**附件二：**

**编制说明的内容**

编制说明的内容包括：

一、工作简况，包括任务来源、协作单位、主要工作过程、中国煤炭学会标准主要起草人及其所做的工作等；

二、确定中国煤炭学会标准主要技术内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、实验方法、检验规则等）的论据（包括试验、统计数据），修订中国煤炭学会标准时，应增加新、旧中国煤炭学会标准水平的对比；

三、主要试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果；

四、采用国际标准的程度及水平的简要说明；

五、重大分歧意见的处理经过和依据；

六、贯彻中国煤炭学会标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）；

七、其他应予说明的事项。

# 1 工作简况

1.1任务来源

本项目是根据中国煤炭学会下达征集2022年中国煤炭学会团体标准立项计划的通知要求而制定的，标准名称《煤矿采空区矸石流态化充填技术规范》（计划编号：t/ccs2022078）。立项通过后，渭南陕煤启辰科技有限公司组织协作单位进行了全面的调研和起草工作，于2023年4月完成了主要工作内容，并形成了送审材料。

1.2协作单位

主要的协作单位有陕西煤业化工技术研究院有限责任公司、山东康格能源科技有限公司、陕西陕煤韩城矿业有限公司。

1.3主要工作内容

立项通过后，首先组建了标准起草工作组，并查阅了大量的相关标准，调查了解了国内外矸石流态化充填技术要求的有关标准情况。

2023年1月至2月，工作组召开第一次会议，确定项目任务分工、调研方案、制修订进度计划等工作，确定标准修订思路与框架；

2023年2月至3月，工作组走访陕西陕煤韩城矿业有限公司桑树坪二号井进行现场调研，并根据调研情况形成《煤矿采空区矸石流态化充填技术规范》团体标准初稿；

2023年3月至4月，工作组在渭南陕煤启辰科技有限公司召开了研讨会，主要对标准里面的指标和参数进行了讨论，提出修改意见并进行修改，形成征求意见稿。

1.4主要起草人及其所做的工作

曹鑫，负责组织工作组进行充填相关标准的搜索、任务分工、现场调研、标准制定计划，主持标准的编订与讨论会审等工作，协调工作组各协作单位的工作安排。

左小，负责进行充填相关标准的搜索，编辑标准与编制说明初稿，参与讨论标准初稿并记录修改意见。

张伟龙，负责现场调研工作，参与讨论标准初稿并提出修改意见。

# 2主要技术内容的论据

2.1范围

为了便于矸石流态化充填技术的推广应用，解决矸石难排放的问题，践行十三五提出的“建设绿色矿山，推行绿色化开采”的理念，制定了本标准。本标准规定了矸石流态化充填有关的术语与定义、流态化浆体材料的构成、储存及性能、充填系统布置、充填设备、充填工艺以及充填效果监测等要求，适用于以处理煤矸石为主要目的的煤矿采空区矸石流态化充填。

2.2规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

GB/T 39489 全尾砂膏体充填技术规范

NB/T 10727 煤矿膏体充填开采技术规范

GB/T 39834 综合机械化膏体袋式充填采煤技术要求

GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准

JB/T 13439-2018 矿用活塞式充填泵送机

煤矿安全规程（国家安全生产监督管理总局、国家煤矿安全监察局）

建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范（国家安全生产监督管理总局、国家煤矿安全监察局、国家能源局、国家铁路局）

煤矿测量规程（国家能源部）

2.3术语与定义

为避免对技术内容产生歧义和引起误解，编写了“术语与定义”一章，本部分对矸石流态化充填技术的常用术语进行了定义，主要包括胶凝材料、浆体浓度、坍落度、屈服应力等一般定义，冒落区充填空间、矸石流态化浆体、低位充填孔、高位充填孔、废料孔、管道冲洗水、充填挡墙、事故池等特殊定义。

其中冒落区充填空间是指工作面回采作业后，经来压顶板垮落后，形成一定的冒落区，冒落区中的空洞、空隙等可二次利用的空间。冒落区充填空间的大小可以直接反应最终的充填效果，冒落区充填空间越大，则充填的浆液量越多，处理的矸石就越多，因此，在应用矸石流态化充填技术时，应首先考虑冒落区充填空间的大小。

矸石流态化浆体是指经破碎筛分后的煤矸石与水混合可直接用于充填至冒落区的流态化浆体。矸石流态化浆体最主要的特点是矸石掺量大、流动性好，主要的目的是最大限度的将矸石输送至冒落区，若有其他特殊需求（如：增加浆体输送距离、控制顶板下沉等），可添加胶凝材料和外加剂等改善矸石流态化浆体的性能。

