

大直径工程井成井下管方法探讨

白领国¹, 袁志坚²

(1. 河南省煤田地质局四队, 河南 平顶山 467000; 2. 河南省煤田地质局, 河南 郑州 450018)

摘要:根据用途不同,大直径工程井成井后套管直径一般在 450~1300 mm 范围,井眼和套管尺寸大、套管质量大是该类工程的显著特点之一。简要介绍了大直径工程井常用下管方法、套管连接方式及大直径工程井套管强度设计原则。结合工程实例,阐明了只要科学地进行套管柱强度设计、采用合理的下管方法和套管柱连接方式,选用提升力 100 t 的钻机也能安全实现重约 300 t 套管的下管作业。

关键词:大直径工程井;套管;下管方法;连接方式;套管强度

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)02-0033-04

Discussion on Casing Running for Large Diameter Engineering Well/BAI Ling-guo¹, YUAN Zhi-jian² (1. The 4th Team, Coalfield Geology Bureau of Henan Province, Pingdingshan Henan 467000, China; 2. Coalfield Geology Bureau of Henan Province, Zhengzhou Henan 450018, China)

Abstract: According to the different applications, the casing diameter of the finished large diameter engineering well is usually 450~1300mm, the large sizes of borehole and casing is one of the marked features of this kind of project. The common methods of casing running and connection as well as the design principles of casing strength for large diameter engineering well were briefly introduced. Combined with the engineering case, the paper clarifies that as long as with the scientific design of casing strength and rational methods of casing running and connection, the casing with weight about 300t also can be safely run by the rig with 100t lifting force.

Key words: large diameter engineering well; casing; casing running method; connection method; casing strength

大直径工程井是矿山企业实现瓦斯抽排,并降温、送料堵水,输氮灭火,建立送、回风系统以及小型煤矿及铁矿立井井筒等建设的一种永久性通道。近年来,广大工程技术人员不断钻研创新工作思路,利用现有水源钻机及配套机具,采用钻井法完成了一大批高质量的大直径工程井。但同时因下管方法和技术措施不当,个别工程在成井过程中发生套管事故,造成无可挽回的经济损失。尽管造成套管事故原因是多方面的,但下管环节引发事故的几率较多。我局从 2004 年在安徽淮南丁集煤矿施工了第一口瓦斯抽排井,截止目前分别在河南、安徽、山西、陕西、辽宁、内蒙古等地共完了 40 余口不同用途的大直径工程井,笔者有幸参与了大部分项目的施工,在工程实践中,通过对下管技术的进一步研究,利用最大提升力 100 t 的钻机完成重约 300 t 套管的下管作业,为进一步完善大直径工程井下管工艺技术做了新的探索。

一般在 450~1300 mm 范围,井眼和套管尺寸大、套管质量大是该类工程的显著特点之一。由于套管直径和质量大,目前国内还没有专门施工大直径工程井的配套钻机,选择合适的下管方法显得尤为重要。

众所周知,下管方法选择一般根据孔的设计深度、井管材质的强度、钻机的提升能力等综合因素来考虑,常用的下管方法见表 1。为了增大钻机的最大提升力,我们通过加固钻塔,改进滑车系统(由 4×5 改为 5×6)等技术措施,把最大有效钩载提高了 20%,如 GZ-3000 型水源钻机提升力由原设计有效钩载从 75 t 增加到 100 t。但从目前大部分大直径工程井成井直径和深度来看,套管总质量远远大于最大钩载,仅依靠提高有限的提升力还不能满足下管要求,通过套管自身和空管段产生的浮力平衡掉超出最大钩载的那一部分重力,才能利用现有设备完成下管作业。因此,提吊加浮力法下管是实现大直径工程井下管的有效方法之一(或采用大吨位起重设备)。

1 大直径工程井下管方法的选择

根据用途不同,大直径工程井成井后套管直径

收稿日期:2013-09-09

作者简介:白领国(1972-),男(汉族),河南浚县人,河南省煤田地质局四队副队长、工程师,探矿工程专业,从事钻探技术及管理工作,河南省平顶山市矿工路 75 号,blg7210@163.com;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、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,yzj371@163.com。

表1 常用的几种下管方法及适用条件

下管方法	适合深度	对套管要求	对设备要求	优缺点
提吊法	直接提吊	浅、中、深井 井管的抗拉强度满足提拉要求。如金属管、塑料管、玻璃钢管	钻塔、底座、升降机提升能力大于套管总重力	可采用焊接(粘合剂)、丝扣多种连接方式,连接可靠,下管操作简单,安全可靠
	托盘法	250 m 以浅浅井 对井管本身及连接强度要求低,如水泥管等	同上	套管成本低,套管间利用凸凹槽坐封对中,不适合深井
加浮力法	中间浮塞法	中、深井 井管的抗拉强度、抗挤毁强度满足提拉及产生浮力后液柱的外压力。钢管	钻塔、底座、升降机提升能力小于套管总重力	提吊加中间浮板塞法和提吊加漂浮法因浮塞位置不同,抗挤毁强度不同,区别见[2]。电焊焊接连接,操作简单,安全可靠
	底部浮塞法(漂浮法)			
其他方法	大型起重设备	中、深井 井管的抗拉强度、抗挤毁强度满足提拉及产生浮力后液柱的外压力。钢管	起重力大于套管重力	起吊方便,但费用高

