

团体标准  
《铝电解槽智能打壳控制系统技术规范》

编制说明  
(送审稿)

《铝电解槽智能打壳控制系统技术规范》编制组  
2023年8月

# 《铝电解槽智能打壳控制系统技术规范》

## 编制说明（送审稿）

### 一、工作简况

#### （一）任务来源

根据 2022 年 4 月 20 日中色协科字[2022]38 号文件，文件下达了制定《铝电解智能打壳控制系统技术规范》任务，归口单位为全国有色金属标准化技术委员会，计划编号：2022-036-T/CNIA，项目实施时间 2022 年~2023 年。标准起草单位由中铝郑州有色金属研究院有限公司、云南云铝涌鑫铝业有限公司、中国铝业股份有限公司青海分公司、重庆旗能电铝有限公司、山东南山铝业股份有限公司、郑州经纬科技实业有限公司等组成。

#### （二）主要参编单位和工作成员及其所做的工作

##### 1 项目编制组单位变化情况

为了使标准内容更加适用于客户需求，通过多角度提供标准编写意见，提高标准的先进性和规范性，编制组经过讨论后决定，增加贵州创新轻金属工艺装备工程技术研究中心有限公司、中国铝业股份有限公司成为编开展标准的起草工作。重新调整后的编制组成为：中铝郑州有色金属研究院有限公司、中国铝业股份有限公司制组成员单位，上述单位为典型的制造企业、用户的典型代表和标准化工作的资深单位，并努力配合编制组、云南云铝涌鑫铝业有限公司、中国铝业股份有限公司青海分公司、重庆旗能电铝有限公司、山东南山铝业股份有限公司、郑州经纬科技实业有限公司、贵州创新轻金属工艺装备工程技术研究中心有限公司。

##### 2 主要工作成员所负责的工作情况

序号	参编单位名称	主要人员	项目中完成的主要工作
1	中铝郑州有色金属研究院有限公司	吴军、魏青、鄂以帅、王莹玮、高鸿光	总体策划、编制、组织实施。负责主要技术的内容编写工作，积极主动调研并收集国内外产品的相关标准，结合该技术在研发、推广中用户的实际需求、控制效果和关键要素指标等，围绕智能制造技术的先进性、智能性和功能指标，制定标准的初稿；在标准的完善过程中，多次调研成员单位和其他单位的应用情况，收集现场环境、技术效果等多项数据，带领编制成员单位认真细致修改标准文本，征求多家企业的修改意见，最终带领编制组完成标准的编制工作。
2	云南云铝涌鑫铝业有限公司	李为堂、李顺华、李远飞	作为典型用户单位，成立了内部标准编制小组。结合生产实际及智能打壳控制技术应用情况，提供企业的现场调研情况，积极提供编制组所需要各种本单位的指标数据和现场数据，丰富和完善了标准内容，每次标准会议均积极参加，还对结构优化、控制操作等技术要求以及标准应用、术语规范、文字表述等提出了有益建议。

(续表)

序号	参编单位名称	主要人员	项目中完成的主要工作
3	中国铝业青海分公司	张国林	作为典型用户单位和研发单位,结合生产实际、智能打壳控制技术研发应用情况,提供企业的现场调研情况,积极提供编制组所需要各种本单位的现场数据,丰富和完善了标准内容,每次标准会议均积极参加,还对标准应用、文字表述、指标要求和安全应急等方面提出了很好的建议,在编制组中发挥了骨干作用。
4	重庆旗能电铝有限公司	王民	作为典型用户单位,结合生产实际及智能打壳控制技术应用情况,提供本企业的现场调研情况。结合本企业对该技术的应用实际情况,对定义深打壳、浅打壳的准确描述、与其它系统融合的接口功能等文字描述提出了宝贵的建议和意见。
5	山东南山铝业	张宁	作为典型用户单位,结合生产实际及智能打壳控制技术应用情况,提供企业的现场调研情况,积极提供编制组所需要各种本单位的指标数据和现场数据,丰富和完善了标准内容。
6	郑州经纬科技	牛文军	作为研发单位,结合智能打壳控制技术研发应用情况,提供了技术研发调研情况。
7	贵州创新公司	陆辉	作为典型研发单位,结合智能打壳控制技术研发应用情况,提供技术应用调研情况,为编制组提供了大量的数据和相关资料。对标准文本结构、文字表述等提出了有益建议,丰富和完善了标准内容。
8	中国铝业股份有限公司	张景博	作为标准资深单位,结合智能打壳控制技术的发展及应用情况,积极对标准的文本结构、术语规范、文字准确表述等提供了宝贵的建议,参与讨论和修改标准的各个版本,为标准的编制和编制说明编写发挥了重要作用。

