

中国石油天然气总公司
井控培训教材

孙振纯 王守谦 徐明辉 编



井控设备



石油工业出版社

井
控
设
备

石
油
工
业

石油大学(北京)

E92

013

登录号	126197
分类号	TE92
种次号	013

中国石油天然气总公司井控培训教材

井 控 设 备

孙振纯 王守谦 徐明辉 编



石油0122238

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书较详细地论述了井控专用设备——各种井口防喷器、控制装置、节流压井管汇、钻具内防喷工具、钻井液气体分离器与自动灌注钻井液装置的功用及技术规范，并介绍了设备的安装与试压及常规检查工作。对于那些具有双重“身份”的井控设施，如加重钻井液装置、泥浆罐液面监测仪等，本书不再介绍。鉴于我国陆上钻井所用防喷器及其控制装置多为国内生产，国产标准节流压井管汇亦渐普及，因此，本书以阐述国产设备为主要内容。

本书是钻井工程人员取得井控操作合格证的专用培训教材，同时也可作为石油院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

井控设备/孙振纯等编. —北京: 石油工业出版社,
1997.9

中国石油天然气总公司井控培训教材

ISBN 7-5021-2146-3

I. 井…

II. 孙…

III. 油气钻井-控制设备-技术培训-教材

IV. TE92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 19780 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

煤炭工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 $7\frac{1}{4}$ 印张 186 千字 印 1—15000

1997 年 9 月北京第 1 版 1997 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2146-3/TE·1800

定价: 16.00 元

前 言

随着油气勘探开发领域的不断延伸扩大，从陆上到滩涂浅海，从浅层到深层，钻井难度越来越大，对井控技术和钻井人员素质的要求越来越高。目前，已经有越来越多的人认识到，在科学钻井技术得到广泛应用和钻井总体技术水平日益提高的今天，仍寄希望于靠井喷来发现油气层的认识是不正确的。为了对付复杂的地层，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重要内容。只有对油气井的控制技术发展了，人员的井控素质提高了，才能有效地实施近平衡压力钻井，才能真正有效地发现油气层和保护油气层。也就是说，井控技术是实施近平衡钻井乃至欠平衡钻井的保障，而实施近平衡钻井是发现油气层和保护油气层的关键。

近十多年来，我国井控技术和井控工作发展很快。全国各油田为适应不断发展的井控培训工作的需要，都陆续建立起了井控培训点，第一轮和第二轮的培训正在深入展开。井控教材、教具、教师队伍和井控教学辅助设备的建设初具规模。80年代编写的井控教材在培训教学中发挥了积极的作用，但是，随着井控技术的不断发展和更新，尤其是随着钻井走向国际市场以后，对井控培训和培训教材的内容提出了更高的要求。这样，原有的井控培训教材已不能适应井控技术发展的需要，编写适应现代井控工作要求、可供全国各油田使用的教材已成为当务之急的工作。为此，我们在参考美国 IMCO 公司井控培训教材的基础上，结合我国井控技术发展的实际情况编写了这套教材。为使本套井控教材更具有国际性、先进性和可操作性，我们先后组织各油田井控培训点的 30 多位教师逐章节地进行了讨论，并多次征求各油田具有多年井控经验的钻井专家的意见，反复进行了修改和补充，力求做到内容完善、逻辑严谨。

本套教材是钻井工程人员取得井控操作合格证的专用培训教材，同时也可作为石油院校相关专业的参考书和油田各级领导、工程技术人员、安全环保人员的自学用书。

在教材编写过程中，得到了我国石油钻井界的老专家、工程技术人员、石油院校和石油工业出版社的大力支持和帮助，在此一并表示感谢！尽管我们做了最大的努力，力求使其严谨、完善，但由于水平有限，难免有错误之处，恳请读者批评指正。

