

◀ 学术争鸣 ▶

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2014.01.002

现行钻井井控标准存在的问题分析及修订建议

张桂林, 陈志宁

(中石化胜利石油工程有限公司技术装备处, 山东东营 257001)

摘要:为了进一步提高钻井井控标准的科学性和可操作性, 充分发挥其在钻井作业中的指导作用, 对现行 8 项有关钻井井控标准(国家标准和行业标准)进行了简要介绍, 分析了其特点; 立足于当前钻井井控技术现状, 按照钻井作业对井控技术与装置的需求, 充分考虑井控装置的功能、井控装置最低配备要求并基于保证必要安全备用余量的思路, 指出当前 6 项有效标准中存在防喷器组合形式、井控管汇流程、关井程序不合理等 17 项主要问题。通过对问题的深入分析, 提出了可行的解决方案(修订建议)并进行了解释。研究与解决方案都基于油田钻井井控实际, 可为下一步完善与修订相关井控标准提供依据。

关键词: 钻井 井控 国家标准 行业标准 问题 修正

中图分类号: TE921⁺.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-0890(2014)01-0007-07

Problems Analysis and Proposed Amendments for Current Drilling Well Control Standards

Zhang Guolin, Chen Zhining

(Department of Petroleum Technology and Equipment, Sinopec Shengli Oilfield Service Corporation, Dongying, Shandong, 257001, China)

Abstract: In order to improve the scientificity and practicability of well control standards and give full play to the guiding role of well control standards in drilling operation, this paper analyzed 8 current drilling well control standards(national standards and industry standards). Based on the current status of well control technology, and the requirements on well control techniques and devices in drilling, giving full consideration of well control function of the devices and well control equipment with minimum requirements and the necessary safety margin, the paper pointed out 17 major problems in the current 6 effective standards, in terms of BOP combinations, well control manifold and shut in procedures. Through in-depth analysis of the problems, possible solutions were proposed and explained. Proposed changes were based on the actual oil-field well control situation, which provided basis for further improvement and revision of relevant well control standards.

Key words: drilling; well control; national standard; industry standard; problem; correction

井控是油气钻井中最重要的安全技术工作, 与井控相关的标准则是做好井控工作的主要依据。在几十年的钻井实践中, 逐渐形成了井控工艺、井控设备制造与使用等一系列井控标准, 为钻井安全起到了保障作用。但我国石油工业起步相对较晚, 工艺、技术与标准经历了一个引进、吸收到创新的较长过程。在钻井井控方面, 上世纪 70 年代前主要以引进前苏联的技术、设备与标准为主, 之后逐步引进了

API 系列技术与标准。目前各类井控标准主要以 API、ISO 标准为主, 其修订与完善仍然以此为依据^[1-5]。随着钻井技术的不断进步, 对井控技术和装

收稿日期: 2013-05-01; 改回日期: 2013-11-07。

作者简介: 张桂林(1959—), 男, 山东寿光人, 1981 年毕业于胜利石油学校钻井专业, 2008 年获中国石油大学(华东)油气井工程专业硕士学位, 教授级高级工程师, 主要从事钻井工程技术管理与研究工作。

联系方式: (0546)8555165, gczgl@sina.com。

备配套的要求不断提高,井控标准存在的一些问题也日渐显露。这些问题对井控工作和井控安全造成了不利影响,应该进行分析研究并修订完善。

1 国内钻井井控标准现状

国内石油钻井井控方面,当前主要有 1 项国家标准和 7 项行业标准^[1-8]。这些标准,有的是首次发布^[1,5,8],有的已进行了多次修订^[3-4,7],经历了从无到有、逐步完善的过程。这 8 项标准都为推荐标准,但作为强制标准宣贯实施,以规范钻井井控工作。