### (三) 主要工作过程

#### 1 预研阶段

##### 1.1 第一次标准工作会议

2020年8月17日-19日,由全国有色金属标准化技术委员会轻标委主持在山东烟台召开了第一次标准的论证工作会议。中铝郑州有色金属研究院有限公司代表标准编制组参加了会议进行了讨论,会上提出标准要做充分的调研和技术验证,技术指标方面努力达到国外先进水平。

##### 1.2 现状分析

为保证标准的先进性、适用性和智能性,标准编制工作组通过资料查阅、电话征询、现场考察交流等形式对该技术在国内外的研发与应用情况进行了充分调研和分析。国外情况,2020年11月,标准起草单位在 ICSOBA 年会上发表《Development and Application of Intelligent Control System of Crust Breaker in Aluminum Reduction Cell》论文,并借此机会与参会人员交流获悉,因为国外电解铝生产体系和原料等因素与国内不同,该项技术在国外未见应用和相关的标准。国内情况,起草单位中铝郑州有色金属研究院从2013年开始研发智能打壳控制技术,在山东、新疆、河南、云南、贵州等地企业大量推广应用1000余台电解槽,其它研发单位,如贵州创新公司将该技术融合在槽控机中,进行了存量槽控机的升级与推广。包括参编单位在内的多家电解铝企业也积极响应应用

该技术，特别是拥有大型电解槽的铝厂，超过近半数电解槽得以应用。伴随新型压壳式气缸的国外引进、消化吸收、大面积推广，二者起到了相辅相成、相得益彰的良好效果，共同为解决堵料、降低大锤头包、降低工人劳动量和节能降耗发挥了重要的作用，该控制技术已逐步发展为大型电解槽设计和精细化控制的首先，但有色行业没有相关的技术标准。因此，本次标准制定可规范技术应用，引领技术进步，便于各企业采用相同的标准进行比较和衡量，促进技术交流与合作，提升技术服务水平。

### 1.3 资料收集整理

认真研《中国制造 2025》、《国家智能制造标准体系建设指南》（2018 版和 2021 版）、《“十四五”智能制造发展规划》、《有色金属行业智能冶炼工厂建设指南》（试行）、《有色金属工业发展规划（2016-2020）》、《有色金属行业智能制造标准体系建设指南》（2023 版）等有关智能制造范畴的资料文献。切合与本次标准相关的规范与要求，保持一致性，进行了参考与借鉴，为技术规范的编制奠定了理论基础。

## 2 立项阶段

2020 年 7 月，中铝郑州有色金属研究院有限公司向全国有色金属标准化技术委员会轻标委提交了《铝电解智能打壳控制系统技术规范》标准的项目建议书、标准草案和立项报告等材料。2022 年 4 月 20 日，受新冠肺炎疫情影响，无法召开现场会议，在全国有色金属标准化技术委员会轻标委支持下，召开了腾讯会议（第二次标准工作会议），对标准内容进行了征求意见及讨论，并提出的问题进行了认真落实。

## 3 起草阶段

根据 2022 年 4 月 22 日腾讯会议有色标委会对“智能制造”标准的指导性意见，以及任务落实与分工，标准编制组建立了微信交流群加强及时沟通交流。

### 3.1 现场调研

为了掌握电解铝行业重点企业对智能打壳控制技术的应用情况，通过对河南万基铝业、霍煤鸿骏、山东魏桥、云铝股份等企业进行了征询工作，并与企业的相关负责人就与标准相关的问题，如系统的稳定性、控制效果、技术目标、工人劳动强度（量）降低、问题与不足等，进行了广泛交流，为本标准的研制提供了方向性指导。同时，从研发角度对郑州经纬科技、贵州创新轻金属工艺装备工程技术研究中心有限公司、河南施尔耐德等供应商就技术差异性进行了多次探讨。目的是从应用效果和技术研发角度提高标准的适用性、规范性、一致性和指导性。

