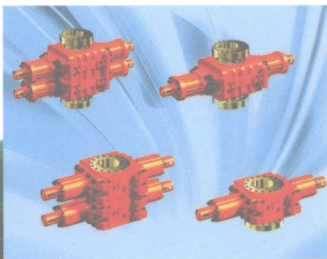


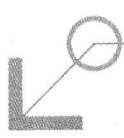
中国石油化工集团公司井控培训教材



# 钻井井控设备

集团公司井控培训教材编写组 编

中国石油大学出版社



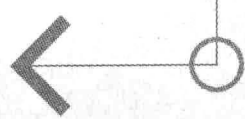
中国石油化工集团公司井控培训教材



# 钻井井控设备

ZUANJING JINGKONG SHEBEI

集团公司井控培训教材编写组 编



中国石油大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

钻井井控设备/集团公司井控培训教材编写组编. —东营: 中国石油大学出版社, 2008. 7

中国石油化工集团公司井控培训教材

ISBN 978-7-5636-2606-9

I. 钻… II. 集… III. 井控技术—控制设备—技术培训—教材 IV. TE92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 099633 号

丛 书 名: 中国石油化工集团公司井控培训教材

书 名: 钻井井控设备

作 者: 集团公司井控培训教材编写组

---

责任编辑: 邵 云(电话 0546—8391282)

封面设计: 九天设计(电话 0546—8773275)

---

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: [sanbianshao@126.com](mailto:sanbianshao@126.com)

印 刷 者: 山东新华印刷厂德州厂

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8392565, 8399580)

开 本: 185×260 印张: 12.625 字数: 313 千字 插页: 4

版 次: 2008 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

# 集团公司井控培训教材编写组

组 长 雍自强

副组长 赵金洲 孙清德 唐大鹏 戴 靖 何开平

徐 进 王程忠 陈网根 刘 刚

成 员 (按姓氏笔画排序)

王齐华 王学良 牛建新 牛新民 卢 永

叶金龙 朱澄清 刘宝书 刘宪春 许银龙

孙启忠 李文生 李占英 李国卿 李孟杰

肖春鸿 何惟国 汪金卢 汪海松 张之悦

张礼峰 张志良 张桂林 陈 旭 陈薇芬

苗锡庆 范喜群 林雍森 明柱平 罗开林

罗裕强 胡群爱 徐德安 黄廷胜 颜廷杰

薛建国 魏文忠

井控是石油天然气勘探开发业务中安全工作的重点。一旦发生井喷,轻者会使井下情况复杂化,对油气资源造成损害;重者会导致井喷失控,使油气资源受到严重的破坏,易酿成火灾,造成人员伤亡、设备毁坏、油气井报废,使自然环境受到污染,直接危及企业和国家的形象。做好井控工作,防止井喷,尤其是防止井喷失控事故的发生,事关人民群众和现场施工人员的生命安全,事关构建和谐社会的大局。井控工作搞好了,既能够避免发生重特大井喷事故,又能够确保取得预期的油气成果,提高经济效益。

为了提高井控培训效果,集团公司油田经营管理部牵头组织有关部门、院校、油田企业井控专家,在现有井控培训教材的基础上,结合当前井控新标准、新装备、新技术、新理论和施工中遇到的高压、高含硫化氢、易喷、易漏等难题,编写了这套集团公司井控培训专用教材,本教材可满足钻井、作业、测录井等不同专业以及设计、管理、技术、操作、维修等不同岗位人员对井控培训的需要,也可作为从事井筒工作人员的自学用书。

希望广大干部职工认真学习,在井控工作中坚持“以人为本”的科学发展观,认真贯彻“安全第一,预防为主,综合治理”的方针,不断提高井控意识和技能,全面做好井控安全工作。

中国石油化工集团公司党组成员、副总经理



2008年7月8日

# 前 言

井控技术是石油与天然气勘探开发技术的一个重要组成部分,已经有越来越多的人认识到,为了安全优质地实施快速钻井,必须把井控技术作为研究和发展的主要内容,特别是近几年,随着国家对安全生产工作的日益重视,石油行业各部门也把井控工作提升到了一个前所未有的高度。井控工作已深入到石油勘探开发生产的各个领域,特别是钻井和井下作业,更是把井控工作放在首要位置。在这种背景下,为了进一步搞好井控培训工作,中国石化集团公司油田经营管理部组织编写了《钻井井控工艺技术》、《钻井井控设备》和《井下作业井控技术》系列井控技术培训教材。

《钻井井控设备》由中国石油大学周广陈,集团公司油田经营管理部李占英,胜利石油管理局张桂林、张之悦负责统编和审核。其中第一章、第二章、第四章由颜廷杰编写;第三章由王强编写;第五章、第六章由韩进霞编写;第七章由肖春鸿编写;第八章由张合倩编写;第九章由陈旭编写;第十章由张礼峰编写;第十一章由刘刚编写。

本书在编写过程中,得到了集团公司,胜利、中原、江汉、河南、江苏、华东、西南、西北、华北等油气田领导、专家和工程技术人员的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢!