1.1 标准 GB/T 20174—2006

标准 GB/T 20174—2006^[1]为首次发布,修改采用了 ISO 13533:2001《石油天然气工业:钻井和采油设备:钻通设备》(英文版)。该标准对用于油气井的钻通设备的性能、设计、材料、试验和检验、焊接、标记、搬运、贮存与运输进行了要求,对提到的设备的工作条件(如压力、温度和井内流体等)也进行了规定。适用于环形防喷器、闸板防喷器、钻井四通、密封胶芯与各种密封件等设备,不适用于钻通设备的现场使用和现场试验。该标准是目前钻井防喷器生产与制造的主要依据。

1.2 标准 SY/T 5323—2004

标准 SY/T 5323—2004^[2]的最初版 1992 年首次发布,该版为第 1 次修订,等同采用了 API Spec 16C—93《节流和压井系统规范》。在技术内容上规定了节流和压井系统的性能、设计、材料、焊接、试验、检验、贮存和运输的最低要求,适用于为钻井服务的具有安全和功能互换性的地面和水下节流、压井系统,是 20 世纪 90 年代以后井控管汇压力升级和流程标准化的主要依据标准,对国内防喷器节流和压井系统的规范化起到了重要作用。

1.3 标准 SY/T 5053. 2—2007

标准 SY/T 5053. 2—2007^[3]的最初版于 1984 年首次发布,该版为第 3 次修订,等同采用了 API Spec 16D:2004《钻井井口控制设备及分流设备控制系统》(英文版,2 版)。该标准确立了控制系统的标准,描述了水上防喷器组控制系统、水下防喷器组控制系统、水下防喷器组分离式液压控制系统、水下防喷器组电-液复合式控制系统、分流器控制系统、辅助设备控制系统与连接接口、紧急脱开系统

(EDS)、备用系统、专用于深水和恶劣环境的部件等 9 个类别的控制系统。该标准是目前防喷器控制装置生产的主要依据标准,对控制装置标准化、规范化起到了重要作用。

1.4 标准 SY/T 5964—2006

标准 SY/T 5964—2006^[4]的最初版于 1994 年首次发布,该版为第 3 次修订。该标准规定了钻井井控装置组合配套形式、安装、调试与维护要求,适用于陆上石油天然气钻井井控装置,使井口装置组合型式、井控管汇流程、控制系统以及井控辅助设备配套安装逐步达到统一,国内不同区域、不同油气田的井控配套与安装使用基本实现了规范化。对于不同压力级别的井控装置,明确了规格系列与安装调试要求,指导性和可操作性较强,是目前石油行业最重要的井控标准之一。

1.5 标准 SY/T 6616—2005

标准 SY/T 6616—2005^[5]为首次发布,规定了硫化氢含量不低于 30 mg/m³ (20 ppm) 时油气井钻井过程中井控装置的配套安装和使用要求,适用于陆上高含硫化氢油气井钻井井控装置的选择和使用。主要包括井控装置的配套和安装、井控装置的使用等内容,对井口防喷器组合顺序进行了规定。明确了不同闸板防喷器的具体位置,是当前最为合理的组合形式。目前,川东北等高产、高含硫化氢地区执行该标准,应用效果良好。

1.6 标准 SY/T 6426—2005

标准 SY/T 6426—2005^[6]的最初版于 1999 年首次发布,该版为第 1 次修订,中英文双语版。规定了钻井井控技术的管理、实施及培训原则,适用于陆地油气田勘探、开发钻井作业中的油气井压力控制。包括井控设计、安装使用、检查验收、溢流的处理和压井、井喷失控的处理、井控技术培训等主要内容,另有 3 项规范性附录、5 项资料性附录。该标准是目前石油钻井领域最重要的标准之一,并得到全面宣贯推广,对井控工作起到了重要作用。

1.7 标准 SY/T 5087—2005

标准 SY/T 5087—2005^[7]的最初版于 1985 年首次发布,该版为第 3 次修订。2005 年修订版参考了 API RP 49:2001《含硫化氢油气井钻井、修井作业推荐作法》(英文版),规定了含硫化氢油气井钻井

