

充填开采覆岩承载结构及地表变形研究

刘炳乾（西山煤电集团有限责任公司，山西 太原 030053）

摘要：东曲矿为解决高潜水位建筑物下压煤开采和矸石污染问题，设计了绿充填开采工艺。充填开采工艺可有效控制地表塌陷，是解决高潜水位矿区建筑物下压煤开采的有效途径。本文以28802充填开采工作面为工程背景，通过对结构充填理论的分析与数值模拟实验，证明了结构充填开采的可行性，实践取得良好效果，通过对柱式结构充填开采时亚关键层垂直应力变化观察，得到柱式开采不仅提高了直接顶的承载能力，间接提高了亚关键层的承载能力，保证矿井的绿色高效开采。

关键词：绿色采矿；充填采矿；结构充填；承载能力

建筑物下压煤严重，直接影响到矿区未来的可持续发展，同时，增加环境保护和煤炭开采的矛盾，充填开采作为现代化绿色采掘技术的实践与创新，在越来越多的高潜水位平原矿区得到广泛应用，大幅提升煤炭资源的回采率，减少对环境的破坏。鉴于绿色充填开采所采用的充填工艺、充填材料和充填设备要求高，仅在条件允许的矿井试行。受国家环保政策趋紧，地面排矸受阻，采空区地表塌陷影响，东曲矿结合矿井地质条件在28802工作面，设计采用煤矸石返井充填，工作面在实现原煤开采的同时，还将原煤洗选的煤矸石等废弃物回填到采空区，预防采空区地表塌陷，又杜绝了煤矸石露天堆存、污染环境的问题。

1 绿色充填开采的理论分析

结构充填开采方法是根据矿井煤层以及围岩的受力变形特征进行理论分析和计算得到充填的准确位置，通过充填工艺实现充填体和直接顶的复合承载结构，复合承载结构有较强的承载能力，减少了巷道围岩的变形，同时减少了充填材料的投入，为工作面生产提供了充足的地下空间。传统的采空区回填工艺，受采空区地表塌陷和上覆岩层压力影响，巷道围岩变形严重。为控制巷道围岩变形主要借助充填材料进行支撑，为此，对选择充填材料的使用量以及强度都有较高的要求，一般要求充填材料强度大于3MPa，当巷道围岩破碎严重，受力明显时，充填体的强度需大于6MPa。采用结构充填方法，使得充填体和直接顶形成复合承载结构，复合承载结构可以实现高强度的支护，为井下工作面的开采提供稳定的空间。为此，应结合实际选择合适形态的充填体进行充填作业。充填开采原理如图1所示。

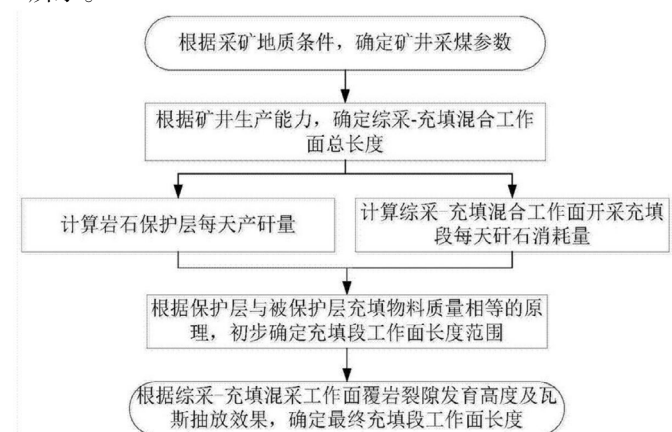


图1 充填开采原理

结构充填开采方法的另一优势在于，进行结构充填后，

通过保证煤层顶板的完整性使得充填体和顶板形成充填体-直接顶的复合承载结构，加强了充填的强度。通过在顶底板安装锚杆控制工作面推进前期巷道围岩的变形，同时将充填体和顶底板连接起来，使得复合承载结构可以约束巷道垂直和水平位移，实现岩层间力学传递，控制围岩运移。

