

煤矿瓦斯抽排立眼套管安设及水泥固井工艺探讨

董润平¹, 胡忠义²

(1. 阳煤集团基本建设工程管理部, 山西 阳泉 045000; 2. 阳泉新宇岩土工程有限责任公司, 山西 阳泉 045000)

摘要:在煤矿瓦斯抽排立眼施工的过程中,套管安设及水泥固井是2个关键性的工序,如果出现失误,便可能产生严重的工程事故,甚至可能使整个工程报废。通过对坪上煤矿瓦斯抽排立眼工程的套管安设及水泥固井工序的施工,吸取了一些套管安设的事故教训,总结了一些套管安设、水泥固井的经验,可对今后类似工程的安全施工提供帮助。

关键词:煤矿瓦斯抽排立眼;套管安设;水泥固井

中图分类号:P634.5;TD712 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2013)02-0056-03

Discussion on Casing Installation for Methane Drainage Vertical Borehole and Cementing Process in Coalmine/
DONG Run-ping¹, HU Zhong-yi² (1. Yangquan Coal Infrastructure Engineering Management Department, Yangquan Shanxi 045000, China; 2. Yangquan Xinyu Geotechnical Engineering Co., Ltd., Yangquan Shanxi 045000, China)

Abstract: In the construction process of methane drainage vertical borehole in coalmine, the casing installation and cementing are very important. By the construction practice of methane drainage vertical borehole and cementing process in Pingshang coalmine, this article presented some lessons from the accident and summed up the experiences of casing installation and cementing for the similar projects in the future.

Key words: methane drainage vertical bore; casing installation; cementing

0 引言

煤矿井下抽采的瓦斯,要通过瓦斯抽排管路排至地面,进而进行瓦斯发电或建罐储存利用。瓦斯抽排管路通常沿煤矿通风立井或斜井长距离敷设,敷设成本及维修费用均较高。近年来,煤矿瓦斯抽排立眼在煤矿瓦斯抽采利用项目中被广泛应用,瓦斯抽排立眼孔位可结合井下瓦斯抽采的具体位置及地面瓦斯发电站或储气罐的具体位置选定,大大减少瓦斯抽排管路的敷设距离,减少管路敷设成本及维修费用,也有利于瓦斯抽排的安全。

在瓦斯抽排立眼施工过程中,套管安设及水泥固井两道工序施工难度较大,经常发生套管损坏事故,严重者造成了整个工程报废,损失惨重。坪上瓦斯抽排立眼工程施工过程中就发生了套管挤损事故,通过改进下管和固井工艺,最终完成工程任务。本文主要分析、探讨该工程下管和固井工艺的选择和效果。

1 工程概况

坪上瓦斯抽排立眼工程,设计孔径1000 mm、孔深314.5 m,终孔层位为太原组15号煤底板,成孔

后安设 $\varnothing 820$ mm \times 10 mm 螺旋套管314.5 m,素水泥浆套管壁后固井。

施工钻探设备:TSJ1000/660型水源钻机, TBW-850/5A型泥浆泵, $\varnothing 127$ mm 钻杆,相应规格的牙轮钻头或复合片钻头。

钻孔成孔工艺:由于施工时井下巷道还未形成,不具备反井钻机施工的条件,只能采用常规的钻探工艺施工,先钻 $\varnothing 311$ mm 引导孔,再经 $\varnothing 600$ 、 $\varnothing 800$ 、 $\varnothing 1000$ mm 三级扩孔后成孔,为了便于各级扩孔钻头的磨损修复,扩孔时采取各级扩孔钻头交替使用的方式。