作业从钻井设计、设备安装、井场布置、硫化氢监测、人员和设备防护、应急管理等方面的安全要求,适用于油气勘探开发中含硫化氢油气井的钻井作业,是目前国内最重要的含硫化氢井钻井安全技术标准。

1.8 标准 SY/T 6868—2012

标准 SY/T 6868—2012^[8] 为首次发布,修改采用了 API RP 53:1997《钻井作业用防喷设备系统推荐做法》,为陆上及海上钻机(钻井船、坐底式和浮动式钻井平台)用防喷设备的安装和调试的指南。该标准主要涉及防喷设备系统,包括地面及水下防喷器、防喷器组合方式、节流管汇及压井管汇、地面及水下防喷器控制系统、辅助设备以及试验及维修等,不包括井控工艺及技术。

上述 8 项标准是当前国内该领域的有效标准,涵盖了陆上钻井井控设备配套与组合形式和井控工艺,自发布实施以来得到了较好的执行。但通过深入分析,发现这些标准当中还存在一些问题,有的属于不正确做法,有的属于存在井控隐患,应进行修订完善。

2 存在问题分析

分析认为,现行 8 项井控标准中有 6 项存在一些问题。存在问题的原因主要有 2 方面:1)受国外标准影响,认为国外标准不能修订;2)分析研究不够,没有深入研究井控技术的本质,未能提出正确的做法。这些问题,既有单项标准中的技术问题,也有不同标准之间存在的矛盾问题。

2.1 标准 GB/T 20174—2006

标准 GB/T 20174—2006 的主要问题是:设备尺寸与额定工作压力分别由 2 个表(见该标准中表 1 和表 2)表示,二者之间没有联系起来,不利于防喷器尺寸与压力的匹配,不利于形成标准的规格系列,不利于生产制造和现场应用。同时,该标准表 2 中,公制单位对应的设备额定工作压力未采用整数表示,不方便应用。

2.2 标准 SY/T 5323—2004

标准 SY/T 5323—2004 的主要问题是流程不完善、不合理,与目前普遍采用的管汇流程不一致,见该标准中图 10.7.1、图 10.7.2 和图 10.7.3。具体问题是:13.8 和 34.5 MPa 管汇节流阀后无平板阀,69.0~138.0 MPa 井口双四通和管汇流程不合

理,且压力系列未采用整数表示,不方便应用。

2.3 标准 SY/T 5964—2006

标准 SY/T 5964—2006 存在 5 个主要问题:1)井控装置公称通径与套管公称直径的组合表格内容不合理,即井控装置公称通径 280 mm 系列无需标出 105 MPa 对应的 $\frac{3}{4}$ in 和 $\frac{5}{8}$ in 套管,346 mm 系列无需标出 $\frac{5}{8}$ in 套管,426 mm 系列不应有 105 MPa 规格,476 mm 系列不应只有 105 MPa 规格而无低压力级别规格,528 mm 系列不应只有 35 MPa 规格而无低压力级别规格(见该标准中的表 1);2)压力级别和尺寸系列不全,缺少 140 MPa 压力级别和公称通径 679.5 和 762.0 mm 系列;3)在井口四通下面安装了一套防喷器并且没有明确半封还是全封,未明确组合中半封和全封闸板的具体位置,见该标准中图 2、图 3 和图 4;4)双四通之间未安装防喷器,起不到两套四通的作用,并且节流压井管汇连接于下四通、备用放喷管线连接于上四通,压井中若下四通发生问题则直接导致井口失控,见该标准中的图 5a)和图 5b);5)对远程控制台操作手柄位置的规定不明确。

