

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM XXXX—XXXX

深井矿山充填管道输送系统应用技术规范

Technical specification for application of filling pipeline transportation system in
deep mine

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

目 次

| | |
|------------------------------------|----|
| 前 言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 总体要求 | 2 |
| 5 系统设计 | 2 |
| 6 管材及设备选型 | 3 |
| 7 施工与验收 | 3 |
| 8 运行管理 | 4 |
| 9 安全应急 | 4 |
| 附 录 A （规范性） 深井充填管道常见故障及处置对照表 | 6 |
| 附 录 B （规范性） 深井充填管道巡检及检修周期表 | 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。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：北京科技大学、山东理工大学、首钢滦南马城矿业有限责任公司、山东杰控电气技术有限公司。

本文件主要起草人：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。

本文件首次发布。

深井矿山充填管道输送系统应用技术规范

1 范围

本文件规定了深井矿山充填管道输送系统的术语和定义、总体要求、系统设计、设备及管材选型、施工与验收、运行管理、安全应急等技术要求。

本文件适用于开采垂深大于800m的金属非金属深井矿山的高浓度充填、膏体充填管道输送系统的建设与运维，浅部矿山充填管道输送系统可参照执行。

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 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法
- GB/T 39489 全尾砂膏体充填技术规范
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB/T 51450-2022 金属非金属矿山充填工程技术标准
- JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JGJ/T 70 建筑砂浆基本性能试验方法标准
- DB53/T 889-2018 有色金属矿山膏体充填规范

3 术语和定义

GB/T 39489、GB/T 51450-2022界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

膏体充填料浆 *paste filling slurry*

一种无泌水、呈结构性流、牙膏状流变特性的充填料浆。

3.2

高浓度充填料浆 *high concentration filling slurry*

固体含量达到或超过临界流态浓度的固液两相混合物，其中细粒级含量显著增加且均匀分布于水中，呈现似均质流特性的充填浆体。

3.3

充填管道输送系统 *filling pipeline transportation system*

由地面充填制备站输送管路、井筒或钻孔垂直管路、井下水平及倾斜管路、阀门组件、缓冲装置、监测仪表、清堵设备、稳压设备及附属支护固定装置组成，用于将充填浆料输送至井下采空区的成套系统。

3.4

自流输送 *self-flowing transportation*

依靠料浆自身重力势能克服阻力完成输送的方式。

3.5

泵压输送 *pumping transportation*

需借助泵等设备提供额外动力克服阻力的输送方式。

3.6

料浆临界流速 critical flow velocity of slurry

充填浆料在管道内不发生沉降、堆积、分层，维持稳定输送的最小流体流速。

3.7

缓冲减压装置 buffer decompression device

安装于深井垂直管路变坡、转弯、水平衔接位置，用于消减水锤压力、均衡管路压差、降低管壁磨损的专用装置。

4 总体要求

4.1 深井矿山充填管道输送系统设计、建设、运维应遵循安全优先、稳压减磨、低堵低耗、智能可控、运维便捷的原则，适配深井高压、大落差、长距离输送工况

4.2 系统应满足连续、间歇两种充填作业模式，适配尾砂、粗骨料、胶结料等多种充填物料输送需求。

4.3 所有设备、管材、配件必须具备矿山安全准入资质，严禁不合格产品投入使用。

4.4 深井充填管路工作压力应根据矿井垂深、浆料浓度、输送距离精准核算，系统设计压力应不小于最大工作压力的 1.2 倍。

4.5 井下管路作业环境温度应适配 10℃~40℃、相对湿度≥85%的高湿高温深井环境，管材及配件具备防锈、防腐、耐潮湿老化性能。

4.6 输送料浆宜选择高浓度充填料浆或膏体充填料浆，高浓度充填料浆收缩率≤8%，膏体充填料浆收缩率≤3%；高浓度充填料浆泌水率≤10%，膏体充填料浆泌水率≤3%；

5 系统设计

5.1 整体布局设计

5.1.1 输送管路应减少垂直落差突变、水平急弯、变径频次。

5.1.2 应设置双管路冗余系统，一用一备，保障检修、故障时充填作业不中断；小型深井矿山可根据产能设置备用支管。

5.1.3 地面管路、井筒或钻孔垂直管路、井下主干管、采场支管分级布置，逐级减压、分级管控，严禁单段管路承受全落差静压。

5.1.4 地面充填管路宜安设三通阀或其他排料阀、放气孔，管道应采取保温防冻措施；垂直管路底部应设卸料阀，附近需设排料池。

5.1.5 井筒垂直管道或钻孔垂直管道倾斜度应小于 0.3%，且具有固管措施。

5.1.6 深井垂直管路变坡、转弯、水平衔接位置应配备缓冲减压装置。

5.2 输送参数设计

5.2.1 宜开展充填料浆流变参数和流动性测试，应根据浆料浓度、密度、屈服应力、塑性粘度等参数计算管路沿程阻力、局部阻力，确定充填料浆泵送输送或者自流输送方式，精准核定管径、输送压力、流速等参数。

