采选技术

孤岛煤柱下软岩硐室加固技术研究

荆升国，谢文兵，孙其飞，王 涛，任有奎
（中国矿业大学 矿业工程学院，江苏 徐州 221008）

摘 要：长期以来，留设硐室保护煤柱是煤矿硐室维护的重要手段之一。然而，一旦煤柱留设不合理，煤柱边缘分布的高支承压力，往往是造成硐室严重变形的主要原因。本文针对袁庄煤矿三水平泵房实际地质条件，详细分析了该泵房支护破坏失效机理，并针对性地提出合理加固方案。现场实践表明，该技术能有效控制高应力作用下泵房围岩的强烈变形，对类似条件下硐室加固亦具有借鉴意义。

关键词：孤岛煤柱；软岩；硐室
中图分类号：TD322.3 **文献标识码**：B **文章编号**：1004－4051（2009）02－0070－02

Study on support technique of soft-rock chamber under isolated pillar

JING Sheng-guo, XIE Wen-bing, SUN Qi-fei, WANG Tao, REN You-kui
(School of Mining Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: Long times ago, setting protect pillar is one of the mainly methods for chamber protection. But if the location is irrational, the chamber' s deformation will be highly by pillar' s gravity and mining stress on the edge. Based on the geotechnical conditions of Level-3 pump chamber in YuanZhuang coal mine, the broken mechanism of pump chamber is particularly analyzed, and proposed the rational support program. The application results shows that pump chamber deformation can be effectively controlled by new supporting technique. It also can be as a reference for chamber or roadway in propinquity conditions.

Key words: isolated pillar; soft-rock; chamber

长期以来，留设保护煤柱是煤矿硐室维护的重要手段之一。然而一旦煤柱留设不合理，煤柱边缘分布的高支承压力，往往是造成硐室严重变形的主要原因。

袁庄煤矿三水平主排水泵房埋深 500m 左右，在水平投产初期，为保护泵房及周围大巷，在其上方留设 100m×100m 保护煤柱。然而，实践证明，该煤柱不仅未能起到保护下部硐室的作用，相反造成硐室在上方孤岛煤柱支承压力作用下强烈变形；不仅造成硐室两帮挤压排水管路，而且底板的强烈底臌，使得水泵混凝土基础屡遭破坏，造成机电设备无法正常运转，严重威胁矿井安全生产。

1 泵房破坏原因分析

鉴于该泵房为矿井安全生产的重要硐室，由于上部孤岛煤柱具有突出危险性，当前技术条件下开采难度很大。根据泵房所处地质条件、围岩状况和现有支护措施，造成其严重变形的原因主要如下：

（1）受孤岛煤柱边缘形成的高集中应力作用

三水平泵房大部位于孤岛煤柱边缘，按泵房平均埋深 500m 估算，该处原岩应力水平约 14MPa 左右。而工作面开采后，在煤柱内形成的侧向支承压力一般约 2～3 倍的原岩应力，且周围巷道关系复杂，局部还存在叠加应力。因此，泵房围岩压力整体水平较高，是造成其强烈变形的原因之一。

（2）泵房围岩岩性以砂岩、细砂岩为主

该岩层虽然岩块强度较高，普氏系数达 4～6 左右，但由于内部结构面较为发育，且泵房经受多次破坏、修复，围岩节理裂隙更加发育，导致岩体本身强度与岩块相差较大，整体强度相对较低，在高应力作用下极易产生强烈塑性变形。

（3）支护措施难以控制泵房围岩的强烈变形

泵房先后采用碹体支护和 U 型钢支护，包括采用注浆技术对其进行加固，但仍然难以控制其强

收稿日期：2008－10－16
作者简介：荆升国（1981－），男，山西阳泉人，中国矿业大学矿业工程学院博士研究生。

万方数据

烈变形，其主要原因在于支护承载性能远未发挥。由于泵房所处围岩应力水平较高且结构裂隙较为发育，在高应力作用下岩体极易产生强烈的塑性变形，而碹体支护属刚性支护，其抗变形能力较弱，极易开裂、离层，并破坏失效。U型钢支架本身与围岩的相互作用关系很差，支架大多局部承载，很容易产生扭曲和滑移，承载能力降低；更由于支架自身结构不稳定，现有直腿拱形支架“柱窝”深度大多在200～500mm之间，由于支架两帮的抗侧压能力较差，很容易导致支架结构体系整体失稳。

（4）无控底措施

由于泵房基础对底板变形要求很高，而以往泵房底板未采取治理措施，频繁卧底使得巷道底板更加破碎，同时促进泵房帮部进一步变形、失稳。

2　泵房加固技术方案

2.1　锚注加固

采用锚注加固技术，一是改变围岩的松散结构，提高岩体的粘结力和内摩擦角，封闭裂隙并阻止水对岩体的侵蚀，使岩体强度显著提高；二是浆液扩散过程中，可将U型钢与围岩间存在的大量空穴进行填充，不仅能够有效改善支架受力状况和承载能力，同时实现支架围岩共同承载。

2.2　棚-索协同支护

单纯进行注浆后的岩体仍属脆性复合体，如不采取措施，在高应力作用下仍将变形、破坏。因此，在注浆加固围岩的同时，采用高标号U型钢支架加强护表，对巷道提供径向支护力，控制浅部岩体在高应力作用下的剪胀、离层，巩固注浆加固效果，保持岩体强度。由于直腿拱形U型钢支架结构不稳定，必须针对其结构薄弱环节进行补强加固，提高支架稳定性。利用锚索具有主动支护的特点，通过其将深部稳定岩体与支架的控制浅部围岩共同承载。这种棚-索协同支护，一方面提高支架结构稳定性，发挥其承载性能；另一方面，不仅提高对浅部围岩约束力，而发挥深部岩体的承载性能，同时实现支架-围岩和深-浅围岩共同承载。