编者

一九九七年三月六日

目 录

第一章 井控设备概述	(1)
一、井控设备的功用.....	(1)
二、井控设备的组成.....	(1)
三、液压防喷器的特点.....	(3)
四、液压防喷器的最大工作压力与公称通径.....	(3)
五、液压防喷器的型号.....	(4)
六、井口防喷器的组合.....	(5)
复习思考题.....	(8)
第二章 环形防喷器	(9)
一、环形防喷器的功用.....	(9)
二、环形防喷器的类型.....	(9)
三、锥型胶芯环形防喷器.....	(9)
四、球型胶芯环形防喷器.....	(12)
五、组合胶芯环形防喷器.....	(13)
六、环形防喷器的比较.....	(14)
七、环形防喷器的技术规范.....	(14)
八、环形防喷器的合理使用.....	(15)
复习思考题.....	(17)
第三章 闸板防喷器	(19)
一、闸板防喷器的功用.....	(19)
二、闸板防喷器的类型.....	(19)
三、闸板防喷器的结构概况.....	(20)
四、闸板防喷器的工作原理与结构特点.....	(22)
五、闸板防喷器的侧门.....	(24)
六、闸板防喷器的机械锁紧装置.....	(27)
七、活塞杆的二次密封装置.....	(32)
八、常用闸板防喷器的技术规范.....	(33)
九、闸板防喷器的合理使用.....	(34)
复习思考题.....	(34)
第四章 旋转防喷器	(37)
一、概述.....	(37)
二、FS12—50 旋转防喷器.....	(38)
复习思考题.....	(40)
第五章 控制装置	(41)

一、概述	(41)
二、控制装置工作原理	(42)
三、FKQ4005A 控制装置	(45)
四、控制装置主要部件	(48)
五、控制装置现场调试	(71)
六、控制装置正常工作时的工况	(73)
七、控制装置常见故障与处理	(74)
八、FKQ—7 控制装置	(75)
九、CH6U—72 控制装置	(77)
复习思考题	(82)
第六章 节流与压井管汇	(85)
一、概述	(85)
二、节流压井管汇的功用	(86)
三、节流压井管汇的最大工作压力与公称通径	(86)
四、节流压井管汇的组合形式	(87)
五、节流压井管汇的主要阀件	(88)
六、液动节流管汇与液控箱	(92)
复习思考题	(97)
第七章 设备的安装与试压以及常规活动检查	(99)
一、设备的布局	(99)
二、安装要求	(99)
三、设备出厂前试压与密封性能试验	(100)
四、设备在井场的整体试压检查	(101)
五、设备的常规活动检查	(102)
复习思考题	(102)
第八章 钻具内防喷工具	(103)
一、方钻杆球阀	(103)
二、钻杆回压凡尔	(103)
三、投入式单向阀	(104)
复习思考题	(105)
第九章 钻井液气体分离器与自动灌注钻井液装置	(106)
一、钻井液气体分离器	(106)
二、自动灌注钻井液装置	(107)
复习思考题	(109)

第一章 井控设备概述

我国的石油与天然气工业，经过几十年来的创业与开拓，已经获得了举世瞩目的巨大发展。在当前改革大潮的推动下，石油与天然气的钻井工艺技术更是不断改进与革新并日趋科学化。钻井设备，做为钻井工程的手段，也不断地改进与完善；近些年，钻井参数仪表、钻井液净化设备以及井控设备发展得尤为迅速。目前，井控设备已由单一的老式手动防喷器发展成一套完整的井控设备系统。井控设备为安全钻井提供了保障，保护了钻井人员、钻井设备以及油气井的生产安全，使油气田的勘探与开发获得更好的效益。

一套设备的优劣与其服务质量可从四个方面来评估：一是设计；二是材质；三是加工制造；四是维护和使用。当设备制造出来以后，维护和使用就成了设备好坏的关键因素。如果井控设备安装、维护、使用不当，那么这些设备就等于虚设，就有井喷、着火等重大事故隐患的威胁。当前，由于对井控设备的安装、维护、使用不当而导致的大小事故，每年仍时有发生。因此，钻井人员对井控设备必须具有一定的基础知识和正确而熟练的操作技能，使井控设备发挥应有的效能，确保钻井工程的安全、优质与高速度，使我国的石油与天然气工业获得更大的发展。

一、井控设备的功用

在钻井过程中，为了防止地层流体侵入井内，总是使井筒内的钻井液静液柱压力略大于地层压力，这就是所谓对油气井的初级压力控制。但在钻井作业中，常因各种因素的变化，使油气井的压力控制遭到破坏而导致井喷，这时就需要依靠井控设备实施压井作业，重新恢复对油气井的压力控制。有时井口设施严重损坏，油气井失去压力控制，这时就需采取紧急抢救措施，对油气井进行抢救。因此，井控设备是实施油气井压力控制技术的一整套专用设备、仪表与工具。