5.2.2 深井大落差管路宜进行水锤校核，配置水锤消除、减压缓冲装置，抑制启停泵、启停充填产生的瞬时高压冲击。

5.2.3 不同中段采场充填应设置独立调压、控流装置，实现多中段差异化稳压输送。

5.3 辅助系统设计

5.4 系统应配套冲洗水洗管系统或风水联动洗管系统、清堵系统、排气系统，实现充填结束管路自动冲洗、管内积气自动排出、堵管快速疏通。

5.5 配套在线监测系统，实时监测管路压力、流量、流速、温度、声音等关键参数。

5.6 井下管路最低点、转弯处设置排渣口，最高点设置排气阀，规避积气、积渣引发的堵管、爆管问题。

6 管材及设备选型

6.1 管材选型

- 6.1.1 水平主管路、垂直主干管路、高压段管路应选用超高耐磨复合钢管、双金属耐磨管，耐压等级应根据压力计算结果进行选择，壁厚根据落差核算，最小壁厚不低于 8mm。
- 6.1.2 根据压力计算结果，井下水平支管、低压段管路可选用高分子耐磨管、衬胶钢管，耐压等级应根据压力计算结果进行选择。
- 6.1.3 管材宜具备耐酸碱腐蚀、抗冲击、抗老化性能，适配深井潮湿、矿水腐蚀环境。
- 6.1.4 转弯、变径、三通等易磨损配件，应采用加厚耐磨定制配件，耐磨层厚度不小于 3mm。

6.2 阀门与控制设备

- 6.2.1 高压段主控阀门选用耐磨闸阀、球阀，具备远程电控、手动双重控制功能，耐压等级高于管路设计压力 1.5 倍以上。
- 6.2.2 管路需配置泄压阀、止回阀、排气阀，杜绝负压回流、瞬时超压、管内积气。
- 6.2.3 各中段分支管路宜设置独立调节阀、截止阀，实现单采场独立启停、流量调压。

6.3 输送与辅助设备

- 6.3.1 泵送系统宜配备变频调速装置，实现流量、压力精准调节，适配不同工况输送需求。
- 6.3.2 配置专用管路冲洗泵或其他高压清堵设备。
- 6.3.3 缓冲减压装置应安装于垂直管道底部、管路变坡点、长距离直管中段，降低管路冲击荷载。

6.4 监测设备

- 6.4.1 主干管路全线布设压力传感器、流量传感器、浓度传感器，宜配备温度、声音等监测系统，数据实时上传充填开采集中控制系统。
- 6.4.2 关键磨损点位宜安装管壁厚度在线监测设备，实现磨损超限预警。
- 6.4.3 系统配套故障报警、超压联锁停机装置，出现超压、堵管、流量异常时自动报警、紧急停机泄压及清管。
- 6.4.4 长距离管段或环境复杂管段，宜配备多参数感应机器人定期巡检充填管道。

7 施工与验收

7.1 施工准备

- 7.1.1 施工前需完成管路线路复核、巷道支护检查、设备进场检验，所有管材、配件、设备需查验合格证、检测报告，严禁瑕疵产品进场施工。
- 7.1.2 清理巷道施工区域杂物、浮石，保障施工空间安全，落实井下通风、防尘、防坠措施。

7.2 管路安装要求

- 7.2.1 管路安装横平竖直，水平管路坡度控制在 0.2%~0.5%，朝向排渣、排水方向倾斜，避免积水积渣。
- 7.2.2 钻孔垂直管道应采用混凝土浇筑固定，井筒或其他垂直管路固定间距不大于 3m，水平管路固定间距不大于 4m，转弯、变径、阀门位置增设加固支架，支架焊接、锚固牢固，适配深井震动、地压变形工况。
- 7.2.3 管路法兰连接密封严密，垫片选用耐高压、耐腐蚀专用密封件，所有螺栓均匀紧固，无松动、无渗漏。
- 7.2.4 管路对接焊缝平整无气孔、裂纹、夹渣，高压段管路焊缝需进行无损探伤检测。
- 7.2.5 管路安装完成后分区标识，标注压力等级、流向、所属中段、设备编号。