2 充填开采复合承载结构分析

2.1 矿井概况

东曲煤矿位于西山煤电古交矿区，现主要开采山西组的2[#]、4[#]煤层和太原组的8[#]、9[#]煤层。28802矸石充填工作面是东曲矿首个煤矸石充填工作面，地表位于古交麻坪岭村庄东南，地面水平标高1042~1228m，盖山厚度165~306m，井下位于+860水平二采区，主要开采太原组8[#]煤。28802充填工作面设计走向长978m，倾斜长206m，开采的8[#]煤层平均厚度3.3m，可采储量86.8万t。工作面上方的28804工作面已回采完毕，7[#]未开采。4[#]~8[#]煤的层间距为82m。8[#]~9[#]煤的层间距约5m。

2.2 充填开采复合承载结构稳定性研究

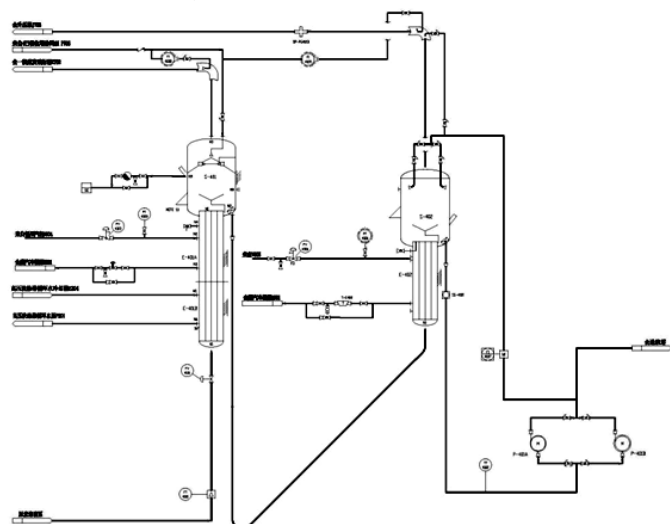
受环境保护问题影响，东曲矿基于28802工作面地质条件，在开采8[#]煤层时，设计采用煤矸石回填的柱式结构充填，充填体支撑直接顶，为提高柱式结构充填开采的结构稳定性，对充填开采工作面的0.5m、1m、1.5m不同位置的煤层顶板的垂直应力变化进行模拟研究。

当煤层开挖0.5m进行柱式结构充填，直接顶顶部的垂直应力在0.15~0.45m之间出现降低的现象，0.45m的位置垂直应力减幅最大；工作面前方以及后方都出现了应力增高的现象，在工作面后方约0.05~0.3m的位置，煤体的应力值最高，达到0.76MPa；在工作面前方约0.5~1.55m的位置，煤体应力也出现增加的现象，在超前支承压力的作用下，应力值达到1.03MPa。

当煤层开挖1m进行柱式结构充填，直接顶顶部的垂直应力在0.15~0.8m之间出现降低的现象，0.45m的位置垂直应力最低，应力值达到2.47MPa，在0.55m的位置应力值达到1.42MPa，出现应力值回升的现象，说明充填体起到支撑的作用，使得直接顶承载能力增强；工作面前方以及后方都出现了应力增高的现象，在工作面后方约0.05~0.25m的位置，煤体的应力值最高，达到1.23MPa；在工作面前方约0.85~1.55m的位置，煤体应力增加到1.68MPa。

当煤层开挖1.5m进行柱式结构充填，直接顶顶部的垂直应力在0.15~1.1m之间出现降低的现（下转第233页）

程中、对熔融尿素泵造成影响。



4 工艺操作控制优化

由于受前系统影响,比如蒸汽紧张、汽化倒炉等因素,为了保证尿素的优等品率,在出现上述情况时,尿素装置采用低负荷运行时、停造粒的方式,蒸发系统在破真空下循环运行;尿素产品中缩二脲含量一般偏高,尿素装置开车时,由于尿液槽储存的尿液和负荷低,造成指标超标。因此,在工艺方面对成品尿素指标进行了优化控制:

①降低一二段蒸发温度、由原来的 130/140℃ 降到 127/135℃ 操作;

②降低低压分解温度到 128℃、提高低压压力、减少分解;

