。依据《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环法规〔2020〕4 号）的要求，根据我国大气监测网络的具体情况而编制，确保方法标准的科学性、先进性、实用性，适合我国国情，可操作性强，易于推广使用。

本标准制定中采用的技术方式充分考虑最新的标准、方法和技术，确保规范技术引领性。同时，根据国内现有大气监测网络的具体情况以及监测机构的监测能力和实际情况进行编制，既能对环境空气质量自动监测系统数据采集、传输技术进行规范，又能最大限度地减少对现有全国环境空气质量自动监测系统的修改。

本标准提出的技术指标和技术性能不限定于具体计算机厂商的产品和平台，支持主流信息技术的产品和平台都能满足标准要求；实施数据传输时，充分考虑多种通信方式的适用性，最大程度地与已经建设的环境空气质量自动监测系统的数据传输和接口方式相兼容。

本标准在编写时考虑到国内环境空气质量自动监测工作的实际情况和监测设备与监测技术的发展趋势，在保证可操作性的基础上，按照工作流程叙述，力求条理清晰、文字简洁。

标准制订的技术路线图如“图 3”所示。

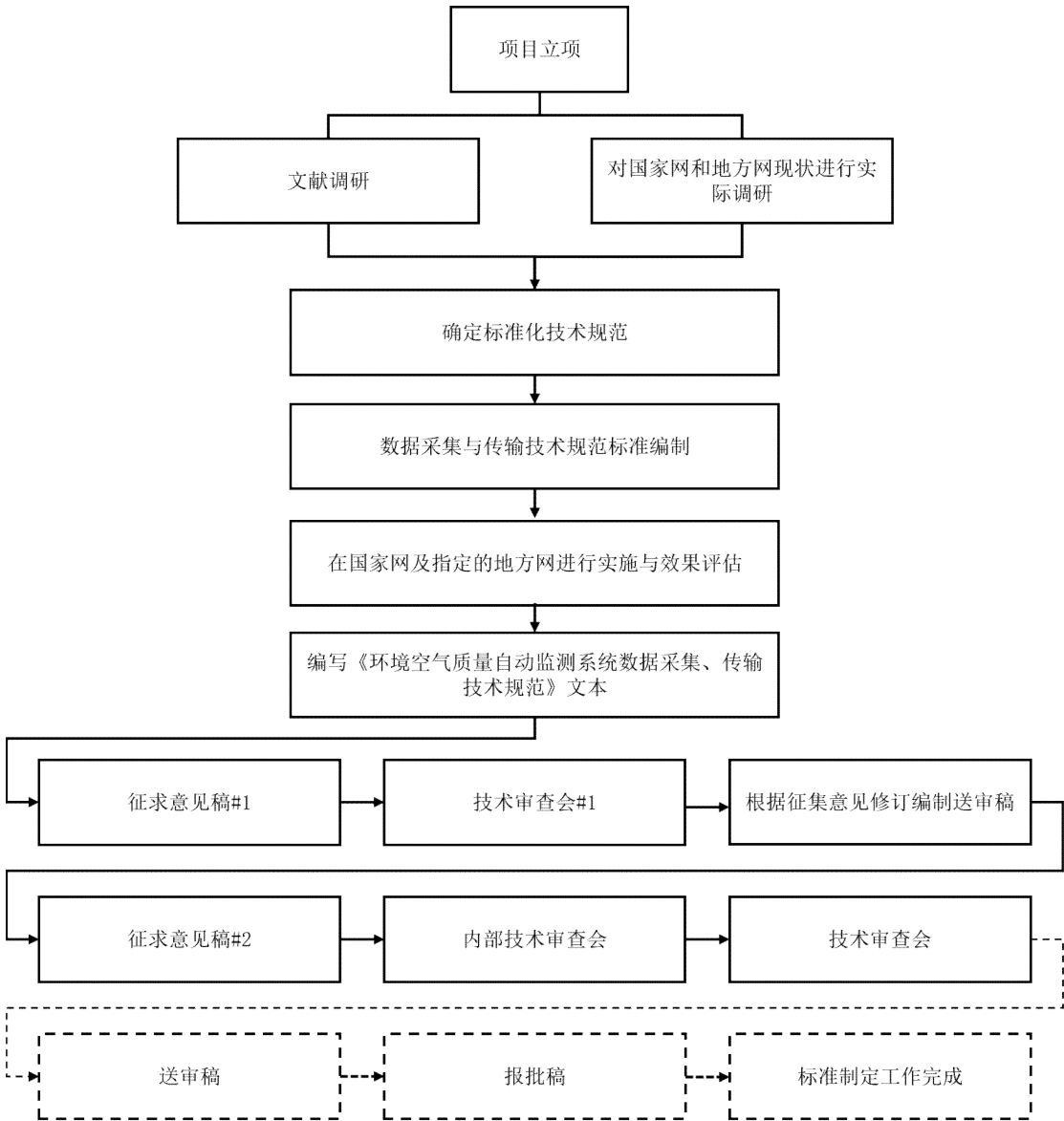


图 3 技术路线图

5 标准的技术内容

本标准分 6 章，包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、系统结构、数据采集和数据传输，下面对标准主要技术内容进行说明。

5.1 标准的适用范围

本标准规定了环境空气质量自动监测系统的系统结构、数据采集方式及设备技术要求、数据传输通信协议、通信流程、通信机制的技术要求和通信数据结构的格式要求。本标准允许扩展，但扩展内容不得与本标准中所使用或保留的控制命令编码相冲突。

本标准适用于环境空气质量自动监测数据平台与环境空气质量自动监测站点之间的数据联网过程。数据平台与数据平台间的数据传输交换，可参照本标准执行。

5.2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用标准，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB/T 19582 基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 39786 信息安全技术 信息系统密码应用基本要求

