

《深井矿山充填管道输送系统应用技术规范》

团体标准编制说明

中关村绿色矿山产业联盟
二零二六年四月

目 次

一、工作简况	1
二、制定标准的必要性和意义	1
三、主要起草过程	2
四、制定标准的原则和依据	2
五、与现有法律、法规和标准的关系	3
六、标准主要内容说明	3
七、分歧意见的处理过程、依据和结果	5
八、采用国际标准或国外先进标准情况	6
九、贯彻标准的措施建议	6
十、其他应予说明的事项	6

一、工作简况

（一）任务来源

任务来源于国家“十四五”重点研发课题：深井采选固废高效充填技术与大能力充填装备研发（2022YFC2904103）。矿山深井充填管道输送系统是保障矿山安全高效开采的核心环节，尤其在深井开采深度不断增加、资源开发逐步向深部延伸的背景下，其技术复杂性和安全风险日益凸显。当前，我国深井矿山普遍面临高压、高磨损、长距离输送等严峻挑战，传统的充填技术标准已难以适应复杂工况需求。例如，部分矿山因管道设计不合理或材料选型不当，导致管道破裂、堵管甚至透水事故频发，不仅威胁人员生命安全，还造成资源浪费和环境污染。此外，随着“双碳”目标的推进，矿山行业亟需通过技术创新减少固废排放、提高资源利用率，而充填技术的标准化正是实现这一目标的重要抓手。为此，中关村绿色矿山产业联盟根据行业发展迫切需求，于2025年将《深井矿山充填管道输送系统应用技术规范》列入团体标准制修订工作计划（项目批准号：GRMP-2025-53），旨在制定一套具有针对性、先进性和可操作性的技术规范，以引领和规范行业发展。

（二）起草单位、参编单位

本标准由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。根据《团体标准管理规定》和《中关村绿色矿山产业联盟团体标准管理办法》的要求，由牵头单位北京科技大学负责统筹协调与政策对接，汇聚了国内矿山行业产、学、研、用的核心力量，形成多层次协作网络，依托其行业平台优势整合多方资源。参编单位包括山东理工大学、首钢滦南马城矿业有限责任公司、山东杰控电气有限公司。

（三）主要起草人

本标准主要起草人为：尹升华、李公成、徐平、陈勋、王雷鸣、陈威、张金华、赵继忠、毛清华、杨晓炳、诸利一、李希雯、马超、贾强、曾佳路。

尹升华作为项目负责人，负责标准的整体策划、技术路线确定、核心章节的起草与统稿，并组织协调各参编单位工作。

李公成负责充填料浆性能指标、输送工艺等相关条款的起草与论证。

徐平负责基于矿山工程实践，对施工验收、运行维护及安全应急等内容提供关键技术参数和案例验证，确保标准的可操作性。

其他参与人员在各起草单位的统一组织下，分别承担了资料调研、实验验证、公式核算、文稿校对等具体工作。。

二、制定标准的必要性和意义

当前，我国矿山深井充填管道输送领域存在标准体系分散、技术规范滞后、行业协同不足等突出问题，严重制约了矿山安全生产和可持续发展。首先，现有技术标准多聚焦于浅层矿山或通用性要求，对深井特殊工况的针对性不足。其次，行业内设计标准不统一，不同企业在管道选材、施工工艺、监测技术等方面差异显著，导致设备兼容性差、运维成本高，难以形成规模化技术协同。从政策层面看，近年来《矿山安全生产条例》、《关于加快绿色矿山建设的指导意见》等文件均明确提出需完善深井开采技术标准体系。然而，现有标准多以推荐性国标或行标为主，缺乏对新兴技术（如智能压力监测、大数据分析）的快速响应能力，难以及时覆盖行业最新需求。此外，随着“一带一路”倡议推进，我国矿

山企业参与国际竞争的需求日益迫切，但技术标准的不完善削弱了国际市场话语权。例如，在海外矿山项目中，因缺乏与国际接轨的充填技术规范，企业常面临技术壁垒或重复认证问题。因此，制定一套兼具先进性、适用性和国际兼容性的团体标准，既是解决行业痛点的迫切需求，也是响应国家政策、提升国际竞争力的必然选择。