低位充填孔是指通过（区段）煤柱，向工作面冒落区施工的终孔位置位于煤层中用于充填的钻孔。除了在垂直高度上的要求外，低位充填孔在水平方向上其终孔位于煤柱悬臂梁的位置处，此处的冒落区充填空间大多为大的空洞，采用低位充填孔进行充填可有效地利用冒落区充填空间。

高位充填孔是指通过（区段）煤柱，向工作面冒落区施工的终孔位置高于煤层一定距离用于充填的钻孔。除了在垂直高度上位于冒落带与裂隙带交界处的要求外，高位充填孔在水平方向上应向采空区内部沿伸，其目的是有效利用低位充填孔无法充填的冒落区充填空间，并有助于矸石流态化浆体的水平扩散。

2.4矸石流态化浆体材料构成、储存及性能要求

在矸石流态化充填技术中，浆体通常由不同粒径的矸石和水构成，其中矸石粒径通过大量的矸石粒径级配试验、浆体输送性能测试和工业性试验中得出，矸石粒径最大粒径不超过5mm，其中粒径小于75μm的矸石含量不小于20%，浆体浓度为78%，该配比条件下测得矸石流态化浆体的坍落度大于240mm，屈服应力为100~200Pa。通过实验数据分析得知，当矸石流态化浆体材料满足以上条件时，其流动性最好、浆体沉降较小、输送距离最长且最不容易发生堵管的情况，因此，为使矸石流态化充填技术应用效果最好，使充填系统能长期稳定运转，矸石流态化浆体材料应满足以上条件。

除此之外，若矿井有浆体长距离管道输送或控制顶板下沉的需求时，可视具体情况添加适量外加剂或胶凝材料来改变矸石流态化浆体材料的性能，最终实现流态化充填的目的。同时，在实际工程应用中，构成矸石流态化浆体的原材料应与实验室所用的原材料相同，储存条件也应相同，避免原材料性质改变导致制备出的矸石流态化浆体性质也发生改变，因此，构成矸石流态化浆体的原材料储存时应满足规范中的一系列要求。

2.5矸石流态化充填系统布置

矸石流态化充填系统主要由破碎筛分系统、浆体制备系统、浆体输送系统、集中控制系统、充填孔及其他辅助系统组成。

**2.5.1破碎筛分系统**

为使矸石粒径破碎至矸石流态化浆体配比的要求，需设置破碎筛分系统，具体包括：给料机、破碎机、振动筛、运料皮带、储矸仓（棚）等设备及设施，各设备之间相互配合，完成矸石的破碎，其破碎能力应能满足浆体制备的需求。

**2.5.2浆体制备系统**

矸石破碎至规定粒径后，为使固态的矸石按照设计好的配比制备成流态的浆体，需设置浆体制备系统，具体包括：供水装置、计量装置、运料皮带和搅拌装置，制备浆体的能力应能满足充填的需求。

**2.5.3浆体输送系统**

制备好流态化的浆体后，为使流态化浆体从地面输送至井下，需设置浆体输送系统，具体包括：充填泵、充填管道及其配件（如管卡、支架等）、管阀（如切换阀、清管阀、监测泄浆阀、伸缩阀、布料阀）等。

**2.5.4集中控制系统**

流态化浆体在输送过程中，其组成是动态变化的，为掌握流态化浆体动态变化的情况，防止出现堵管事故，或发生堵管事故时能迅速做出应对的措施，需设置集中控制系统来进行输送管道的监测和实时控制，主要包括：压力传感器、浓度传感器、设备控制传感器、数据传输光缆和集控中心（包括数据接收、故障诊断、传达控制命令）等，能实现充填系统的智能化监测与无人值守自动化控制。

**2.5.5充填孔**

流态化浆体通过浆体输送系统后，需设置充填孔将浆体充填至冒落区充填空间，主要低位充填孔、高位充填孔和废料孔，通过低位充填孔和高位充填孔组合布置的方式，最大限度利用冒落区充填空间处理矸石。在设计充填孔时，为了避免充填时矸石流态化浆体流入工作面，根据工业性试验观测矸石流态化浆体扩散的情况分析，充填孔距工作面的距离应大于工作面2天的推进步距；若工作面为俯采时，则应增加充填孔与工作面的间距，必要时需在回采巷道内施工充填挡墙。