HJ 212 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求

HJ 477 污染源在线自动监控（监测）数据采集传输仪技术要求

HJ 928 环保物联网 总体框架

HJ XXX 环境空气质量监测数据编码技术规范

5.3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准，以下术语和定义是根据环境空气质量自动监测所涉及环节，按照现有技术进行描述，主要用于区分本标准所涉及的环境空气质量自动监测过程中的不同组成部分，避免造成混淆。在术语定义中，参考了《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》（HJ 212）、《环境监测信息传输技术规定》（HJ 660）、《环境空气颗粒物（PM₁₀和 PM_{2.5}）自动监测系统运行和质控技术规范》（HJ 817）、《环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）自动监测系统运行和质控技术规范》（HJ 818）等已有标准的相关术语定义，并根据本标准所涉及技术的具体情况，按照行业通常理解进行描述。

（1）环境空气质量自动监测设备 **ambient air quality automatic monitoring equipment**

本定义参考《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》（HJ 212）、《环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）连续自动监测系统运行和质控技术规范》（HJ 818）和《环境空气颗粒物（PM₁₀和 PM_{2.5}）连续自动监测系统运行和质控技术规范》（HJ 817），将环境空气质量自动监测设备定义为“安装并运行于环境空气质量监测站点，能够直接或间接用于实施环境空气质量自动监测的样品采集、处理、分析的设备，简称“现场机”。包含空气质量监测设备、数据采集传输设备、站房动环设备、质量控制系统、门禁和视频采集设备等各类仪器仪表设备。”

目前在文本编写或日常交流中，对于站房内 SO₂ 分析仪、采样总管、CO 泄漏传感器等各类仪器仪表或辅助设备，有描述为“设备”、也有描述为“仪器”的，“设备”与“仪器”

的定义相比较,“设备”的内涵更广。通常“设备”的外延包含“仪器”。故本标准为了能统一进行描述,按“自动监测设备”进行定义,且除术语本身包括“仪器”描述外,其余正文及编制说明均统一使用“设备”进行描述。

(2) 数据采集传输设备 data collection and transmission equipment

本定义参考《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》(HJ 212)、《环境监测信息传输技术规定》(HJ 660)、《地表水自动监测系统通信协议技术要求》(HJ 1404),将数据采集传输设备定义为“采集各种类型监测仪器仪表的数据、完成数据存储及与数据平台数据传输通信功能的单片机、嵌入式计算机、工控机、可编程自动化控制器(Programmable Automation Controller, PAC)或可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)等,简称“数采仪”。”

(3) 站房动力及环境监控设备 station power supply and environmental monitoring equipment

本定义在 HJ 系列标准为首次出现,参考《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》(HJ 212)、《环境空气颗粒物(PM₁₀/PM_{2.5})连续自动监测系统运行和质控技术规范》(HJ 817)、《环境空气气态污染物(SO₂、NO₂、O₃、CO)连续自动监测系统运行和质控技术规范》(HJ 818)等多个标准针对监测站房内的动力与环境设备的规范与要求,将站房动环设备定义为“用于对环境空气质量监测站房内动力设备运行状态及环境参数进行实时监测调控的可集成智能感知或控制单元,保障站房基础设施安全稳定运行。”

(4) 环境空气质量自动监测数据平台 ambient air quality monitoring data platform

本定义参考《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》(HJ 212)、《环境监测信息传输技术规定》(HJ 660)、《环境空气颗粒物(PM₁₀/PM_{2.5})连续自动监测系统运行和质控技术规范》(HJ 817)、《环境空气气态污染物(SO₂、NO₂、O₃、CO)连续自动监测系统运行和质控技术规范》(HJ 818)、《地表水自动监测系统通信协议技术要求》(HJ 1404),将环境空气质量自动监测数据平台定义为“通过传输网络与环境空气质量监测站点或自动监测设备连接,发出查询和控制等指令的环境空气质量自动监测数据接收和信息处理系统。”

(5) 物联网传输网关 IoT transmission gateway

本定义参考《环保物联网总体框架》(HJ 928)^[9],其中明确定义了“环保物联网网关”这一实体,其功能包括协议转换、地址映射、数据处理、安全认证、设备管理等。网关可以独立工作,也可与其他感知设备集成,将物联网传输网关定义为“作为网络层与应用层间的协议转换枢纽,功能聚焦于跨网络协议封装与广域数据传输,包括在不修改数据内容的情况下,实现异构网络兼容,传输优化、本地缓存与断点续传等。”。物联网传输网关宜至少具备 6 小数的数据本地缓存及网络恢复后的续传能力,丢包率等传输稳定性指标则应达到工业路由器的基本指标要求。

(6) 心跳包 heartbeat packet

本定义在 HJ 系列标准为首次出现,参考《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》(HJ 212)中“心跳链接”机制,将心跳包定义为“用于监测站点每隔固定时间向数据平台发送表征监测站点是否在线的数据包。”

(7) 设备状态参数 equipment status parameters

本定义参考《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》（HJ 212），结合监测站点实际运行情况，将设备状态参数定义为“包含斜率、截距、采样流量、采样温度及采样压力等设备状态及关键配置参数值，可判定相关指标监测数据的合理性、真实性。”

5.4 系统结构

本标准规范的环境空气质量自动监测系统数据采集、传输系统结构主要参考了《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》（HJ 212）等标准的要求，在核心要求上与其保持一致或兼容，维持与现有环境监测数据传输体系的衔接。同时，针对环境空气监测的特点要求和发展目标趋势，进行了补充及扩展，旨在构建一套更适应环境空气监测领域需求的数据采集传输规范。整体设计原则如下：