2.4 标准 SY/T 6616—2005

标准 SY/T 6616—2005 的问题是双四通井口组合配套形式不合理,与 SY/T 5964—2006 的问题类似。

2.5 标准 SY/T 6426—2005

标准 SY/T 6426—2005 主要存在 4 个问题:1)规定了钻井液密度安全附加值的同时又加入附加井底压差的规定,其间以“或”字相连,这种提法不能体现标准的唯一性,在深井、含硫化氢井更不适用;2)在井口四通下面安装防喷器,与 SY/T 5964—2006 存在类似的问题;3)关井手动锁紧闸板后再回转 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ 圈,不能保证封井可靠;4)关井操作程序中都规定“先关节流阀(试关井),再关节流阀前的平板阀”,不利于管汇的合理使用与安全。

2.6 标准 SY/T 6868—2012

标准 SY/T 6868—2012 主要存在 4 个问题:1)在井口四通下面安装了一套防喷器,与 SY/T 5964—2006 存在类似的问题(见该标准中图 1—图 4);2)节流管汇组合方案中无汇流管,管汇功能不完善,见该标准中图 6—图 8;3)2k 和 3k 压井管线与放喷压井为一条管线,不能用于辅助放喷,见该标准中图 10;4)防喷器组

合中一套闸板防喷器安装于四通下面且节流管汇无汇流管,见该标准中图 21。同时,表中压力公制单位未采用整数表示,见该标准中表 1。

分析认为,上述问题有些属于技术问题,有些属于不合理做法。对此,应从井控原理与机理方面深入分析,提出修订方案,提高标准的科学性和可操作性,促进井控水平的进一步提高。

3 修订建议

井控技术的核心问题就两个:一是防喷,二是压

井。防喷靠措施,压井靠方法。这就需要对井控技术进行研究,对现行标准进行分析,以提高井控技术水平和标准的科学性和规范化程度。综合上述分析,提出如下修订建议。

3.1 标准 GB/T 20174—2006

标准 GB/T 20174—2006 中,表 1、表 2 为防喷器规格系列,应整合为一个表格,以提高标准的可操作性;其次,应补充相应的压力级别、尺寸系列,并使其符合防喷器的压力、尺寸关系规律;同时,将压力级别系列圆整为整数。修订后的防喷器规格系列见表 1。

表 1 修改后的防喷器规格系列

Table 1 Specifications of BOP series

通径代号	公称通径/mm	公称通径/in	通径规直径/mm					最大工作压力/MPa	
18	179.4	7 1/16	178.6	14	21	35	70	105	140
23	228.6	9	227.8	14	21	35	70	105	140
28	279.4	11	278.6	14	21	35	70	105	140
35	346.1	13 5/8	345.3	14	21	35	70	105	
43	425.5	16 3/4	424.7	14	21	35	70	105	
48	476.3	18 3/4	475.5	14	21	35	70	105	
53	527.1	20 3/4	526.3	14	21	35	70		
54	539.8	21 1/4	539.0	14	21	35	70		
68	679.5	26 3/4	678.7	14	21				
76	762.0	30	761.2	14	21				

3.2 标准 SY/T 5323—2004

标准 SY/T 5323—2004 的修订建议主要有 3 点:1)增加管汇中节流阀后的平板阀,完善管汇功能,见图 1;2)在双四通之间增加一套半封闸板防喷器,节流压井管汇应安装于上四通,辅助防喷管线安装于下四通(见图 2),这样可以实现两个四通的独立功能,考虑了井口装置“自上而下”使用的原则;3)将压力级别改为整数。

3.3 标准 SY/T 5964—2006

标准 SY/T 5964—2006 的修订内容有 4 点:1)按照尺寸、压力匹配关系对表格进行修改,补充 $\phi 679.5$ 和 $\phi 762.0$ mm 系列并且与 GB/T 20174—2006 进行统一,修改后见表 2;2)去掉四通下面安装防喷器组合形式或在防喷器下部再装一套四通,并且明确半封和全封闸板防喷器的具体位置,见图 3;3)对于双四通井口组合,按照图 2(a)、图 1(b)的组合形式,完善和提高双四通井口的功能;4)对于远程

