《智能制造 水泥行业应用 智能控制技术要求》

编制说明

(征求意见稿)

标准编制组

2025年5月

**目 录**

[一、 任务来源及编制背景 2](#_Toc196208224)

[二、 工作简况 3](#_Toc196208227)

[三、 编制原则及标准的主要技术内容说明 4](#_Toc196208230)

[四、 标准中涉及专利情况 7](#_Toc196208241)

[五、 标准实施后预期的经济和社会效益 7](#_Toc196208242)

[六、 采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析或与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况 8](#_Toc196208243)

[七、 与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性 8](#_Toc196208244)

[八、 重大分歧意见的处理经过和依据 8](#_Toc196208245)

[九、 标准性质的建议说明 8](#_Toc196208246)

[十、 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过度办法、实施日期等） 8](#_Toc196208247)

[十一、 废止现行相关标准的建议 8](#_Toc196208248)

[十二、 其它应予说明的事项 8](#_Toc196208249)

1. 任务来源及编制背景
   1. 任务来源

本项目属于工信部2017年智能制造综合标准化项目《面向建材行业的智能工厂通用模型研究与试验验证平台建设》的研究成果。2024年8月，工业和信息化部办公厅发布了《关于印发2024年第三批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科函〔2024〕317号），行业标准《智能制造 水泥行业应用 智能控制技术要求》（计划编号：2024-0976T-JC）正式列入编制计划，由建筑材料工业信息中心负责组织牵头起草。

* 1. 背景和意义

自十三五以来，作为制造业主攻方向，智能制造及其标准化工作是促进制造业转型升级的重要措施，我国陆续出台了若干政策文件，均提出了重点开展生产过程智能化改造的重点任务。《“十四五”原材料工业发展规划》提出“鼓励企业开发应用基于数据驱动、机理模型、经验模型、仿真模型的先进工艺控制系统”。《建材行业智能制造标准体系建设指南（2021版）》将“水泥关键工艺环节先进过程控制系统相关技术标准”作为重点研究内容之一。开展水泥行业优化控制标准研制符合国家政策文件要求，也是指导水泥行业智能制造发展的重要方法。

近年来，水泥行业的生产工艺与装备水平已大为改观，但是在节能减排、提高效率的大政方针下，水泥行业急需通过引入智能控制技术的手段提高运行效率，降低能耗，进而达到环保要求。现阶段，水泥厂生产控制过于依赖操作员的能力和经验积累，人为因素影响大、科学性差、随机性大；自动化程度底，数据的采集和检测主要依靠人工完成，实验室进行的物理化学检测时间过长；数据利用率低，DCS数据库和ERP数据库存储的数据仅仅起到了对历史生产的记录作用，缺乏对后续生产的指导作用；只有逻辑形式上的闭环控制，实时的监控闭环并未形成，时间延迟、控制上的滞后和不精确导致水泥质量不稳定。为了解决以上存在的问题，企业可以通过建立自动化系统和先进控制系统，实现生产过程的信息化、自动优化和实时控制。随着新一代信息技术和大数据分析技术的发展，优化算法的日益成熟，使得优化控制的实现成为可能，因此行业急需规范优化控制的技术，包括在线数据采集传输、大数据分析、模型建立、优化算法、反馈指导生产。

本标准旨在针对生料制备、熟料煅烧、水泥制成等关键业务环节，提出生产过程感知及优化控制的技术要求，进而指导水泥企业在制造过程中利用各类感知设备和智能化系统，智能识别，立体感知水泥生产设备的运行状态、工艺参数、业务过程等信息，通过对感知数据进行融合、分析和处理，与业务流程智能化集成，指导系统做出响应，从而促进水泥工厂的高效运行。