由于时间仓促,水平有限,书中难免会有错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2008年7月

# 目 录

第一章 概 述 .....	1
第一节 井控装置的功用与组成 .....	1
第二节 液压防喷器的特点 .....	3
第三节 防喷器的最大工作压力、公称通径与型号 .....	4
第二章 环形防喷器 .....	9
第一节 环形防喷器的功用和类型 .....	9
第二节 环形防喷器技术规范及使用 .....	13
第三章 闸板防喷器 .....	17
第一节 闸板防喷器的功用 .....	17
第二节 闸板防喷器的结构 .....	17
第三节 剪切闸板 .....	20
第四节 工作原理与结构特点 .....	21
第五节 闸板防喷器的侧门 .....	23
第六节 防喷器的锁紧及活塞杆的二次密封装置 .....	25
第七节 常用闸板防喷器的技术规范及合理使用 .....	29
第四章 旋转防喷器 .....	33
第一节 旋转防喷器的功用、基本组成与结构 .....	33
第二节 旋转防喷器控制系统 .....	40
第三节 分流系统 .....	42
第五章 套管头、四通与法兰 .....	45
第一节 套管头 .....	45
第二节 四通 .....	58
第三节 法兰 .....	60
第六章 液压防喷器控制系统 .....	67
第一节 概述 .....	67
第二节 防喷器控制装置结构及工作原理 .....	69
第三节 FKQ800-7B 控制装置 .....	73

第四节	防喷器控制装置的安装与调试 .....	77
第五节	防喷器控制装置的使用与维护 .....	79
第六节	控制装置主要部件 .....	82
<b>第七章</b>	<b>井控管汇 .....</b>	<b>102</b>
第一节	节流压井管汇 .....	104
第二节	节流压井管汇的主要阀件 .....	109
<b>第八章</b>	<b>钻具内防喷工具 .....</b>	<b>118</b>
第一节	旋塞阀 .....	118
第二节	钻具止回阀 .....	121
第三节	钻具旁通阀 .....	130
<b>第九章</b>	<b>设备安装、试压及日常检查 .....</b>	<b>132</b>
第一节	井控设备的布置及安装 .....	132
第二节	井控设备的试压 .....	134
<b>第十章</b>	<b>井控辅助设备 .....</b>	<b>140</b>
第一节	钻井液气体分离器 .....	140
第二节	除气器 .....	145
第三节	钻井液液面监测装置 .....	149
第四节	起钻灌钻井液装置 .....	152
第五节	不压井起下钻装置简介 .....	154
第六节	检测仪器仪表 .....	159
第七节	其他装置 .....	162
<b>第十一章</b>	<b>水下防喷器 .....</b>	<b>167</b>
第一节	海上井控装备的功能及组成 .....	167
第二节	水下防喷器组合要求 .....	169
第三节	防喷器控制系统 .....	171
第四节	常用的防喷器控制系统 .....	175
第五节	井控装置的其他主要部件及附件 .....	182
第六节	隔水管系统 .....	184
第七节	井控装置试压 .....	187
<b>参考文献</b>	.....	<b>192</b>



# 第 1 章

## 概 述

Chapter One

在油气井钻井过程中,如果井底压力低于地层压力,地层中的流体就会进入井筒中。大量地层流体进入井筒后,就有可能产生井涌、井喷,乃至井喷失控、着火等,造成钻井设备损坏、环境污染、地下油气资源破坏,甚至危及作业人员、周围居民的生命和油气井安全。井控设备为安全钻井提供了保障,对保护钻井人员、钻井设备以及油气井的生产安全起到了重要作用,从而使油气田的勘探与开发获得更好的经济效益。