(上接第 231 页)象,0.45m 的位置垂直应力减幅最大,应力值达到 2.59MPa,在 0.55m 的位置应力值降低 0.04MPa,相较开挖 1.1m 出现应力值回升的现象,回升值达到 0.75MPa,说明充填体起到支撑的作用,使得直接顶承载能力增强;工作面前方以及后方都出现了应力增高的现象,在工作面后方约 0.05~0.25m 的位置,煤体的应力值最高,达到 1.98MPa;在工作面前方约 1.255m 的位置,应力值增加到 2.71MPa。

2.3 充填体-直接顶垂直应力变化分析

待开挖完全平衡后,直接顶上部的垂直应力值分别在 0.5m~0.9m 之间出现增加,增加范围分别为 1.21MPa、0.86MPa、0.35MPa,工作面两侧煤壁应该值也出现增加的现象,工作面后方 0.05m 的位置处,应力值增加幅度达到 2.09MPa,在工作面前方 1.32m 的位置应力值增加幅度达到 4.21MPa。由此可见,在工作面推进过程中进行充填柱进行开采,提高了直接顶的承载能力,达到了实现充填体-直接顶复合承载结构的目的。

3 实践分析

通过模拟实验证明,柱式结构充填开采对控制巷道围

③降低高调水温度、防止一段生成过多的缩二脲;

④蒸发系统加配稀氨水、提高游离氨含量;

⑤降低合成塔、汽提塔、低压分解器,尿液槽以及二段蒸发液位;

⑥提高二段蒸发分离器盘管温度、气相管道加盘管、减少结晶机会、防止出现气相管道掉落垢块、造成蒸发打循环、也进一步提高了成品质量,减少了系统波动频次。

通过以上手段调整、蒸发波动现象明显减少、打循环次数由原来的每班一次减少到大约每周一次。

5 总结

通过对一、二段蒸发加热器的改造,缩短了一段、二段蒸发过程中尿液停留时间,有效控制了缩二脲生成的关键环节,达到降低尿素产品中缩二脲,提高产品质量以及市场竞争力的目的。

通过工艺优化控制,针对装置不同的负荷及时调整运行工况,是的产品质量始终保持在较好的水平,达到了工艺优化控制、提高产品的优级品率的目的。

要提高尿素产品质量,关键是要控制缩二脲生成量、防止水分超标、降低尿素粉尘量、防止尿素结块、保证粒度和强度,积极引进、研究先进技术,有针对性的采取有效可行的措施,不断提高尿素产品质量,生产受市场欢迎的尿素产品。

作者简介:

王耀(1979-),男,民族:汉,籍贯:内蒙古鄂尔多斯人,学历:本科,现有职称:高级化工工程师,研究方向:化工工艺。

岩变形具有良好效果,现场实践,对现场开挖进度过程中以及平衡后亚关键层不同测点位置的垂直应力值进行测量统计得到表 1 所示的结果。

从表中可以看出,柱式结构充填开采时亚关键层垂直应力变化范围更大,随着工作面的推进,超前支承压力呈现降低的趋势,降低范围为 0.05~0.45m 之间,当开挖进度大于 0.95m 时,应力值出现增加的现象,可见,柱式结构形成的充填体-直接顶复合承载结构增加了直接顶的承载能力,承载力在岩层间传递,间接增强了亚关键层的支撑力,支撑力的增加使得巷道的围岩变形减少,支撑力可有效支撑工作面回采。

4 结论

东曲矿结合 28802 充填工作面地质条件,基于通过对煤矿结构充填开采基础理论和柱式结构充填开采复合承载结构稳定性分析,得到在工作面推进过程中进行充填柱进行开采,可以提高直接顶的承载能力,现场实践达到了充填体-直接顶复合承载的目标,承载力可传递至顶板亚关键层,保证矿井安全回采,加强矸石充填工作面智能化应用,实现矿井绿色高效开采。

表 1 充填开采时亚关键层垂直应力变化表 (MPa)

测点位置	-0.15m	0.05m	0.25m	0.45m	0.65m	0.95m	1.15m
开挖进度							
0.5m	0.07	0	-0.02	-0.11	0.21	-0.02	0.05
1m	0.08	0	-0.02	-0.22	-0.14	-0.02	0.15
1.5m	0.15	0.04	-0.02	-0.16	-0.32	-0.09	0.08
平衡	0.07	0.05	-0.02	-0.2	-0.33	-0.11	0.07