

大口径工程井套管事故及预防技术措施

彭桂湘

(河南省煤田地质局,河南 郑州 450046)

摘要:近几年国内施工大口径煤矿瓦斯排放井、输冰降温井、注氮井、送料井等特殊用途工程井时,常发生套管下不到位、套管折断跑管、固井时将钻杆固在井内、套管挤毁报废等事故,给施工单位造成巨大的经济损失。结合近年来的施工经验对大口径工程井常见事故进行研究,分析了事故的成因,提出了采取的预防措施。

关键词:大口径工程井;套管;套管事故;固井

中图分类号:TD262 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)08-0047-04

Casing Failure in Large Diameter Project Well and the Prevention Technique/PENG Gui-xiang (Coal Geology Bureau of Henan Province, Zhengzhou Henan 450046, China)

Abstract: Incomplete casing, case breaking, drilling rod cementing and case collapsing often occur in the construction of large diameter coal mine gas emission well, ice transmission cooling-well, nitrogen injection well and feeding well in China in recent years. The paper analyzed the failure causes according to the study on common accident of large diameter project well, and put forward the prevention measures.

Key words: large diameter project well; casing; casing failure; well cementing

1 概述

在煤矿生产中为满足安全生产需要,经常需要施工瓦斯排放井、输冰降温井、注氮井、送料井或者施工逃生井,这些井有以下几方面特点:

(1)超大大口径:一般钻井口径 500 ~ 1200 mm,下入 $\varnothing 400 \sim 830$ mm 套管,与常规岩心钻探所施工的 $\varnothing 73 \sim 154$ mm 口径相比可谓超大大口径,施工周期长、难度大;

(2)成井质量要求高:工程井与矿井巷道附近交汇,要求井直,成井偏斜率 $\leq 0.3\%$,终孔靶区半径小,一般为 2 ~ 4 m;

(3)所有的井均需下入大口径生产套管,由于套管口径大,管壁厚,所下的套管总质量一般要超过钻机的允许提升能力,需要采用浮力减重下管法;

(4)套管直径大,均采用焊接连接,焊接下管时间长;

(5)生产套管均需要采用水泥固井且需返到地面,固井水泥用量大,一般在 100 ~ 400 t 左右,固井时间长;

(6)施工的区域在生产煤矿的上方,钻井施工与矿井施工相互影响。

由于存在上述的特点以及该类工程井在国内施工的量相对较少,对其研究得不多,所以目前在国内

施工此类工程井时常出现一些事故。

2 常见事故及主要原因

2.1 常见事故

- (1)套管折断;
- (2)下套管遇阻,套管下不到位;
- (3)套管发生粘卡;
- (4)固井时将钻杆封固在套管内;
- (5)套管挤毁。

2.2 事故主要原因及预防技术措施

2.2.1 套管折断

由于所下套管的直径一般在 $\varnothing 400 \sim 830$ mm,壁厚在 12 mm 以上,套管总质量大,且口径大不可能采用丝扣连接,须采用焊接的方式,给下管带来的问题:一是套管的吊起和井口悬挂;二是如何焊接;三是如何保证套管连接后的同心垂直度。发生套管折断跑管事故主要是由于套管连接及焊接工艺存在问题所致,如图 1 所示。

套管用钢板卷成的圆管箍连接,一头事先焊在套管头上,另一根套管插在管箍内,此时只能在套管和管箍口焊接。由于套管对接时需要调节同心度和便于套管插入管箍,管箍的内径与套管外径需留较大的配合间隙,一般为 8 ~ 10 mm,加之在卷管箍时

收稿日期:2010-06-12; 修回日期:2010-08-07

作者简介:彭桂湘(1959-),男(汉族),湖南双峰人,河南省煤田地质局副总工程师、勘查技术处处长、高级工程师,探矿工程专业,从事煤田、石油、煤层气钻探工作,河南省郑州市郑东新区正光北街 19 号,pgx371@163.com。