### 3.2 书面调研与讨论

2022 年 6 月，针对本标准征求意见稿，向企业用户发出征求意见表 7 份，向技术供应商发出征求意见稿 2 份。根据反馈的 9 家意见和建议组织了腾讯会议进行了论证，为标准的制订提供了重要的参考和指导。起草单位认真进行了修改和采纳。

在调研中发现，该技术的承载方式有两种，一种是作为单独控制系统，以郑州轻研院、河南施尔耐德、郑州经纬科技、内蒙古锦溪等为代表；另一种是集成到铝电解槽控制系统中（简称一体机），以郑州轻研院、贵州创新公司、湖南力得尔等为代表。因为一体机控制系统主要偏重于铝电解槽的物料平衡和能量平衡控制，智能打壳功能只是其中一个功能。为了功能性描述方便，以单独的控制

系统作为标准化对象比较好。在书面征求意见函中包括了工作环境，并已得到反馈。集中意见为：多粉尘，温度：10℃~75℃；槽上部温度：最高160℃；气缸压力：0.2 MPa~0.8 MPa；磁场：最大约910 Gs。

对适应铝电解生产现场的工作环境的设备材料选型、经济有效的技术、现场显示屏要求、管理软件及报警软件功能、支持系统的要求（涉及实现单点控制打壳方案、电磁阀选型原则、信号检测装置的选型原则等）等关键要素进行规范性要求，充分体现该技术的先进性和智能性。

在第7章中用3条分别对智能打壳控制方法进行了细化描述。在下料口畅通时应进行浅打壳或停止打壳，抑制锤头包生长；在下料口不畅通时，控制气缸进行多次（次数设置为N）打壳处理，疏通下料口。在下料口顽固不通时，停止打壳，并报警提示现场工人及时处理。使文本结构更加清晰。

#### 4 征求意见阶段

2023年5月10日，在全国有色金属标准化技术委员会轻标委支持下，在银川召开了对《铝电解智能打壳控制系统技术规范》预审会议。根据会议纪要，认真进行了任务落实。并于5月30日、8月5日分别召开腾讯会议对标准文本及编制说明进行多次研讨，不断修改完善标准内容。在预审稿的基础上形成了送审稿。

## 二、 标准编制原则

标准编制确定遵循以下几个原则：

- (1) 完全按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行格式、结构的编排。
- (2) 充分考虑和参照国家和行业有关智能制造发展规划、指导体系建设的要求。
- (3) 从控制效果和技术要求两个层面，聚焦该技术的关键因素、先进性和智能性，使标准具备科学性、合理性和经济实用性。
- (4) 为推动技术与进步，在电解铝行业内建立技术功能评价指标，引导和规范该技术在节能降耗、减轻工人劳动强度等方面发挥重要作用，实现减员增效和可持续发展。

## 三、 标准主要内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

### (1) 范围

本标准的研究对象就是铝电解槽的打壳装置的智能化控制技术，所以适用范围可用于预焙铝电解槽打壳控制系统的技术改造，或者新建预焙铝电解槽打壳系统的设计。

### (2) 规范性引用文件

电磁阀应用在电解槽上部，除了要求适应高温、强磁的现场环境外，其安全性是重点考虑要素，引用规范性文件 GB 30439.6 工业自动化产品安全要求 第6部分：电磁阀的安全要求，对电磁阀的选型做出安全性能方面的明确规定。

### (3) 术语和定义

要实现智能控制打壳动作，需要对打壳行程进行了精细化控制，新增加了深打壳（或长行程打壳）、浅打壳（或短行程打壳）两类控制模式，为了描述方便，并区别传统概念的打壳，在本技术中进行了界定，同时给出了有关智能打壳控制系统的定义。

