

义马煤田冲击地压原因分析与防治对策

李松营^{1,2} 姜红兵² 张许乐² 丁传宏² 张万鹏²

(1. 中国矿业大学(北京) 地球科学与测绘工程学院 北京 100083; 2. 义马煤业集团股份有限公司 河南 义马 472300)

摘 要: 为得到义马煤田矿井发生冲击地压的原因,并制定冲击地压防治措施,对该煤田“两硬一软”的煤层地质结构、采深、巨厚坚硬砾岩顶板、构造应力等地质因素导致矿井冲击地压进行了研究,并指出了义马向斜的轴核部煤层埋深达600~1 200 m、上覆岩层厚、地应力集中是发生冲击地压的主要原因;提出了加强巷道支护并在其两侧进行深孔注水和卸压爆破,使围岩形成“两强一弱”的支护结构、避免工作面走向与构造主应力方向垂直等防治冲击地压的对策措施。结果表明:义马煤田冲击地压属于重力-构造类型;采取针对性的综合措施后,冲击地压发生的频次减少,冲击程度降低。

关键词: 冲击地压; 构造应力; 坚硬顶板 “两硬一软”煤层

中图分类号: TD324.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2014)04-0035-04

Analysis on Mine Pressure Bump Occurred Causes and Prevention and Control Countermeasures in Yima Coalfield

LI Song-ying^{1,2} JIANG Hong-bing² ZHANG Xu-le² DING Chuan-hong² ZHANG Wan-peng²

(1. School of Geosciences and Survey and Mapping Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China;

2. Yima Coal Mining Group Corporation Ltd., Yima 472300, China)

Abstract: In order to obtain the causes of the mine pressure bump occurred in Yima Coalfield mines, and set up effective measures to prevent and control the mine pressure bump, this paper had a study on the geological structure, deep mining depth, ultra thick hard conglomerate roof, structure stress and other geological factors of the coal seam with hard seam and hard roof and soft floor in the coalfield affected to the role of the mine pressure bump. The paper pointed out that the depth of the seam in the syncline axial core was up to 600~1 200 m and the thick overburden strata and the ground stress concentration were the main causes of the mine pressure bump occurred. The paper provided the enhanced gateway support and the deep borehole water injection and the pressure releasing blasting conducted along the two sidewalls of the gateway thus to make the surrounding rock of the gateway form a “two hard and one soft” support structure and to avoid the coal mining strike vertically to the main stress direction of the structure and other measures to prevent and control the mine pressure bump. The results showed that the mine pressure bump in Yima Coalfield was a gravity-structure type and after the related comprehensive measures conducted, the frequency of the mine pressure bump was reduced.

Key words: mine pressure bump; structure stress; hard roof; coal seam with hard seam and hard roof and soft floor

0 引 言

义马煤田位于三门峡市境内,跨义马市和渑池县,是河南省唯一的中生代成煤盆地^[1,2]。该煤田矿井自20世纪80年代后期出现冲击地压以来,已累计发生较为明显的冲击地压100余次,不仅损毁大量巷道,还曾多次造成人员伤亡。近年来,义马煤

田矿井随着开采深度的逐渐增加,冲击地压活动趋于增多,成为全国冲击地压危害最严重的地区之一,引起国内外相关专家广泛关注,国内科研机构、高等院校及义煤集团对此开展了相关研究,提出义马煤田发生冲击地压的主要原因在于地质条件、孤岛开采、相向采掘、开采顺序不合理、开采方法失当等,并初步提出了合理布置采掘活动、加强支护、煤层注

收稿日期:2013-12-23;责任编辑:曾康生 DOI:10.13199/j.cnki.cst.2014.04.010

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(41130419)

作者简介:李松营(1967—),男,河南巩义人,高级工程师,博士研究生。Tel:0398-5898527 E-mail:lsy161@sohu.com

引用格式:李松营,姜红兵,张许乐,等.义马煤田冲击地压原因分析与防治对策[J].煤炭科学技术,2014,42(4):35-38.

LI Song-ying, JIANG Hong-bing, ZHANG Xu-le et al. Analysis on Mine Pressure Bump Occurred Causes and Prevention and Control Countermeasures in Yima Coalfield[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(4): 35-38.

