

新建井筒抗变形技术研究

滕永海 唐志新 郭轲轶

(中国煤炭科工集团唐山研究院 河北 唐山 063012)

摘要:为减少新建井筒的压煤量,挖掘矿井生产潜力,以平煤四矿新建进风井、回风井为实例,采用现场试验、数值模拟计算、理论研究等方法,系统研究了新建井筒抗变形技术,建立起以小保护煤柱为条件的新建井筒抗变形技术体系,包括整体规划、柔性措施和刚性措施,刚柔结合用于吸收和抵抗岩层的移动与变形。实践证明,新建井筒在小煤柱保护条件下采用抗变形技术措施后,井筒附近地表最大下沉值为 249 mm,井筒没有出现破坏,能正常安全使用,解放井筒压煤量 1 515.3 万 t。

关键词:新建井筒;小保护煤柱;抗变形技术;岩层移动

中图分类号:TD325.1 **文献标志码:**A **文章编号:**0253-2336(2013)09-0163-03

Study on Anti-Deformation Technology of New Mine Shaft

TENG Yong-hai, TANG Zhi-xin, GUO Ke-yi

(Tangshan Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group, Tangshan, 063012, China)

Abstract: In order to effectively reduce the coal quantity under the new mine shaft and to excavate the mine production potential, based on the new mine ventilation shaft and new mine air retuning shaft of No. 4 Mine in Pingdingshan Tian'an Coal Mining Company Limited as the cases, the site experiment, numerical simulation calculation, theoretical study and other methods were applied to systematically study on the anti-deformation technology of the new mine shaft and to establish the anti-deformation technical system of the new mine shaft under the small protective coal pillar condition, including the completed planning, flexibility measures and rigid measures. The rigid and flexibility combination would be applied to absorb and resist the movement and deformation of the rock strata. The practices showed that after the anti-deformation technical measures conducted, the new mine shaft under the small coal pillar protection condition would have a max surface ground subsidence value of 249 mm near the mine shaft. There was no any failure occurred on the mine shaft, the mine shaft is in a normal safe operation and there was 15.15 million t of coal liberated under the mine shaft.

Key words: new mine shaft; small protective coal pillar; anti-deformation technology; strata movement

0 引言

国内外自 20 世纪 50 年代以来,进行了大量的井筒与工业广场煤柱开采试验,积累了丰富的经验。实践证明,只要合理地采取技术措施和维修保护措施,井筒是能够保证安全使用的^[1-3]。但是,上述技术是针对即将报废的矿井而言,目的是增加矿井可采储量,延长矿井服务年限,提高煤炭资源的采出率。而对于新建井筒,传统的方法都是按规程要求留设保护煤柱,对于深部新建井筒若按正常留设保护煤柱,则压煤量相当大,平顶山天安煤业股份有限

公司四矿(以下简称平煤四矿),随着矿井开采深度的增加,井深巷远,通风阻力加大,进入深部开采后地热和瓦斯问题严惩,矿井现有的通风能力很难满足矿井生产和发展的需要,严重制约了矿井的生产安全和效率。为此,新建 1 口进风井和 1 口回风井为矿井深部煤炭资源的开采做准备。新建进风、回风井,压煤量将达到 2 092.7 万 t。如此巨大的井筒压煤量,不仅严重影响了采区工作面的布置和矿井生产的接替,而且造成了煤炭资源的损失,很大程度上制约了矿井的可持续发展。为减少新建井筒的压煤量,提出对新建井筒采用抗变形技术,对井筒留设

收稿日期:2013-05-22;责任编辑:曾康生

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51074089)

作者简介:滕永海(1963-),男,山东夏津人,研究员,博士,现任唐山研究院测量研究所副所长。Tel:0315-7759233, E-mail: tengyonghai@163.com

引用格式:滕永海,唐志新,郭轲轶.新建井筒抗变形技术研究[J].煤炭科学技术,2013,41(9):163-165,168.

小保护煤柱,这样既能解放大量的井筒压煤,又能保证井筒的长久安全运行。

1 矿井概况

平煤四矿为年生产能力180万t的现代化矿井,矿并于1955年11月开始建井,1958年8月建成投产,主要开采石炭-二叠系的丁₅₋₆、戊₈、戊₉₋₁₀、己₁₅、己₁₆₋₁₇等煤层,煤层累计厚度14.86m,煤层倾角平均为9°。矿井目前的生产水平为第1、第2水平,现正在向深部第3水平延深。

新建进风井、回风井位于矿井深部第3水平,进风井井筒直径为6.5m,井筒深度1146.4m,回风井井筒直径为6.0m,井筒深度1067.0m。由于开采深度大,涉及煤层多,如果按传统方法留设井筒及工业广场保护煤柱,新风井将压煤达2092.7万t,此时走向移动角68°,上山移动角70°,下山移动角64°,围护带宽度20m。