### (4) 铝电解智能打壳控制系统的基本框架

为了让用户对智能打壳控制系统有个基础性的认识，本章指出，应至少包括控制设备、管理软件、报警设备和关键支撑四部分。这四部分是主要组成部分，并形成有机整体，见图 1 所示。

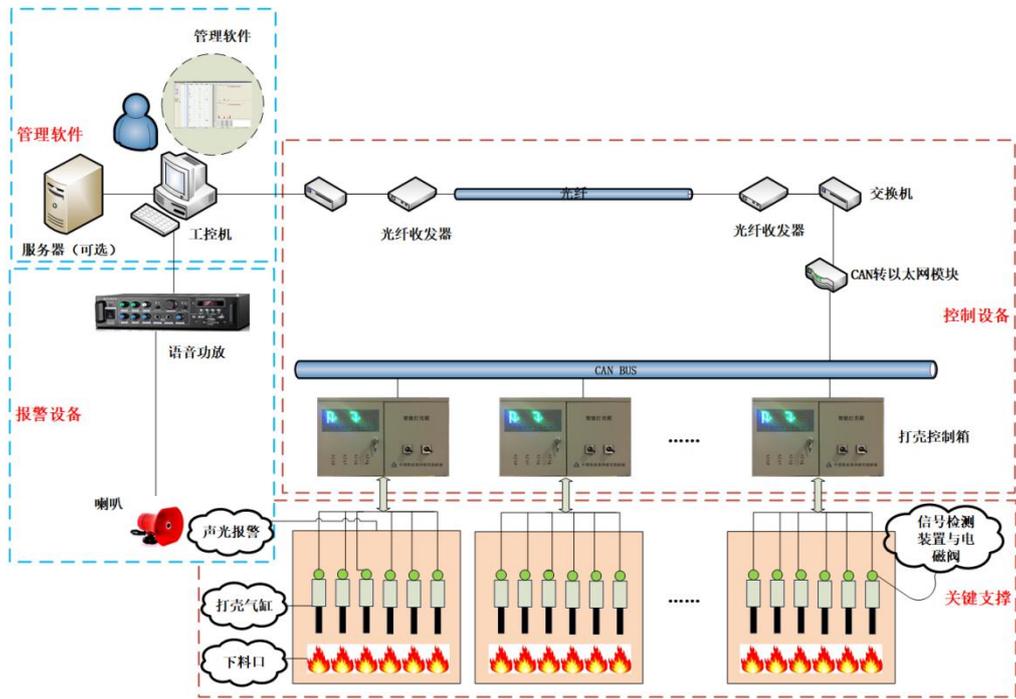


图 1 系统疾病框架图

如上图所示，关键支撑部分是智能打壳控制系统实现的基础、前提条件。第一步，实现单点打壳，需要增加电磁阀对每个气缸进行单点控制，而且需要气路改造，改造方案包括槽上部和槽下部两种方案；第二步，实现检测下料口状态，需要借助传感器或行程检测装置对下料口是否畅通进行检测，其准确性是实现智能控制策略的前提。控制设备部分主要包括打壳控制箱和通讯相关设备，打壳控制箱接收来自槽控机的打壳输出信号作为输入信号，接收检测气缸行程的传感装置的信号进行分析，形成智能控制打壳的策略，输出控制打壳装置的信号。同时，通过网络与管理软件进行信息通讯，接收参数指令和上传状态、故障等信息。管理软件接收来自打壳控制箱的信息，进行统计、分析、元素展示和指令参数下发管理，同时把故障报警信息通过扩音设备、喇叭向厂房播报。报警设备包括语音报警和声光报警，语音报警由管理软件驱动，声光报警由打壳控制箱直接驱动。

#### (5) 控制对象类型

该技术无论采用哪一种控制系统作为承载方式，都需要控制铝电解企业应用到的两种类型的气缸：普通换向气缸和新型压壳式气缸。针对这两种气缸有不同的控制方法和使用方法，因此，在标准中增加第 5 章“控制对象类型”专门描述，同时在条 6.4.1“实现单独控制打壳要求”中也进行了区分。两种类型的气缸的主要区别如表 1 所示。