### 第一节 井控装置的功用与组成

井控设备系指用在钻井过程中监测、控制和处理井涌及井喷的装置。包括钻进井口设备、控制防喷设备、处理设备和其他连接部件。

#### 井控设备的功用

为了满足油气井压力控制的要求,井控设备必须能对地层压力、地层流体、井下主要施工参数等进行准确的监测和预报。当发生溢流、井喷时,能迅速控制井口、节制井眼中流体的排放,并及时泵入压井液使之在维持稳定的井底压力条件下重建井底与地层之间的压力平衡。即使发生井喷、井喷失控乃至着火事故,也具备一定的处理条件。井控设备作为安全作业的重要手段,目前已日臻完善。因此,标准配套的井控设备应具有以下功用:

(1) 监测、报警。通过对油气井检测和报警,及时发现井喷预兆,尽快采取控制措施。

(2) 防止井喷。保持井筒内钻井液静液柱压力始终略大于地层压力,防止溢流及井喷条件的形成。

(3) 迅速控制井喷。溢流或井喷发生后,迅速关井控制住井口,并实施循环,排除溢流和压井作业,对油气井重新建立压力平衡。

(4) 处理复杂情况。在油气井失控的情况下,进行灭火抢险等处理作业。

显然,井控设备是对油气井实施压力控制的关键手段,是实现安全钻井的可靠保证,是钻井设备中必不可少的装备。

#### 井控设备的配套与组成

井控设备主要包括七个部分,典型的井控设备组成如图 1-1 所示。

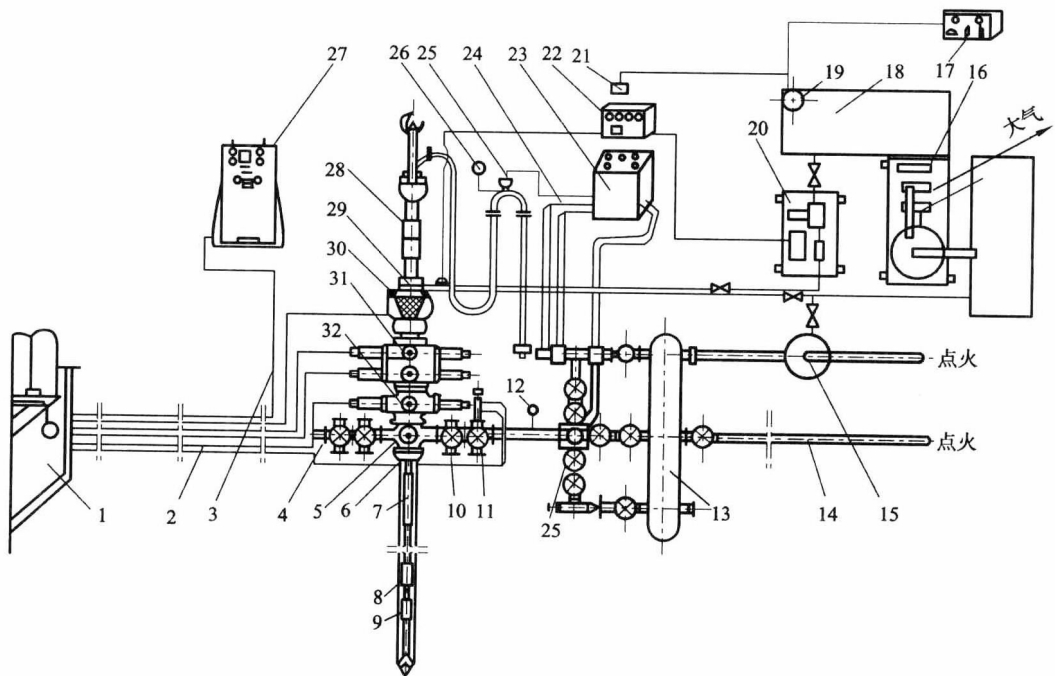


图 1-1 井控设备配套示意图

- 1—防喷器远程控制台；2—防喷器液压管线；3—防喷器气管束；4—压井管汇；5—四通；6—套管头；  
7—方钻杆下旋塞；8—旁通阀；9—钻具止回阀；10—手动闸阀；11—液动闸阀；12—磁管压力表；13—节流管汇；  
14—放喷管汇；15—钻井液气体分离器；16—真空除气器；17—钻井液液面监测仪；18—钻井液罐；  
19—钻井液液面监测装置传感器；20—自动灌钻井液装置；21—钻井液液面报警器；22—自灌装置报警箱；  
23—节流管汇控制箱；24—节流管汇控制管线；25—压力传感器；26—立管压力表；27—防喷器司钻控制台；  
28—方钻杆上旋塞；29—溢流管；30—万能防喷器；31—双闸板防喷器；32—单闸板防喷器