**2.5.6其他辅助系统**

为使矸石流态化充填系统能有效正常运转，满足不同的生产需求，需设置其他辅助系统满足不同的生产需求，主要包括：供水、供电、供暖、压风、防尘、降噪等系统。

**2.5.7矸石流态化充填工艺流程**

矸石流态化充填的工艺流程为：矸石经破碎筛分系统破碎至规定粒径后，按照设计好的材料配比，向浆体制备系统中加入定量的水（和其他材料）充分搅拌制备成合格的矸石流态化料浆，矸石流态化料浆经浆体输送系统泵送至井下充填孔，最终通过充填孔充填至冒落区充填空间，其工艺流程如下图所示。



2.6矸石流态化充填设备要求

**2.6.1破碎机**

为使矸石粒径能够破碎至5mm一下，一般选用高细破碎机进行矸石破碎，其破碎能力一般不小于矸石粉用量的1.5倍。

**2.6.2搅拌机**

为使流态化浆体能够充分搅拌，一般选用卧式搅拌机进行浆体制备，其搅拌能力一般按充填设计能力的1.5倍进行实际选型。

**2.6.3矿用充填泵**

根据充填设计要求，一般选择处理能力大于设计能力20%的充填泵，充填泵的选型应符合JB/T 13439-2018的技术要求。

**2.6.4充填管路**

为避免在输送过程中矸石对管壁造成磨损，一般充填管选择双层金属耐磨复合钢管，管径一般根据流态化浆体输送的速度、距离以及充填泵的充填能力等进行选择。

2.7矸石流态化充填工艺要求

**2.7.1流态化浆体制备要求**

为了保证制备流态化浆体的质量，应严格按照设计的配比要求进行浆体的制备，在原材料的选择、称量、混合、搅拌整个过程的各个环节都应严格控制，避免流态化浆体性能不符合要求。流态化浆体制备时应满足以下要求：

（1）将破碎好的矸石和水按照一定配比送入搅拌机中均匀混合，不应采用因受潮胶结的块体和由于其它原因难以打散的物料制备浆体；

（2）输送至搅拌机的所有物料应严格定量控制，搅拌机料位应高于搅拌叶片的1/2处；

（3）浆体浓度应按照设计浓度进行配制，根据充填区域和充填目的的不同，可适当调整目标浓度范围。

**2.7.2流态化浆体输送要求**

为了使流态化浆体在输送过程中能够高效、无沉降、顺利输送，流态化浆体输送时应满足要求：

（1）充填管道输送宜采取定浓度、定流量的输送方式；

（2）充填系统减阻一般采取增加管道直径、添加外加剂、调整充填配比、降低输送浓度等措施；

（3）井下管道敷设在顶板时，应采用锚杆、钢绳悬挂；敷设在巷道底板时，主管道应有管道支架；

（4）充填管道连接方式：

（a）充填孔套管的连接一般采用螺纹钢管接头；

（b）不需经常拆卸且不经常发生堵管的管段的连接一般采用法兰盘接头；

（c）需经常拆卸且易发生堵管的管段的连接一般采用快速接头。

**2.7.3流态化充填施工工艺要求**

（1）充填准备阶段

充填准备阶段主要包括布置挡浆装置、充填孔中布料管的布置、闸阀开关情况检查及其他辅助设施的准备等工序。充填准备阶段各工序的具体要求如下：

（a）布置挡浆装置：在工作面回采巷道的后方可能出现漏浆的位置处，布置挡浆板或者施工充填挡墙；

（b）布料管布置：充填管路铺设在巷道底板，充填布料阀通过布料管与巷帮上的充填孔联接；

（c）闸阀检查：布料阀应处于直通状态；

（d）准备完毕，报告充填站进行充填。

（2）正常充填阶段

正常充填阶段主要包括管道充水（润管）、充填材料推水（排水）、正常充填三道工序。正常充填阶段各工序的具体要求如下：

（a）管道充水：充填管道内注满清水，保证满管流，并润滑管壁；

（b）充填材料推水：制备流态化充填材料，泵送流态化充填材料推动充填管道内的水，调节切换阀，将清水通过废料孔排进采空区；

（c）正常充填：充填由远离工作面的第一个低位充填孔开始，由远到近，先低位充填孔后高位充填孔的顺序进行充填，即泵送流态化充填材料到达远端的第一个低位充填孔后，切换布料阀至布料状态进行第一个低位充填孔的充填，当孔口压力表示数增加，则证明第一个低位充填孔充填完毕，沿着工作面推进方向切换第二个低位充填孔的布料阀为布料状态，切换第一个布料阀为直通状态；依次进行低位充填孔的充填，当低位充填孔充满后，将远端的第一个高位充填孔的布料阀切换为布料状态，进行第一个高位充填孔的充填，依次进行其他高位充填孔的充填，直到一组低位充填孔和高位充填孔充填结束。