（1）提高规范全面性与数据质量：提高环境空气数据采集传输规范的全面性、完备性和兼容性。通过明确传输流程、数据结构、加密方式等多方面的要求，保障采集传输的稳定性、一致性、可比性、可用性。依据《环境空气质量自动监测技术规范》（HJ/T 193），环境空气质量监测数据需具备高度的准确性和可靠性，稳定且一致的传输是实现这一目标的基础。在数据传输过程中严格规定数据格式、校验方式等，可避免数据在传输过程中的丢失或错误，从而保证不同监测站点数据的可比性，为环境空气质量评价与管理提供坚实的数据支持。

（2）广泛兼容并适应领域发展趋势：整体兼容并可扩展到光化学、组分网、立体垂直监测等领域；兼容不同类型的设备，包括数字化改造所需要的前端智能化传感器设备；兼容不同方式的采集传输连接通信类型。当前环境空气监测领域不断拓展，新的监测项目和技术不断涌现。本规范也充分考虑到这些发展趋势，在设计上具备良好的扩展性。在通信数据结构中，为支持光化学、气溶胶、立体垂直监测等设备的数据传输，定义监测数据传输字段包括第三个数据维度（高度、方位角、俯仰角），适应环境空气监测领域的多元化发展，满足未来监测技术发展的需求。

（3）体现先进性与安全传输：体现与时俱进的先进性，支持物联网趋势下大数据量的实时传输、便携式快速监测等场景。随着物联网技术的广泛应用，环境空气监测数据量呈爆发式增长。本规范支持多线程、多连接的并行传输方式，能够加快批量数据回补或数据调取的传输速度，满足实时大批量数据传输场景。面对日益严峻的网络安全形势，数据传输的安全性至关重要。规范明确了传输加密的具体要求，采用基于国密对称加密算法等方式，对所有传输报文使用双向加密，保障数据上传、应答回条、指令下发均不受干扰、不被泄露。

环境空气质量自动监测系统的构成从底层逐级向上可分为现场机、传输网络和数据平台。数据平台通过传输网络与现场机进行通信（包括发起、数据交换、应答等）。传输网络可以是生态环境业务专网、VPN 虚拟专用网络或互联网。为保障数据传输安全，宜优先使用生态环境业务专网进行安全网络传输。

本标准约定数据采集传输的系统结构包括两种方式。系统构成方式 1 充分考虑未来数采仪与现场机一体化发展趋势，现场机可直接通过传输网络（包括通过物联网传输网关进行数据透传或网络中转）与数据平台相互通信；系统构成方式 2 保留现有独立数采仪模式，数采仪进行数据采集后，通过传输网络与数据平台相互通信。

方式 1 考虑未来数采仪与现场机一体化发展趋势,针对诸如颗粒物手持或便携式监测设备,或者使用无人机、机器狗等载体进行监测的新型采集方式进行扩展,这类设备一般为了保持小型化和便捷性,将传感器、采集模块、传输模块集成一体,通过单一设备完成全部数据测量、采集及上报,是基于物联网技术发展下的移动监测网络构建趋势。手持或便携式移动监测宜优先采用 4G/5G 等无线传输方式。

方式 2 即《HJ 193 环境空气气态污染物(SO₂、NO₂、O₃、CO)连续自动监测系统安装验收技术规范》中规定的系统架构,其为当前及未来短期内的主要系统架构方式,对大部分常规站点以及组分站等大气非常规站点来说,一般都需要数采仪(或工控机)作为数据处理与控制的前端枢纽,其作用包括:空气站自动化质控需要前端进行控制集成;VOCs 组分站需要前端工控机进行数据预处理或重积分;站房数智化改造需要具备边缘智能,实现模拟量、开关量等传感器设备接入的兼容性与广泛性,并保障站房动环或质控设备控制的实时性、联动的可靠性。在智能站房中,前端数采仪(或工控机)作为采集控制中枢,完成质控电源控制、门禁摄像头联动、空调轮换控制等逻辑控制,以提升站房整体自动化运行水平,辅助运维、节能降耗。固定监测宜优先采用光纤等有线传输方式。

本标准同时兼容这两种模式,适用于设备到数采仪、数采仪到平台、设备直接上传平台等不同的传输场景,以期达到更高的兼容性、适用性和前瞻性,实现监测场景的广泛覆盖,符合生态环境部《“十四五”生态环境监测规划》提出的“天空地一体化”监测体系建设要求。

5.5 数据采集

5.5.1 数据采集方式

常规站点分析仪设备生产厂家较多,型号各异,一般都具备数字信号通道、模拟信号通道、开关量通道。其中电压、电流信号等早期的模拟信号通道,因为需要数模和模数转换,导致精度较差,已基本淘汰,被数字信号通道(串口和网卡)替代。在监测设备具备数字信号通道时,不应使用模拟信号通道,以避免模数转换造成的误差。开关量通道用于采集设备运行状态或火灾、水浸、侵入等报警信息,并控制继电器等外部设备进行校准、采样高度切换等动作,对于站点智慧化改造有特殊的意义。

常规站可选用应用比较成熟、普遍的 Modbus 协议,并对寄存器地址、数量和数据类型做出统一规定,解决多品牌设备接口差异问题,减少私有协议导致的定制化开发需求,降低系统集成和维护成本。Modbus 通信规约在附录 D 具体描述。

组分站、交通站、超站等综合性站点,气相色谱、无机元素分析仪、离子色谱等非常规污染物参数设备,经常没有常规通信方式。这一类的设备往往几分钟、几十分钟或者几小时才监测一个数据,即使有通信方式,按照常规站的平均计算方式会造成数采与设备数据的不一致,抹平数据的波峰波谷。一般使用设备的数据库或者专门的导出文件读取,这种方式有与设备内置数据存储高度一致,可核查,故障可回补等优势。导出文件还可以用于数据重积分及重新审核后的单独识别标记,应优先选用。如果使用设备本身的数据库,应保障不影响设备本身程序的运行。常见设备数据库有 SQL Server、MySQL、SQL Lite、PostgreSQL、Access、MongoDB 等类型,目前常见的监测设备自带数据库未见采用国产数据库,国产数