(1) 井口装置,又称井口防喷器组。主要包括液压防喷器组、手动锁紧装置、套管头、钻井四通、过渡法兰等。

(2) 防喷器控制系统。主要包括司钻控制台、远程控制台、辅助遥控台等。

(3) 井控管汇。主要包括节流管汇、压井管汇、防喷管线、放喷管线、注水及灭火管线、反循环管线、点火装置等。

(4) 钻具内防喷工具。主要包括钻具止回阀(箭形止回阀、球形止回阀、投入式止回阀及插杆式止回阀)、旋塞阀、钻具安全阀和旁通阀等。

(5) 井控仪器仪表。主要包括循环罐液面监测报警仪、返出流量监测报警仪、有毒有害及易燃易爆气体检测报警仪、密度监测报警仪、返出温度监测报警仪、井筒液面监测报警仪、泵冲等参数监测报警仪等。

(6) 钻井液加重、除气、灌注设备。主要包括钻井液加重设备、液-气分离器、真空除气器、起钻自动灌液装置等。

(7) 特殊井控设备。主要包括强行起下钻装置、旋转防喷器、灭火设备、拆装井口设备及工具等。

一般情况下,应首先配齐前六个部分的井控装置,第七部分特殊井控设备和工具是进

行特殊作业所需要的,通常井队不予配备。由于各油气田井控技术的差异和油气层状况的不同,以及设备供应能力的不同,其井控设备配备完善程度方面也不相同。

井控设备的遥控方式可采用液动、气动或电动遥控。现场主要采用气控(机械钻机或电动钻机)和电控(电动钻机)。

## 第二节 液压防喷器的特点

防喷器是井控设备的核心组件,防喷器质量和性能的好坏直接影响着油气井压力控制的成败。上个世纪 50 年代,我国石油钻井系统主要采用了手动防喷器。手动防喷器由于技术落后、性能差、耐压低等原因,已逐步被淘汰。我国于上世纪 70 年代初研制成功液压防喷器,逐步取代了手动防喷器。液压防喷器主要有以下特点:

### 一 关井动作迅速

口径小于 476 mm 的环形防喷器,关闭时间不超过 30 s;口径大于或等于 476 mm 的环形防喷器,关闭时间不超过 45 s;使用后的胶芯能在 30 min 内恢复原状。闸板防喷器关闭时间不大于 10 s,闸板打开后能完全退到壳体内。

### 二 操作方便

液压防喷器利用液压油以液压传动的方式迫使胶芯与闸板等封井元件动作,而不是采用纯机械传动的方法,因此操作省力、简便。操作者只需在钻台上扳动空气换向阀就能使液压防喷器迅速开关动作。在钻台上无法靠近或司钻控制台遥控失灵时,可以在离井口 25 m 以远的安全距离直接控制井口液压防喷器及液压放喷阀的开、关,实现对井口的控制。

### 三 安全可靠

液压防喷器的壳体耐压能力高,各处密封抗磨耐用,工作时安全可靠。液压防喷器除了可以用遥控和远程控制外,还配备了手动锁紧装置,保证在密封的情况下锁紧关闭的闸板不会自行打开。

### 四 现场维修方便

拆装更换闸板或胶芯省时、省力。当发现密封元器件严重磨损后,在现场条件下可以及时进行更换。

### 第三节 防喷器的最大工作压力、公称通径与型号

#### 一、防喷器的最大工作压力、公称通径

防喷器的最大工作压力又称防喷器的额定工作压力,是指防喷器在井口工作时能够承受的最大井压,其单位用兆帕(MPa)表示。目前我国液压防喷器共有六个压力级别,即14 MPa、21 MPa、35 MPa、70 MPa、105 MPa、140 MPa。

防喷器的公称通径是指液压防喷器能通过的最大钻具的外径。防喷器组合通径必须一致,其大小取决于井身结构设计中的套管尺寸。防喷器公称通径必须略大于连接套管直径。目前我国钻井用液压防喷器的通径共有10种,即180 mm、230 mm、280 mm、346 mm、426 mm、476 mm、528 mm、540 mm、680 mm、762 mm。

