

煤矸石处置工艺性研究

刘红卫

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司 辽宁 沈阳 110066

摘要: 目前矿山矸石处置途径主要为承包方外运, 若通过注浆充填技术将加工后的煤矸石注入冒裂带采空区地下空间, 使煤矸石回归自然, 达到对固体废物(煤矸石)的无害化、规模化处理, 可在短时间内有效解决矸石的堆积、污染等问题, 实现零排放。因此高效、无污染、较低成本处置煤矸石已经成为井工煤矿亟需解决的重点难点问题。

关键词: 煤矸石; 注浆填充; 采空区

1 国内矸石主要处置方法

我国煤矸石处置途径主要分两类, 一类是无害化处置, 一类是综合利用。无害化处置方式主要是地面回填

(筑基填路、复垦造田等)和地下充填; 综合利用方式包括发电、生产建材、分级分质利用(制作化工产品及其生产肥料、聚合物及复合材料、净水材料)等。

表1 煤矸石处置方法对比

主要技术		适用条件
综合利用	煤矸石发电	初期投资大, 要求煤矸石具有一定热值, 对国家补贴依赖较高, 造成二次污染, 有一定的区域限制。
	煤矸石生产建材	建材需求量较大的经济发达地区, 处理量相对较小, 处理工艺要求较高。
	煤矸石分级分质利用	要求煤矸石含有某种特定成分或特殊性能, 且处理量较小, 处理工艺要求高。
无害化处置		投资规模小, 处理量大, 系统简单, 全国范围均适用, 尤其是经济不发达、市场需求小的中西部地区, 原位利用, 保护环境

2 煤矸石综合利用方法

煤矸石发电主要是利用洗中煤和洗矸混烧发电, 占总利用量30%。在煤矸石和煤炭洗选加工的过程中会产生煤泥, 而煤泥属于低热值燃料, 其发热量在6.27MJ/kg~8.37MJ/kg范围内, 使用煤矸石进行发电, 不仅可以实现变废为宝, 同时还可以有效地减少煤炭资源的使用^[1]。

2.1 煤矸石生产建筑材料

用煤矸石来生产相应的建筑材料具有很好的效果, 比如质量轻、吸水率低、强度高及化学稳定性好等。一般使用煤矸石可以制成砖瓦、轻骨料、水泥、加气混凝土及混凝土空心砌块等, 特别是使用煤矸石制成的陶粒轻骨料, 具有轻质、高强、保温、高附加值等优点, 同时配制成的高性能混凝土也符高层建筑对轻质和高强的要求^[2]。

2.2 煤矸石分级分质利用

煤矸石中所含化学元素十分丰富, 有Si、Fe、Al、Ca等, 可以用于合成作业中, 进而生产出不同的化工产品。使用这些有机质, 并且采用相应的化学活化法, 可以生产出相应的煤矸石有机复合肥料和微生物肥料, 生产成本较低, 不仅可以有效地增强土壤的供氮能力, 还可以提高土壤中微量元素的含量、腐植酸的含量及土壤透气性, 从而提高农作物的产量^[3]。

回收煤炭和黄铁矿。通过简易工艺选出矸石中的好煤, 并筛选出黄铁矿; 或从选煤用的跳汰机、平面摇床流程中回收黄铁矿、洗混煤和中煤。

净水材料。以天然煤矸石为原料, 通过酸溶一步法将煤矸石中的氧化铝溶解取出来, 并通过条件试验, 确定溶出量最高时的工艺条件。再经过盐基度的调整(70%左右), 形成碱式聚合氯化物, 该聚合物具有很好的絮凝作用, 从而成为一种新型高效的净水剂。

3 煤矸石无害化处置方法

3.1 地面回填

包括筑基填路、复垦造田等。煤矸石硬度较大, 可以作为路基填充材料; 含有一定有机质, 可用于复垦造田, 在造田过程中, 矸石充填层应保证下密上松, 以有效保水保肥^[4]。

3.2 地下充填

现阶段煤矸石采空区充填主要有工作面直接充填、膏体充填和注浆充填, 以上充填方法在采空区随采随注, 存在初期投资大、充填系统复杂、充填成本高、对煤矿生产影响大等一系列问题。

目前, 国内在利用煤炭开采后形成的离层空间实施煤矸石粉碎、球磨制成浆体后的注浆充填方式与传统的采空区充填法不同, 煤炭开采后形成的地下空间或空

隙注浆充填技术指的是在地下空间或空隙未被压实之前及时地注入浆液予以充填，是一种煤矸石注浆充填新技术，该技术具有初期投资小、充填成本低、充填与采煤平行作业、对环境影响小等一系列优点。

4 国内处置煤矸石主要方法对比

4.1 煤矸石井下处置方法对比

目前我国主要充填技术方面主要采用连采连充、矸石充填、膏体充填、浆体充填等方法，各方法的特点见表2。

表2 各种开采方法一览表

开采方法	处理量	成本	效率	机械化
连采连充	30万t	100元/t	低	不适合
矸石充填	50万t	158元/t以上	低	特殊支架
膏体充填	100万t以下	150元/t以上	低	特殊支架
浆体充填	500万t以上	60元/t以内	高	高产高效