2 新建井筒小保护煤柱的留设

井筒留设小保护煤柱的目的,是减小并控制地表的沉陷变形值,尤其是井口位置处地表的下沉值和倾斜值,进而控制井筒的竖向压缩变形和井筒的偏斜变形,达到保护井筒及安全使用的目的。控制地表倾斜值和井筒偏斜的方法,可以采用对称留设煤柱、对称协调开采的方法解决。而控制地表的下沉值和井筒的竖向压缩变形值,就必须根据具体的地质采矿条件,合理留设井筒小保护煤柱,并保证所留小保护煤柱的稳定性^[4-6]。

考虑到新建井筒采取抗变形技术措施后的抗变形能力,地表的下沉值应控制在井筒深度的0.2%以内,即井筒平均竖向压缩变形应控制在2mm/m之内。根据理论分析和计算,丁组煤在井筒周围留设445m×600m的保护煤柱,戊组煤在井筒周围留设465m×600m的保护煤柱,己组煤在井筒周围留设505m×600m的保护煤柱。采用小保护煤柱,新建进、回风井压煤仅为577.4万t(其中包含原下山保护煤柱和矿井边界煤柱233.7万t),解放井筒压煤达1515.3万t。

3 新建井筒抗变形技术

新建井筒的保护措施分为2个方面:①井下煤层的开采技术措施,包括合理留设保护煤柱、对称协

调开采等,主要是控制井筒变形和破坏;②对新建井筒采取有效的抗变形技术措施。只有把井下开采技术措施和井筒的抗变形技术措施相结合,才能取得最理想的效果。

3.1 新建井筒的抗变形技术措施

新建井筒抗变形结构措施包括整体规划、柔性措施和刚性措施。刚柔结合用于吸收和抵抗岩层的移动与变形,从而达到保护井筒的目的^[7-9]。

1)整体规划。根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》^[10]及平顶山矿区岩移参数,边界角取55°,井筒维护带宽度取20m,计算求得井筒采动影响深度为788.3m。为安全起见,井筒采动影响深度确定为830m,即从地表到丁组煤穿过井筒的位置,如图1所示。在井筒深度830m以上,井筒采用综合性的抗变形结构措施,包括采用双排钢筋混凝土井壁、设置可缩层等;在井筒深度830m以下,井筒采用一定的抗变形结构措施,包括设置可缩层等。

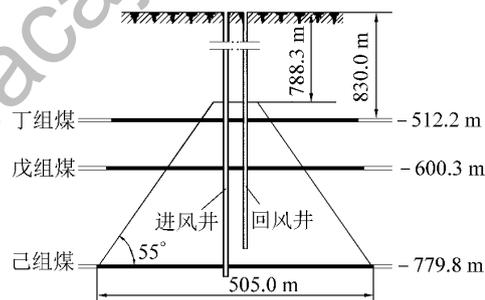


图1 井筒采动影响深度计算示意

2)柔性措施。柔性措施主要是对新建井筒在岩层软弱位置加设可缩性井壁,从而吸收竖直方向的压缩变形,保证井筒的正常安全使用。

根据采动引起的井筒变形和破坏规律,凡是在软弱岩层通过井筒的位置,是井壁可能产生竖向附加应力集中的地方。显然,井筒通过煤层、断层带、泥岩等软弱岩层处时易出现竖向受压破坏。为此,根据井壁围岩的特性,对可能出现应力集中的软弱岩层处设置可缩层井壁。由于在围岩软弱层处,围岩受采动影响,横向容易出现较大膨胀或流动,同时利用橡胶砖横向膨胀的特性,在可缩层与岩体之间要预留不小于300mm的间隙,以防止水平侧压力对井筒可缩层的挤压作用。

根据岩层的岩性,平煤四矿新建井筒分别位于己组煤、己戊组煤之间、戊组煤、丁组煤、丁丙组煤之

间、丙组煤及上方每隔 50~60 m 软岩位置设置 1 道可缩层。其中,进风井共计设置了 19 道可缩层,回风井共计设置了 17 道可缩层,每道可缩层的厚度 800 mm^[11-12]。可缩层材料选用经防腐、耐火处理后的橡胶砖^[13],加工成梯形块体,如图 2 所示。



图 2 可缩层橡胶砖

在井筒施工工作面凿岩过程中,当井壁过软弱岩层或煤层处,截去设定高度和宽度的围岩,作为水平应力释放槽,同时对软弱岩体或煤层要采用锚网(挂网)喷等技术措施进行处理,防止其片帮。在砌筑井壁时,在设计的位置将砌筑井壁材料更换为橡胶砖。施工时,在井圈内砌筑的橡胶砖水平排列砖与砖之间要挤紧,不留空隙;竖直排列层与层之间砖缝要错开,不能重缝,如图 3 所示。施工完毕后再在可缩层表面涂抹沥青,以起到防火、防腐的作用。

