

## 附件 2

# 《磷石膏充填采矿技术规范》编制说明

## 一、 编制过程

### 1、项目背景

磷石膏、半水磷石膏是湿法生产磷酸工艺产生的副产物，每生产 1t 磷酸（以  $P_2O_5$  计）副产 4~5 t 磷石膏。磷石膏中因含有少量磷酸、氟等指对生态环境和人体健康具有有害影响的毒性（Toxicity,T）、腐蚀性（Corrosivity,C），被列入《国家危险废物名录（2021 年版）》。目前，全球的磷石膏堆存量已达 60 亿 t，每年仍然还以 1.5 亿 t 的速度新增。而中国是全球第一大磷肥生产国，也是第一大磷石膏副产国，磷石膏堆存量已经达到 4 亿 t，每年仍以大约 5000 万 t 的速度递增。巨量磷石膏的堆存，不仅占用大量耕地面积，而且还会对地下水、土壤、植被和大气环境造成污染。磷石膏中含有磷、氟、有机质等杂质会影响性能，不能直接大规模用于水泥缓凝剂或者石膏建材生产，这将大大降低磷石膏的消耗量，制约其应用范围，增加利用成本。全世界磷石膏的有效利用率仅为 4.5%左右，磷石膏高效利用技术已经成为世界性难题。

国家高度重视磷石膏综合利用。2019 年，为贯彻落实国务院《“十三五”生态环境保护规划》（国发〔2016〕65 号）和《长江保护修复攻坚战行动计划》（环水体〔2018〕181 号）相关要求，充分发挥环境影响评价制度的源头预防作用，强化排污许可监管效能，切实做好磷矿、磷化工（包括磷肥、含磷农药、黄磷制造等）和磷石膏库（以

下简称“三磷”)建设项目环境影响评价与排污许可管理工作,生态环境部下发《关于做好“三磷”建设项目环境影响评价与排污许可管理工作的通知》(环办环评〔2019〕65号)明确提出:磷肥建设项目应实行“以用定产”,以磷石膏综合利用量决定湿法磷酸产量。2021年,国家发改委联合九部门印发的《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》提出:到2025年,煤矸石、粉煤灰、尾矿(共伴生矿)、冶炼渣、工业副产石膏、建筑垃圾、农作物秸秆等大宗固废的综合利用能力显著提升,利用规模不断扩大,新增大宗固废综合利用率达到60%,存量大宗固废有序减少。2023年,工信部等八部门印发了《推进磷资源高效高值利用实施方案》(工信部联原〔2023〕259号)提出:新增磷石膏无害化处理率达到100%、综合利用率达到65%,存量磷石膏有序消纳。磷矿资源大省出台磷石膏综合利用实施方案,对磷石膏综合利用都提出了明确的指标,磷石膏综合利用已经成为磷化工企业发展必要条件。

磷石膏充填井下采空区是磷石膏综合利用的重要途径。2021年,国家发改委联合九部门印发的《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》提出:拓宽磷石膏利用途径,继续推广磷石膏在生产水泥和新型建筑材料等领域的利用,在确保环境安全的前提下,探索磷石膏在土壤改良、井下充填、路基材料等领域的应用。2023年,中共中央办公厅、国务院办公厅联合下发《关于进一步加强矿山安全生产工作的意见》提出:新建、改扩建金属非金属地下矿山原则上采用充填采矿法,不能采用的应严格论证。充填采矿法与其他采

矿方法相比可提高矿山生产安全和开采回采率，但也存在充填材料不易获得，开采成本高等问题。将磷石膏充填井下采空区可以实现“一害变两利，对保证井下开采安全，提高磷资源利用效率，减少磷石膏对环境的污染有着十分重要的意义。

## 2、项目来源

《磷石膏充填采矿技术规范》由云南磷化集团有限公司磷资源开发利用工程技术研究分公司提出，中国化学矿业协会标准化委员会归口管理。由云南磷化集团有限公司磷资源开发利用工程技术研究分公司、中国化学矿业协会及行业重要矿山企业组织专家共同起草。主要任务是收集国家磷石膏综合利用有关政策法规，充填采矿有关技术标准，总结磷石膏充填采矿技术研究成果和经验，提出《磷石膏充填采矿技术规范》。