为了直观体现各充填方法的特点，现做出如下技术性、经济性分析：

连采连充该技术装备主要包括煤矸分选、泵送矸石充填成套装备、泵送充填防止堵管等。连采连充技术是在工广煤柱、条带开采的煤柱中布置充填巷，在充填巷掘出后利用矸石充填输送机将矸石充填入充填巷，达到置换煤炭资源、控制地表沉降、实现矸石返井的目的。全负压连采连充分步置换充填开采技术不适合机械化作业，年处理矸石量约为30万t，不能满足一般煤矿的煤矸石处理量。连采连充分步置换充填开采技术是煤矿在不影响综采工作面正常生产的情况，可新增一个连采连充工作面（不计入产量），新增连采连充工作面年产量约为15~30万t，年处理量约为30万t，成本100元/t产生的经济效益一般，效率低下^[5]。

矸石充填是将地面的矸石、粉煤灰等固体材料通过输送系统运输至井下，再运输至充填开采工作面，借助固体充填开采液压支架。井下掘进矸石通过破碎等处理后可以直接运输至工作面进行充填。综合机械化固体充填法存在采充作业相互干扰、单产能力及工效较低等问题。综合机械化固体充填采煤开采方法存在初期投资大、充填成本较高、采充作业相互干扰、单产能力及工效较低等问题。采用矸石充填采煤法，需要将现有液压支架改造或重购为具有后顶梁的充填采煤液压支架，重购液压支架的费用大概为1亿元。以山西焦煤集团东曲煤矿矸石充填项目为例，该项目矸石充填系统具备年产煤量60万t/a、年充矸量为90万t/a的能力，待充填试采结束，系统运行稳定后，届时年产煤量60万t/a，处理成本158元/t。

膏体充填开采就是把煤矿附近的煤矸石、粉煤灰、炉渣、劣质土、城市固体垃圾等在地面或井下加工成不需脱水的牙膏状浆体（外观近似膏体一样的浆体），利用充填泵或重力作用通过管道适时充填井下采空区的

采矿方法。膏体充填与矸石充填相近，均需要使用充填开采液压支架，在充填过程中充填开采液压支架不得移架，后顶梁需支撑煤层顶板形成充填空间，导致工作面生产受到充填影响不能正常生产，在采煤过程中充填工作又不可进行^[6]。膏体充填采煤法，充填与生产会产生相互干扰不可同步进行，在矿井生产与充填效率方面均大打折扣。膏体充填与综合机械化固体充填采煤开采方法相同均存在初期投资大、充填成本较高、采充作业相互干扰、单产能力及工效较低等问题。采用膏体充填采煤法，需要将现有液压支架改造或重购为具有后顶梁的充填采煤液压支架，重购液压支架的费用大概为1亿元。膏体充填矸石处理量在100万t以下，成本在150元/t以上，因充填增加的成本较高，但效率较低。

浆体充填根据充填空间的不同可分为离层空间充填和冒裂带充填。开采过程中的离层空间充填：利用煤层开采后上覆岩层移动过程中形成的离层空间，从地表使用压力泵将煤矸石、粉煤灰、水泥或者混合物的浆液通过钻孔利用管路注入离层内，浆液会沉淀压实，形成压实固结体，实现对矸石、粉煤灰等固废的处置。与此同时，还可形成“离层区充填体（压实区）+煤柱+关键层”的承载体，起到保护地表的作用，见图1。开采结束后的采空区冒裂带充填：开采结束后，利用形成的冒裂带空间，注入矸石浆体进行处理。该技术可充分利用煤炭采出后形成的空间，该空间属于孔隙空间，不是敞开式空间，浆液扩散存在一定阻力。浆体充填具备初期投资小、系统简单、可以实现连续开采、吨煤成本低等特点。无论是矸石充填、膏体充填、超高水、离水充填，单位成本都相当高，有的吨煤成本高达200多元/t，接近300元/t，而离层充填一般仅为其它充填方式的三分之一到四分之一，吨煤成本为30-60元/t。

