

大口径特殊工程钻孔套管事故原因及对策

袁志坚

(河南省煤田地质局,河南 郑州 450052)

摘要:大口径特殊工程钻孔近几年在煤矿安全生产中应用越来越广泛,而大口径特殊工程钻孔在施工中套管挤毁事故时有发生,就事故发生原因进行了分析和研究,并根据套管事故案例的共性问题提出了相应的技术措施。

关键词:大口径特殊工程钻孔;粘管;挤毁;套管柱

中图分类号:P634.8 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2010)03-0046-03

Cause of Casing Failure in Special Engineering Borehole with Large Diameter and the Countermeasures/YUAN Zhi-jian (Henan Provincial Bureau of Coalfield Geology, Zhengzhou Henan 450052, China)

Abstract: The special engineering borehole with large diameter was applied more and more extensively in coal mine safety production in recent years, and casing collapsing frequently occurred in the construction. The paper analyzed and studied the accident causes and put forward the corresponding technical measures according to common problems of the casing failure cases.

Key words: special engineering borehole with large diameter; pasting drill; casing collapsing; casing string

大口径特殊工程钻孔如瓦斯排放孔、注浆堵漏送料孔、灭火孔、降温孔等在煤矿安全生产中的应用越来越广泛,这些钻孔的直径在 600~1200 mm,钻孔深度在 400~1000 m 不等,入井的表层和技术套管一般是 $\varnothing 450\sim 830$ mm 范围之内。由于这些钻孔的直径比较大,有些钻孔的深度接近千米,钻孔垂直度要求高,在钻进和成井过程中,泥浆护壁、防斜保直、扩孔、下管、固井、成井、替空等工序均是施工中的难点。针对这些施工难点,钻探技术人员经过技术攻关和研究,在实现快速钻进和成井的各个工序等重点环节取得较大突破,成功完成了大部分大口径特殊工程钻孔的施工,取得了较好的社会和经济效益。但是,笔者从有关媒体和相关渠道了解到,这几年,在山西、河北、安徽、东北等地均有大口径特殊钻孔套管事故发生的事例。

众所周知,大口径钻孔施工周期长、施工难度大,再加上套管口径大,总质量大,施工和套管的成本费用昂贵,一旦发生套管事故,修复和处理事故的难度极大,而且成功率不高,极有可能导致整个工程的报废,事故的损失非常严重。如:山西离石某矿井施工的瓦斯排放井,设计深度 410 m,孔径 1200 mm,入井套管 $\varnothing 830\text{ mm}\times 16\text{ mm}$ 。施工单位按照设计要求下完套管固井后,替空作业时,在孔深 160 m 处发生套管挤毁事故,后多次采用液压撑扩的方法

处理未能奏效,最后导致钻孔报废,该项目直接生产费用达 260 余万元。因此,进一步研究和分析套管事故的原因是非常必要的。只有找准问题的原因进而采取必要的技术措施才能防患于未然。

1 大口径特殊工程钻孔套管事故的类型和成因

在生产实际过程中,大口径特殊工程钻孔的表层护壁套管一般选用 $\varnothing 600\sim 820\text{ mm}\times 12\text{ mm}$ 的螺旋管,工作技术套管选用的是 $\varnothing 450\text{ mm}\times 12\text{ mm}\sim \varnothing 630\text{ mm}\times 14\text{ mm}$ 的无缝钢管,钢级为 20 普通钢。尽管发生套管事故的原因很多,比如:因工作不慎、操作不当造成蹩断套管;套管头焊接不好发生跑管;套管质量差,强度不够,下管时,受自重作用折断;钻孔孔斜严重,下管时,套管被别断等等。但从目前了解的情况来看,大口径特殊工程钻孔套管事故最突出的是表层护壁套管的粘管事故和工作技术套管的挤毁事故两大类。

1.1 粘管事故发生的原因

大口径特殊工程施工中,当第三、四系地层较厚时,为了保证下部施工的安全,需要下入护壁管,粘管事故主要发生在下护壁套管过程中,其原因主要有以下几个方面。

(1) 泥浆质量差。大口径特殊工程钻孔在第三、四系地层钻进和扩孔时,地层中大量的粘土、砂

收稿日期:2009-08-24; 修回日期:2009-11-24

作者简介:袁志坚(1965-),男(汉族),山西怀仁人,河南省煤田地质局勘查技术处副处长、工程师,探矿工程专业,从事煤田、石油、煤层气钻探工作,河南省郑州市嵩山北路 40 号,yzj371@163.com。

等固相物质侵入到泥浆中,使泥浆中的固相含量急剧增加,导致泥浆失水量增大,在孔壁形成较厚的泥皮。为粘管事故的发生留下了事故隐患。

(2) 套管在井内停止时间长。大口径特殊工程钻孔套管的连接基本上采用焊接方法,由于套管直径大,焊缝长度一般在 1.8 ~ 2.5 m 之间,为保证焊接质量,往往需要铺焊 2 次以上,再加上加强筋的焊接,一个套管头的焊接需 1.5 ~ 2 h,这样套管在孔内静置时间较长,这也是发生粘管事故的又一原因。