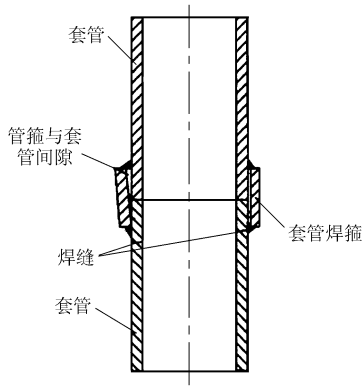


图1 易折断套管连接方式及焊接方法

的加工误差,焊缝间隙往往很大,造成焊接不牢固,随着下入井内套管数量增多,提吊套管负荷增大,极易将焊缝拉裂,造成跑管事故。

为避免此类事故,应采用在套管端部打坡口,直接对焊,同时要求焊接质量达到要求,如图2所示。为了保证套管的吊放和悬挂,需要在距套管口0.4~0.5 m的位置用气割对称割出2个 $\text{Ø}140\text{ mm}$ 的孔,用于穿提钢制穿杠。支撑穿杠的井口架必须用大于200的槽钢焊制,同时必须在支撑点处焊接上加强筋板,确保支撑架的强度满足所下放套管质量的要求。支撑架的内径应比套管外径加上2倍加强筋板厚度大50 mm,以便于套管的通过,但也不能过大,否则套管穿杠悬空距离增大,对套管穿杠的强度要求增大。穿杠可采用 $\text{Ø}121\text{ mm}$ 钻铤改制。

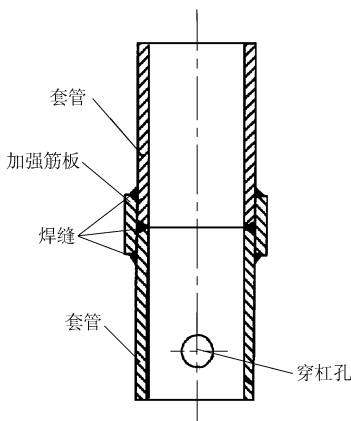


图2 适宜的套管连接方式及焊接方法

为保证套管对焊同心度,采用合页式套管扶正箍导正套管,如图3所示,先导正点焊,点焊后,去掉扶正箍再完成套管的焊接,如图4所示。在实际施工中,需要有专人负责指挥调整同心度。

2.2.2 下套管遇阻,套管下不到位

套管下井遇阻主要原因:一是钻孔口径与所下套管的径差过小;二是孔斜超标,特别是局部“狗

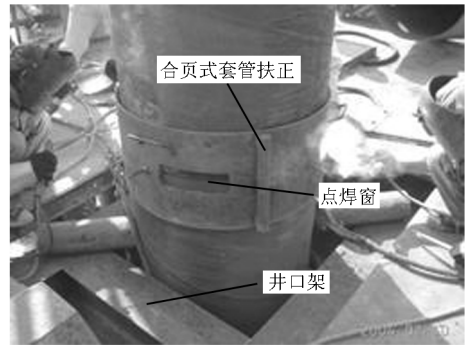


图3 用合页式套管扶正箍点焊状态



图4 去掉扶正箍完成套管的焊接状态

腿”度过大;三是井壁坍塌、孔底岩粉较多;四是套管连接后弯曲,同心度不高;五是没有用长管顺孔试验。

解决上述问题的原则:

(1)下放直径400~630 mm以内的套管,套管与钻孔的径差值应不小于130 mm,下放直径>830 mm的套管,套管与钻孔的径差值应不小于270 mm;

(2)必须采用防斜保直钻具施工先导孔,同时在易斜地区应保证每20 m进行一次测斜,发现孔斜有超标趋势,应立即采取有效措施,在分级扩孔时应采用有导向的扩孔钻头扩孔,以防扩孔时发生孔斜(扩孔钻头如图5所示);