## 3、工作过程

云南磷化集团有限公司磷资源开发利用工程技术研究分公司提出编制《磷石膏充填采矿技术规范》立项后，经中国化学矿业协会标准化委员批准立项，成立《磷石膏充填采矿技术规范》编制组。《磷石膏充填采矿技术规范》编制组收集了国家固体废弃物综合利用有关政策法规，特别是涉及磷石膏综合利用的政策法规，收集了主要磷矿生产省份有关磷石膏处置和综合利用政策法规，收集了磷矿生产企业和科研机构磷石膏充填采矿经验和试验成果，收集了有关磷石膏充填采矿地方标准、企业标准和团体标准。对收集的资料进行归纳研究和总结，编制了《磷石膏充填采矿技术规范（初稿）》和《磷石膏充填

## 二、标准编制原则与主要内容确定依据

### 1、标准编制原则

- （1）符合国家安全、环保有关政策和法律法规。
- （2）简明实用，便于操作。
- （3）体现磷石膏充填采矿先进适用技术和科研成果。

### 2、标准主要内容依据

（1）标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写（GB/T 1.1-2020）。按照标准化工作导则规范本标准框架结构、要素的起草、要素的表述等。

（2）国家标准和行业标准。

国家标准《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）、《金属非金属矿山充填工程技术标准》（GB/T 51450-2022）、磷石膏的处理处置规范（GB/T 32124），地方标准《磷矿开采磷石膏充填采矿技术规范》（DB52/T 11799-2017）、《改性磷石膏综合利用 矿山生态修复环境风险评估规范》（DB5301/T 98-2023），企业标准《半水磷石膏基膏体充填技术规范》（Q/CHHG17-2023）。

（3）磷石膏充填采矿应用实践和科研成果。

2001 年，开阳磷矿首先开展磷化工全废料自胶凝充填技术研究，2005 年磷石膏胶结充填技术在开阳磷矿实现工业化应用，2012 年入选第一批矿产资源节约与综合利用先进适用技术目录。开阳磷矿自主研发的“磷石膏充填无废高效开采技术”采用水泥、粉煤灰、磷石膏

充填料配比在 1:1: (2-10), 通常配比范围为 1: 1: (6-8) 调节, 充填料浆混合均匀, 流动性好, 充填体固结强度达到 1.3-2MPa。开阳磷矿马路坪矿段在 750m 中段应用上行式磷石膏充填采矿法, 将矿段依次划分为中段、盘区、分层、采场, 将采矿次序由下行式开采改为上行式开采, 避免了下行式开采需要预留隔废矿层和矿柱, 矿石回收率从 70%提高到 81.2%, 贫化率从 6%下降到 4%。沙坝土矿段将水泥、黄磷渣、粉煤灰混合作为胶凝材料胶结磷石膏, 现场应用表明, 充填料浆最终凝固时间为 90 天, 充填体强度右达到 1MPa。2017 年由贵州开磷集团股份有限公司提出, 贵州开磷集团股份有限公司、中南大学、贵州省产品质量监督检查院起草的《磷矿开采磷石膏充填技术规范》(DB52/T1179-2017) 由贵州省质量技术监督局发布实施, 磷石膏充填采矿技术在贵州省得到推广。目前磷石膏充填采矿技术已在贵州开磷集团所属矿山全面采用, 开采回采率由原来的 68.7%提高到 90%以上, 取得良好的资源效益、经济效益、环保效益和安全效益。

国内科研人员研究发现黄磷渣具有潜在的胶凝性能, 可替代水泥用作矿山充填胶结材料。5%的 NaOH 和 8%的 CaO 激发黄磷渣效果最好, 磷石膏中的硫酸盐对黄磷渣的活性也具有一定的激发作用。研究发现黄磷渣: 磷石膏为 1: 4, CaO 添加量为 5%, 质量浓度达到 67%~68%, 形成磷石膏膏体充填材料。膏体充填材料离折程度低, 流动性能良好, 28 天强度提高到 3MPa 以上。磷石膏还可以与粗骨料共同作为充填骨料, 扩大了磷石膏充填应用范围。科研人员验证了碎石和磷石膏作为混合充填骨料的可行性, 在粒度 10mm 的碎石中添加磷石膏, 可改善