水、爆破卸压和强制放顶等措施^[3-7],对防治冲击地压起到了积极的指导作用,但对发生冲击地压的地质原因分析不足。笔者认为相对软弱的煤层被坚硬顶底板岩石夹持所形成的“两硬一软”的地层结构、逆冲推覆构造的挤压、采深增加等地质因素对义马煤田的冲击地压起着控制作用,不科学的开采进一步增加了冲击地压发生的概率。因此,应从开采地质条件方面研究冲击地压的发生机理,掌握冲击地压活动的地质规律,从开采技术方面最大程度地降低具备冲击地压发生的条件,并根据煤层地质、开采技术条件制定针对性的防治对策。

1 煤田概况

义马煤田面积近 100 km²,整体上呈极不对称向斜构造,北起煤层隐伏露头,南止 F₁₆ 逆断层,东西为沉缺边界。可采煤层处于中侏罗统下阶义马组,分 2 组 5 层,自上而下分别是 1 煤组的 1-1 煤和 1-2 煤,2 煤组的 2-1 煤、2-2 煤和 2-3 煤,2 煤组在矿井深部合并。义马煤田分布有 5 对生产矿井和 1 个露天煤矿(图 1),年生产原煤约 1 300 万 t,累计生产煤炭 2.3 亿 t,现有煤炭储量约 5 亿 t。经过数十年开采,各矿采掘活动均转入深部煤层合并区,最大采深已达 1 060 m。

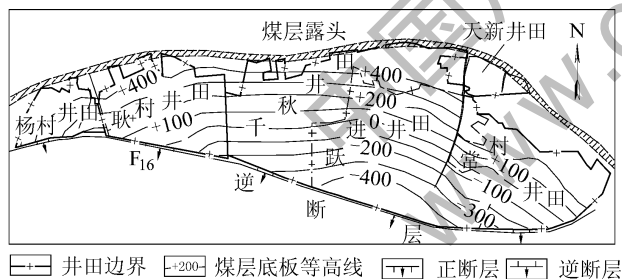


图 1 义马煤田各煤矿位置分布

2 冲击地压发生原因分析

2.1 “两硬一软”的地层结构

义马煤田发生冲击地压的区域,煤层直接顶为厚度 20 余 m 的泥岩,之上为几十米至百余米的砂砾岩互层,再向上为发育到地表或接近地表的数百米乃至上千米的巨厚砾岩层;煤层底板分布有薄层泥岩或与几米至 10 余 m 的底砾岩直接相连(图 2)。砾岩、砂岩比较坚硬,而煤层、泥岩相对软弱。较坚硬的顶、底板可将煤体夹紧,阻碍了深部煤体及其紧邻围岩的变形。就煤层而言,受层厚坚硬、完整的顶底板夹持作用,一方面使煤层在高压作用下

侧向突然破裂或向采掘空间逐步膨胀,另一方面又因煤岩交界处的阻力和变形,阻碍上述过程的发展。因而使煤体积聚起很高的侧向压力,导致在煤层和围岩交界处形成很高的剪应力和相应的正应力,当煤体正应力和剪应力达到一定数值,超过煤体极限强度时,就可能发生冲击地压^[8]。

地层单位	柱状	厚度/m		岩性描述
		层厚	累厚	
Q		14	14	黄土层
N		6	20	上部泥灰岩,下部砾岩砂岩互层
K		150	170	砾岩、砂岩互层
J	J ₃	410	580	砾岩、砂岩互层
	J ₂	182	762	砾岩、砂岩互层
		25	787	泥岩
		11	798	2-3 煤
		8	806	底砾岩
T	T ₃	> 183	> 989	灰绿色泥岩为主,其次为细砂岩或粉砂岩