钻进过程中,钻机能力不足、故障较多,泥浆泵泵量小,无法满足泥浆上返速度要求,即使采取双泵并联措施,收效也并不明显,孔内岩粉依然较多,钻进效率很低,成孔时间较长。

成孔后期,井下巷道掘进到位,引导孔贯通巷道,岩粉流至巷道后由井下系统排出,排粉的问题解决。但由于泥浆护壁功能及孔内地层压力平衡的失去,孔壁多次出现坍塌,当扩孔至270 m时,一次大面积的坍塌将引导孔堵塞,无法继续施工,提前下入 $\varnothing 820$ mm 的套管并固井,之后换径为 $\varnothing 780$ mm 终孔,下入 $\varnothing 720$ mm 的套管并固井后工程结束。

收稿日期:2012-09-11; 修回日期:2012-11-18

作者简介:董润平(1971-),男(汉族),山西阳泉人,阳煤集团基本建设工程管理部工程师,探矿工程专业,从事煤矿基建工程技术与管理工作,山西省阳泉市北大街5号,1910911259@qq.com;胡忠义(1964-),男(汉族),山西阳泉人,阳泉新宇岩土工程有限责任公司常务副总经理、工程师,钻探工程专业,从事钻探工程技术与管理工作,山西省阳泉市北大街西河路18号。

2 0~270 m段 Ø820 mm 套管安设

当Ø1000 mm 钻头扩孔至270 m时,由于孔壁坍塌无法继续施工,需提前安设套管,一次性彻底解决上部地层坍塌的问题。下管前,首先对钻孔底部的坍塌物进行了水泥注浆加固处理,水泥固结面控制在265 m左右。同时为了防止孔壁在下管过程中再次坍塌,对钻孔进行了优质泥浆回灌,并用24 m长的Ø820 mm 探管进行探孔,探管顺利到达孔底。

本次安设套管数量为22.5根,每根12 m,长度总计270 m。套管质量约为54 t。套管安设采用漂浮法,在管靴处用混凝土制作逆止阀,起吊、安设套管设备使用100 t吊车。起初,套管安设下放比较顺利,安设过程中,当套管受浮力作用下降缓慢时,采取向套管内回灌泥浆的措施,使套管平稳入井。

当套管安设到220 m时,套管与井壁之间的泥浆突然下落,出现了异常情况,只好暂停套管下放。用吊车试提套管时,起拔力急剧上升,远远超过套管自重,当吊车仪表显示为70 t左右时,停止试吊,让吊车松绳,套管不回落。初步认定套管出现挤损事故并且已破裂,在孔口固定套管后,制作探管器探测套管,确认了套管已被挤扁。

根据现场的实际情况,综合考虑各种套管事故的处理方法,只有强拉才有希望将孔内套管拔出,并且强拉的设备只能是千斤顶,因此,调用150 t的油压千斤顶进行强力提拔,起拔过程中,杠眼处的受力较集中,并且力量会很大,为了防止杠眼被撕裂,现场采取了对杠眼补焊加强的措施。随着起拔力的逐步加大,当仪表显示为120 t时,套管开始慢慢上移,千斤顶的起拔力也慢慢回落。套管被顶活后,采用吊车将孔内套管逐根拔出。在孔内拔出的220 m套管中,被挤损的约有50 m,并且套管的螺旋焊缝有局部开裂的现象,管靴处的混凝土逆止阀出现移位并损坏。如图1所示。



图1 工程施工中被挤损的套管

通过对套管损坏过程及损坏程度的分析,认为

套管在钻孔内的受力情况较复杂,除受拉力外,还要受挤压力等,当套管安设过程中管内的泥浆回灌不及时时,套管内外泥浆压差便会加大,套管将受到较大的向内的挤压力,此时如果大孔径套管材质不好,或在生产过程中存在质量缺陷,如厚薄不均,圆度低,焊接垂直度和同心度差等缺陷,或在套管安设过程中的焊接质量不好,或套管管靴处的混凝土逆止阀制作不牢等情况。套管在受到极限压差的作用下,逆止阀便会受压损坏并漏水,套管被挤扁并伴随着焊缝开裂。我们在孔口能看到的征兆便是环状间隙的泥浆急剧下降。