2 大直径工程井套管连接方法的选择

2.1 套管连接的基本要求

(1) 套管连接处要牢固可靠,并能承受下管时所产生的拉力。

(2) 套管连接处要求密封,无渗漏现象。

(3) 套管连接后要同心,不能有偏心和弯曲现象。

(4) 套管连接时,要操作方便,减低劳动强度,并便于野外作业,尽量减少其他附属设备。

2.2 常用的几种套管连接方式

(1) 丝扣连接:丝扣连接分接箍连接和公母扣连接2种方式。丝扣连接是连接套管柱最常用的一种连接方式,它主要用于金属井管,其优点是连接后牢固可靠、同心度好、密封性能好,连接方便速度快。

(2) 螺钉连接方式:该方法一般多用于大直径浅孔,两管之间的连接是通过无丝扣接箍和螺钉连接,套管与管箍缝隙用水泥、石棉、水玻璃和水搅拌后充填。其优点是加工方便,成本低,缺点是两管连接同心度不如丝扣连接,连接处密封性较差。

(3) 塑料管、玻璃钢管、水泥管连接(略)。

(4) 电焊焊接连接方式:大直径套管柱电焊焊接连接连接有接箍焊接连接和光管直接对焊肋骨加强2种方式。接箍焊接连接是把加工好的接箍事先焊在套管一端,下管时把另一根套管的光管头插在上一根套管的管箍内焊接。该方法由于套管对接时需要调节同心度和便于套管插入管箍,所以管箍的内径与套管外径需留较大的配合间隙(一般需要留5~8 mm),这样焊缝间隙较大,易造成焊接不牢固,随着下入井内套管数量增多,提吊套管负荷增大时,极易将焊缝拉裂,从而造成套管从焊口断裂跑管事故,深孔或套管重力较大时一般不建议使用。光管直接对焊肋骨条加强是在套管端部打坡口,直接对焊,然后用一定数量的肋骨条加固增加连接强度(见图1)。为保证套管对焊同心度,该方法需要专用套管扶正

箍来导正套管。由于套管端口均加工有一定坡口(常用坡口为60°),不同的套管壁厚焊接时均能焊透,焊接质量容易保证,同时焊缝上下再用加强筋加固,焊接部位的强度远远大于管体本身,对于深孔及套管重力大的工程优势更加明显。

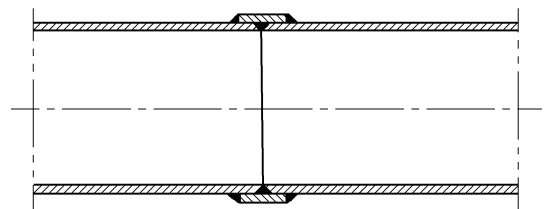


图1 光管直接对焊肋骨加强型套管对接示意图

2.3 大直径工程井套管连接方法的选择

大直径工程井套管直径大,材质为强度较大钢管,采用丝扣连接和电焊焊接最适宜。因丝扣连接API石油套管的最大直径为508 mm,目前90%以上的工程设计套管直径大于508 mm,显然丝扣连接只有少数工程可以选用。大直径工程井套管连接采用电焊焊接是我们目前选用的主要方法,但是这2种方法由于工艺方面原因,在工程实践中后者焊接质量、安全程度及经济技术合理性方面均优于前者,套管连接优选光管直接对焊肋骨加强连接方式。

3 大直径工程井套管强度设计

大直径工程井施工中,需要下入护壁套管和工作套管,套管柱在孔内的受力比较复杂,大致可归纳为3类:内压力、外挤压力、轴向力。从目前发生套管挤毁事故分析,除钻孔本身的质量和下管操作等原因外,最主要就是套管强度设计没有满足要求。

从套管弹性挤毁强度计算公式知:套管的径厚比是非常重要的参数。因此,我们在理论上设计套管强度时一是保证套管柱在井内任何一点抗挤毁强度大于管外液柱最大压力;二是考虑经济技术合理性,既能保证套管具有一定强度,又要减轻套管柱质量,节约管材费用;三要综合考虑下管过程中套管柱