数据库常见于平台集群部署的大规模数据应用，而非轻量和小型化的本地数据存储。

当单一通道无法满足采集需求时，可以结合采用多种采集方式完成采集。若现场机具备多接口，可以实现多个采集方式的热备，即当前采集方式或采集通道输出异常时，对其他采集通道或采集方式实现自动切换，提高数据采集率。例如串口故障时，自动切换到网卡继续数据采集。

5.5.2 数据类型

数采采集和存储的数据包含秒级数据（常描述为“实时值”）、1分钟值、5分钟值、1小时值、日均值等。其中小时值是日前各个平台数据基础。因为需要后期人工审核和判断和重新计算，数采的日均值对于平台仅仅是一个参考，不作为上传平台的重点。秒级数据可以长期保存，也可以不长期保存；但是至少1分钟或5分钟的数据在工控机硬盘允许的情况下应长期保存，以便于故障诊断、各级核查和防止数据篡改。

日以下周期的数据均值计算，均应满足75%的有效数据要求，如果周期内存在质控、故障等数据，但是剔除后仍满足有效数据量，应剔除该类数据之后计算平均值，并且标记为正常监测，以避免数据损失。数据相关标识与《环境空气质量监测数据编码技术规范》中定义数据质控标识编码、数据说明标识编码保持衔接。

秒级数据用于据现场显示、统计计算1分钟或5分钟值，为了避免每分钟计算不一致的情况，采集间隔应能整除60，所以标准选择1、2、3、4、5、6、10、12、15、20、30秒的间隔。采集间隔小于1秒没有实际应用意义，而且过于频繁的通信可能对设备本身的正常运行形成干扰，周期的选择应以实际测试对设备无影响为原则。

建议有条件的情况下，数采设备应结合校准仪的当前气路和设备可能有的内置质控阀等多种信息，自动标记质控标记，并根据设备本身返回的状态信息或参数范围自动标记异常情况数据标记。自动标记方式应注意预留标气和样气切换的缓冲期数据不计入样气均值。

1分钟值或5分钟值用于更精细化的管控需求，以及计算小时值。但是都应满足最低有效数据量。有些设备非秒级监测，可能1分钟或几分钟检测一次，应该按照设备本身返回的时标存储。保证数据的一致性。

目前的数采设备小时值有两种计算方式，用5分钟值计算和用1分钟值计算小时值均可。监测周期为1小时或以上的设备，应该按照数据时标直接采集并存储从设备获取的小时数据，而不能使用秒到分钟值，分钟值到小时值的平均计算方式，以防抹平数据的波峰波谷，对于数据分析和使用造成困扰。

监测数据应按照后时标计算、展示和上传，如08:00~09:00的数据记作9点。

5.5.3 数据采集范围

监测浓度是监测设备最重要的输出，但是设备状态参数、设备报警信息、设备工作状态对于故障诊断、数据审核和使用也至关重要，所以应包含该类信息的采集和存储。在实现智慧化站房的要求下，站房动环和质控设备的数据也需要存储。

5.5.4 数据回补

数据采集传输设备可能因为各种情况造成数据缺失，例如设备正常，但是工控机断电或

死机，数采设置误修改或程序卡顿，串口、网卡或者交换机故障，数采数据丢失等。在故障或其他原因造成数据缺失时，数采应具备回补功能。一是在设备支持的情况下，发送回补指令；二是解析并处理设备主动回补的数据；三是从设备本身的存储文件直接读取等方式。

5.5.5 设备校时

设备的时钟准确是监测设备最基本的要求，如果时钟偏差过大，会造成采样时序的混乱等多种问题，数据存储的时间错误也会导致数据核查的困难及回补数据时严重错位。数据采集传输设备应支持所连接设备的时钟读取或设置功能，读取实时时钟信息，如超出容许的误差范围，执行相应动作。对于支持校时的设备应自动校时，校时会引发设备运行故障或数据异常的除外，如 METONE 的颗粒物，随意修改时间会造成数据损失甚至纸带断裂。

5.6 数据传输

5.6.1 协议层次、连接方式、通信流程及请求超时章节

“6.1 协议层次”、“6.2 连接方式”、“6.3 通信流程”、“6.4.1 请求超时”章节，主体与国内外常见传输规范的要求保持一致。在协议层次设计上，参考了国际标准化组织（ISO）制定的开放系统互连参考模型（OSI 模型）以及传输控制协议/网际协议（TCP/IP）模型，确保协议层次清晰、功能明确，能够实现不同设备和系统之间的有效通信。连接方式和通信流程方面，参考了工业物联网领域常见的 MQTT（Message Queuing Telemetry Transport）协议以及 HTTP（HyperText Transfer Protocol）协议的相关设计理念，保证数据传输的高效性和可靠性。

目前对环境监测的日益精细化管理趋势，将催生对数据更高频次的实时采集和更快速地传输处理要求。其中 6.2 连接方式在过往常用的单连接单线程报送方式基础上，按物联网化的趋势要求，明确并补充了多线程、多连接的并行传输方式。多线程、多连接的并行传输方式能够显著提升数据传输效率。当需要进行批量数据回补或数据调取时，这种传输方式可大大加快传输速度，满足大批量数据传输场景。同时，由于收发双方往往有不同的技术路线和软件平台，明确的定义也助于规避收发端对多线程处理支持的不一致导致数据报文接收解析丢失或错乱的风险。