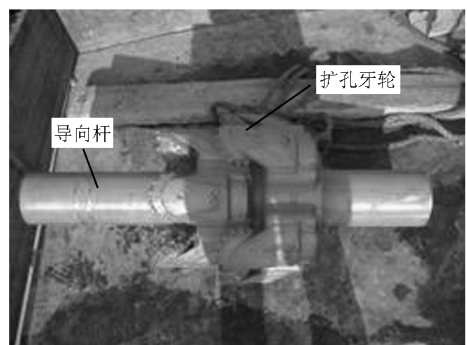


图5 导向扩孔钻头实物

(3)在下套管前,应根据地层调配好泥浆性能,使其达到表 1 要求,钻井液配方见表 2,特别是失水量、含砂量指标一定要达标,同时要彻底清除孔底的岩粉,确保沉渣段小于设计要求;

表 1 冲洗液性能要求

地层	漏斗粘度/s	密度/(g·cm ⁻³)	失水量/[mL·(30min) ⁻¹]	泥皮厚度/mm	pH 值	含砂量/%
冲积层	24 ~ 28	1.1 ~ 1.2	<18	<1.5	8 ~ 9	<6
基岩	18 ~ 24	1.05 ~ 1.1	<10	<1	9 ~ 10	<4

表 2 冲洗液配方(每 m³冲洗液用量)

地 层	膨润土/kg	CMC/kg	PHP/(mg·l ⁻¹)	KHm/kg	Na ₂ CO ₃ /kg
覆盖层段	50 ~ 80	2.5	300 ~ 500		1.5 ~ 2
煤系地层段	30 ~ 50	1.5	300 ~ 500	1.5 ~ 2	1.5 ~ 2

(4)泥浆性能达到表 1 要求后,必须采用同径套管进行顺孔,用于顺孔的套管长度不应少于 30 m,且应有不少于 2 个焊缝,即有 3 根长管焊接在一起。

2.2.3 套管发生粘卡事故

发生套管粘卡事故主要原因是泥浆性能达不到要求,泥浆中的有害固相物质在井壁形成较厚的泥皮,特别是在孔隙率较高的砂岩段所形成的滤失泥皮更厚,致该段产生滤失缩径。由于套管在井内基本是靠井壁上,如果套管进入滤失缩径段,势必造成套管的一侧压入厚泥皮中,形成与钻井液隔离的状态,不受水压,而另一侧在钻井液中受到液体压力,将套管紧紧地挤压在井壁上,从而发生粘卡事故。其粘卡力与套管压入泥皮的隔水面积及该井段水压成正比。

预防粘卡的有效方法就是保证泥浆的性能指标达到表 1 的要求。同时在下套管前,在泥浆中超量(2 倍于表 2 中的数值)加入抗失水化学处理剂,确保在每根套管 1 ~ 2 h 焊管静止不动的条件下,不发生粘卡事故。

2.2.4 固井时将钻杆封固在套管内

大口径套管固井时目前均采用如图 6 所示的连接方式。这种固井连接方式在操作不当时易将钻具封固在套管内,这是由于以下几种原因所致。

(1)套管焊接质量差有漏气的地方,致使水泥浆在套管与钻杆的环状间隙上返,而将钻杆封闭。

解决措施:焊渣要及时除净,焊缝应饱满光滑均匀,指定专人对每条焊缝严格检查,确保焊接质量达到要求。

(2)套管内的泥浆与套管外的泥浆密度差使套

管内有空段。这是由于采用的固井方式所决定的,在下入套管后开始在套管内下入固井钻杆,此时,套管内与套管外的泥浆密度是一致的,水位相同。在将钻杆与套管口封闭后,开始循环钻井液,此时为了保证固井质量,一般要调低泥浆密度,此时套管内的泥浆不参与大循环,仅套管外的泥浆循环。这样,随着调低参与循环泥浆的密度,套管内与套管外的泥浆就产生了密度差,根据联通器原理,套管内的液面就要下降,达到内外压力平衡。此时由于套管内的液面下降在套管内上部就形成了空段,其长度取决于套管内外的密度差乘以套管所下入的深度。密度差越大,则空段越长,套管下入深度越深,则空段越长,反之则短(如图 6 所示)。