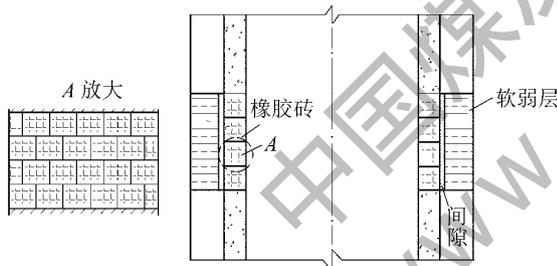


图 3 可缩层井壁竖向截面示意

3) 刚性措施。刚性措施主要是增加井壁的刚度,以防止井筒水平断面的改变和竖向压缩破坏。主要措施包括:在井筒深度 830 m 以上,井壁采用双排钢筋混凝土结构,混凝土强度等级为 C40,井壁厚度 600 mm;在井筒深度 830 m 以下,井壁采用混凝土结构,混凝土强度等级仍为 C40,井壁厚度仍为 600 mm。由于新建井筒采用小煤柱保护,且进风、回风井井筒深度均超千米,在丁组煤、戊组煤、己组煤的马头门处地压和应力将比较大,为确保井筒出口的安全,要求对马头门采用钢筋混凝土支护,混凝土标号不小于 C40,支护厚度不小于 500 mm。

3.2 地面建筑物及设备的抗变形技术措施

1) 绞车房及绞车的抗变形结构措施。绞车是

矿井生产的重要提升设备,绞车房的基础应采用抗变形效果较好的条形基础,并设置水平滑动层,上部结构要相应增大强度和刚度。绞车的主轴与中轴的水平度偏差不得超过 0.2%,当采动引起主轴与中轴两端的水平度斜率超过规定要求时,绞车轴承座会产生剧烈地震动和声响,在严重的情况下可能出现停止运转的危险,给安全提升造成严重的威胁。绞车应采用整体基础,并加大基础的强度和刚度,倾斜的影响可以采用调整与维修的方法加以解决。

2) 风道和主通风机房的抗变形结构措施。通风机系统是确保矿井安全生产的要害部位,也是维修保养的重点之一,其建筑物由风道和通风机房组成,风道长度较大,每隔 20 m 应设置 1 道变形缝,缝宽不小于 80 mm,在地下部分采用钢筋混凝土结构,底部设置 400 mm 厚人工级配砂石垫层,基础 100 mm 厚 C15 混凝土垫层上加滑动层,四周涂沥青,以减小摩擦因数。通风机房长度超过 20 m 设置变形缝,变形缝宽度不小于 80 mm,基础采用抗变形效果较好的条形基础,并设置水平滑动层,上部结构要相应增大强度和刚度。通风机设备的基础采用整体基础,设备轨道要能进行调整和维修。

4 结 论

1) 平煤四矿新建抗变形井筒于 2011 年建设完成,其中进风井的井筒深度 1 146.4 m,回风井井筒深度 1 067.0 m。由于新建井筒采用小煤柱保护,解放井筒压煤 1 515.3 万 t。

2) 新风井建设以来,先后在风井附近开采了丁₅₋₆-19190 等 6 个工作面,累计从原井筒保护煤柱内采出煤炭资源 91.5 万 t。按吨煤售价 520 元、吨煤利税 300 元计算,创造产值 4.76 亿元,获得利税 2.75 亿元,扣除抗变形技术措施费等增加的成本 0.46 亿元,获净利税 2.29 亿元。

3) 观测表明,井筒附近地表最大下沉值为 249 mm,井筒内各道可缩层累计竖向压缩量为 129 mm,井筒没有出现任何破坏,一直保持正常安全使用。研究成果在平顶山矿区及类似条件的矿区具有广泛的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 吕泰和. 井筒与工业广场煤柱开采[M]. 北京:煤炭工业出版社,1990.