其中 6.4.1 超时机制用于保障数据传输容错性和可用性，明确了应答模式支持同步应答及异步应答，请求超时即单次收发的回应时限，执行超时则对应异步应答模式下的平台命令处理时限。合理设置超时机制能够有效保障数据传输的稳定性，通过明确同步应答和异步应答的超时时间，可保障在复杂网络下，数据传输能够及时进行相应处理，提高数据传输的可靠性和可用性。

从设计思路，基于多线程及异步应答机制的实现，利于满足对大数据量、高并发的传输场景：

（1）支持原有机制，降低实现难度：支持原有的单线程、同步应答机制，兼容一般做法，以降低实现难度，提高规范适用性。在一些监测设备性能有限或网络环境较为简单的场景下，单线程、同步应答机制仍具有应用价值。保留这种机制能够使规范更好地适应不同的监测环境和设备条件，确保各类监测站点都能顺利实现数据传输。

(2) 支持新机制，满足大数据量传输：随着物联网技术在环境空气监测中的广泛应用，监测数据量急剧增加，对数据传输的实时性和并发处理能力提出了更高要求。多线程并行传输和异步应答机制能够充分利用现代计算机和网络设备的性能，快速处理大量的数据请求和响应，满足实时大数据量、高并发的传输场景。

(3) 建议平台接收端设计机制：平台接收端可选支持内存缓存、批量入库，及异步回调应答机制。其中内存缓存能够在数据量较大时，暂时存储数据，避免数据库因瞬间大量数据写入而出现性能瓶颈。批量入库操作可以提高数据存储的效率，减少数据库操作次数。异步回调应答机制则能确保平台在处理大量数据时，按约定时限向发送端反馈接收处理结果，发送端可基于反馈结果进行数据回补重发，保障传输的完整性和可靠性。

(4) 建议站点或数采端设计机制：站点设备或数采端可基于此设计思路实现多线程上报、后台延迟接收应答（确认数据上报入库成功）等机制。在站点设备或数采端采用多线程上报机制，能够加快数据上传速度，提高数据传输效率。后台延迟接收应答机制可确保在网络不稳定或平台繁忙时，站点设备或数采端能够可靠地确认数据上报入库成功，并避免因过低时限下的同步应答失败而导致数据频繁重传的问题。

5.6.2 心跳包章节

“6.4.2 心跳包”用于确认设备或数采仪的联网在线情况，避免某些站点长时间无数据传输时，平台无法确认传输链路和现场发送端是否正常。在工业自动化监测领域，心跳包机制被广泛应用于设备状态监测与数据传输链路检测。在环境空气监测中，例如组分站内的非实时连续出测量值的 VOCs 等设备，可能一个小时只需要上传一批次数据，在长时间无数据传输时，通过心跳包可以使平台确认传输链路和现场端是否正常。心跳包按照一定的时间间隔（如 1 分钟）由设备或数采仪发送给平台，平台接收到心跳包后，可判断设备处于在线状态且传输链路正常。若在规定时间内未收到心跳包，则可及时发出预警，提示可能存在设备故障或网络问题。

5.6.3 传输重发章节

“6.4.3 传输重发”用于在网络不稳定情况下保障数据接收成功率，网络中断或不稳定下触发自动回补，或下发指令回补（调取）。在网络不稳定的环境中，数据传输容易出现丢包或中断的情况。当网络中断或不稳定时，设备或数采仪应根据预设的策略，对未成功传输的数据进行重新发送。平台也可以根据实际情况，下发指令要求设备回补特定时间段的数据。

5.6.4 传输加密章节

“6.4.4 传输加密”定义了对传输报文进行加密的具体要求。

(1) 加密设计背景

目前国控站点有基于 VPN 虚拟专用网络的加密机制；但在无 VPN 或 VPN 不可用、异常等情况下，传输协议本身应具备安全机制。另外 VPN 本身的客户端身份验证机制与上层接收处理在不同层级上，难以验证追溯到具体站点，通常只要掌握有效 VPN 账号，就可以不受限制收发数据。在一些特殊情况下，如 VPN 服务器故障、网络配置错误或受到网络攻击时，VPN 加密机制可能无法正常工作。

常见身份验核与数据保护方法：通常发送端身份验核常见方法：用户名密码认证；动态令牌：时间同步型动态密码（TOTP）或挑战-应答机制；数字证书、安全芯片。通常接收端身份验核常见方法：用户名密码认证；动态令牌：时间同步型动态密码（TOTP）或挑战-应答机制；数字证书。通常传输数据防泄漏、防篡改常见方法：加密通信并配合哈希校验。其中用户名密码认证是最基本的身份验证方式，但存在密码容易被破解或泄露的风险。动态令牌，如时间同步型动态密码（TOTP），能够根据时间变化生成动态密码，提高身份验证的安全性。挑战-应答机制则通过发送特定的挑战信息，要求用户返回正确的应答来验证身份。数字证书和安全芯片提供了更高等级的安全保障，但对资源和分发部署等要求较高。加密通信并配合哈希校验能够有效防止数据在传输过程中被泄漏和篡改，哈希校验通过对数据进行哈希运算生成唯一的哈希值，接收方可通过比对哈希值来验证传输数据的完整性。

（2）加密实现要点

明确安全机制目标：明确具备安全机制，以防数据泄漏、防报文篡改，并起到一定发送端和接收端进行身份验核作用，保障通信双方身份可信。根据《信息安全技术-网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239）^[1]，对于环境空气监测数据传输系统，宜至少满足二级等保要求，确保数据的保密性、完整性和身份真实性是保障系统安全的基本要求。