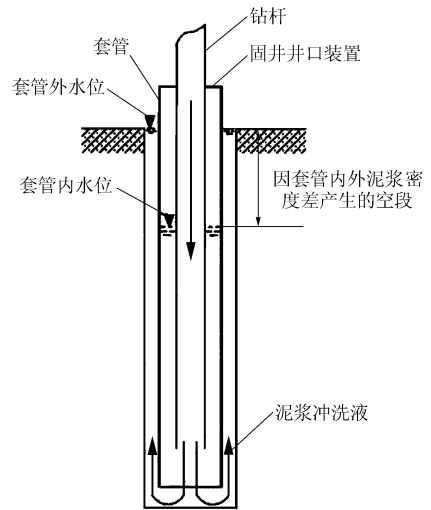


图 6 固井前洗井循环示意图

而在固井开始后随着水泥浆的注入,套管外的流体密度增大(水泥浆密度在 1.6 ~ 1.8 g/cm³),套管内的液面会上行压缩空段空气达到新的平衡。这样水泥浆就会上行到套管内将钻杆与套管封固。其封闭长度取决于空管段长度。一般等于或略小于空管段(如图 7 所示),空管段长度的计算公式为:

$$L = (A - B)C \quad (1)$$

式中:L——空管段长度,m;A——套管内泥浆密度,g/cm³,B——套管外泥浆密度,g/cm³,C——套管长,m。

例如:套管下入井内 600 m,套管内的泥浆密度 1.25 g/cm³,套管外泥浆密度 1.10 g/cm³,通过计算,可能封固钻杆的长度为 90 m。

解决办法:在套管口上部加一个注水管一个排气管,在固井注入水泥浆前先通过注水管向套管内注入泥浆或清水,将套管内的空气排空,直到从一个

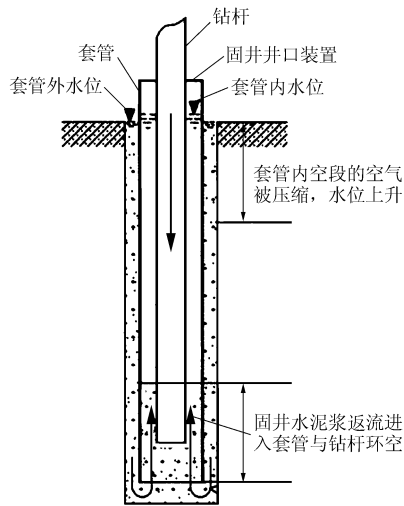


图7 固井水泥浆返流示意图

排气管返水后关闭排气管和注水管,就可以开始从注浆管注水泥浆液固井。由于水不可压缩,水泥浆不会返回套管内。

2.2.5 套管挤毁报废

(1) 套管抗挤毁强度低。套管直径越大,则抗挤毁能力越弱,所要求的管壁厚度越大。

套管理论弹性挤毁强度计算公式:

$$P_{co} = \frac{3.238 \times 10^5}{\left(\frac{D_c}{\delta}\right) \cdot \left(\frac{D_c}{\delta} - 1\right)^2} \quad (2)$$

式中: P_{co} ——套管理论弹性挤毁强度,MPa; D_c ——套管外径,mm; δ ——套管壁厚,mm。

表3为常用大口径套管理论弹性挤毁强度,从表3可以看到,随着套管的直径增大,抗挤毁的能力变小,而壁厚增加,抗挤毁的能力增大。

表3 常用大口径套管理论弹性挤毁强度表

套管直径/mm	套管壁厚/mm	套管径厚比 (D_c/δ)	套管径厚比-1的平方 方 $[(D_c/\delta)-1]^2$	套管最大弹性挤毁强度/MPa
530	14	37.857	1358.449	6.296
630	10	63.000	3844.000	1.337
630	12	52.500	2652.250	2.325
630	14	45.000	1936.000	3.717
830	10	83.000	6724.000	0.580
830	12	69.167	4646.695	1.008
830	14	59.286	3397.224	1.608
830	16	51.875	2588.266	2.412
830	18	46.111	2035.012	3.451
830	20	41.500	1640.250	4.757