（3）充填收尾阶段

充填收尾阶段主要包括水推充填材料、压风推水管道清洗两道工序。充填收尾阶段各工序的具体要求如下：

（a）水推充填材料：当流态化充填材料达到充填量后，泵送清水，将管道内多余的充填材料经废料孔排入采空区；

（b）压风推水管道清洗：排出清水后，停止泵送清水，打开清管阀，利用压风把管道内的清水及其他残留物吹出充填管，完成管道清洗工作。

（4）充填安全要求

在矸石流态化充填过程中，不可避免的会发生堵管或高压管道摆动伤人等事故，为预防安全事故的发生，在充填时应满足以下安全要求：

（a）管道堵塞后，充填站应立即停止充填材料的制备和输送，管道内的流态化充填材料应泄入事故池中，处理堵管；

（b）事故池一般布置在充填管道最低处，事故池容量不小于管道容积量；

（c）在充填管道最低处应设置防浆阀门；

（d）采用高风压水联动清洗管路时，高压水管和风管必须固定牢靠。

2.8矸石流态化充填效果监测

**2.8.1扩散半径监测**

在应用矸石流态化充填技术时，评价充填效果的一个重要指标为矸石流态化浆体扩散半径，通过监测矸石流态化浆体扩散半径即可判断冒落区充填空间处理矸石的效果。矸石流态化充填技术应用案例中，一般通过相邻低位充填孔或施工专用的观测孔进行浆体扩散半径的监测，通过调研发现，三维激光扫描等先进物探技术也可进行浆体扩散半径的监测。

**2.8.2地表变形监测**

若应用矸石流态化充填技术有控制地表下沉的需求，则在开采前应进行地表沉降变形预计，预测煤层开采后对地表的危害程度，开采后应进行地表变形监测，具体方法见《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》和相应的设计方案。

为了长期监测应用矸石流态化充填后地表的变形情况，应在地面建立相应的测点和测站，按照《煤矿测量规程》进行地表变形观测，观测时间一般不少于2年（回采结束后）。

# 3主要试验分析和预期经济效果

3.1主要试验分析

**3.1.1试验总体情况**

在陕西陕煤韩城矿业有限公司下属的桑树坪二号井3305综放工作面进行了矸石流态化充填工业性试验，其目的是为了论证综放工作面采空区流态化充填技术的可行性，验证综放工作面新采空区随采随充工艺和老采空区滞后充填工艺的可行性以及采空区实际充填量，同时验证充填材料的配比、泌水、流动等各项性能指标，为设计矸石流态化充填系统提供数据支撑。

3305综放工作面位于三采区，工作面沿煤层倾向布置，两巷设计长度920m，切眼宽度165m，圈定面积：151800m²，可采长度：870m，可采面积：143550m²。东部停采线与中央辅助运输大巷留有50m煤柱，南部进风巷与3304综放工作面回风留有10m煤柱，北部与设计的3306综放工作面毗邻，工作面煤层底板高程：+218-244m，高程相差26m。

**3.1.2矸石流态化泵送充填试验系统建设**

1）充填系统布置

为简化试验流程，顺利完成充填试验，采用外部委托制料与现场泵送充填相结合的方式进行充填试验，充填系统总体布置如图1.1：



图1.1 充填试验系统总线路图

（1）地面泵站。地面设立充填泵站，充填料浆通过搅拌车在上料平台施进行下料；充填料浆进入充填泵通过泵压打入管路充填井下。地面泵站配套设备有上料平台、下料斗、充填泵、控制柜、泵站压风机、供水管路等）。

（2）管路系统：料浆通过充填管路远距离运输进入顺槽，再通过充填钻孔进入采空区。副斜井段安装管路120根（采用钢丝绳牵引和管卡联合固定；副斜井与副井底联巷拐弯处浇筑挡管混凝土墩，防止管路下滑），副井底联巷安装管路27根；3305进顺口管路采用地埋管工艺安装，避免对回撤工作面设备的影响；3306进顺主管路与充填孔通过液压控制的布料器进行连接，可通过液压进行管路切换，充填孔管带法兰盘和闸阀。

（3）充填孔：设计布置15个充填孔（5个水平充填孔，4个废料处理孔，6个高位充填孔），孔径φ180mm；套管入孔10m，外径φ165mm；充填孔均与冒落带联通。

（4）井下充填场：距离末端管路20m地势较高处，修建20m×4m×0.5m沉淀池，排水量30m³左右，用于管路积水排放，37kw排水泵可随时将水排出；同时在皮带头75m也有一个沉淀池，管路安装1个φ51截止阀门，可用22kw的水泵，进行半路排水；3306进顺巷口安装乳化液泵站用于布料器阀门开启的动力输出。