(下转第 168 页)

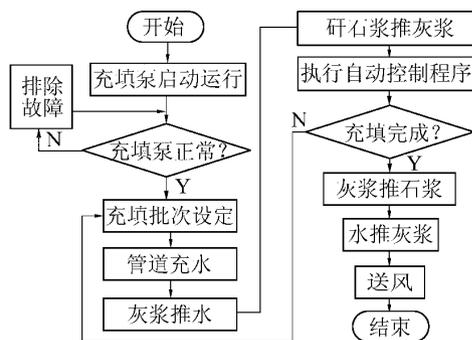


图3 充填膏体制备及泵送控制流程图
道充水、灰浆推水、矸石浆推灰浆、正常(轮流)充

填、管道清洗(灰浆推矸石浆,水推灰浆,送风),完成充填膏体制备及泵送。

3.2 上位机监控程序

根据充填膏体制备及泵送监控系统现场控制要求,设计相应的监控界面(图4),完成该系统的状态监控和操作管理,该监控界面主要有登录界面、现场操作主界面、控制管理界面、任务管理界面、性能曲线界面、报警记录界面、数据记录界面、退出系统界面等。该监控界面为生产操作提供更丰富的信息内容、更便捷的控制操作,大幅降低人员的工作量。

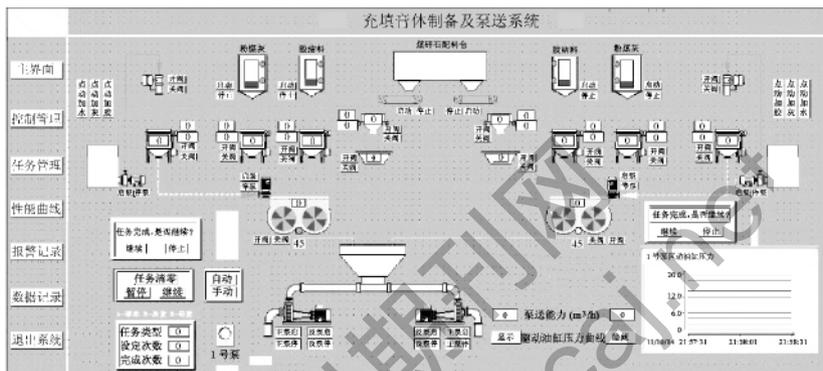


图4 实时生产界面

4 结 语

运用 PROFIBUS 总线技术实现现场设备数据通信。并针对充填膏体制备及泵送控制系统工艺要求给出了系统控制流程,通过上位机监控画面实时监控充填膏体制备及泵送系统,提高了膏体充填站监控系统的人机交换性、稳定性,使其应用性更强。

参考文献:

[1] 刘同有. 充填采矿技术与应用[M]. 北京:冶金工业出版社,

2001.
[2] 赵洪亮,王加奎. 基于西门子 PLC 的煤矿井下自动化监控系统设计[J]. 煤矿机械 2011 32(8):164-165.
[3] 卫洁琼. 自动配料控制系统及其算法研究[D]. 太原:太原理工大学 2006.
[4] 梁慧斌,李学华. Profibus-DP 总线在空压机组监控系统中的应用[J]. 煤矿机械 2012 33(2):221-223.
[5] 董明. 基于 PROFIBUS-DP 总线和 S7300 的电机调速系统设计[J]. 制造业自动化 2001(4):134-136.
[6] 王珂. 基于现场总线 Profibus-DP 的采煤机牵引变频器监控系统设计[J]. 煤矿机械 2012 33(10):237-238.

(上接第 165 页)

[2] 滕永海,王金庄,戴华阳,等. 向斜厚煤层条件下并筒与工业广场煤柱开采[J]. 煤炭科学技术 2006 34(7):53-55.
[3] 克拉茨 H. 采动损害与防护[M]. 马伟民,王金庄,王绍林,译. 北京:煤炭工业出版社,1984.
[4] 何国清,杨伦,凌震娣,等. 矿山开采沉陷学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1991.
[5] 滕永海,唐志新,郑志刚. 综采放顶煤地表沉陷规律研究及应用[M]. 北京:煤炭工业出版社,2009.
[6] 邹友峰,邓喀中,马伟民. 矿山开采沉陷工程[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2003.
[7] 周国铨,崔继宪,刘广容,等. 建筑物下采煤[M]. 北京:煤炭工业出版社,1983.

[8] TENG Yong-hai, WANG Jin-zhuang. China's Study on Coal Mining Beneath Surface Buildings State of the Atheat and Developing Trend[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China 2005(S0):6-8.
[9] 荣传新,程桦,姚直书. 鲍店煤矿北风井井壁修复治理及其效果[J]. 煤炭科学技术 2003 31(8):52-55.
[10] 国家煤炭工业局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程[M]. 北京:煤炭工业出版社,2000.
[11] 滕永海,卫修君,唐志新,等. 新建千米井筒留设小保护煤柱与抗变形技术[J]. 煤炭学报 2012 37(8):1281-1284.
[12] 欧阳广斌,滕永海,易四海. 平煤四矿新建井筒抗变形技术研究[J]. 中国煤炭 2011 37(3):57-59.
[13] 易四海,卫修君,滕永海. 新建井筒井壁可缩层材料的研究[J]. 煤炭工程 2011(6):121-123.