(2) 由于套管重力远大于钻机和钻塔的提升能力,必须采用加浮力板平衡重力下管法下套管。在下管时产生浮力的空管段除受到拉力外,还受到因钻孔不直作用于套管的横向弯折力,致使套管由圆

形变成为椭圆型,此时椭圆型套管在井内所受的水柱压力在圆周截面上呈不均匀状态,致使套管的实际抗挤毁强度比理论值小,在没有达到理论弹性抗挤毁强度的条件下往往就会发生弹性变形,而随着套管柱进入井内深度增加,所受的水柱压力逐步增大,当水柱压力超过套管柱实际抗挤毁强度时,套管瞬间被挤毁。在实际施工中,套管理论弹性挤毁强度只能用于参考,应综合考虑钻井的垂直度、钻井液密度确定空管段的长度。空管段所受的水压应小套管理论弹性挤毁强度的30%,确保套管在下放时不被挤毁。

(3) 缓慢匀速下放套管,切忌猛提猛放急停,否则产生的较大的冲击力使套管弹性变形量增大,增大了套管被挤毁危险性,同时对井壁产生冲击,极易引起井壁坍塌,造成卡埋套管事故。

(4) 为改善整个套管柱的受力状况,浮力板的放置位置应保证钻机及钻塔留有25%左右的额定负载余量。该方法可以有效改善浮力板以下的套管受力条件,使该段套管内外所受的水柱压力相同,确保在下管时不会在该段发生挤毁事故。这比把浮力板放在套管底部的下管工艺更安全,浮力板常用水泥制作。近10个大口径工程井的生产实践证明,该方法效果良好。

(5) 从经济技术合理的角度出发,所下套管的抗实挤毁强度必须比浮力平衡下管法空管段抗实挤毁强度大20%~30%。当然管壁越厚挤毁强度越大越安全,但所需费用越高,一般壁厚选用12~16mm。

(6) 固井质量也是决定套管是否被挤毁的重要因素,有些套管挤毁事故是在水泥凝固后清空套管内钻井液时发生的。其原因是所下入井内的套管柱抗挤毁强度小于全井段液体压力的实际要求。如果固井时发生水泥浆窜槽现象,或某承压含水层未封固好,此段仍为液体且液柱压力大于套管的实际抗挤毁强度,势必发生套管挤毁事故。为保证固井质量达到设计要求,必须采取固井前循环调整泥浆性能使其达标、清除井壁泥皮、在套管上设置扶正片、注水泥浆前先注入前置液、制备合格的水泥浆、合理准确的替浆量等技术措施。

(7) 施工的区域在生产煤矿的上方,钻井施工存在与矿井施工相互影响的因素,为确保钻井和矿井生产安全,在地面钻井工程未结束前,井下应留有保安煤柱,其安全距离按规范确定。

(下转第53页)

(CMC)对其进行调整。通常情况下,泥浆的指标为:新浆密度 1.05~1.10 kg/L,循环浆密度 1.15~1.25 kg/L;含砂量 <6%,粘度 18~25 s,胶体率 >95%;pH 值 7~9。