兼顾可用性和实用性：为兼顾可用性和实用性，暂不要求使用数字证书、安全芯片等对资源和分发部署等要求高的方式。数字证书和安全芯片虽然提供了强大的安全保障，但在实际应用中，需要专门的硬件设备和复杂的证书管理系统，这对于一些资源有限的监测站点来说，实施难度较大且成本较高，暂不采用此类对资源和分发部署要求高的方式，以确保规范能够在更广泛的范围内得到应用。加密内容范围与 HJ 212 保持一致。为保障处理准确及快速，接收方在报文解密前，需要根据包头包尾、数据长度、CRC 校验、加密方式等通信包公开字段信息进行拆分、合并、校验等处理，并确认该报文是否加密及其加密算法，故这些字段不做加密处理，加密主要围绕“指令参数内容”字段进行，指令参数内容包括了监测因子及监测数值等需要重点保障安全的关键敏感信息。

选择合适的加密算法：兼顾安全与实用性，加解密应首选基于国密对称加密算法。国密对称加密算法，如 SM4 算法，具有加密速度快、效率高的特点，同时在安全性上也能够满足环境空气监测数据传输的要求。与其他加密算法相比，国密对称加密算法在国内具有良好的技术支持和应用基础，能够更好地适应国内的网络安全环境，为数据传输提供高效且安全的加密保障。

采用动态密码加密机制：使用基于时间同步，站点 MN 和站点 PW 的动态密码加密机制，对比固定密码的方式具有更高安全等级，且密钥泄漏的风险更低。其中动态密钥要素包括：密钥种子、站点 MN 码、站点 PW 码。一般无需频繁更新密钥种子，仅在已有泄漏风险时，进行手动重新分发。而如果密码频繁更新，且通过传输报文本身自动进行，新密码更新过程中有被抓包截获的风险，或者因为密码更新时站点处于离线或故障，密钥未成功更新将导致后续数据传输失败。动态密码加密机制能够根据时间和站点特定信息生成动态密钥，大大提高了密码的安全性。密钥种子作为生成动态密钥的关键要素，不需要频繁更新，减少了密钥管理的复杂性。在密钥泄漏风险较低时，保持密钥种子的稳定性有助于保障数据传输的连续性。不采用密钥自动更新机制，可避免因自动更新过程中的网络风险和设备故障导致

的数据传输问题，提高数据传输的可靠性。

转码方式选择：对加密后的字节流，使用 **Base64** 进行转码，可有效控制加密后报文长度，加密报文比非加密报文的长度及带宽要求仅提高了 33.3%；而如果加密字节转成 16 进制的字符串表示形式，报文传输长度扩大到原来的 5 倍，带宽要求倍增，传输效率较低。**Base64** 转码方式能够在保证数据完整性的前提下，有效控制加密后报文的长度，相较于将加密字节转成 16 进制字符串表示形式，具有明显的优势，能够降低网络带宽需求，提高数据传输效率。

双向加密保障：对所有传输报文使用双向加密，保障数据上传、应答回条、指令下发均不受干扰、不被泄露。双向加密确保了数据在传输过程中的双向安全，无论是数据从监测设备上传到平台，还是平台下发指令到监测设备，以及应答回条的传输，都能得到有效的加密保护。

5.6.5 通信数据结构章节

“6.5 通信数据结构”对通信传输报文的结构做了详细说明。

（1）结构组成

在“6.5.1 结构组成”中，为保障如上传日志中的中文字符的编码通用性，明确了应统一使用 UTF-8 编码方式，且对涉及到计算报文长度时，使用相应 UTF-8 字节数组的长度，避免使用 ASCII 字符数导致报文实际长度与字段不一致。统一使用 UTF-8 编码方式能够确保不同平台和设备之间对中文字符的正确识别和处理，避免因编码不一致导致的数据传输错误。在计算报文长度时，使用 UTF-8 字节数组的长度进行判断，能够准确反映报文的实际长度，为报文接收方在数据传输层进行准确的报文长度判断和拆包处理提供支持。

拆分包及应答标志 **Flag** 中，规定 **V5~V0** 通信包版本号(000011)表示本标准规定的通信包版本号，沿用 **HJ 212** 的版本管理要求定义本标准的兼容版本号，明确通信包版本号，使收发双方准确识别和处理不同版本的通信协议，使新老设备和平台在数据传输过程中能够准确进行协议处理，避免因版本不兼容导致的数据传输问题。

与标准 **HJ 212** 相比，去除了访问密码 **PW** 在数据段的定义，补充加密方式 **EM** 字段，用于双方明确所传输报文是否加密，以及所使用的加密方法。首先传输相关的密钥不应该明文出现在报文中。同时，为了更好地实现数据加密传输，补充加密方式 **EM** 字段是必要的。通过该字段，发送方和接收方能够明确所传输报文是否采用了加密措施以及具体的加密方法，便于双方执行相应的加密和解密操作。

（2）结构定义扩展

“6.5.2.1 结构定义”基于标准 **HJ 212** 的要求做了扩展，包括补充对英文大小写的区分、允许中文符号的 UTF-8 字符串等数据类型定义。在数据类型定义方面，参考《信息技术 元数据注册系统（MDR）》（**GB/T 18391.1**），明确数据类型的格式和规则是确保数据准确传输和解析的基础。补充对英文大小写的区分，可避免因大小写约定不统一导致的数据识别错误。补充 UTF-8 字符串定义，则进一步提升了规范对中文环境的适应性，确保数据在不同收发双方间的正确交互。

（3）通信字段

“6.5.3 通信字段”主要针对环境空气监测需要的各类主要传输报文类型，分别描述了

适用对象、所需要（或可选）的传输字段名称、字段类型、描述说明等。其中传输类型及字段等针对环境空气监测的特点和要求进行了扩展和补充。设备编码、监测因子、状态参数等编码信息均参照《环境空气质量监测数据编码技术规范》中定义执行，保持协同。