1. 工作简况
   1. 参编单位及任务分工

本文件主要起草单位为建筑材料工业信息中心牵头，联合中国建筑材料联合会及建材行业协会、典型生产企业、科研院所、大专院校共同起草，具有广泛的代表性。

* 1. 具体编制过程

2017年-2019年，由建筑材料工业信息中心牵头成立标准工作组，前往泰安中联水泥有限公司、唐山冀东水泥股份有限公司、天瑞集团郑州水泥有限公司等典型水泥企业进行实地调研，根据调研情况，完成标准草案编写。在项目实施期间，组织两次专家研讨会，对标准草案内容进行针对性讨论，并结合专家意见对标准草案进行完善修改。

2019年10月，向中国建筑材料联合会提出团体标准立项申请，11月中国建筑材料联合会印发了《关于下达2019年第五批协会标准制定计划的通知》（中建材联标发〔2019〕120号）文件，本标准被列为制定项目，计划号为2019-66-xbjh，由中国建筑材料联合会归口管理。

2020年-2022年，面向多家核心水泥企业征求标准修改意见，并根据反馈意见对标准草案进行完善和修改。

2023年7月，完成行业标准立项资料，并提交至所归口的单位，先后参加工信部原材料司、科技司等部门组织的多次立项答辩。

2024年8月，工业和信息化部办公厅发布了《关于印发2024年第三批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科函〔2024〕317号），本标准正式立项，标准名称确定为《智能制造 水泥行业应用 智能控制技术要求》，标准计划号为2024-0976T-JC。

2024年8月-12月，标准工作组结合水泥企业进行实地调研情况，根据水泥工厂数字化、智能化研究新进展对标准草案进行完善。

2025年3月，由建材工业智能制造标准化工作组组织，召集建材行业协会、典型生产企业、科研院所、大专院校等代表在天津召开了标准研讨会，参会代表对标准草案内容进行讨论。标准工作组针对提出的标准修改建议，进一步完善标准草案。

1. 编制原则及标准的主要技术内容说明
   1. 本标准的编制原则

为保证标准的科学性和适用性，标准起草工作组在充分讨论和研究的基础上，明确了以下编制原则：

1.规范性原则。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》的要求和规定，编写本文件的内容。

2.适用性原则。本文件立足水泥企业智能控制系统应用现状，充分体现水泥工厂智能控制需求及要求，智能控制体系结构、流程及要求力求科学合理，符合行业特色，能够切实指导企业开展智能控制建设，实现高质量发展。

3.协调性原则。本文件的编制充分考虑与我国现行法律、法规和政策相符合，与现有数字化转型相关国家标准、行业标准等相互协调。

4.开放性原则。本文件在研制推进过程中，广泛联合业界力量，曾多次召开标准起草会、专家研讨会，广泛听取并充分采纳业内专家、生产一线的意见建议，为标准的科学性和实用性提供了保障。

本文件在编制过程中，牵头单位联合协会、企业、研究机构等广大社会相关方不断完善标准内容，通过现场+线上的形式深入企业开展调研，保证了标准的准确与适用。

* 1. 标准的主要内容及说明
     1. 范围

本文件规定了水泥工厂智能控制体系结构、控制控制流程以及智能控制要求。

本文件适用于指导水泥行业智能控制系统的设计和开发。

* + 1. 规范性引用文件

给出了本文件引用的相关标准、文件名称及文号，凡不注日期的引用文件，其有效版本适用与本文件。本文件引用以下国家标准：

GB/T 32854.1-2016 工业自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第1部分：总述、概念及术语

* + 1. 术语和定义

本文件在充分考虑适应范围及技术条款的基础上，对智能控制、模糊控制、模型预测控制、粒子群算法、遗传算法、软测量等关键术语作相关定义。使标准的使用者更为便捷的获取其含义。