新浆须静置 24 h 充分水化膨胀后方可使用。在施工过程中,须随时掌握泥浆性能指标,及时对泥浆进行调整。

3.5 墙体接头

作为“三合一结构”地连墙,质量控制的另一个关键点就是各单元槽段墙体接头的处理。墙体接头处最忌讳夹砂、夹泥、砼浇筑质量不能满足要求、接头处形成素砼。施工二期槽段时,必须对一期槽段接头采用钢丝刷或冲击钻进行清刷处理,主要是刷除存留在接头处砼壁上的泥沙或局部砼绕流的情况。清刷干净后方可下置钢筋笼。所有的地连墙,无论采用何种接头型式,反映在钢筋笼的两侧,均为嵌入式形状,只有接头部位清刷干净,才能确保钢筋笼的顺利入槽,并能与上一槽段形成紧密的结合,且可以有效的防止渗漏水。

4 工程实例

武汉永清片瑞安房地产公司 A5 地块项目基坑支护结构采用地连墙,且地连墙与上部建筑结构柱、承台、地下室楼板、人防墙等连接为一个整体,是典型的地连墙“三合一结构”。该项目地连墙施工设备采用了意大利 SOILMEC 生产的 HC-60 型半导杆式液压抓斗,墙宽 800 mm,墙深 22~29 m。在进行槽段划分时,主要以 6 m 为单元槽段基数,局部根据支撑设计位置进行了调整。施工时对拐角部位超

宽槽段 Q31 进行了分解,划分为 Q31-A(直段型)、Q31-B(转角型)两个小巧的槽段。另外,对其他轴线长度比较大的拐角异型槽段,也做了适当的调整,将缩小的尺寸调整到标准直段型槽段。现场施工表明,经过这样的调整,很好地克服了拐角槽段异型超宽钢筋笼加工的施工难点,使成槽和钢筋笼安装都非常顺利,预埋件的安装位置也与结构图纸完全吻合,开挖后完全满足结构与支撑的要求。另外,该项目接头部位的处理采用冲击钻冲击刷壁,接头处非常干净,相邻槽段墙体连接非常密实。该项目地连墙由于采用“三合一结构”,直接将地连墙用作了地下室外墙,并与上部结构很好的连成一体,形成挡土、止水、结构三功能合一,大量的节约了投资,起到了非常好的效果,并对武汉地区深基坑采用地下连续墙作为“三合一结构”用墙起到了很好的借鉴作用。

5 结语

随着新材料、新设备的不断出现,管理方法和解析方法的不断完善,地下连续墙作为一种施工方法,其施工技术将日益成熟,“三合一”的功能结构使用也将越来越广泛,并且将占据基坑工程的主导地位。

参考文献:

- [1] 易智宏,李小刚.地下连续墙施工技术难点探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(4):10-12.
- [2] 李小刚,易智宏,李莉萍.地下连续墙施工中泥浆的合理使用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(2):15-17.
- [3] 日本土木工程师协会.地下连续墙施工技术[Z],1997.

(上接第 50 页)

3 结语

在大口径工程井施工中发生套管折断、遇阻下不到位、粘卡、套管被挤毁事故、固井时将钻杆封固在套管内事故的主要原因是:工程在最终完井阶段下套管、固井施工中工艺技术措施不当,套管厚度选择过薄、泥浆参数不当等原因所致。笔者结合多年一线生产实践经验提出的预防技术措施,通过在河南、山西、安徽等地施工的 11 个大口径工程井项目的应用实践,证明这些措施可以有效地防范此类事故的发生,目前该预防技术措施已在我局推广使用。

参考文献:

- [1] 编写组.钻井监督[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.
- [3] 张春光,王果庭,姚克俊,等.聚丙烯酰胺泥浆的成分和性能的研究[M].北京:地质出版社,1981.
- [4] 武汉地质学院,中南矿冶学院,长春地质学院,等.钻探工艺学(下册)[M].北京:地质出版社,1981.
- [5] 武汉地质学院,中南矿冶学院,长春地质学院,等.钻探工艺学(中册)[M].北京:地质出版社,1981.
- [6] 徐同台,崔茂荣,王允良,等.钻井工程井壁稳定新技术[M].北京:石油工业出版社,1999.