(3) 粘附力的影响。钻孔内套管柱与钻孔井壁的粘附力大小与套管柱被粘附的面积成正比。大口径钻孔在下护壁套管时,由于套管柱表面积与井壁的接触面积较大,这是客观存在的,所以粘附力的影响也是发生套管粘管事故的原因。

1.2 套管挤毁事故发生的原因

套管柱在孔内的受力比较复杂,大致可归纳为 3 类基本载荷:内压力、外挤压力、轴向力。大口径特殊钻孔设计深度一般在 1000 m 以内,施工钻遇的地层中不存在高压流(气)体,因此,地层岩石侧压力对套管挤毁的影响很小,这些因素可以不考虑。从目前发生套管挤毁事故的分析,主要有以下几方面的原因。

(1) 套管本身质量问题。无论是钻孔漏水引起的护壁管挤毁事故还是工作套管受复杂应力引起的挤毁事故,与套管本身质量有着密切关系,目前大口径钻孔普遍使用的套管是螺旋管和热拔管,这类套管由于工艺原因,成型后套管的壁厚不均匀、垂直度不太好,理论弹性抗挤强度与实际抗挤强度有差距。所以,在强度上与其它高标号的无缝钢管或 API 石油套管的弹性抗挤强度相差很大。这是大口径特殊钻孔套管挤毁事故先天不足的原因之一。

(2) 套管内外形成较大压力差。主要情况有:下入护壁管固井后,在基岩段施工中钻孔突然发生漏水形成较大压力差;大口径特殊工程钻孔固井过程中由于套管内外液体密度差造成压力差;成井后进行替空作业,采用空气气举法或提桶法时,液面下降速度太快或提桶提升速度较高形成压力差。

由于套管内的水位迅速下降,套管内外液柱形成的压力差大于套管侧向抗压强度时,再加上固井质量不合格,引起了套管挤毁事故的发生。

(3) 下管过程中套管柱三轴应力的影响。套管柱轴向力主要由自重产生,同时还有井内泥浆浮力的作用,以及一些在特定情况下产生的附向应力。特别是大口径特殊工程钻孔套管总质量比较大,下

管时通常采用浮力法下管,套管柱在井内的受力状况更加复杂。从目前调研了解到的情况分析,在下管过程中发生套管挤毁事故,往往是套管入井较深时受到大钩的提升力、泥浆的浮力作用后,再遇到钻孔弯曲或孔壁不规则,又有新产生的弯曲应力施加到套管表面引起套管弹性变形,当综合应力大于套管的抗压强度极限时,套管就发生塑性变形被挤毁。

从上述事故成因不难看出,除了套管本身材质是客观存在的问题外,其他因素基本上与泥浆、下管方法、井身质量、固井质量有关。因此,只要针对套管挤毁事故发生的成因进行科学设计,在施工中采取相应的技术措施,严把施工中每一道工序,就能有效地预防事故的发生。

2 预防套管事故的措施

大口径套管挤毁事故一旦发生,其处理难度非常大,损失也是惨重的。因此,做好事故预防,避免事故的发生是解决大口径特殊工程施工的根本。

2.1 套管柱设计

大口径特殊钻孔套管由于直径大($\varnothing 600$ mm 以上),在 API 系列中没有可选的规格,套管的连接采用焊接工艺。另外套管主要下在煤系地层上部,不受硫化氢等其它物质的腐蚀,因此不需要腐蚀评价。基于上述因素,在套管钢种和型号的选择上,本着经济、安全原则宜选择含碳量较低、焊接性能很好的套管。即表层套管选用 20 钢双螺旋钢管,工作技术套管选用屈服强度较大的 Q345B 无缝钢管。根据套管弹性挤毁强度公式可知,套管的径厚比是非常重要的参数。

$$P_{co} = \frac{3.238 \times 10^5}{\left(\frac{D_c}{\delta}\right)\left(\frac{D_c}{\delta} - 1\right)}$$

式中: P_{co} ——套管弹性挤毁强度; D_c ——套管外径; δ ——套管壁厚。

根据钻孔设计要求,当套管外径确定后,要从设备的最大提升能量、套管的下深、浮力塞位置、套管空管段最大的允许长度等综合因素分析计算来确定套管柱各受力段的壁厚。套管弹性挤毁强度是在单轴状态下套管的抗挤强度,实际上套管在孔内的受力非常复杂,它的实际抗挤强度远远低于弹性挤毁强度的理论值,所以在确定套管壁厚时必须考虑一定的安全系数(1.15 ~ 1.20)。