表 1 打壳气缸相关信息

类型	检测行程功能	输出行程信号	电磁阀	实现单点打壳需要	实现行程检测需要
普通换向打壳气缸	无	无	无	加装电磁阀	加装信号检测装置
新型压壳式气缸	有	开关量	有	否	否

#### (6) 功能要求

该章包括四条。为了体现技术的先进性、智能性和创新性，主要是对控制设备、管理软件、报警设备、关键支撑等关键性要素分别进行了规范性要求。

##### 6.1 控制设备要求

第一条(6.1.1)一般要求对控制系统适用工作环境、安全性及基本功能要求进行了要求。6.1.1.1选用的设备与材料应该满足铝电解高温、强磁、多粉尘的工作环境，降低故障率，保障控制效果；6.1.1.2对智能打壳控制系统的安全性和稳定性进行了要求，6.1.1.3对智能打壳控制系统在出现的故障的应急功能和对原有的铝电解控制系统（槽控系统）不能产生干扰做了要求，目的是不能影响正常生产；6.1.1.4~5对智能打壳的基本功能进行了要求，例如手动和自动单点打壳、打壳锤头侵入电解质深度分级可调、方便工人锤头包处理和堵料处理的功能等。6.1.1.6是要求出现故障能及时被发现和具备自主保护的能力。

第二条(6.1.2)对智能打壳系统接收槽控系统打壳信号的检测方面做了接口要求，保障信号准确，且不影响或不干扰上游控制系统的性能。

第三条(6.1.3)对智能打壳控制系统的打壳输出信号的稳定性进行了要求，防止出现电磁阀抖动，导致不打壳。

第四条(6.1.4)对现场使用的显示屏要求清晰、耐用、故障率低。

## 6.2 管理软件要求

第一条(6.2.1)一般要求具备软件的健壮性，具备数据库管理功能，提供数据接口，支持与第三方系统融合。

第二条(6.2.2)和第三条(6.2.3)分别对状态显示和历史曲线显示的内容进行了展示，方便用户查询和分析。

第四条(6.2.4)对报表的类型，包括显示的内容和多维度的查询功能进行了要求。

第五条(6.2.5)对指挥控制系统有效发挥作用的控制参数进行了要求，主要包括设置、优化、查询、恢复和同步更新等功能。对控制参数的有效管理是智能打壳控制技术的智能性的充分体现。

## 6.3 报警设备要求

分5条。分别对报警的类型、分类、形式、可查询和时间间隔进行了规范性要求。目的是提高本技术的本质安全水平。

## 6.4 关键支撑要求

分3条。第一条(6.4.1)实现单点打壳要求。为了实现精准控制，避免成组打壳造成关联下料点出现负面作用，必须实现单点控制打壳。举例说明，如果1、3、5为一组打壳，当5号点堵料需要多打壳处理时，1号点和3号点也跟着打壳，有可能造成这两点长大锤头包，同时也浪费压缩空气，锤头磨损，搅动电解质。所以，实现单点打壳很有必要，也是新建电解槽用打壳装置的发展趋势。根据现有槽控系统控制打壳装置的方式和打壳气缸的应用类型，实现单点控制打壳气缸，分为两种技术方案见表2，这部分内容作为规范性引用放在附录A。

表2 单点打壳改造方案

气缸类型	电解槽下料点数(M)	建议改造方法	方案名称	特点
普通换向打壳气缸	等于4个(M=4)	在槽下部气控箱内加装二位三通电磁阀，在槽上部敷设线缆、管路，改造气路。	槽下部改造方案	易维护，改造费用高。
	多于4个(M>4)	在槽上部固定二位三通电磁阀，敷设线缆，改造气路。	槽上部改造方案	维护量加大，改造成本低。
新型压壳式气缸	M=4、5、6、7、8……	在槽上部敷设线缆，改造气路。		维护量加大，改造成本低。