控制台防喷器、放喷阀操作手柄的位置,正常钻井中应明确为“中”位^[9-11]。

对于第 4 点进一步说明如下:对于液压控制系统,最关键的是液压油量充足、压力足够,手柄在“中”位时能够锁定防喷器、液动阀在相应的位置,有效防止管线系统油量的损耗,而在“开”位或“关”位时管线突然损坏将造成油量的快速损失,存在井控安全隐患。这一点对海上钻井尤为重要。美国墨西哥湾“深水地平线”钻井平台井喷爆炸后,5 个 105 MPa 闸板防喷器(其中 2 套剪切)和 2 个 70 MPa 环形防喷器都不能关闭,6 套控制装置不能发挥作用,分析认为是液压油漏失、蓄能器失去压力造成的。国外标准中规定在正常作业时手柄置于“开”位,一旦发生管线损坏,将造成液压油快速漏失、压力迅速卸掉的问题,直接导致无法关井的严重后果。国外这样规定,是因为其三位四通阀机能与国内不同:国外一般为“Y”型机能,处于“中”位时防喷器闸板处于浮动状态;而国内为“O”型机能,处于“中”位时防喷器闸板处于锁定状态。

3.4 标准 SY/T 6616—2005

标准 SY/T 6616—2005 的双四通井口组合配套形式按照图 2 进行修改。

3.5 标准 SY/T 6426—2005

标准 SY/T 6426—2005 的主要修订内容有 4

点:1) 钻井液安全附加值去掉附加井底压差值的规定, 只保留密度附加值, 这样规定就可将地层压力系数与密度直接联系起来, 既科学合理, 也便于实际应用; 2) 井口防喷器组合及防喷器组合的顺序按图 3 修改完善; 3) 去掉手动锁紧后回转 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ 圈的规定, 修改为手动锁紧闸板并确保锁紧可靠; 4) 将关井操