图 2 地层柱状图

2.2 采深

随着采深的增加,在上覆岩层重力作用下,煤体应力升高,煤体变形和积聚的弹性能增大,为冲击地压的发生提供了充分条件,发生冲击地压的危险性及其强度趋于增大。根据统计,截至 2013 年 12 月,义马煤田累计发生能量 10⁶ J 以上且导致巷道变形损坏的冲击地压 103 次,600 m 以浅 16 次,占 15%;600—700 m 有 42 次,占 41%;700 m 以深 45 次,占 44%。冲击地压灾害严重的跃进煤矿累计发生 36 次,其中,700 m 以浅 1 次,占 3%;700—900 m 有 2 次,占 6%;900 m 以深 33 次,占 91%。

2.3 坚硬巨厚顶板砾岩脆断

煤层顶板数百米乃至千余米的坚硬巨厚砾岩,完整性好,抗变形能力强,利于弹性变性能的储存。坚硬砾岩顶板采后不易垮落,易形成大面积悬顶,不但造成采空区周边煤体应力集中,而且形成顶板弯曲弹性能^[9]。按顶板弯曲弹性能计算公式: $U_w = q^2 L^5 / (8 EJ)$, 其中: q 为顶板质量与上覆岩层附加载荷的单位长度折算载荷; L 为顶板的悬伸长度; E 为岩层的弹性模量; J 为顶板的断面惯性矩。

从上式可以看出,顶板弯曲弹性能与岩层悬伸

长度的 5 次方成正比,即岩层暴露面积越大,积聚的能量越多。一旦坚硬顶板发生脆性断裂,瞬间将释放巨大弹性势能和重力势能,并以应力波的形式达到煤岩层自由面,造成自由面附近的煤岩体破坏并获得一定的动能,形成强烈的冲击力,在采掘工作面以冲击地压的形式表现出来。

2.4 构造应力的作用

义马煤田中的义马向斜由中生代地层组成,叠置在陕渑向斜之上,其长轴近东西,短轴近南北,长轴、短轴长之比大于 5:1,是南北挤压作用形成的线性褶皱。煤田的南缘为 F_{16} 逆断层, F_{16} 断层走向近东西,倾向南略偏东。断层倾角上陡下缓,即在中、上部砾岩坚硬岩石段发生刚性断裂,断层面较陡,倾角达 70° 以上;在底部煤层、泥岩等软弱岩段以水平滑动为主,倾角变小至 20° 以下(图 3)。 F_{16} 断层为受南北挤压作用而形成的大型逆冲断层,展布长度约 45 km,水平断距 20~1 080 m,最大垂直落差超过 500 m,是义马煤田的主要断裂构造。义马向斜的狭长形态和 F_{16} 断层的压扭性质与走向均说明南北挤压作用决定于义马煤田的主应力方向,其方向近 SN,构造应力自北向南递增,义马向斜的轴部和核部是构造应力的集中区域,是冲击地压的易发生地段。

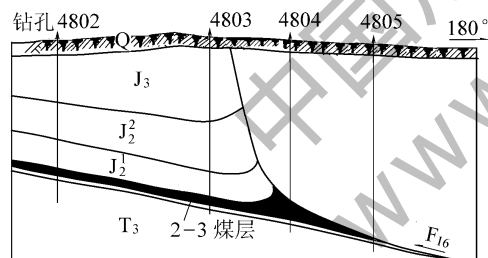


图 3 48 勘探线地质剖面

2.5 冲击倾向性

冲击倾向性是识别煤岩体发生冲击破坏的能力,鉴定其是否具有发生冲击地压危险性的固有力学性质。对义马煤田中部各矿井煤层冲击倾向性鉴定结果,煤层弹性能量指数 $W_{ET} > 2.0$,冲击能量指数 $K_E > 1.5$,动态破坏时间 $D_T < 500$ ms,说明义马煤田煤层普遍具有冲击倾向性。

2.6 其他原因

巷道所处煤层以暗煤组分为主;合并区煤层赋存不稳定,煤层变薄处支承压力增高;大部分区域煤厚在 10 m 以上,采用一次采全高回采工艺对顶板的扰动破坏加大;持续快速回采;生产集中于同一采