本标准立足于深井矿山充填管道输送系统，以构建覆盖总体要求、系统设计、管材及设备选型、施工与验收、运行管理、安全应急的全流程技术规范为目标，填补深部充填领域的标准空白，为垂深超过 800m 的竖井垂直输送、数公里巷道水平管网布局等复杂场景提供科学量化的设计与施工依据。通过规范管道材料选型、布局设计、压力计算模型及安全冗余要求，可有效避免因设计缺陷或参数偏差引发的系统性风险。同时，标准将重点纳入智能监测、堵管预警、泄漏防控等关键技术，推动矿山充填从“被动应对”向“主动预防”转变，显著提升深井作业的安全水平。

三、主要起草过程

为确保“深井矿山充填管道输送系统应用技术规范”团体标准的高质量编制与高效推进，计划通过分阶段、多维度协作模式完成标准制定工作。

第一阶段：筹备与框架搭建

本阶段核心任务是组建标准起草组并明确技术路线。召开标准立项启动会，邀请参编单位代表、行业专家参会，审议标准编制大纲、分工方案及时间节点。起草组下设技术组、数据组和协调组。完成标准框架草案，重点确定核心章节（如系统设计、安全技术、环保要求）的逻辑衔接与内容边界。

第二阶段：技术验证与指标细化

本阶段聚焦关键技术参数的实验验证与工程适配性研究。技术组针对管道材料耐磨性、堵管预警阈值、智能监测系统精度等核心指标开展实验室测试与现场实测。同时，数据组对国内典型的深井矿山进行实地调研，收集管道布局设计图、事故处理记录及运维成本数据，分析现有方案的共性问题。在本阶段召开中期技术研讨会，针对压力计算模型、环保材料占比等争议性条款进行多轮论证，完成标准初稿的技术内容填充。

第三阶段：征求意见与修订完善

本阶段旨在通过广泛征求意见提升标准的科学性与普适性。起草组通过全国团体标准信息平台等渠道发布标准征求意见稿，开征集修改建议。针对争议较大的条款技术组组织专题论证会。协调组汇总来自企业、科研院所及监管部门的反馈意见并形成标准送审稿。

第四阶段：审查发布

本阶段完成标准审定、发布及推广落地。组织专家评审会，邀请行业权威专家参与，对标准技术内容的先进性、安全要求的合理性进行答辩质询。

四、制定标准的原则和依据

标准编制需遵循多项核心原则。一是科学性与实用性结合，以试验数据和工程实践为依据，确保技术要求科学严谨，同时兼顾不同矿山地质条件与生产规模，便于实际操作应用。二是安全优先与环保协同，将充填体稳定性、管道输送安全等作为核心指标，同步纳入固废资源化率、污染物控制等环保要求，契合绿色发展理念。三是统一性与灵活性平衡，统一材料配比、工艺参数等关键技术框架，预留针对特殊矿种、复杂工况的调整空间。四是前瞻性与适应性兼顾，既立足当前技术水平，又考虑未来行业升级需求，与国家“双碳”目标、生态政策等相衔接，确保标准的长效指导价值。

五、与现有法律、法规和标准的关系

本标准严格遵循《中华人民共和国安全生产法》《矿山安全条例》《金属非金属矿山安全规程》等国家法律法规和强制性安全标准的要求，是对现有矿山安全与技术标准体系在深井充填管道输送领域的细化和补充。

在技术标准层面，本标准与以下现行标准协调配套、互为支撑：

与 GB 16423-2020《金属非金属矿山安全规程》的关系：本标准在其对矿山充填系统通用安全要求的基础上，专门针对深井管道输送系统的高压、高磨损、长距离等特点，提出了更为具体和严格的设计、材料、监测与安全技术要求，属于专项技术规范深化。

与 GB/T 51450-2022《金属非金属矿山充填工程技术标准》的关系：本标准是其重要组成部分的延伸和具体化。GB/T 51450 规定了充填工程的一般性原则，而本标准聚焦于“深井”与“管道输送系统”两个关键维度，在系统压力计算、耐磨防腐技术、智能监测预警等方面提出了更深入、更具操作性的规定，填补了深井特殊工况下的技术规范空白。