智能打壳系统在改造前后的变化情况如图2所示。

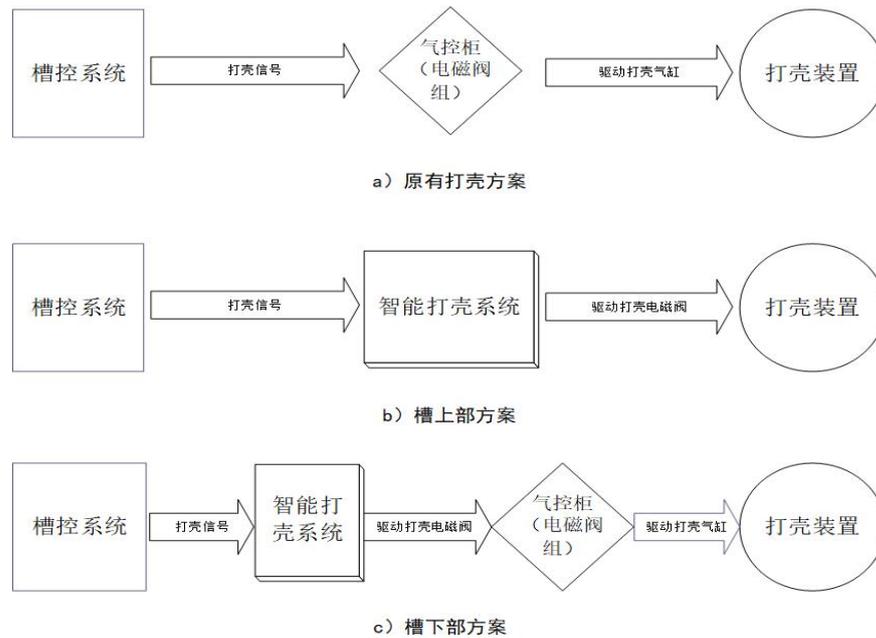


图 2 智能打壳系统与槽控系统、打壳装置的逻辑关系图

第二条（6.4.2）和第三条（6.4.3）对电磁阀和信号检测装置根据不同实现方案参考不同选型和要求。

第四条（6.4.4）描述下料口状态检测的方法，准确检测出下料口的状态是实现智能控制打壳的基础，此部分对检测方法和检测周期进行了规范。

#### （7） 控制方法

该章包括 4 条。主要对下料口畅通时、下料口不畅通时和下料口顽固不畅通时采取的控制打壳的方法，根据下料口的状态，或者说，壳面软硬，智能打壳控制系统采取智能化策略自寻优防止堵料和抑制锤头包生长的平衡状态。堵料和大锤头包在下料口以一对矛盾状态存在，下料口堵料就不容易长锤头包，长锤头包下料口就不容易堵。当然，堵料和长大锤头包的产生根本原因是工艺技术条件不理想且不容易保持导致的，但在同等工艺条件下，从装备角度看，堵料就需要多打壳，长锤头包就需要少打壳，而且，小锤头包更有利于开孔率提高，但不能太大挡住氧化铝下料造成槽内缺料。控制打壳的重要作用就是在电解槽氧化铝浓度非均态条件下，借助装备更好的支持低耗低碳绿色生产。

#### （8） 指标要求

从下料口预报准确性、保障下料口畅通性、减少大锤头包、减轻工人劳动强度和劳动量、节约压缩空气用量、延长锤头使用寿命等方面评价智能打壳控制系统的效果和指标，有利于用户评价评估。

### 四、 标准中涉及专利请

本标准不涉及专利。

### 五、 预期达到的社会效益等情况

#### （一）项目的必要性及可行性

随着国家“能耗双控”、“双碳”目标的逐步实施，铝电解生产转向低电压低能耗技术路线。在

生产过程中，下料口（点）经常出现堵料、卡锤头、锤头长包等下料不畅通的现象，造成效应多、能耗高、沉淀多、原铝品位下降等问题。现有的铝电解槽控制系统（以下简称“槽控系统”）无法检测下料口的畅通性，只能根据槽电阻-氧化铝浓度辨识模型推测槽内是否缺料，如果是由于下料口堵料或大锤头包挡料造成的槽内缺料，槽控系统反而会“越下越堵”，恶性循环，情况变得更加糟糕。为此，电解工人必须不断巡视下料口，及时在高温电解槽前处理堵料和大锤头包，劳动强度大，工作辛苦。用工短缺、招人难留人难逐渐成为企业的突出问题。