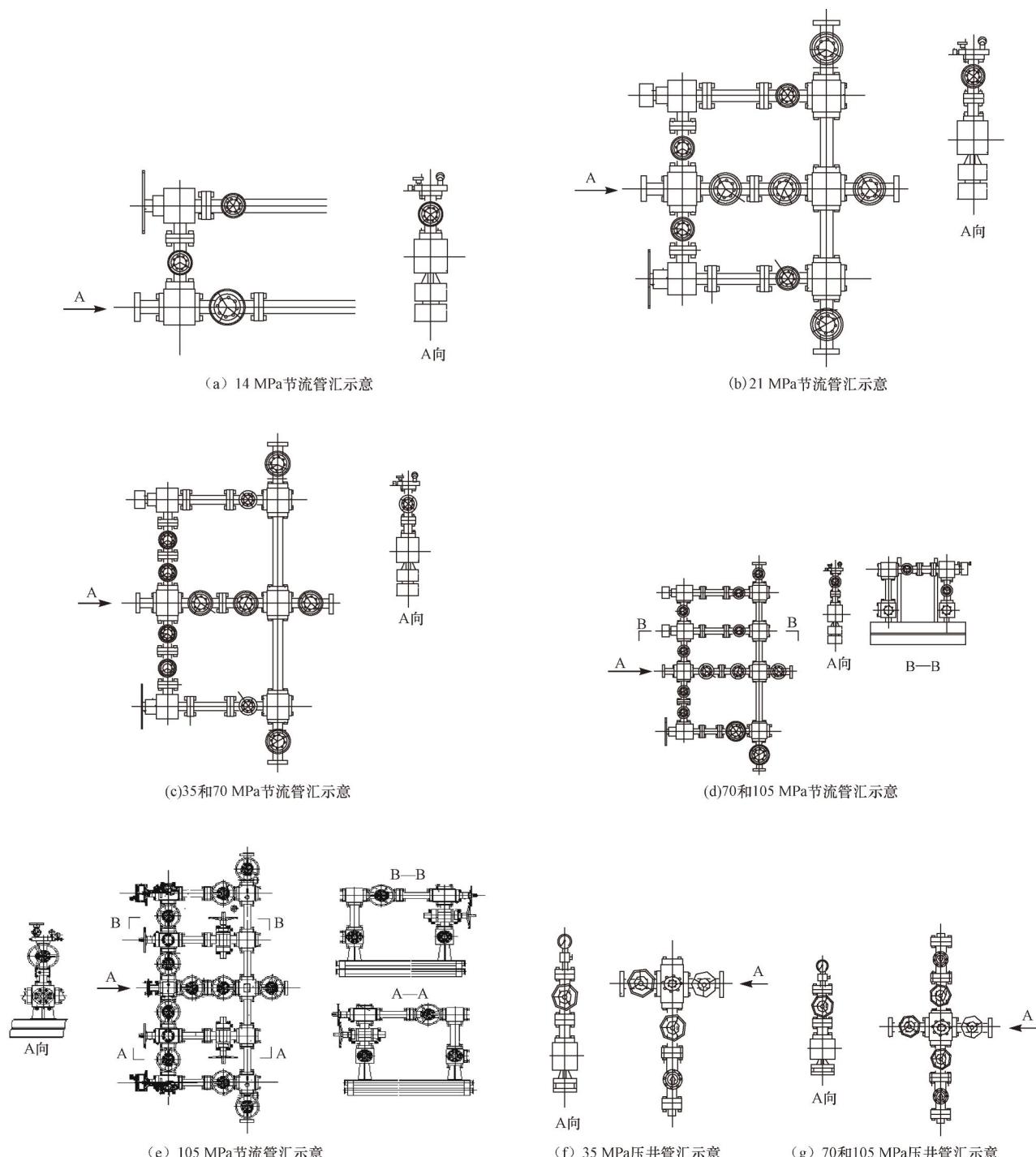


图 1 修改后的井控管汇示意

Fig. 1 Schematic diagram of well control manifold

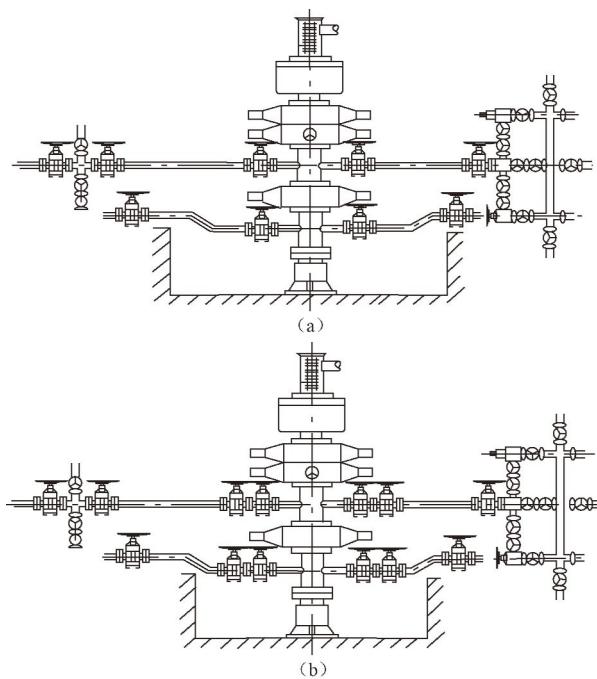


图 2 修改后的双钻井四通井口井控管汇示意

Fig. 2 Well control manifold of double drilling crosses

作程序中“先关节流阀,再关前面的平板阀”修改为“先关节流阀(试关井),再关节流阀后的平板阀”,这样可充分利用与保证管汇的功能,有利于关井压井的安全。

3.6 标准 SY/T 6868—2012

标准 SY/T 6868—2012 的修订建议主要有 4 点:1)防喷器组合形式有 3 种修订方案,即改变四通下面安装防喷器组合形式、将该防喷器移至四通上部,或在该防喷器下面再装一套钻井四通;2)对节流管汇组合,分别按图 1(a)—(e)修改;3)对 2k 和 3k 压井管线形式,按图 1(f)修订;4)该标准中的图 21,按下图修改(见图 4)。同时,标准中的压力级别系列应改为整数,便于对照应用。