2.2 泥浆技术措施

从大口径特殊钻孔套管事故的类型不难看出,

粘管事故和固井质量都与泥浆性能有着直接关系,所以在整个钻井过程中一定要控制泥浆的性能指标,避免泥皮过厚和失水量过大。特别是第三、四系地层较厚时,必须安装使用泥浆固控系统,利用机械、循环槽、沉淀池等多种方法来最大限度降低泥浆的固相含量。在下套管前,在泥浆中逐渐加入淀粉处理剂,使泥浆失水量控制在 10 mL/30 min 以内,粘度 23~25 s,密度 1.05~1.12 kg/L,pH 值 9~11。只要能够保证泥浆的性能,孔壁形成的泥皮薄而致密,在下管过程中,就可以避免因焊接套管头造成套管在孔内停留时间长而发生粘管。

2.3 保证钻孔井身质量

严格控制钻孔的“狗腿”度。大口径特殊工程钻孔井位一般选在矿区工业广场内,钻孔中心落点一般控制在十几个平方的靶区内,对钻孔的孔斜要求很高。在钻井施工中要按照施工措施严格控制钻孔的弯曲度,一旦发现钻孔斜度超限后,要慎重采取纠斜方法,建议使用“钟摆钻具”或“柔性钻具”组合逐步纠斜,使钻孔轨迹平滑过渡,切不可贸然动用螺杆钻具快速纠斜,最大限度控制钻孔的“狗腿”度,保证孔壁规则。下管前必须采用同径套管进行通孔,顺孔时首先使用单根套管进行顺孔,然后逐步增加长度,当顺孔管的长度达到 40 m 以上,连接接头超过 3 个以上,顺孔管上下通畅,确认孔壁规则后才能进行下管作业。

2.4 浮力塞位置确定和下管要求

大口径特殊工程入井套管的总质量比较大,往往超过钻机的最大提升能量,目前常采用的下管方法是提吊加浮力法,如何确定浮力塞的下入深度,既能最大限度地确保下管时所需的有益浮力,又能保证套管的抗挤强度最大就显得尤为关键。研究表明,入井套管在孔内三轴应力作用下,提拉使套管的

抗挤强度降低,而使抗内压增大;压缩使套管抗挤强度增加,而使抗内压强度减小等。所以,浮力塞下深的具体位置应按照三轴应力公式,结合工程的实际情况进行具体的计算来确定。另外冲击载荷产生的附加轴向力是引起套管挤毁不容忽视的因素,在下管过程中一定要严格控制套管的下放速度,特别在下管遇阻时要轻提轻放,尽量减少冲击载荷力。

2.5 保证固井质量

钻孔漏水引发的护壁套管挤毁事故和替空作业引发的工作套管挤毁事故都与固井质量不合格有着最直接关系。因此,在进行工程设计时,既要考虑钻进、下管的经济合理性,同时还要考虑保证固井质量所需的环空间隙,一般要求表层护壁管与钻孔的环空间隙 ≤ 100 mm,基岩段工作套管与钻孔的环空间隙 ≤ 80 mm。大口径特殊工程钻孔固井时,由于钻孔孔径大,注浆时易发生串槽现象。所以,除了在关键部位增设扶正器外,在固井前必须使用好隔离液,从而提高水泥浆的顶替效率,清除井壁上附着的泥饼,使水泥能与套管和地层有效地胶结,得到良好的水泥环,提高套管整体的抗挤强度。

3 结语

大口径特殊工程钻孔是近几年钻探施工服务煤矿企业的新领域,是钻探延伸业新的拓展,由于笔者收集到的大口径套管挤毁事故案例资料不全,再加上本人理论水平有限,对事故原因的分析 and 提出的相应技术措施有不当之处敬请批评指正。

参考文献:

- [1] 编写组. 钻井监督(上册)[M]. 北京:石油工业出版社,2003.
- [2] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2004.

(上接第 45 页)

7 总结

管井降水在北京地铁建设乃至全国的地铁建设中被广泛采用,可以说是一项比较成熟的施工技术。但针对不同的工程,由于地质条件的变化,都会有各自的特点。分析每个工程的实际情况,优化管井降水的方法,能够起到保护环境、节约资源、减少投资的作用。

通过不断的摸索、分析研究,“抽渗结合,以渗为主”的管井降水方案在北京地铁十号线熊猫环岛站降水工程中得以实践、论证,同时也寻找到了施工

中特殊问题的处理经验。本车站达到了预期的降水效果,保护环境、节约资源、减少投资在本工程中得以体现。可为类似工程的设计和施工提供参考。

参考文献:

- [1] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [2] 朱明忠,施淑芬,王春雨. 深井降水设计与施工若干问题探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2).
- [3] 王小刚,邓丁海. 管井与轻型井点复合降水方式的设计与施工[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(11).
- [4] 侯景岩,维平,何运晏,等. 国家大剧院施工中的地下水控制[J]. 市政技术,2008,26(6).