其中“6.5.3.1 监测数据字段”章节中，定义监测数据传输字段用于传输自动检测设备产生的监测数据，以及站房动环数据等。监测数据字段可包括第三个数据维度（高度、方位角、俯仰角），支持光化学、气溶胶、立体垂直监测等设备，涵盖二维和三维数据采集上报。数据相关标识则与《环境空气质量监测数据编码技术规范》中定义数据质控标识编码、数据说明标识编码保持衔接。

“6.5.3.2 设备状态参数字段”、“6.5.3.3 设备运行日志字段”章节明确了这两种数据传输类型的字段和内容要求。设备状态参数和运行日志是判断监测设备是否正常运行的重要依据。数据相关标识则与《环境空气质量监测数据编码技术规范》中定义数据质控标识编码、数据说明标识编码保持衔接。

“6.5.3.4 设备报警记录字段”章节对报警信息上传要求进行展开。如站房供电电压不足或波动，站房内温度高于 30 摄氏度以及其他站房内动力环境异常，对监测仪器运行及测量准确性可能造成较大影响，且随着站房数智化和精细化管控的要求，报警对站点异常得到实时通知并及时处理的作用越来越大，需要支持更详细的信息获取及完善的传输上报机制，包括：支持同一个时刻有多个报警、或报警已恢复 / 被处理等较复杂情况；支持数采仪（工控机）生成的报警，例如：关键参数变化、未设置登录密码、密码已过期、远程工具开启、分析仪掉线、质控失败等空气自动监测站目前比较关注的报警类型；支持对报警的处理状况进行记录及上报，包括报警状态、处理状态、恢复时间等信息。基于以上这些信息可更好实现报警事件的闭环管理，为后续的数据分析和问题追溯提供依据。

“6.5.3.5 文件流传输字段”章节，在支持基于字符传输的结构化数据传输的基础上，扩展激光雷达图谱等基于文件流传输的非结构化数据传输，支持光化学、立体垂直监测等。设置文件流传输字段能够满足这些非结构化数据的传输需求。通过规范文件流的传输格式、字段定义等，可确保图谱、文件等数据能够准确、高效、安全地传输到平台。

“6.5.3.6 参数配置命令字段”章节，参考《城市环境空气质量监测点位智能站房 检测作业指导书》（CNEMC-03-ZJZX-040-2025），在空气站智慧化转型过程中，远程参数配置是实现无人值守、精准管理的重要功能。针对空气站智慧化转型的要求，规定了站房设备远程参数配置涉及的报文字段和内容要求。例如采样总管参数设置、空调温度和模式配置等动力环境设备。因这些站房动力环境等辅助设备类型、品牌、型号多样，所支持设置的参数项也不尽相同，所以这里以“参数项名称”和“参数项值”的键值对的方式约定配置项及其对应值的传输，收发双方可根据实际设备情况进行传输内容的协商与确认，兼容不同设置项目及数据类型。

“6.5.3.7 设备控制命令字段”章节，针对空气站智慧化转型的要求，规定了站房设备远程实时控制涉及的报文字段和内容要求。与参数配置类似，这些站房动力环境等辅助设备类型、品牌、型号多样，所支持设置的控制操作及控制参数也不尽相同，所以这里以“控制项名称”和“控制项值”的键值对的方式约定控制项及其对应值的传输，且对于需要多个控制参数的控制，提供额外的控制命令参数值字段。一对参数名称和参数值属于同一数据字段

项，命令如包含多个额外参数，则传多对参数项，满足不同复杂程度的控制场景。

“6.5.3.8 交互命令字段”章节，定义包括心跳包、时间校准、提取现场数据、设置通信模式，及其他对请求或执行结果的通知应答等，除了补充“通信模式”等本标准扩展的字段外，其他请求回应代码、执行结果回应代码等与标准 HJ 212 保持一致。

（4）命令编码

“6.5.4 命令编码”在不与 HJ 212 冲突的基础上，为更简明及利于扩展，参考《信息技术 信息交换用七位编码字符集》（GB/T 1988）等，针对环境空气监测进行了重新梳理和定义，命令编码分为两个层次，先进行类别划分，根据传输报文类型划分为四大类：监测数据上传 Data of Monitoring、站房动环数据上传 Data of Environment、状态参数（含报警、日志）类上传 Status and Parameters、其他交互命令 Interactive Command。在命令类别码的基础上，添加 2 位顺序码，构成四位命令编码，其中部分相邻命令的顺序码间保持一定间隔，预留后续可扩展的空间。

5.7 附录说明

本标准中“附录 A”为循环冗余校验（CRC）算法。CRC 算法是一种常用的数据校验算法，具有计算简单、校验效率高的特点，在数据传输领域得到广泛应用。

本标准中“附录 B”为动态密钥生成算法及加解密示例，详细说明动态密钥所用算法、生成要素、生成流程，以及生成动态密钥后，使用动态密钥进行传输报文加密的处理过程，同时提供密钥生成示例和对应报文加密示例，其中涉及的散列和消息认证算法和对称加密算法，均使用国密算法，即 HMAC-SM3 和 SM4 算法，符合国家密码管理的相关要求，能够为数据传输提供高强度的安全保障。

本标准中“附录 C”为通信数据段示例，涵盖了本标准中主要传输报文类型的具体示例和说明，包括传输过程实际使用的字段描述、执行流程、示例报文等，便于协议开发和集成应用单位充分理解并一致实现本技术规范约定的传输要求，即有助于开发人员和集成单位更好地理解和掌握本规范的要求，确保在实际开发和应用过程中能够准确实现规范约定的传输功能，提高不同收发双方之间的兼容性和互操作性，推动标准落地。