目前常用防喷器的公称通径、压力级别与套管直径的组合见表1-1。

表1-1 防喷器公称通径、压力级别与套管公称直径的配套组合

公称通径 /mm(in)	最大工作压力/MPa					
	14	21	35	70	105	140
套管直径/mm						
18 (7 $\frac{1}{8}$ )	114.3~177.8					
230(9)	193.7~219.1					
280(11)	219.1~244.5				219.1	
					244.5	
346(13 $\frac{3}{8}$ )	298.4~339.7				273.1	
					298.4	
426(16 $\frac{3}{4}$ )	406.4					
476(18 $\frac{3}{4}$ )	—				473.1	
528(20 $\frac{3}{4}$ )	—		508.0		—	
540(21 $\frac{1}{4}$ )	580.0		—			
680(26 $\frac{3}{4}$ )	580.0		—			
762(30)	580.0		—			

#### 二、液压防喷器的型号

自1985年起,我国液压防喷器采用新型号表示。

- (1) 环形防喷器。球形胶芯类:FH;锥形胶芯类:FHZ。
- (2) 双环形防喷器:2FH。
- (3) 闸板防喷器。单闸板防喷器:FZ;双闸板防喷器:2FZ;三闸板防喷器:3FZ。
- (4) 四通:FS。

例如：FH35-35 表示通径为 346 mm、压力级别为 35 MPa 的环形防喷器；FZ28-35 表示通径为 280 mm、压力级别为 35 MPa 的单闸板防喷器；2FZ28-70 表示通径为 280 mm、压力级别为 70 MPa 的双闸板防喷器；3FZ35-21 表示额定工作压力为 21 MPa、公称通径为 346 mm 的三闸板防喷器。

防喷器通径代号与公称尺寸的对应关系见表 1-2。

表 1-2 防喷器通径代号与公称尺寸

通径代号	公称尺寸/mm (in)	通径代号	公称尺寸/mm (in)
18	180(7 $\frac{1}{8}$ )	48	476(18 $\frac{3}{4}$ )
23	230(9)	53	528(20 $\frac{3}{4}$ )
28	280(11)	54	540(21 $\frac{1}{4}$ )
35	346(13 $\frac{3}{8}$ )	68	680(26 $\frac{3}{4}$ )
43	426(16 $\frac{3}{4}$ )	76	762(30)

### 井口防喷器及节流压井管汇的组合形式

合理选用井控设备组合，是安全、顺利、高效钻井的重要环节。液压防喷器组合、井控管汇及阀件组合的选择，包括压力级别、公称尺寸（通径）、组合形式及控制系统的控制点数等。影响液压防喷器组合选择的因素主要有：井的类别、地层压力、套管尺寸、地层流体类型（是否含硫化氢等）、工艺技术要求、物资供应状况以及环境保护要求等。总的要求是：能实现近平衡钻井，确保钻井安全和节省钻井费用。

(1) 防喷器压力等级应与裸眼井段中的最高地层压力相匹配，并根据不同井下情况选用各次开钻防喷器的尺寸系列和组合形式。

① 选用的压力等级为 14 MPa 时，其防喷器组合有五种形式供选择，如图 1-2~1-6 所示。

② 选用的压力等级为 21 MPa 和 35 MPa 时，其防喷器组合有三种形式供选择，如图 1-7~1-9 所示。

③ 选用的压力等级为 70 MPa 和 105 MPa 时，其防喷器组合有五种形式供选择，如图 1-10~1-14 所示。

④ 在高含硫、高压地层和区域探井的钻井井口防喷器上应安装剪切闸板，如图 1-15 所示。

(2) 节流管汇的压力等级和组合、连接形式应与全井防喷器最高压力等级相匹配，相关内容将在本书第七章详细讲述。

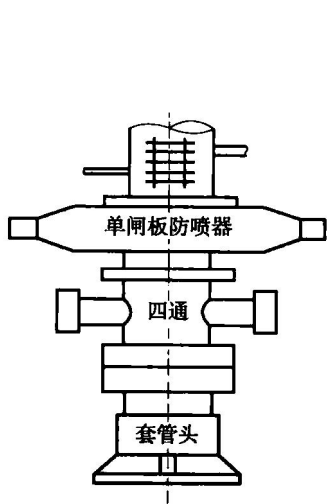


图 1-2 14 MPa  
防喷器组合形式(一)