与其他相关标准的关系：本标准在管道材料、焊接、防腐、监测仪表等方面，引用或衔接了相应的国家标准和行业标准，确保技术要求的协调一致。

本标准未与现行法律法规及强制性标准冲突，旨在构建一个从通用到特殊、从整体到局部的完整技术标准体系，为深井矿山充填管道输送系统提供专门的技术依据。

六、标准主要内容说明

本标准《深井矿山充填管道输送系统应用技术规范》是一部针对深井开采环境（开采垂深大于 800m，且具备高地应力、高输送压差、井下高温高湿等特征）下，充填管道输送系统的综合性、应用性技术规范。其核心内容围绕确保系统在高压、高磨损、长距离输送工况下的安全性、可靠性、经济性、绿色化而展开。标准共分 9 章及 2 个规范性附录。

（一）标准技术框架

- 1 范围
- 2 规范性引用文件
- 3 术语和定义
- 4 总体要求
- 5 系统设计
 - 5.1 整体布局设计
 - 5.2 输送参数设计
 - 5.3 辅助系统设计
- 6 管材及设备选型
 - 6.1 管材选型
 - 6.2 阀门与控制设备
 - 6.3 输送与辅助设备
 - 6.4 监测设备
- 7 施工与验收 3
 - 7.1 施工准备
 - 7.2 管路安装要求
 - 7.3 附属设施安装
 - 7.4 系统调试与验收
- 8 运行管理

- 8.1 作业规范
- 8.2 日常巡检
- 8.3 运行管控
- 9 安全应急
 - 9.1 安全要求
 - 9.2 堵管处置
 - 9.3 漏浆、爆管处置
 - 9.4 设备故障处置

附录 A（规范性） 深井充填管道常见故障及处置对照表

附录 B（规范性） 深井充填管道巡检及检修周期表

（二）重点技术指标、参数、公式的论据

（1）深井矿山界定深度（垂深>800m）

根据对我国主要深井矿山，如金川、云南会泽、首钢马城、山东黄金等的统计分析，当开采深度超过 800m 时，地压显著增加、管路静压超过 6MPa、井下温度普遍高于 30℃，充填管道输送系统面临的磨损、水锤、堵管风险出现质变。800m 以下矿山可按常规标准设计，800m 以上需采取专门措施。该界定与《金属非金属矿山深井开采技术规范》等行业文件保持一致。

（2）系统设计压力系数（≥1.2 倍最大工作压力）

深井充填系统在启停泵、阀门切换、堵管等工况下会产生瞬时水锤压力，峰值可达工作压力的 1.15-1.35 倍。根据马城铁矿实测数据，取 1.2 倍安全系数可覆盖大多数工况又不至造成过度设计。

现场验证：马城铁矿深井管路设计压力取工作压力 1.2 倍，运行两年未发生爆管。

（3）管材最小壁厚（≥8mm）

深井管道承受高压和反复冲击，壁厚不足易导致早期磨损穿孔。依据管道强度计算公式，在 10MPa 内压、考虑 1.5 倍安全系数及 2mm 腐蚀余量条件下，常用耐磨管材计算壁厚约为 6~7mm，取整后规定最小壁厚 8mm。该指标与宝钢、攀钢等企业深井耐磨管产品规格一致。

（4）高浓度充填料浆收缩率≤8%、泌水率≤10%；膏体充填料浆收缩率≤3%、泌水率≤3%

上述指标来源于《全尾砂膏体充填技术规范》GB/T 39489 及现场试验数据。深井充填对充填体接顶要求更高，收缩率过大会导致充填体与顶板脱空，引发地压风险；泌水率高则增加井下排水负担且影响充填质量。编制组通过对不同浓度料浆的室内试验和现场取样分析，确定了上述限值。

（三）主要试验（验证）分析

标准中各项要求的提出，均以实验验证和工程实证为支撑。

（1）流变特性与阻力验证

编制组在首钢滦南马城铁矿开展了充填料浆流变特性测试和管路沿程阻力实测。测试表明：当料浆浓度在 72%-78%时，充填料浆呈现宾汉姆流体特性，屈服应力 50-150Pa，塑性粘度 0.5-2.0Pa·s。采用 Darcy-Weisbach 公式计算阻力与实测值偏差在 8%以内，验证了计算公式的适用性。