浆体的流动性，有利于减少水泥用量，节约成本。

半水磷石膏是半水法湿法磷酸生产的副产品。半水磷石膏通常含有 20% 的水分，主要物相是半水石膏，处于亚稳态，在向二水石膏转化的过程中形成具有一定强度的结构体。科研人员研究发现，生石灰可以有效消除水溶性 P、F 的影响，使其转化为难溶性的  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  和  $\text{CaF}_2$ ，从而使半水石膏潜在的活性得到释放，提高凝结材料性能。添加 1.5% 生石灰改性后，半水磷石膏胶凝材料强度性能达到 1.6 级建筑石膏标准，继续加入 160% 尾砂（磷石膏干基质量比），质量浓度为 69%，形成新型半水磷石膏基充填材料。新型充填材料凝结速度快（2-4 小时），早期强度高（3 天强度大于 3MPa），长期强度稳定在 1.5MPa。进一步研究分析，生石灰与半水磷石膏中水溶性酸性杂质的化学反应及半水磷石膏的结晶形貌是影响充填材料最终强度的关键因素。半水磷石膏膏体充填材料由贵州川恒化工股份有限公司和北京科技大学合作开发，通过中试试验和工业试验，逐步形成和完善了关水磷石膏膏体充填技术。通过地面大型工业化试验系统验证了半水磷石膏膏体制备工艺可行，运行稳定，设备简单可靠，完全可以满足井下充填要求。半水磷石膏与二水磷石膏相比节省了水泥，同时具有不分层、不离析、不泌水等特点，更加环保，成本更低。

### 3、主要内容

（1）根据标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写（GB/T 1.1-2020）和磷石膏充填采矿技术特点。《磷石膏充填采矿技术规范》

分为范围、规范性引用文件、术语和定义、充填材料、充填试验、充填系统设计、充填作业及区域水质监测等 8 章。

(2) 《磷石膏充填采矿技术规范》前言简述了标准的编制依据、发起单位、归口管理单位、参编单位和起草人。

(3) 《磷石膏充填采矿技术规范》范围规定了标准适用范围、主要程序和还要遵守的国家其他标准。

(4) 《磷石膏充填采矿技术规范》规范性引用文件列出了标准引用的国家标准。

(5) 《磷石膏充填采矿技术规范》术语和定义定义了标准中使用的专用术语的准确、简明描述。本标准定义了矿山充填、磷石膏、半水磷石膏、粉煤灰、充填集料、凝结材料、充填料浆、料浆配比、料浆质量浓度、充填体、充填倍线、充填系统、充填作业点、充填泌出水、充填渗滤水等 15 个术语的定义。

(6) 《磷石膏充填采矿技术规范》充填材料共 9 条，规定了充填材料的组成和质量要求。

(7) 《磷石膏充填采矿技术规范》充填试验是其他磷石膏充填采矿技术规程（规范）没有涉及的部分，也是本标准的重点。本标准规定采用磷石膏充填采矿技术应进行充填材料试验，规定试验的内容和试验方法，以及达到的试验指标。充填材料试验的目的除得到充填料配比、充填料浆比重、充填料浆质量浓度、扩散度、凝结时间、泌水率等设计参数外，重点是泌出水的 PH 值、总磷、氟化物、硫酸盐

含量不高于充填活动影响区域水质背景值指标,以保证充填渗滤水不会影响区域水质。

(8) 《磷石膏充填采矿技术规范》充填系统设计规定了充填能力计算,充填制备站选址和平面布置的原则,充填料贮存、计量、给料的要求,充填料浆制备、输送、智能控制和安全的有关要求。

(9) 《磷石膏充填采矿技术规范》充填作业规定充填前的准备工作,充填作业应重点注意的事项和充填质量的监测。

(10) 《磷石膏充填采矿技术规范》区域水质监测规定了监测频次和重点监测指标,作为评价实施磷石膏充填采矿对区域水质影响的依据。

### **三、采用国际标准和国外先进标准的程度及与国际、国外同类标准水平的对比**

经查询,目前还没有与标准相关的国际、国外标准。

### **四、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系**

本标准贯彻落实国家关于固体废物,特别是磷石膏处置和综合利用政策,是绿色矿山建设、生态文明建设的重要举措,不违背国家有关的法律法规和强制性标准,是现有相关法律法规和强制性标准的补充和延深。

### **五、重大分歧意见的处理经过和依据**

在广泛征求磷矿企业和国家行业管理部门意见的基础上,进行修改。

### **六、标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建**



议

本标准主要内容依据行业推荐标准和地方推荐性标准,建议先作为推荐性团体标准发布实施。

## 七、废止现行有关标准的建议