本工程选用的套管为螺旋管,直径820 mm,壁厚10 mm,材质为16Mn。相对来说,螺旋管的力学性能不如无缝管,管壁也较薄,但材质选用了16Mn钢材,比普通钢材力学性能要好。总体而言,套管性能一般,但套管质量较轻,价格也较低,如果套管安设及固井能圆满成功,该套管还是比较经济适用的。

套管安设及固井是否能够成功,笔者认为材质固然重要,但施工工艺更为重要,掌握好下管工程中的内外泥浆的压差是关键所在。

分析清楚套管损坏原因后,开始进行套管的重新安设,本次套管安设除依然重视套管的焊接质量,要求各岗人员的精心操作以外,重点关注2个方面的技术问题。第一,管靴处混凝土逆止阀的预制,此次逆止阀仍用混凝土预制而成,因为此种逆止阀制作比较简单,操作也比较可靠,当钻具起拔以后,逆止阀易于用钻头扫除,为了防止混凝土受压后再次移动错位,制作时,先在管靴处焊接短钢筋,然后再浇灌混凝土,提高了混凝土与套管的握裹力。第二,重视套管内外泥浆的压差问题,压差过大,套管及逆止阀均要受到较大的压力,极易出现事故,因此在利用泥浆浮力作用的同时,特别注意大压差带来的危害。在下管的具体过程中,现场及时对套管内进行泥浆回灌,保持套管内外泥浆液面之差在20 m左右范围,即利用泥浆的浮力降低吊车的提吊力,也考虑了套管内外泥浆压差所带来的挤压力因素。第二次套管安设取得了成功,共计下入套管264.68 m。

3 0~270 m 段套管壁后水泥固井

水泥固井是该类工程的又一关键工序,其成败关乎着套管与井壁的环状间隙是否被水泥有效充填的质量问题,同时也关乎着套管是否在固井过程中发生扁损的安全问题。由于固井前套管内外均存有泥浆,因此,要想确保固井质量,水泥浆必须全部、有

效地置换环状间隙内的泥浆,这就要求水泥浆需从套管底部进入环状间隙,并将环状间隙内的泥浆排往地面。此类水泥固井,水泥用量较大且固井时间又不能持续太长,故需使用专用水泥罐车供应水泥、专业泵车搅拌灌注水泥浆。要想确保固井安全,控制套管内外的压差是核心工艺,套管内虽然已灌满泥浆,但当水泥浆不断置换环状间隙内的泥浆时,同样会产生套管内外的较大压差,从而使套管被挤损,毕竟水泥浆的密度高达 1.8 kg/cm^3 左右,而泥浆的密度才 $1.1 \sim 1.2 \text{ kg/cm}^3$ 左右。有效的办法便是将套管在孔口密封,使套管及套管内的泥浆成为一个整体,这便完全排除套管被挤损的可能性。

具体操作方法是:将 $\text{Ø}127 \text{ mm}$ 钻杆下入孔内并与逆止阀连接,用泥浆灌满套管,并用钢板将孔口钻具及孔口套管密封焊接。钢板上留设接压力表的接口,以便通过接口向套管内填满泥浆,通过压力表可观察套管内水体的压力变化,用泥浆泵通过 $\text{Ø}127 \text{ mm}$ 钻杆向环状间隙泵入优质稀泥浆,直到环状间隙的泥浆顺利上返,确保环状间隙未被孔壁坍塌物堵塞,注浆管路通过变径接头与孔口钻具相连,并在管路上串联安设球阀式水门 2 个,以防注浆完毕后浆液回灌,开动泵车并通过 $\text{Ø}127 \text{ mm}$ 钻杆向环状间隙内灌注水泥浆,灌浆过程要连续,待水泥浆返至孔口后,停止注浆,压入清水 5 m^3 ,替换钻具内的水泥浆,候凝 15 天左右,启封孔口钢板,起拔孔内钻具。图 2 为固井现场。