2）充填孔参数设计

桑树坪二号井冒落带高度在21m-26m之间，且试验工作面地日推进距离为6m，因此本次充填钻孔最大垂高25m，水平距离为6m和12m。钻孔设计均在3306进风巷进行施工。共11个试验孔，4个废料孔。钻孔整体布置位置见图1.22所示：



图1.22钻孔整体布置示意图

钻机从3306进风巷通过煤柱一侧向3305采空区进钻，共设计3组试验孔，2组废料孔（其中低位孔9个，高位孔6个），孔径均180mm。

表1.9 钻孔设计参数及说明

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **钻孔编号** | **仰角/°** | **终孔垂高/m** | **孔深/m** | **钻孔性质** |
| 1# | 3 | 0 | 10.1 | 新采空区低位孔（间距12m） |
| 2# | 3 | 0 | 10.1 |
| 3# | 3 | 0 | 10.1 |
| 4# | 3 | 0 | 10.1 | 老采空区低位孔（间距6m） |
| 5# | 31 | 25 | 50 | 老采空区高位孔（间距6m） |
| 6# | 24 | 20 | 50 |
| 7# | 18 | 15 | 50 |
| 8# | 3 | 0 | 10.1 | 老采空区低位孔（间距12m） |
| 9# | 31 | 25 | 50 | 老采空区高位孔（间距12m） |
| 10# | 24 | 20 | 50 |
| 11# | 18 | 15 | 50 |
| 12~13# | 3 | 0 | 10.1 | 新采空区废料孔（间距15m） |
| 14~15# | 3 | 0 | 10.1 | 老采空区废料孔（间距15m） |

**3.1.3试验数据分析**

本次进行的“煤矿采空区矸石流态化泵送充填”工业性试验，11个充填孔充填矸石共计6800t，浆液量共计5589m³，单孔最大充填量达到2200m3，平均单孔充填量达到550m³以上，平均输送流量达130m3/h，各充填孔充填量分布情况如图 所示。试验充填系统布置合理，充填效果显著，能有效地处理矸石，实现了采空区矸石流态化处理，有效论证了“采空区矸石流态化充填技术”的可行性。



图3.4 各充填孔充填量分布情况

3.2预期经济效果

若矸石流态化充填系统采用井上建站的方式，矸石充填成本为32元/t，矸石处理量按28万t/a计算，预计可为矿井节省500万元/年的矸石处理费用；若矸石流态化充填系统采用井下建站的方式，需在充填系统前端增加一套井下煤矸分选系统，矸石充填成本为46元/t，虽充填成本增加，但增加了块煤率和减少了矸石运输与提升的费用，预计可为矿井节省2380万元/年的矸石处理费用。

# 4采用国际标准的程度及水平

经检索，国内外均没有关于煤矿采空区矸石流态化充填技术规范的标准，国内虽已有GB/T 39489《全尾砂膏体充填技术规范》和NB/T 10727《煤矿膏体充填开采技术规范》，但前者主要规定了全尾砂膏体材料的构成、储存条件、性能及制备工艺等方面的要求，并未对充填技术、装备、工艺进行明确规定，而后者主要规定了煤矿膏体充填系统的组成与布置、充填设备、充填工艺等方面的要求，并未对膏体充填材料的构成、性能进行规定。

本标准中“矸石流态化浆体”与上述标准中的“全尾砂膏体”和“膏体”有一定的区别，“矸石流态化浆体”流动性高于后两者，一般不具备强度，因此“矸石流态化浆体”在材料的构成、储存及性能指标有差异，此部分内容本标准未采用以上标准中的规定，但“矸石流态化浆体”与“全尾砂膏体”和“膏体”又有一定的相同之处，在材料制备、配比搅拌、泵送设备与工艺基本上是相同的，因此在“矸石流态化浆体”在系统布置、材料制备、配比搅拌、泵送设备与工艺借鉴了NB/T 10727《煤矿膏体充填开采技术规范》中的相关规定。此外，本标准中的矸石流态化充填技术中充填孔的布置方式及充填工艺国内外相关标准并未进行过规定。

# 5重大分歧意见的处理经过和依据

无。

# 6贯彻中国煤炭学会标准的要求和措施建议

为了贯彻好本标准，使其有效发挥作用，建议在标准发布后，在煤炭生产、设计等相关领域进行宣传与贯彻，并组织有关部门进行学习和培训。

# 7其他应予说明的事项

无。