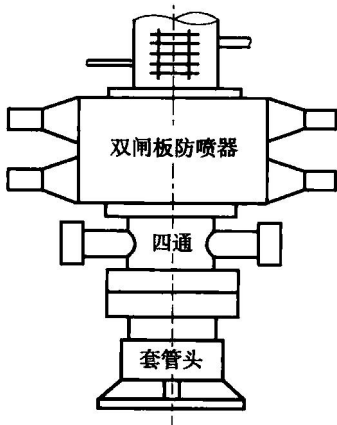


图 1-3 14 MPa  
防喷器组合形式(二)

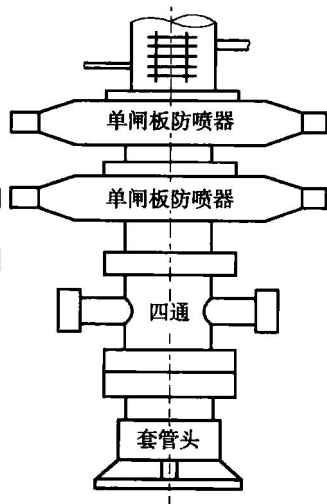


图 1-4 14 MPa  
防喷器组合形式(三)

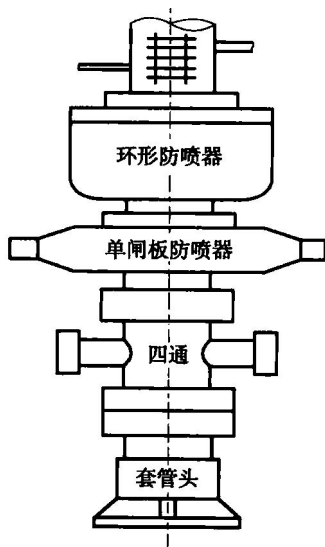


图 1-5 14 MPa  
防喷器组合形式(四)

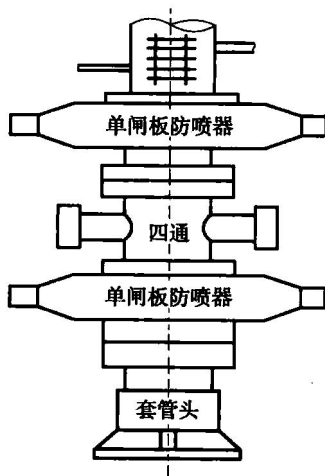


图 1-6 14 MPa  
防喷器组合形式(五)

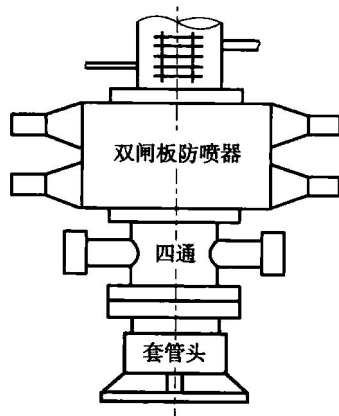


图 1-7 21 MPa和35 MPa  
防喷器组合形式(一)

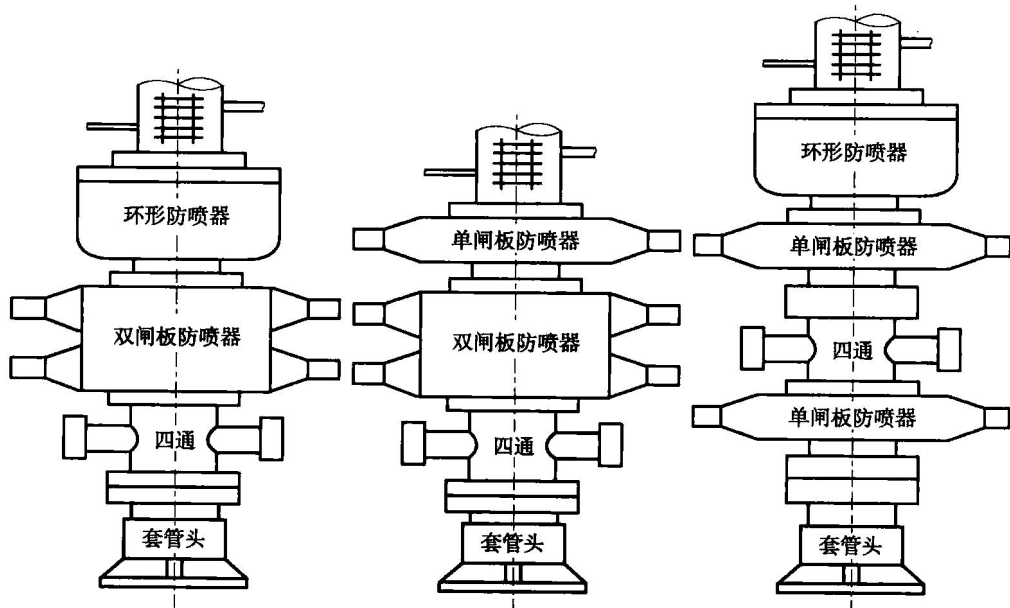


图 1-8 21 MPa 和 35 MPa 防喷器组合形式(二)