* + 1. 缩略语

本文件提出的缩略语均来源于其英文名称首字母。其中，

可编程逻辑控制器英文名称为“Programmable Logical Controllers”，缩略语为PLC；

分布式控制系统英文名称为“Distributed Control System”，缩略语为DCS。

* + 1. 智能控制体系结构

本文件给出水泥生产过程智能控制体系结构，体系结构由智能控制生产环节、智能控制方式、智能控制对象、关键节点输入及输出构成，如图1所示。其中，

（1）智能控制生产环节包括生料制备、熟料煅烧、水泥制成等；

（2）智能控制方式包括生料粉磨优化、分解炉温度预测、烧成带温度预测、二次风温预测、水泥质量预测等；

（3）智能控制对象包括水泥粉磨系统、预分解系统、回转窑、篦冷机、水泥粉磨系统等；

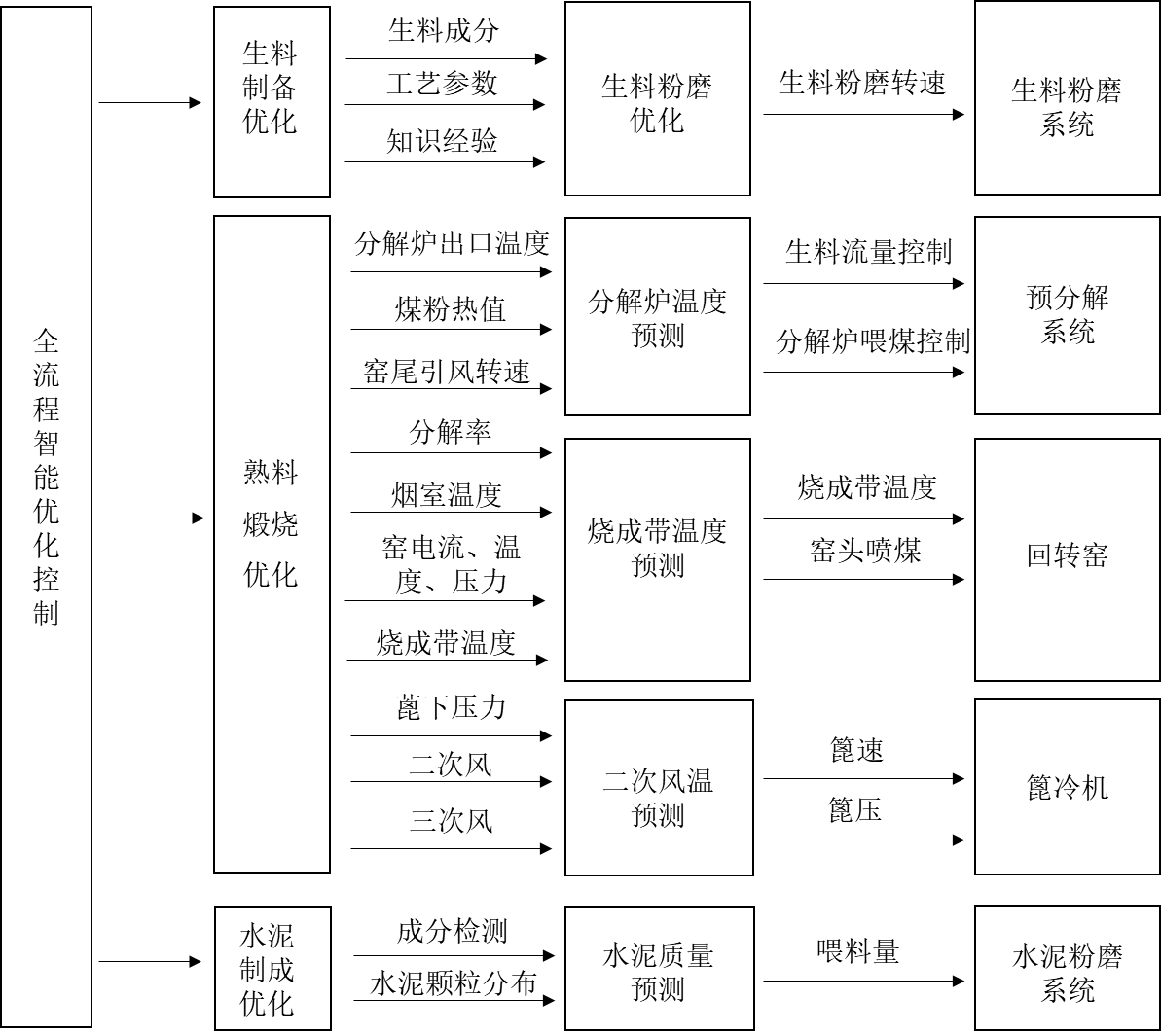


图1 智能控制体系结构

* + 1. 智能控制流程

本文件规定了智能控制流程，包括建模、优化、智能控制及软测量，如图2所示。并对各环节进行详细描述。其中，

（1）建模是描述被控过程在输入（控制输入与扰动输入）作用下，其状态和输出（被控参数）变化的数学表达式，其主要方法包括大模型建模、机理建模和经验建模。

（2）优化主要是寻找最佳的工艺操作参数的设定值，从生产过程中获得最大经济效益的关键点。

（3）智能控制是处理多变量、有约束的复杂对象的控制策略，以实现过程的平稳控制、降低操作成本、提高效益为目标，为过程优化提供基础条件与支撑。

（4）软测量模块用于解决制造过程无法直接测量或直接测量困难的变量估计问题。

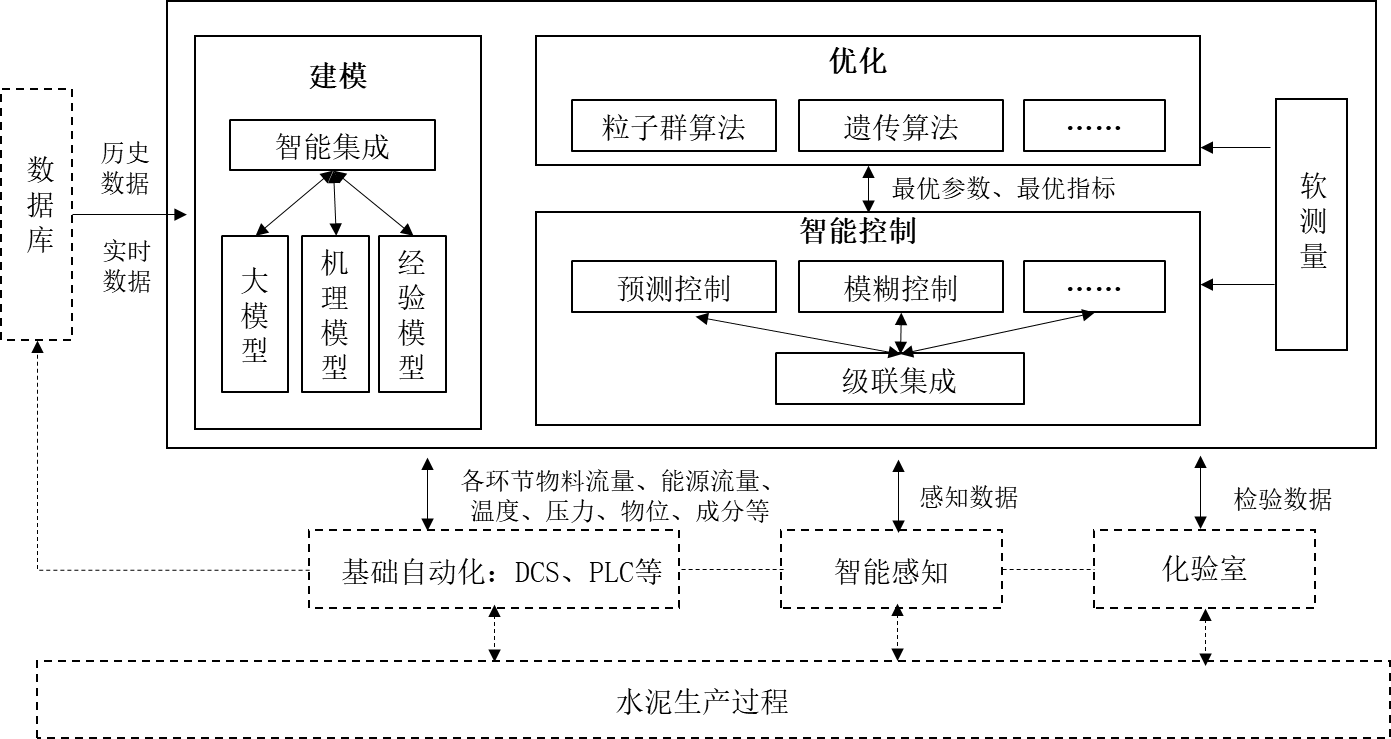


图2 智能控制流程图

* + 1. 智能控制要求

本文件从生料制备、熟料煅烧、水泥制成以及其他四个方面对智能控制提出技术要求，其中。

（1）生料制备环节从实时检测生料的化学成分比例、生料细度、生料水分的功能，具备生料成分优化控制、生料细度优化控制以及生料制备能耗优化等方面提出智能控制要求；