表 2 修改后井控装置公称通径与套管公称直径的组合

Table 2 Combination of well control device nominal diameter and casing nominal diameter

公称通径 ¹⁾ /mm	公称通径 ¹⁾ /in	套管外径/mm(in)					
		14 MPa ²⁾	21 MPa ²⁾	35 MPa ²⁾	70 MPa ²⁾	105 MPa ²⁾	140 MPa ²⁾
179.4	7 1/16			114.3(4 1/2)~177.8(7)			
228.6	9			193.7(7 5/8)~222.3(8 3/4)			
279.4	11			222.3(8 3/4)~244.5(9 5/8)			
346.1	13 5/8		298.5(11 3/4)~339.7(13 3/8)				
425.5	16 3/4			406.4			
476.3	18 3/4			473.1(18 5/8)			
527.1	20 3/4		508.0(20)				
539.8	21 1/4		508.0(20)~527.1(20 3/4)				
679.5	26 3/4	612.8(24 1/8)~660.4(26)					
762.0	30	711.2(28)~762.0(30)					

注:1)指井控装置的公称通径;2)指井控装置的最大工作压力;直径大于 527.1 mm 可用焊接管。

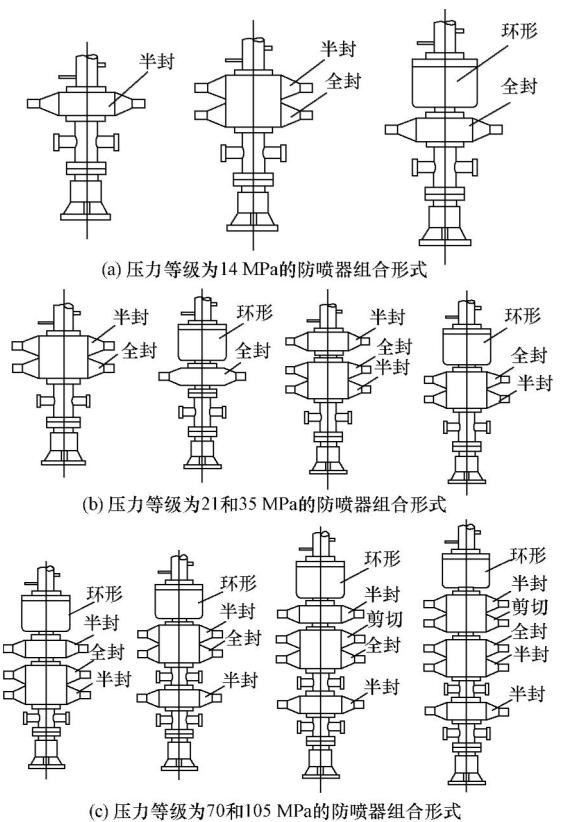


图 3 修改后的防喷器组合形式

Fig. 3 BOP combinations

应该说,标准中存在某些问题和不正确做法不一定会造成井喷等重大井控问题,但只要是问题、是不正确做法,就存在隐患,就应该得到纠正。只有这样,才能促进井控标准的科学性、严肃性和权威性,促进井控技术的不断进步。