区相向回采;相邻采区(矿井)的工作面背向回采;在孤岛区域开采;放炮诱发等。

3 冲击地压发生规律

3.1 分布规律

义马煤田的中、深部区域是义马向斜的核部,煤层之上的砾岩沉积覆盖层最厚(图 4),是冲击地压的高发区域。具体位置包括跃进、千秋煤矿的深部区域以及常村煤矿的西南部、耿村煤矿的东南部区域,也包括紧邻 F_{16} 断层的其他地段。冲击地压的风险随着采深和上覆砾岩层厚度的增加而增加;越靠近向斜轴核部,构造应力增加,煤层层蓄积的弹性能增加,冲击地压风险也随之增加。

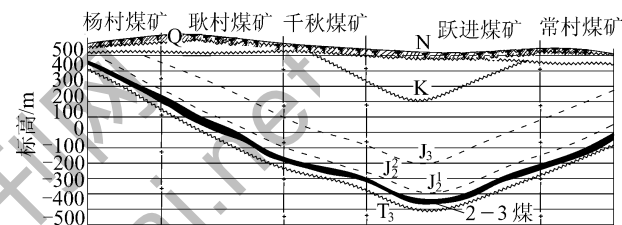


图 4 义马煤田煤层深部走向地质剖面

3.2 活动规律

与区域地质运动存在关联,若区域地质运动处于活跃期,冲击地压的风险也趋于增加。受月球、太阳的共同作用,与固体潮汐可能有一定关联,月球与太阳的引潮力之比为 11:5,月球潮的作用更为明显。根据统计,义马煤田矿井发生的冲击地压,农历初八、二十三“小潮”10 多天内所发生冲击地压占总数的 25.8%,则月末、月初大潮期间占 43.2%,其余时间占 31%。另外,冲击地压与采场周期来压关系密切,通常与之相伴。

4 冲击地压防治对策

1) 冲击危险性预测。①采用综合指数法,根据矿井开采地质条件,确定矿井不同区域冲击危险性等级。②采用综合指数法,根据矿井开采技术条件,确定不同工作面冲击危险性等级。③根据岩层运动规律和采动应力场分布,确定工作面不同区段冲击危险性等级。④根据微震、槽波地震、地音、矿压、应力监测数据^[11-12],综合分析,动态预测冲击地压发生的时空分布。

2) 开采解放层。义马煤田煤层自上而下分别是 1 煤组的 1-1 煤和 1-2 煤,2 煤组的 2-1 煤、2-2 煤和 2-3 煤;进入深部后,1-2 煤局部存在 2

煤组合并变厚。1-2煤若具备作为解放层开采条件,可先行开采,作为下部2-3煤开采的解放层。

3) 合理开采布置。①顺序开采,避免工作面跳采或向采空区方向推进形成孤岛煤柱。②合理采掘方向。义马煤田煤层走向近东西,主构造应力方向近南北。为防止冲击地压发生,工作面不宜沿煤层走向布置,工作面走向应和主构造应力方向呈斜交关系,避免和主构造应力方向垂直。③在同一煤层的同一区段集中应力影响范围内,不得布置2个工作面同时回采,不得相向开采,避免采动相互扰动诱发冲击地压。④义马煤田深部 F_{16} 断层附近,应统一规划,协调开采,避免高强度开采。

4) “两强一弱”的支护结构。“两强一弱”的支护结构是指:开掘巷道采用大断面高强度可缩性支护(强结构),提高其耐冲性,减轻冲击地压对巷道的破坏,最大限度地减少冲击地压造成的人员伤亡和财产损失;对巷道两侧煤体进行深孔高压注水和卸压爆破,改变煤体的物理结构和力学性质,降低煤体强度,增加其可塑性,形成支护强结构外的弱结构区,使工作面支承压力的峰值降低并向深部转移,为弹性能的缓慢释放创造条件,从而降低冲击地压的风险;在弱结构之外,是没有经过扰动的原岩结构,强度较大,形成弱结构外的又一强结构。对重点冲击危险区域和工作面超前支承压力影响范围内,在“两强一弱”的支护结构基础上,采用门式防冲支架、液压抬棚加强支护,进一步提高巷道抗压、抗冲、强护能力。