（2）熟料煅烧环节从熟料成分自动检测，预热器、窑、篦冷机运行数据实时采集及在线检测等方面提出智能控制要求；

（3）水泥制成环节从水泥成分在线检测、添加剂实时检测等方面提出智能控制要求。

（4）其他要求从先进过程控制系统及先进过程控制投运率等方面提出智能控制要求。

* + 1. 参考文献

本文件在编写过程中主要参考了以下文献：

（1） GB/T 32854.1-2016 工业自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第1部分：总述、概念及术语

（2） GB/T 32854.2-2017 自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第2部分：架构和功能

（3） GB/T 32854.3-2020 自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第3部分：活动模型和工作流

（4） GB/T 32854.4-2020 自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第4部分：信息交互和使用

（5） GB/T 43439—2023 信息技术服务 数字化转型 成熟度模型与评估

（6） T/CBMF 210—2022 水泥行业智能工厂评价要求

（7） 《中国水泥行业智能制造研究与实践》

（8） 《水泥行业数字化转型技术指南》

1. 标准中涉及专利情况

本文件不涉及专利。

1. 标准实施后预期的经济和社会效益

本文件从智能控制体系、流程、要求等方面展开研制，覆盖生料制备、熟料煅烧、水泥制成等水泥生产全过程，对科学引导水泥企业开展智能控制规划及建设具有重要意义。

一是经济效益方面，本文件的制定与实施为水泥行业提供了统一的智能控制防范，能够带动水泥企业实现降本增效，以某水泥工厂为例，通过窑磨专家系统替代人工进行生产参数调优，系统稳定应用后，吨生料生产电耗降低1.5%，吨熟料生产电耗降低2.08%，吨水泥电耗降低2.17%，吨熟料煤耗降低1.19%。