（2）缓冲减压装置效果验证

在马城铁矿垂直管路底部、变坡点安装节流孔板式缓冲装置，监测数据显示：未安装

时管路压力峰值为工作压力的 1.35 倍，安装后峰值降至 1.12 倍，水锤压力衰减约 17%。该装置有效抑制了瞬时超压。

(3) 管材耐磨性对比试验

选用超高耐磨复合钢管（内衬硬度 $HRC \geq 58$ ）、双金属耐磨管（硬度 $HRC \geq 55$ ）和普通无缝钢管（硬度 $HRC \leq 30$ ）在相同工况下运行 12 个月，测量壁厚磨损量。结果表明：复合钢管平均磨损 0.12mm/月，双金属管 0.18mm/月，普通钢管 0.45mm/月。规定深井主力管路应选用耐磨复合钢管具有充分依据。

(四) 预期的综合经济效果：

用本规范设计的深井充填管道输送系统，预计可实现：

爆管事故率降低 60%以上；

堵管处理时间缩短 50%；

管路使用寿命延长 1-2 年；

单座深井矿山年均节省检修及停产损失约 200-500 万元。

七、分歧意见的处理过程、依据和结果

在标准编制及征求意见过程中，主要分歧意见及处理如下：

(1) 标准名称

分歧：初始名称为“设计与安全技术规范”，专家建议改为“应用技术规范”或拆分为“设计”与“安全”两个标准。

处理过程与依据：起草组经多轮讨论认为，“应用技术规范”更能涵盖设计、施工、运行、维护、安全等全流程内容，符合团体标准聚焦技术应用的特点。拆分标准虽逻辑清晰，但不利于用户系统掌握深井管道输送这一特定场景下的完整技术体系，可能造成使用不便。经与主要专家沟通并参考多数反馈意见。

结果：标准名称确定为《深井矿山充填管道输送系统应用技术规范》，内容上保持设计与安全的深度融合，但在章节上清晰划分。

(2) 适用范围

分歧：有专家提出需明确是否适用于煤矿。

处理过程与依据：起草组经调研认为，煤矿充填（尤其采空区充填）在材料特性、工艺方法和安全要求上与金属非金属矿山存在显著差异，其已有相对独立的标准体系。本标准的技术内容主要基于金属非金属矿山的工程实践与科研数据。

结果：在标准第 1 章“范围”中明确界定为适用于“金属非金属深井矿山”，避免歧义。同时说明，煤矿可参考本标准中具有通用性的管道输送技术原理，但具体应用时需结合其特殊规范。

(3) 与现有安全标准的协调：

分歧：需明确本标准与《金属非金属矿山安全规程》等上位安全标准的关系。

处理过程与依据：起草组系统比对了现有安全标准条款，确认本标准所有安全技术要求均不低于上位标准，且针对深井管道输送这一细分场景进行了大量补充和细化，不存在冲突条款。

结果：在编制说明第五部分及标准正文中均明确表述了本标准是对现有安全标准体系的“补充和细化”，并重点说明了针对深井特殊性的新增规定（如压力坡线分析、智能堵管预警等）。

八、采用国际标准或国外先进标准情况

本标准在编制过程中，广泛参考和借鉴了国际先进矿业国家在深井开采与充填技术领域的相关标准、技术规范及最佳实践指南。

参考了加拿大、澳大利亚、南非等深井采矿技术先进国家的相关矿业规范中关于高应力环境下基础设施安全、浆体管道输送可靠性等方面的理念。

吸收了国际标准化组织（ISO）在管道工程、流体输送、风险管理等方面的通用框架和方法。

本标准的技术指标和要求，尤其是关于管道承压设计、耐磨材料选型、智能监测系统功能等核心条款，是在满足我国矿山实际条件与法规要求的前提下，对标国际先进水平制定的，旨在提升我国深井矿山技术的国际竞争力和兼容性。本标准未直接采用或等效采用某一特定国际标准，属于自主制定

九、贯彻标准的措施建议

本标准聚焦于金属矿与非金属矿深井开采场景下的充填管道输送系统，适用于开采深度不低于 800m 的矿山工程，旨在解决深部高地应力、高渗透压、长距离输送等复杂工况带来的技术难题。具体而言，标准涵盖膏体充填与高浓度浆体充填两类主流工艺，针对膏体充填黏度高、流动性差的特点，需规范剪切稀释剂添加比例、泵送压力阈值等关键参数；对于高浓度浆体输送，则需明确固液两相流稳定性控制要求，以防止离析导致的管道堵塞。在空间维度上，标准既适用于垂直深度超千米的竖井管道布局，也适用于水平延伸数公里的巷道输送网络。

十、其他应予说明的事项

本标准为首次制定，不涉及现行有关团体标准的废止。