本标准中“附录 D”为资料性附录。附录引用了 GB/T19582-2008《基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范》^[13]关于串口通信 Modbus-RTU 和网卡通信 Modbus-TCP 部分的采集通信流程、通信包结构、常用功能码等规定。Modbus 协议兼容性强，覆盖 85%以上的监测设备，是工业自动化领域的主流成熟协议，技术门槛低，易于实现。串口传输支持 CRC 校验机制保障可靠性；TCP 模式依赖网络层校验，确保数据采集过程安全可靠。在 Modbus 数据区，结合数据采集业务数据实时采集、设备质控要求对设备信息、实时数据、操作日志的读取；设备关键参数的读写；历史数据回补；设备质控控制等功能指定统一的寄存器地址、数量和数据类型，简化数采与设备之间通信模式的开发，实现在站点运维过程中需要更换同一监测因子不同厂家不同型号的设备时，可以不修改数采设置直接热切换，以提高数据获取率，避免修改过程造成的错误和数据损失。历史数据回补指令的扩充可保障数据完整性，在通信异常（如：线路中断、工控机故障等）时防止数据缺失。操作日志数据读取可防止人工干预设备影响数据质量，对运维人员操作环节做痕迹记录。通过读取设备信息可识别设备的

唯一性，跟踪每台设备去向、备机调整等情况。常规空气质量监测站点数采与设备的通信应尽量采用该通信模式，组分站等其他功能型站点可选择采用。

6 对实施本标准的建议

编制组在国内外主流技术标准发展调研分析，及“国家网”和“地方网”实施应用经验评估基础上，开展了适用于环境空气质量自动监测数据采集和数据传输方法研究，形成了包括环境空气质量自动监测系统的系统结构、数据采集方式及设备技术要求、数据传输通信协议、通信流程、通信机制要求等主要内容的标准规范，解决了全国环境空气质量监测数据采集与传输的标准化和安全化主要问题，达到了立项预期目标，建议实施。

本标准实施可通过“平稳过渡—标准统一—动态优化”三大措施，逐步实现。

首先，建议设置 1~2 年的过渡适配期，确保各级生态环境管理部门及现有数据采集传输系统能够平稳升级。国家环境空气质量监测网应率先完成标准化改造，严格按照本标准的数据结构和通信协议要求，实现监测站点与国家数据平台的实时对接。现有系统在过渡期内可通过建立“旧协议—新协议”字段映射关系，确保历史数据可追溯、业务连续运行。科研用超级站、专项新型监测设施及地方自建网络可参照本标准传输逻辑，在采集端及传输收发方预留扩展字段或兼容模式，满足当前上传需求的同时，为后续技术升级留足空间。

其次，标准实施需要与现有相关技术规范同步推进。建议设备厂商和数据采集传输仪开发商按照本标准的通信协议、数据结构和安全要求对软硬件进行升级改造，确保新采购或更换的采集传输设备能原生支持标准接口，实现与国家平台的无缝对接。采集传输过程中的保密与加密措施应纳入标准执行范围，国家级监测单位应牵头制定统一的安全策略和动态加密机制，各级平台需具备密钥轮换、协议升级和安全补丁快速下发能力，以应对未来网络安全和信息保护需求。

最后，为确保标准能够长期有效运行并具备持续适应能力，建议建立国家统一的采集传输技术管理机制。由国家级环境监测主管单位负责建设和维护统一的技术规范与数据接口库，凡涉及新增监测项目、采样频率、通信协议或安全策略，各单位应按既定流程提交变更申请，经专家审查后统一发布。国家应定期动态维护新增、冻结和替代技术信息，避免历史数据失联和系统割裂。各级环境信息化系统应具备标准版本管理能力，支持字段扩展配置、加密策略动态加载和协议平滑切换，保障监测网络的长期稳定运行及未来智能化升级需求。本次制修订标准规范适用于现有情况，随着形势发展对未来可能出现的新问题，将及时开展标准修订解决，兼顾标准技术积累与更新发展。

7 参考文献

- [1] 环办科技函〔2017〕413 号. 关于开展 2017 年度国家环境保护标准项目实施工作的通知[Z].
- [2] GB/T 7027. 信息分类和编码的基本原则与方法[S].
- [3] GB 3095-2012. 环境空气质量标准[S].
- [4] HJ 663-2013. 环境空气质量评价技术规范（试行）[S].
- [5] HJ 524-2009. 大气污染物名称代码[S].

- [6] HJ 660-2013. 环境监测信息传输技术规定[S].
- [7] HJ 212-2025. 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求[S].
- [8] HJ 477-2009. 污染源在线自动监控（监测）数据采集传输仪技术要求[S].
- [9] HJ 928-2017. 环保物联网 总体框架[S].
- [10] HJ 929-2017. 环保物联网 术语[S].
- [11] GB/T 22239-2019. 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求[S].
- [12] GB/T 39786-2021. 信息安全技术 信息系统密码应用基本要求[S].
- [13] GB/T 19582-2008. 基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范[S].
- [14] USEPA. National ambient air quality standards (NAAQS)[EB/OL]. Washington DC: USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, 2012 [2013-04-16].
- [15] European Commission. Air quality standards[EB/OL]. Belgium: European Commission, 2013 [2013-04-16].
- [16] ISO 7168-1:1999. Air quality — Exchange of data — Part 1: General data format[S].
- [17] ISO 7168-2:1999. Air quality — Exchange of data — Part 2: Condensed data format [S].
- [18] WMO. Manual on Codes (WMO No. 306): International Codes[S].
- [19] European Environment Agency (EEA). Air Quality e-Reporting and Up-To-Date Data System[EB/OL]. 2011/850/EU.