为了解决上述问题，一需要有效解决准确检测、判断下料口的畅通性的问题，二能实现智能控制打壳减少大锤头包和堵料现象，显著降低工人的劳动量。近年来，铝电解槽智能打壳控制技术应迫切需求驱动而生。首先，为了达到精准检测与控制每个下料点的效果，需要改变传统的成组打壳模式，通过电路和气路改造实现单点打壳功能。然后，在普通打壳气缸上加装信号传感装置（新型压壳式气缸自带行程检测装置）实现快速准确检测出下料口状态。最后，CPU 中央处理单元依据下料口状态情况改变优化打壳模式，智能控制打壳动作，保障下料畅通，抑制锤头长包生长。

该项技术已在我国铝电解行业不断成熟，并得到广泛应用。一些研制单位形成了一批自主知识产权，在检测下料口畅通性和控制功能方面不断取得新的突破，形成了“百家争鸣”的新局面。但是，不同供应商的功能目标和技术指标在行业内未形成统一的标准，所达到的控制效果和智能化程度正处于参差不齐、甚至混乱的状态。企业用户缺乏判断的依据与尺度，在某种程度上又限制了该技术的应用。

制定本标准的目的在于为整个智能打壳控制技术的推广应用提供基本框架，对系统的关键要素、功能目标和技术指标等方面做出规定，指导系统设计、规范系统建设，更好评价系统应用效果和质量水平，促进该技术健康有序的发展，更好服务用户。

## （二）标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益

本文件在制定过程中，结合市场需求以及生产商的实际研发能力制定技术指标和功能要求。通过文献检索、网上查询，未见国际上有相关的标准。本文件具有充分的先进性、科学性、普遍性、广泛性和适用性，其综合水平达到了国际先进水平。该文件完全能满足企业用户、市场的需要，填补了国内外无统一标准可循的空白，打破了原有完全靠供需双方自主协商的贸易局面，节省了部分贸易商讨的必要性，为供需双方合同、评价提供标准支撑。

本文的制定可指导电解铝生产企业根据标准要求广泛使用该技术，有利于企业的节能降耗，降低工人劳动强度，缓解劳动力短缺的压力，提升企业的智能化水平和市场竞争力；能够促进原铝质量的不断提升，提高中国智能制造高质量发展水平。同样，可本文件的制定也促进技术供应商规范化产品与技术，提升产品质量和研发能力。标准化后明显提高我国“智能制造 2025，工业 4.0”的智能化技术水平。按全国电解铝近 4400 万吨产能，如果全部推广应用该技术，年可产生经济效益近 8 亿元。

综上所述，本文件的实施具有极大的社会效益和经济效益。

## 六、采用国际标准和国外先进标准的情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。

## 七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性国家标准的协调配套情况

本文件所引用的标准全部是现行有效的标准，是本文件的一部分，引用这些标准后，使本文件的要求与现行的相关法律、法规、规章及相关标准的关系不矛盾、不冲突，其相互关系非常协调。

本文件属于智能打壳控制系统技术规范标准，没有现行的法律、法规、规章制度等对其要求，本领域没有强制性标准。

## 八、 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

## 九、 标准作标准性质的建议说明

本文件为智能打壳控制系统技术规范标准,在订供货合同过程中,供需双方还要对特殊要求进行进一步的明确。因此,本文件建议不作为强制性标准,而建议作为推荐性标准。

## 十、 贯彻标准的要求和措施建议

本文件发布后,各企业应加强本文件的宣传力度,要求智能打壳控制技术供应商按本文件组织订货、生产和检验验收,以促进我国电解铝企业的智能制造技术进步和提升质量水平,有效解决生产过程的堵料、长锤头包等难题,缓解电解铝企业劳动力紧张压力。

本文件属于技术标准,如果需方对智能打壳控制技术有特殊要求时,建议供需双方在其基础上对特殊要求在订货单《或合同》中进行详细的约定或起草专项技术议。

## 十一、 代替或废止现行有关标准的建议

无。

## 十二、 其他应予以说明的事项

无。

《铝电解槽智能打壳控制系统技术规范》编制组  
2023年8月17日