受力复杂和套管壁厚不均、圆度和垂直度差等缺陷降低套管强度因素。所以设计套管强度时必须考虑一定的安全系数,一般为1.15~1.20。

4 工程实例

4.1 钻孔结构

山西晋东南某煤矿瓦斯管道井设计钻孔直径1280 mm,套管为内径1000 mm钢管,深度491.4 m,管外水泥固井至地表。钻孔结构见图2。

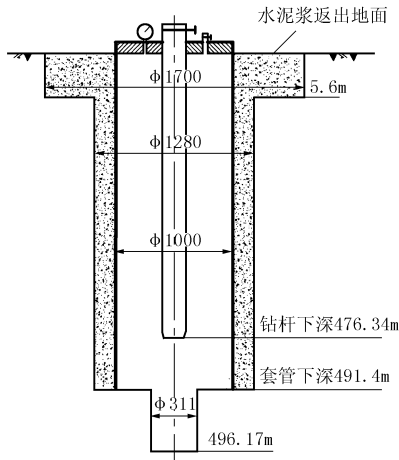


图2 钻孔结构示意图

4.2 钻机能力

选用GZ-3000型钻机,钻机单绳最大提升力11.5 t,井架、钻机底座及提升系统改进后最大有效提升力约100 t。

4.3 下管方法选择及连接方式

根据钻孔井身结构设计和施工选用设备能力限制,显然本项目采用直接提吊法不能满足下管的需要,租用大型起重设备成本费用高不经济。而提吊加中间浮塞法与提吊加底部浮塞法(漂浮法)因浮塞位置不同,前者在套管柱中部,后者在套管柱底部,从表1中可以看出,选用提吊加中间浮塞下管更安全,更科学合理。为了保证套管连接强度和安全性,套管连接采用了光管直接对焊肋骨加强方式。

4.4 套管柱设计

根据钻孔结构设计要求,设备能力,下管方法,本着经济安全的原则,既保证套管强度,还要尽可能减少套管质量,降低费用,我们设计了不同壁厚和长度的套管柱(见表2),套管柱总质量271 t(含浮塞质量),由于套管入井后本身会产生约53 t浮力,套管柱入井后钩载为218 t。钻机提升最大钩载100 t,为了预防下管过程中意外情况发生后能提动套管,钻机提升力最大取85%储备一定拉力,这样套管柱

最大空管段为133.3 m。

表2 套管柱设计数据

套管直径 /mm	套管壁厚 /mm	套管三轴最大 挤毁强度/MPa	套管下入 深度/m	液柱最大压力 (清水)/MPa
1036	18	1.756	0~64	0.64
1040	20	2.390	64~124	1.24
1044	22	3.157	124~275	2.75
1048	24	4.067	275~383	3.83
1052	26	5.131	383~491	4.91

注:最大空管段133.3 m处最大挤毁强度1.73 MPa。

从表2中可以看出,设计的套管柱在井内任何一点抗挤毁强度均大于管外液柱最大压力,根据提吊加中间浮塞下管浮塞受力分析,下管过程中套管浮塞以下部分内外压差为0(即有效外压力为0),设计浮塞下部套管强度只要大于理论强度就是安全的。套管段受力最大在最大空管段部位,该工程设计最大空管段133.3 m,该处最大液柱压力(泥浆密度 1.3 kg/m^3)1.72 MPa,套管段相对应三轴最大抗挤毁强度2.39 MPa,安全系数达1.38。生产实践证明,该安全系数较科学合理。

该项目设计套管内径为1000 mm,目前市场上因加工条件限制没有较大直径无缝钢管可选,故选用了Q345B直缝管,加工成型的套管垂直度和圆度要好,套管头端面整齐水平,焊接坡口 $\geq 60^\circ$,焊缝呈丁字形,选用的钢板厚度误差必须为正。

4.5 下管作业

4.5.1 下套管准备工作

(1) $\text{O}1300 \text{ mm}$ 扩孔到设计深度后起钻,丈量钻具,校正孔深。

(2) 圆孔、扫孔壁、调整泥浆性能,泥浆密度 1.20 g/cm^3 ,粘度35~40 s。

(3) 预制10 m承压水泥塞作为浮力塞,以保证钻机载荷满足下套管悬重要求。

(4) 下入焊有扶正块的套管进行通井,保证套管顺利下到设计位置。

(5) 检查工作套管内径、弯曲度、管口水平度、圆度、管口平面尺寸,按顺序编号,准确丈量长度。

(6) 检查提升系统。准备提吊用钢丝绳,钢丝绳选用 $\text{O}48 \text{ mm D}6 \times 37$,穿杠用 $\text{O}146 \text{ mm}$ 短钻铤。

(7) 最下面一根套管底部3 m处割螺旋出浆孔5~8个,底口制作成内喇叭形。

(8) 用30 mm钢板和25 mm以上的工字钢在钻台上下分别做井口及井口工作板,钻井平台上的井口板用于下管,钻井平台下井口板用于固定套管,便于钻水泥塞和安装固井井口装置。