4 结论与认识

1) 防喷器的规格系列,与其设计、加工制造、配

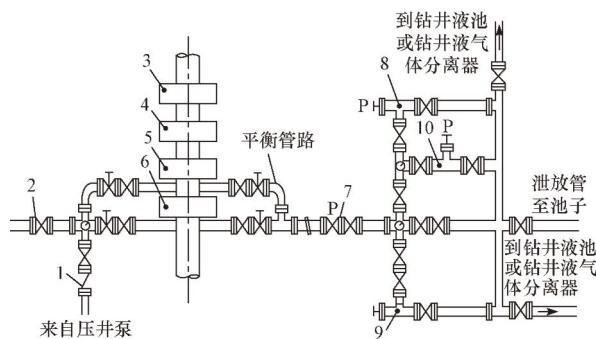


图 4 修改后的双四通井口井控管汇示意

Fig. 4 Well control manifold scheme of double drilling spools

1. 止回阀; 2. 泄放管至池子; 3. 环形防喷器; 4, 5, 6. 阀板防喷器; 7. 远程液控阀; 8. 远程控制节流阀; 9, 10. 远程控制或可调节节流阀

套与使用紧密相关,各单项标准的规格系列不全或不同标准间不统一都应修订完善,以提高标准的科学性和指导作用。

2) 井口装置和井控管汇是井控的主要设备,对于目前标准中闸板防喷器和四通安装位置、节流压井管汇形式不合理的问题应当予以纠正并进行修订,以达到配置合理、功能充分并有安全备用余量的要求。

3) 对于关井程序、锁紧方法、装置工作状态等内容,从原理正确、技术可行、关井与压井可靠等方面入手,进行分析并修订,以达到保护液压油量、保持控制压力、保证装置可靠及确保关井与压井作业安全可靠的目的。

4) 制订或修订标准时,不能盲从国外标准,不能延续一直存在的不合理做法,而是应该进一步提高标准的科学性、唯一性和权威性,以实现技术进步与标准水平的共同提高。

参 考 文 献

References

- [1] GB/T 20174—2006 石油天然气工业钻井和采油设备:钻通设备[S].
- GB/T 20174—2006 Petroleum and natural gas industries:

- drilling and production equipment: drilling-through equipment [S].
- [2] SY/T 5323—2004 节流和压井系统[S].
 - SY/T 5323—2004 Choke and kill systems[S].
 - [3] SY/T 5053.2—2007 钻井井口控制设备及分流设备控制系统规范[S].
 - SY/T 5053.2—2007 Specification for control systems for drilling well control equipment and control systems for diverter equipment[S].
 - [4] SY/T 5964—2006 钻井井控装置组合安装调试与维护[S].
 - SY/T 5964—2006 Combination installation adjustment and maintenance of well-control equipments[S].
 - [5] SY/T 6616—2005 含硫油气井钻井井控装置配套、安装和使用规范[S].
 - SY/T 6616—2005 Specification for well-control equipments arrangement, installation and operation for oil and gas well involving sulfide[S].
 - [6] SY/T 6426—2005 钻井井控技术规程[S].
 - SY/T 6426—2005 Specification for well control technology of drilling[S].
 - [7] SY/T 5087—2005 含硫油气井安全钻井推荐作法[S].
 - SY/T 5087—2005 Recommended practice for safe drilling operations involving hydrogen sulfide[S].
 - [8] SY/T 6868—2012 钻井作业用防喷设备系统推荐作法[S].
 - SY/T 6868—2012 Recommended practice for blowout prevention equipment systems for drilling wells[S].
 - [9] 张桂林. 关于两个井控争议问题的讨论[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(5):8-12.
 - Zhang Guilin. Discussion on two well control issues[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(5):8-12.
 - [10] 孙孝真. 实用井控手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010: 58-60.
 - Sun Xiaozhen. Practical well control manual[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010: 58-60.
 - [11] 集团公司井控培训教材编写组. 钻井井控设备[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2008: 79-81.
 - Sinopec well control training textbook compilation group. Drilling well control equipment[M]. Dongying: China University of Petroleum Press, 2008: 79-81.

[编辑 令文学]