7.3 附属设施安装

- 7.3.1 缓冲减压装置、阀门、监测仪表安装位置精准，操作空间充足，便于后期检修维护。

7.3.2 排气阀安装于管路最高点，排料口、排料阀安装于管路最低点及低洼积料区域。

7.3.3 井下外露管路、阀门做好防护，规避矿岩撞击、巷道变形挤压损坏管路。

7.4 系统调试与验收

7.4.1 管路安装完成后依次开展外观检查、水压试验、空载试运行、带料试运行。

7.4.2 水压试验压力为系统设计压力的 1.2 倍，保压时长不少于 30min，管路无渗漏、压力无明显下降为合格。

7.4.3 空载试运行时长不少于 2h，检查阀门启闭、仪表监测、设备运行状态，无卡顿、无异常震动、无数据偏差。

7.4.4 带料试运行采用低浓度浆料逐步升压调试，时长不少于 8h，验证系统流量、压力、流速稳定性，排查堵管、渗漏、超压隐患。

7.4.5 系统调试合格后开展竣工验收，验收资料包含设计图纸、设备合格证、检测报告、调试记录、施工记录等。

7.4.6 竣工验收核心指标：管路密封无渗漏、设备运行稳定、监测数据精准、保护联锁功能有效、管路布局符合设计要求。

7.4.7 验收合格后方可正式投入生产运行，验收不合格需整改复检，直至达标。

8 运行管理

8.1 作业规范

8.1.1 充填作业人员需持证上岗，岗前完成专项培训，熟悉深井充填系统操作、故障识别、应急处置流程。

8.1.2 充填作业遵循“先引、后送料、先停料、后冲洗”的操作流程，严禁直接启停浆料输送。

8.1.3 作业过程中实时监控管路压力、流量、设备运行参数，严禁超压、超速、超负荷运行。

8.1.4 浆料配比严格按照设计标准执行，严禁混入大块物料及杂物，保证浆料均匀稳定。

8.2 日常巡检

8.2.1 建立每班巡检制度，重点检查管路接口、阀门、支架、监测设备有无渗漏、松动、变形、损坏。

8.2.2 每日记录系统运行压力、流量、输送量、设备工况、管路磨损情况，形成运行台账。

8.2.3 特殊情况下增加巡检频次，重点排查管路变形、渗漏隐患。

8.3 运行管控

8.3.1 定期校准压力、流量等监测仪表，保证监测数据准确可靠。

8.3.2 系统停机超过 2h，必须完成管路彻底冲洗，清除管内残留浆料，防止干结堵管。

9 安全应急

9.1 安全要求

9.1.1 充填作业区域设置警示标识、防护围栏，严禁无关人员进入作业区域。

9.1.2 井下管路爆管、漏浆隐患区域，严禁人员长时间停留，检修作业时停机泄压、切断电源。

9.1.3 系统超压、故障报警时，立即停机泄压，排查故障后方可重启作业，严禁带故障运行。

9.1.4 高空管路检修、井筒管路作业必须落实防坠落、防坠物安全措施。

9.2 堵管处置

9.2.1 系统出现流量骤降、压力突升、温度及声音异常时，判定为堵管隐患，立即停机，严禁强行加压输送。

9.2.2 开启管路泄压阀泄压，通过高压清水分段冲洗、专用清堵设备疏通管路。

9.2.3 堵管疏通完成后，彻底冲洗管路，检查管路磨损、变形情况，确认无隐患后方可恢复作业。

9.3 漏浆、爆管处置

- 9.3.1 发现管路漏浆、爆管时，立即紧急停机、泄压，切断浆料输送。
- 9.3.2 快速疏散作业人员，隔离故障区域，清理泄漏浆料，排查管路破损原因。
- 9.3.3 更换破损管路及配件，试压验收合格后，方可重启系统运行。

9.4 设备故障处置

- 9.4.1 泵组、阀门、监测设备故障时，立即停机检修，启用备用管路及设备，保障充填作业有序开展，做好故障记录与复盘整改。

附 录 A
(规范性)

深井充填管道常见故障及处置对照表

| 故障类型 | 故障现象 | 主要成因 | 处置措施 |
|--------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 管路堵管 | 流量下降、压力突升、温度及声音异常、无浆料输出。 | 流速过低、浆料干结、杂物堵塞、管内积气。 | 停机泄压、分段清水冲洗、机械清堵，冲洗校验后重启。 |
| 管路漏浆 | 管路接口、管壁浆料渗漏。 | 密封老化、管壁磨损、螺栓松动、超压运行。 | 停机泄压，更换密封件或管材，紧固配件，试压验收。 |
| 管路爆管 | 管壁破裂、大量漏浆、压力骤降。 | 瞬时水锤超压、管壁磨损超标、管材选型偏小。 | 紧急停机疏散人员，更换管材，优化减压缓冲方案。 |
| 压力异常波动 | 管路压力忽高忽低、运行不稳定。 | 浆料配比不均、阀门故障、积气积渣。 | 调整浆料配比，检修阀门，排气排渣，校准压力参数。 |

附 录 B

(规范性)

深井充填管道巡检及检修周期表

| 检修项目 | 巡检周期 | 检修内容 |
|----------|------|--------------------|
| 管路外观及密封 | 每班 | 检查渗漏、变形、松动、破损 |
| 阀门及操控部件 | 每日 | 检查启闭灵活性、密封性、操控有效性 |
| 监测仪表 | 每周 | 校准精度，排查故障，清理积尘 |
| 管路壁厚检测 | 每月 | 检测易磨损点位壁厚，记录磨损数据 |
| 系统整体性能校验 | 每年 | 水压试验、设备性能检测、系统参数校核 |