图 2 采用专业灌浆车固井现场

本次固井水泥消耗量为 146.25 t ,固井质量达到了预期的效果。

4 264 ~ 314 m 段 $\text{Ø}720 \text{ mm}$ 套管安设及水泥浆固井

上部井段下管、固井完毕并待水泥达到预期强度后,下部地层的成孔相对容易,首先用带导向的 $\text{Ø}311 \text{ mm}$ 钻头开孔,确保钻孔居中,然后卸掉导向, $\text{Ø}311 \text{ mm}$ 钻头钻进引导孔与井下巷道贯通,之后用

直径 780 mm 的钻头一径扩孔透巷。

套管安设相对简单,裸孔下管,套管上部制作反丝变径接头,然后用钻杆送入孔底,套管规格 $\text{Ø}720 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$,两路套管搭接长度约 20 m 。

此段固井与上段固井工艺有所不同,但对固井质量的要求却是相同的,要确保环状间隙被水泥有效充填,从而使套管与地层牢固粘结,使地层水不能通过两路套管的搭接处渗入套管内。具体施工方法是:套管安设完毕后,到井下钻窝处,在套管周围搭建工作平台,并在套管与孔壁的环状间隙内预埋 3 根注浆管,一根短管(A)长度为 2 m ,两根长管(B)长度分别为 8 m 、 10 m (10 m 注浆管为备用),然后用帆布及扁形木楔将环状间隙塞死,在注浆管下端安装阀门及变径接头,向钻孔内下入 $\text{Ø}50 \text{ mm}$ 钻杆做注浆管,钻杆上部接挤压泵,下部接高压胶管。井下钻窝处的高压胶管首先与 2 m 的短注浆管 A 相连,开泵注浆 1 m^3 左右,待浆液从 8 m 的长注浆管下口流出为止,停泵,将短注浆管下部的阀门关闭,拆开高压胶管,向钻杆内压入清水 2 m^3 ,清洗钻具内的水泥浆,候凝 3 天,此次注浆的目的是对套管底部与孔壁环状间隙的有效封堵。将井下钻窝处的高压胶管与 8 m 的长注浆管 B 相连,开泵注浆 7 m^3 左右,待浆液从 $\text{Ø}720 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 套管内流出为止,停泵,将长注浆管 B 下部的阀门关闭,拆开高压胶管,清洗钻具内的水泥浆(如果 8 m 注浆管出现故障,则通过 10 m 注浆管向内注浆),起拔钻具,固井工序结束。

候凝 20 天后,到井下查看,套管内无渗漏水情况,固井质量达到了预期效果。图 3 为下管固井示意图。

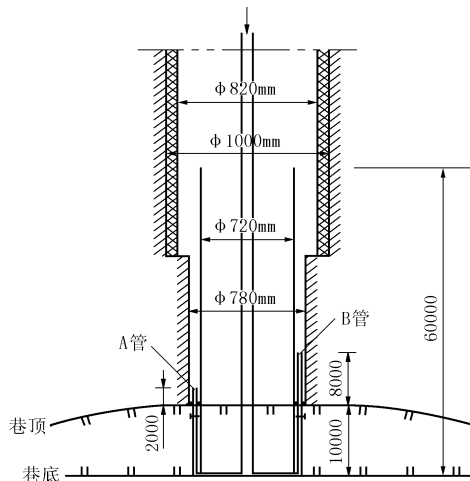


图 3 264 ~ 314 m 段的套管安设及水泥浆固井示意

(下转第 63 页)

打开阀门,用特制的小型电动取样器打穿已经凝固的水泥,释放孔壁与井筒间压力,如释放过程中压力逐渐减小,说明水力与第四系(基岩)含水层联系较弱,补注水泥浆量小;反之,补注水泥浆量会增加。检查后,关闭阀门并连接注浆管注入加入速凝剂和膨胀剂的水泥浆,其中,从5号阀门注入水泥浆 0.22 m^3 ,9号阀门注入 0.13 m^3 ,泵压急剧升高,则说明水泥浆充满间隙,达到了补注水泥浆的目的,随后关闭阀门拆除注浆管道。