2.3　底板锚索支护技术

根据泵房底板使用要求，采取底板注浆和底板锚索支护技术，在提高底板岩体强度的同时，对底板岩层施加预紧力，改善其应力状态。尤其针对泵体混凝土基础抗变形能力差的特点，在其周围布置底板锚索，并施加一定的预紧力，控制基础部位底板臌起，保证机电设备正常运转。

2.4　具体加固技术方案

泵房具体加固技术措施如下：①U36型钢支架，棚距500mm，外扎角8°，巷道采用稳定性较高三节拱形式，搭接长度为500mm。②帮顶注浆锚杆长度2000mm，间排距1500mm×1500mm，底板注浆锚杆布置于底板锚索周边。注浆材料选用普通硅酸盐水泥浆，浆液水灰比为0.6～0.7。③棚-索协同支护通过外置式耦合装置实现，材质选用14#矿用工字钢加工，锚索选用直径15.24mm的1860钢绞线，锚索长度5000mm。帮锚索间排距为1200mm×1500mm，根据泵房“肩窝”位置布置排水管路的特点，在该位置两帮各布置一组锚索，排距1500mm。底板非基础位置锚索间排距为1300mm×1500mm，基础位置锚索布置方案见图1。锚索预紧力不低于10t，为保障混凝土基础不遭破坏，同时对其施加一定预应力，根据普通525硅酸盐水泥养护30d的强度指标，确定基础位置底板锚索预紧力为4t。

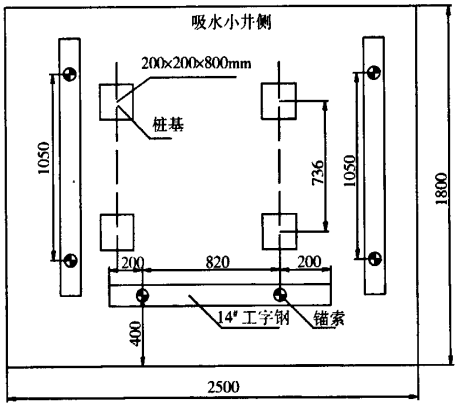

图1　泵体基础加固方案

3　支护效果分析

三水平泵房在2006年初实施加固方案后，为检验加固效果，在泵房两帮和顶底板分别布置3组监测断面，对围岩变形状况实施监测。监测结果表明：采用该支护方案2个月后，泵房变形就趋于稳定，巷道两帮相对移近量平均80mm左右，最小52mm，最大仅108mm，显著提高泵房两帮围岩的稳定性，保证排水管路正常使用。通过对基础位置和非基础位置的底板支护，控制泵房底板底臌效果明显，泵房基础位置至今未出现基础开裂、臌起的现象，而且泵房非基础位置变形量整体较小，平均底臌量不足30mm，保证了泵房各类机电设备正常使用的底板使用要求。

4　结论

虽然留设硐室保护煤柱可以避免硐室遭受强烈

（下转第77页）

万方数据

表 2　精矿多元素分析结果

元素	Mo	SiO_2	CaO	P_2O_5	Cu	Pb	As（太低）
含量（%）	53.18	4.25	0.09	0.048	0.082	0.132	23.8×10^{-6}

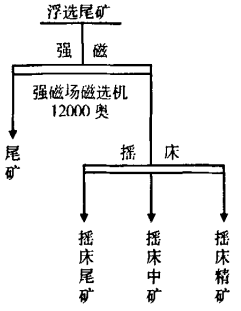

图 8　浮选尾矿选钨探索试验流程

79.97%的钨精矿。钨的富集效果很好，可通过进一步的试验研究，实现钨矿的回收利用。

3　结论

（1）该矿石嵌布粒度较粗，主要有用矿物为辉钼矿，并且含有少量的钨矿。

（2）在磨矿细度为－0.074mm 55%和一定的药剂条件下，经过一次粗选、三次扫选、八次精选的开路流程试验，可以获得品位为 57.02%、产率为 2.83%、回收率为 81.09%的钼精矿。只经过一次精选，就可以得到品位 49.22%、回收率 96.65%的钼精矿。

（3）在磨矿细度为－0.074mm 55%和一定的药剂制度条件下，经过一次粗选、三次扫选、三次精选的闭路流程试验，可以获得品位为 53.18%、回收率为 95.76%的钼精矿。

（4）浮选尾矿经过强磁-重选探索试验，可得到品位 1.22%、回收率 79.97%的钨精矿。

参考文献

〔1〕 李　兵. 钨钼矿综合回收选矿试验研究 [J]. 湖南有色金属，2006，4 (22)：7－10.

〔2〕 张文钲. 国内外钼先进技术与发展动态评述 [J]. 中国钼业，2000，24 (6)：12.

〔3〕 张义忠. 钨钼分离理论及新工艺研究 [D]. 昆明：昆明理工大学，2002，7.

〔4〕 张文钲，徐秋生. 我国钼资源开发现状与发展趋势 [J]. 矿业快报，2006，(9)：1－4.

〔5〕 张文钲. 辉钼矿浮选捕收剂的寻觅 [J]. 中国钼业，2005，30 (2)：3－6.

〔6〕 杨刘晓，许浩瑜. 2005 年中国钼工业发展状况 [J]. 中国钼业，2006，30 (2)：3－6.

〔7〕 张文钲. 钼矿选矿技术进展 [J]. 中国钼业，2008，31 (2)：1－7.

〔8〕 刘传国，李　锋，李洪昌，等. 某铜钨钼矿选矿试验研究 [J]. 中国矿山工程，2008，37 (1)：10－15.

* * * \