4.5.2 下套管

下管准备就绪后,按照套管的入井顺序 $\text{Ø}1052 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} \rightarrow \text{Ø}1048 \text{ mm} \times 24 \text{ mm} \rightarrow \text{Ø}1044 \text{ mm} \times 22 \text{ mm} \rightarrow \text{Ø}1040 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \rightarrow \text{Ø}1036 \text{ mm} \times 18 \text{ mm}$ 依次下入井内。下管过程中严格按照以下技术措施执行。

(1)采用穿杠法吊放和悬挂套管需在套管上割2个对称的穿杠孔,穿杠孔中心距套管头距离必须一致,同时穿杠孔至套管头距离 $\geq 0.5 \text{ m}$ (参见图3)。

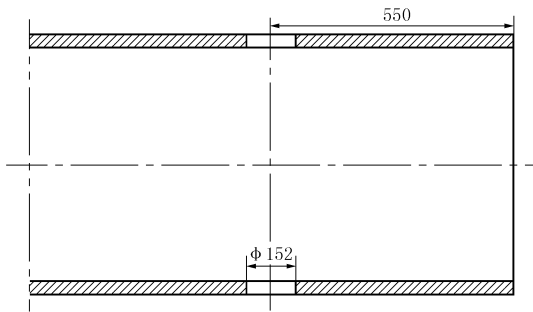


图3 穿杠孔示意图

(2)为保证套管对焊同心度,套管对接时必须设专人负责指挥,导正套管采用专用套管扶正器来扶正,并利用经纬仪测量套管连接后的垂直度,导正后先点焊固定,然后再完成套管的焊接(见图4)。加强筋加固及穿杠孔要按要求焊好。



图4 套管对接扶正及点焊图片

(3)下放套管操作要稳、谨慎、速度要慢,密切监控拉力表悬重变化,检查套管穿杠、钢丝绳工作情况。

(4)要确保水泥浮塞质量可靠,具备一定的抗压强度,与套管之间摩擦力要足够大防止被管内泥浆压

力顶冒。水泥浮塞入井后,设专人负责套管空管段的测试和记录工作,空管段不能超过设计要求,并按照设计及时向套管内回灌泥浆,以平衡套管内外压力差,以防水泥浮塞被破坏、失效发生套管事故。表3是套管入井不同深度(108、120、132、156、168、180、367、415、463、491 m)的套管的总质量、入井后质量、浮塞位置、泥浆回灌高度及空管段、钻机钩载等数据。

表3 套管入井不同深度情况下的技术数据

下管深度/m	套管总重/t	套管本体总浮力/t	套管入井后总重/t	空管段长度/m	空管段产生浮力/t	注泥总量/t	注浆后空管段长度/m	注浆后大钩称重/t
108	71.0	11.8	59.3					59.3
浮力塞	84.0	21.9	62.1					62.1
120	91.9	23.2	68.7					68.7
132	99.3	24.4	74.9	12	12.24	0	12	62.6
156	113.7	26.7	86.9	36	36.7	0	36	50.2
168	120.9	27.9	93.0	48	48.9	20.8	27.6	64.9
180	128.2	29.2	99.0	60	61.2	20.8	39.6	58.6
367	233.1	46.0	187.1	247	252.0	144.3	105.5	79.4
415	257.3	49.7	207.6	295	301.0	170.3	128.1	76.9
463	279.6	53.3	226.3	343	350.0	204.1	143.0	80.4
491	272.9	52.7	220.2	335	341.4	205.4	133.2	84.3

5 结语

在大口径工程井下套管作业中,套管柱强度设计最为关键,要求工程套管柱在井内任何一处的强度均大于管外液柱压力。本工程设计的最大空管段部位套管挤毁强度安全系数达1.38,确保了下管套管的安全。浮塞位置放在套管柱中部,极大地改善了套管的受力状况,从而保证了套管有足够的强度储备。本工程套管总重270多吨,钻机的最大钩载只用到84.3 t,钻机提升力储备15.7 t,为今后选用最大提升力100 t的钻机安全下入300 t重的套管提供了参考。

对于大直径工程井,其下套管作业推荐采用提吊加中间浮塞法和光管直接对焊肋骨加强连接方式,实践证明这种方法科学合理,安全可靠。

参考文献:

- [1] 彭桂湘. 大口径工程井套管事故及预防技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(8): 47-53.
- [2] 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.
- [3] 袁志坚. 提吊加浮力塞下管法在大口径瓦斯抽排孔的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(1): 27-29.
- [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(10): 46-48.
- [5] 蔡延民, 耿建国, 等. 煤矿大口径输冰井施工技术研究报告[R]. 河南省煤田地质局四队, 2011.