二是社会效益方面，本文件的制定和实施能够加快新一代信息技术与水泥生产管理过程的深度融合，全面提升水泥行业数字化水平，推动水泥行业智能制造转型升级进程，助力建材行业产业结构调整，实现高质量发展。

三是生态效益方面，本文件的制定和实施能够推动水泥企业的减污降碳、节能增效，有助于企业保持安全、绿色可持续发展。

1. 采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析或与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

本文件未采用国际标准和国外先进标准。全球范围内，有多家公司提供成熟的水泥行业优化控制系统产品，如ABB的优化控制与分析（Optimization Control and Analytics，OCA）、F.L.Smidth的ECS/ProcessExpert等，现有系统集成了丰富的水泥生产过程知识和经验，具有很高的应用价值。当前，研究者和企业不断探索新的优化方法和算法，以适应不断变化的生产环境和需求。例如，采用模糊逻辑、神经网络、遗传算法、强化学习等先进技术来提高控制性能。

1. 与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本文件与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

1. 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

1. 标准性质的建议说明

建议本文件作为行业推荐性标准发布。

1. 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过度办法、实施日期等）

建议本文件发布后面向系统供应商、水泥企业等标准使用者开展多场次、多层次的线上和线下宣贯和培训，使标准的使用者及时了解相关动态和要求等。在水泥行业选择基础好的企业进行试点应用，形成低门槛全行业推广的范式，逐步推广到全行业。落地实施后也要注意实施情况的反馈，逐步完善标准，确保其实施效果。

1. 废止现行相关标准的建议

无。

1. 其它应予说明的事项

无。