4.2 煤矸石地面覆盖处置方法

煤矿开采伴随着固体废弃物煤矸石的产出，我国长

期以来对煤矸石的处置选择简单粗犷的地面覆盖处置方式,这种方式虽然能帮助矿方处理掉大量煤矸石等固废,但带来的生态污染问题以及安全隐患等副作用成为

了更加严重的危害,主要为环保和煤矸石自燃问题。这些危害不仅对人类健康问题构成威胁,更是对人类赖以生存的地球家园造成不可逆损伤^[7]。

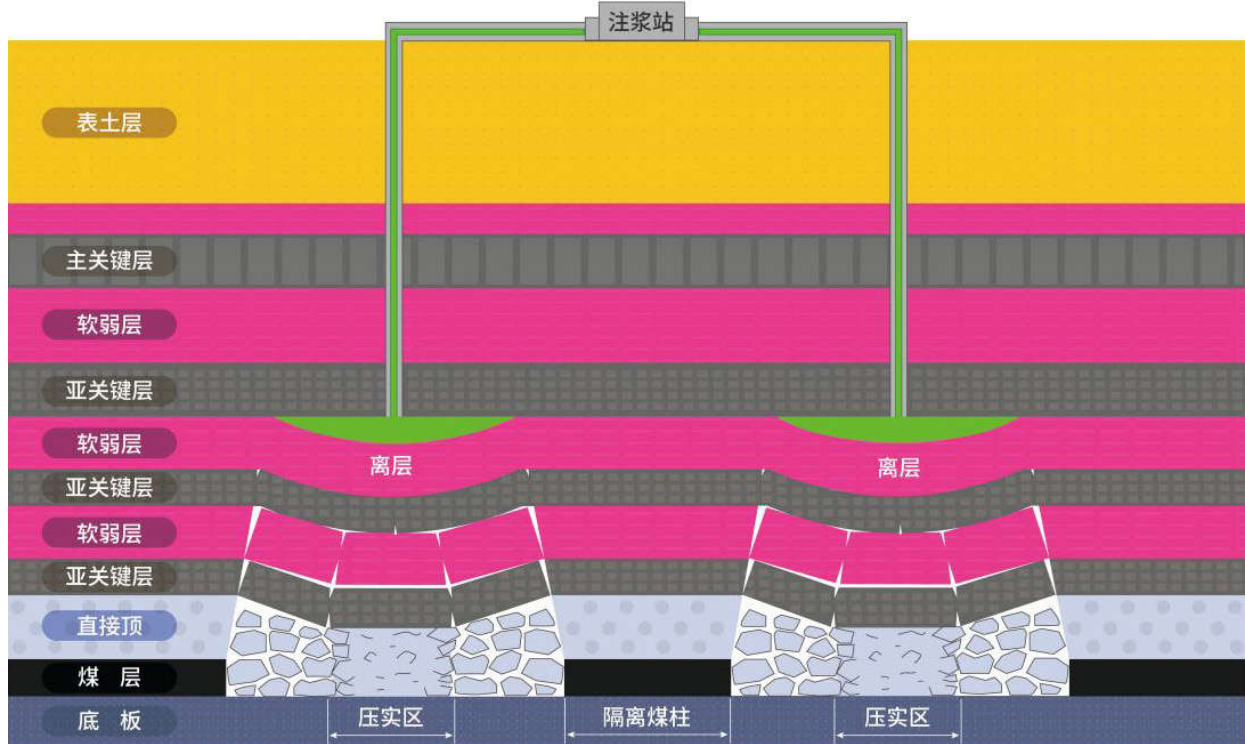


图1 覆岩离层注浆技术原理示意图

5 结束语

井下充填技术利用采空区处置煤矸石的同时,还可探索利用老采空区充填的方法减少地面沉降及保水效果,具有巨大的社会、生态和经济意义,为煤矿建设低成本、大型较大型、高产高效矿井将提供实践依据,解决矿井固废处置难题,实现无害化处置。通过利用破碎机、制砂机将煤矸石破碎加工,再利用球磨机、制浆机制成浆液,通过注浆充填技术注入地下冒落空间,注入采空区的煤矸石可利用自然吸水性,吸收部分矿井水,减少矿井水排放。在井下充填技术中,连采连充处理矸石能力较小,且需要增加工作面个数。固体充填和膏体充填存在初期投资大、充填系统复杂、充填成本高、对煤矿生产影响大(煤炭产量低)等一系列问题。如果在不影响矿井生产工作面的正常生产是我们选择的重要前提,通过上面的技术层面分析选择离层注浆和老采空区注浆充填不会影响生产,并能大规模处理矸石,满足了煤矿持续生产的固废处置环保需要,为矿井煤矿建设高产高效、绿色现代化矿井提供了实践依据,保护生态环

境,实现矿井绿色开采。

参考文献

- [1]梁永生.煤矸石资源化利用现状与进展研究[J].能源与节能,2018(34):178.
- [2]李勤.西马矿1327工作面矸石充填开采可行性研究[D].辽宁工程技术大学,2018(25):153-154.
- [3]孙箐彬,亓梦茹.煤矸石注浆综合处置技术研究与应用[J].中国煤炭,2022(08):191.
- [4]刘红艳,宋秀环,郭晖.利用煤矸石制取净水剂研究[J].非金属矿,2004(03):290.
- [5]王磊.固体密实充填开采岩层移动机理及变形预测研究[D].中国矿业大学,博士.2019;(25):165-166.
- [6]张学东,王传齐,许伟.固体充填液压支架压实机构的演变[J].机械工程师,2018(34):128.
- [7]代君伟.矿井井下矸石注浆充填技术研究[J].煤矿机械,2021(05):191.
- [8]何志雷,郭明杰,孔祥辉,黄随刚.朱村矿承压水体上煤层开采研究[J].中州煤炭,2010(03):290.