待补注水泥浆48 h后,打开5号和9号阀门查,均无漏水漏浆现象。

4.11.2 取样检查

从18个检查点中抽取4个点进行取样分析,检验凝固后的水泥强度和厚度,并观察凝固后的水泥有无蜂窝状,以判断水泥井壁的透水性。经抽检取样分析,水泥强度达到设计要求;3号样厚度为223 mm,8号样厚度为208 mm,系第四系粘土超径形成,12号样厚度为202 mm,16号样厚度203 mm,均符合设计要求。经取样观察,水泥样结构密实,可以判定水泥井壁不具透水性。

5 结语

采用钻井法施工小型矿山主、副井是钻探工艺

技术在矿山建设中新的探索与拓展,拓宽了钻探生产技术为社会发展的服务领域。淮北某小型煤矿副井采用钻井法施工成功的实践,证明该方法效率高、时间短、质量好、费用低而受到市场的认可与肯定,也进一步证明钻探工艺技术服务矿山建设有着广阔的发展前景。但钻井法施工小型主、副井还存在着设备配套不够优化、生产工具配置不合理、技术服务不够全面等不完善的地方,严重影响工作效率和工程质量,值得我们在以后的工作中进一步探索和完善的。

参考文献:

- [1] 刘广志,汤凤林.特种钻探工艺学[M].上海:上海科学技术出版社,2005.
- [2] 李世忠.钻孔冲洗液与护壁堵漏[M].北京:地质出版社,1989.
- [3] 丁同福.望峰岗矿井一副井井筒地面预注浆堵水技术应用实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(7):41-42,45.
- [4] 钟世超.浅析煤矿井筒装备防腐蚀[J].建井技术,1999,(4).
- [5] 徐快群.钻井法在硬岩中开凿立井[D].上海:中国科学院上海冶金研究所,2000.
- [6] 赵国富.基岩大口径垂直钻孔施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):49-51.
- [7] 屈龙良.基岩中高精度钻孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(6):53-56.

(上接第58页)

5 结语

(1)煤矿瓦斯抽排立眼工程,成孔工艺应进行优化,压缩成孔时间,控制坍塌、掉块等孔内事故。对第四系松散层,宜采用人工挖孔的方式进行,可省时间、降成本,当遇较厚流砂层或较大含水层时,再采取稠泥浆护壁、钻进成孔的方法。引导孔钻进,宜采用空气潜孔锤钻进工艺,有利于提高钻进效率、确保钻孔垂直度。扩孔钻进,宜使用反井钻机,施工工期短、事故率低、成井质量好。

(2)套管安设要进行有效的受力情况测算,既要考虑套管自重产生的拉力对套管的损坏,更要考虑套管内外浆液压力差而形成的挤压力对套管的危害,同时还要收集类似工程的失败教训及成功经验,措施得当,谨慎操作。

(3)水泥固井用时要短、过程要连续,要确保水泥对套管与孔壁环状间隙的有效充填,关键还要掌握好套管内外液体的压力平衡问题,防止固井过程中出现套管事故。

参考文献:

- [1] 李世忠.钻探工艺学[M],北京:地质出版社,1988.
- [2] 韩光德.中国煤炭工业钻探工程学[M].北京:煤炭工业出版社,2000.
- [3] 杨宗仁,张新华,张西坤.煤矿瓦斯抽排井施工孔与巷道串通的治理及成井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(11):15-17.
- [4] 袁志坚.大口径特殊工程钻孔套管事故原因及对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):46-48.
- [5] 耿建国,彭桂湘,袁志坚,等.煤矿瓦斯抽排井套管强度校核计算方法探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(10):78-81.