图 1-9 21 MPa 和 35 MPa 防喷器组合形式(三)

图 1-10 70 MPa 和 105 MPa 防喷器组合形式(一)

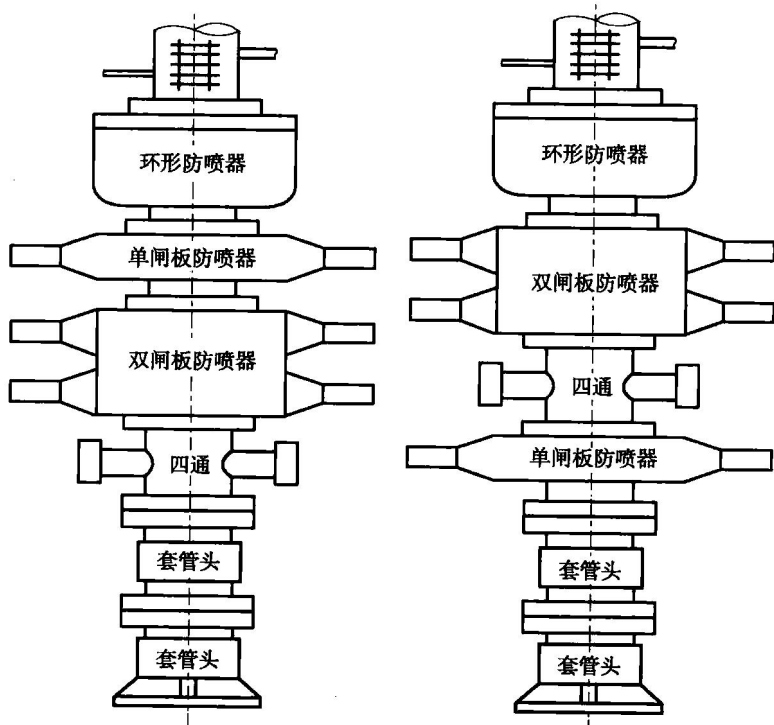


图 1-11 70 MPa 和 105 MPa 防喷器组合形式(二)

图 1-12 70 MPa 和 105 MPa 防喷器组合形式(三)

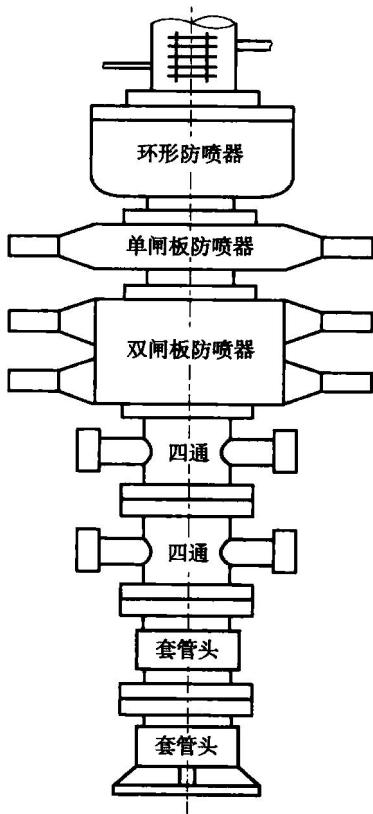


图 1-13 70 MPa 和 105 MPa  
防喷器组合形式(四)

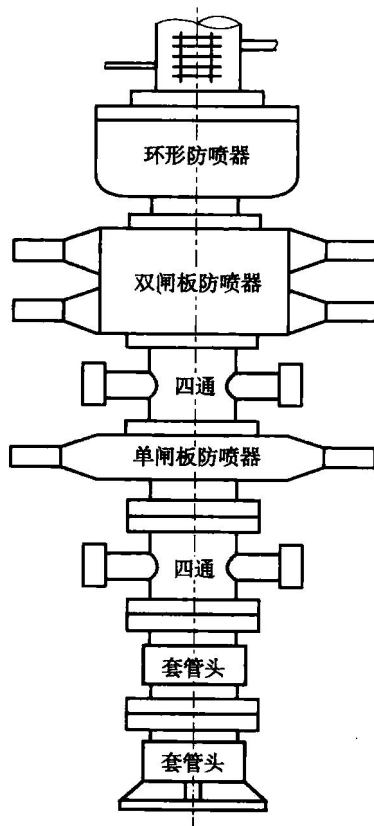


图 1-14 70 MPa 和 105 MPa  
防喷器组合形式(五)