5) 冲击地压治理。开采冲击地压煤层必须先治理后采掘,按照“预测预报-实施解危措施-检验措施效果-再治理”的基本程序,及时消除冲击危险隐患。卸压解危措施主要包括钻孔卸压、煤层注水常规卸压措施和爆破卸压、断顶、断底、强制放顶等临时解危措施,应根据开采地质条件、冲击地压类型和危险程度针对性选用实施。

6) 其他措施。采取采掘分区作业,避免采掘活动过于集中;避免在孤岛区域采煤;避免坚硬巨厚顶板大面积悬露,强制放顶;控制回采速度,均衡生产;采掘与维修分区域分时段进行等^[13-15]。

5 结 语

义马煤田冲击地压属于重力-构造类型或构造-重力类型。回采煤层普遍具有冲击倾向性;抗变形性能强的巨厚的坚硬顶板砾岩在重力和大型逆

冲断层构造应力的长期作用下蓄积了大量弹性势能,为发生冲击地压创造了条件。“两硬一软”的地质结构利于冲击地压的发生;采掘、放炮等人工活动是冲击地压的诱发因素并为冲击地压的显现提供了空间和时间。随着采深增加和接近 F_{16} 断层,冲击地压的风险增加。冲击地压的主要危险区域为义马向斜的轴核部。通过采取早期与区域、局部预测,加强巷道支护和在巷道两侧进行煤层注水与卸压爆破来形成“两强一弱”的支护结构、工作面伪倾斜布置等措施可以减小冲击地压的风险,提高采掘场所的安全性。采取以上综合措施后,冲击地压的频率有所减少,冲击地压所造成的灾害减轻。

参考文献:

- [1] 王运泉,孟凡顺.义马煤田义马组沉积环境及其对聚煤作用的影响[J].岩相古地理,1994,14(1):24-33.
- [2] 王运泉,阎琇璋,孟凡顺.义马煤田主要可采煤层煤厚变化原因分析[J].焦作矿业学院学报,1990(2):8-20.
- [3] 侯志鹰,王家臣.忻州窑矿两硬条件冲击地压防治技术研究[J].煤炭学报,2004,29(5):550-553.
- [4] 牟宗龙,龚林名,李慧民,等.顶板岩层特性对煤体冲击影响的数值模拟[J].采矿与安全工程学报,2009,26(1):25-30.
- [5] 李新元,马念杰,钟亚平,等.坚硬顶板断裂过程中弹性能量积聚与释放的分布规律[J].岩石力学与工程学报,2007,26(1):2786-2793.
- [6] 曹安业,龚林名.采场顶板破断型震源机制及其分析[J].岩石力学与工程学报,2008,27(2):3833-3839.
- [7] HAN Jun, WANG Hai-bing, ZHU Guang-zong et al. The Stress State of Geological Structure and Mining Dynamics Disaster in Fuxin Basin[J]. Journal of Mining Science and Engineering, 2008, 14(4):621-624.
- [8] 李希勇.岩层断裂法防治冲击地压的应用实践[J].煤炭科学技术,2008,36(6):55-57,67.
- [9] 姜红兵,王黑丑,张松军.义马跃进煤矿冲击地压发生原因分析[J].煤炭技术,2008,27(3):161-162.
- [10] 李伟.南屯煤矿冲击地压防治技术研究与应用[J].煤炭科学技术,2008,36(4):39-42.
- [11] 牟宗龙,龚林名,张广文,等.坚硬顶板型冲击矿压灾害防治研究[J].中国矿业大学学报,2006,35(6):737-741.
- [12] 潘一山,李忠华,章梦涛.我国冲击地压分布、类型、机理及防治研究[J].岩石力学与工程学报,2003,22(11):1844-1851.
- [13] 夏永学,蓝航,魏向志.基于微震和地音监测的冲击危险性综合评价技术研究[J].煤炭学报,2011,36(S1):358-364.
- [14] 赵善坤,刘军,李钢锋.断层影响下冲击地压多参量预测预报研究[J].河南理工大学学报:自然科学版,2012,31(2):145-149.
- [15] 潘俊锋,宁宇,杜涛涛,等.区域大范围防范冲击地压的理论体系[J].煤炭学报,2012,37(11):1803-1809.