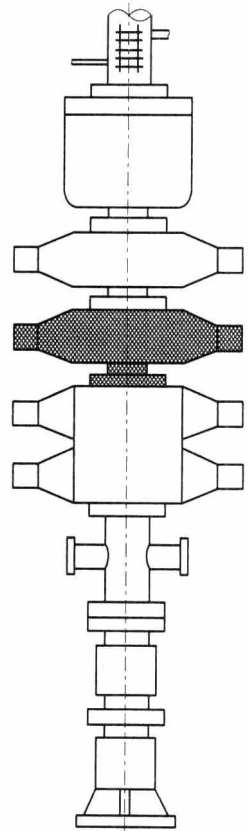


图 1-15 剪切闸板  
配备图

## 复习思考题

1. 何谓井控设备？
2. 井控设备有哪些功用？
3. 井控设备由哪些部分组成？
4. 液压防喷器的特点有哪些？
5. 环形防喷器和闸板防喷器的关闭时间分别是多少？
6. 液压防喷器的最大工作压力级别有哪几种？
7. 液压防喷器的公称通径有哪些？
8. 如何识别液压防喷器的型号？
9. 压力等级为 70 MPa 和 105 MPa 的防喷器组合有哪几种形式可供选择？
10. 在何种情况下应配套安装剪切闸板？



## 第 2 章

Chapter Two

# 环形防喷器

### 第一节 环形防喷器的功用和类型

环形防喷器是因其封井元件——胶芯呈环状而得名。封井时,环形胶芯被迫向井眼中心集聚、环抱钻具。环形防喷器常与闸板防喷器配套使用。

#### 一、环形防喷器的功用

环形防喷器必须配备液压控制系统才能安全使用。地面防喷器组合中一般只配备一个环形防喷器,并与闸板防喷器配套使用。环形防喷器的具体功用如下:

(1) 在钻进、取心、下套管、测井、完井等作业过程中发生溢流或井喷时,能有效封闭方钻杆、钻杆、钻杆接头、钻铤、取心工具、套管、电缆、油管等工具与井筒所形成的环形空间。

(2) 当井内无管柱时能全封闭井口,即“封零”。环形防喷器现场操作中不推荐做封零试验。

(3) 在使用减压调压阀或缓冲储能器的情况下,能通过  $18^\circ$  台肩的对焊钻杆接头进行强行起下钻作业。强行起下钻具时,关井压力应适当降低,起下速度不大于  $0.2 \text{ m/s}$ ,可允许胶芯与钻杆之间有少量泄漏以利于润滑。能否进行强行起下钻具作业,还必须考虑井下情况和安全施工的条件。

#### 二、环形防喷器的类型

现场常用环形防喷器的类型,按其密封胶芯的形状可分为锥形环形防喷器、球形环形防喷器和组合环形防喷器。环形防喷器主要由顶盖、壳体、胶芯、活塞等组成(如图 2-1、2-2 和 2-3 所示)。

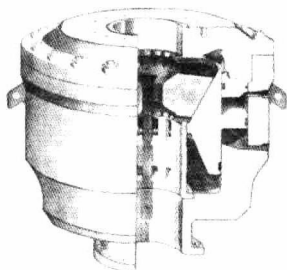


图 2-1 锥形环形防喷器

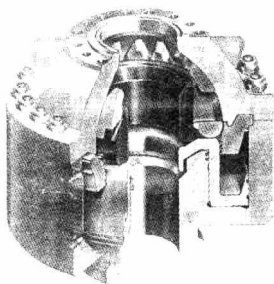


图 2-2 球形环形防喷器

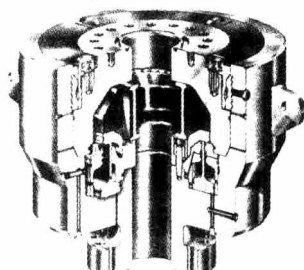


图 2-3 组合环形防喷器