井控设备应具有以下功用：

- (1) 预防井喷。保持井筒内泥浆静液柱压力始终略大于地层压力，防止井喷条件的形成。
- (2) 及时发现溢流。对油气井进行监测，以便尽早发现井喷预兆，尽早采取控制措施。
- (3) 迅速控制井喷。溢流、井涌、井喷发生后，迅速关井，实施压井作业，对油气井重新建立压力控制。
- (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，对事故进行预防、监测、控制、处理的关键手段；是实现安全钻井的可靠保证；是钻井设备中必不可少的系统装备。

二、井控设备的组成

井控设备应包括以下设备、仪表与工具（图 1-1）：

- (1) 井口防喷器组——环形防喷器、闸板防喷器、四通等；
- (2) 控制装置——蓄能器装置、遥控装置；
- (3) 节流与压井管汇；
- (4) 钻具内防喷工具——方钻杆球阀、钻杆回压凡尔、投入式单向阀等；
- (5) 加重钻井液装置——重晶石粉混合漏斗装置、重晶石粉气动下料装置；
- (6) 起钻灌注钻井液装置；
- (7) 钻井液气体分离器；
- (8) 监测仪表——泥浆罐液面监测仪、甲烷、硫化氢检测器。

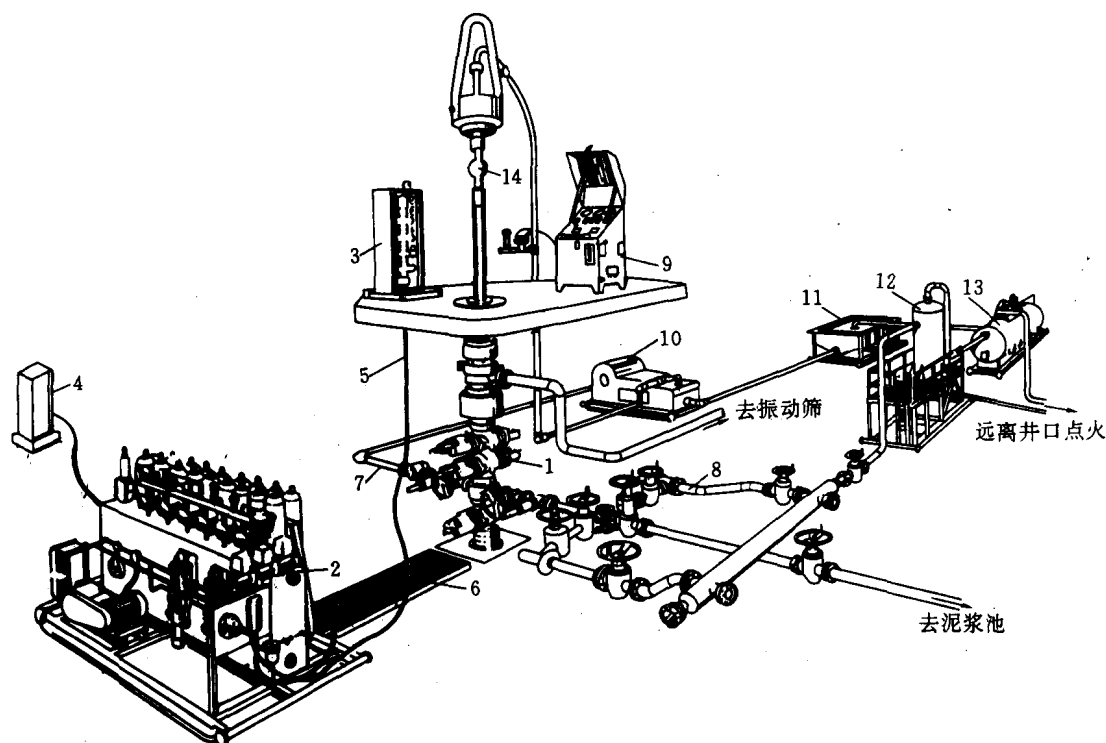


图 1-1 井控设备概况示意图

- 1—井口防喷器组；2—蓄能器装置；3—遥控装置；4—辅助遥控装置；5—气管束；
6—管排架；7—压井管汇；8—节流管汇；9—节流管汇液控箱；10—钻井泵；
11—泥浆罐；12—钻井液气体分离器；13—真空除气器；14—方钻杆上球阀

井控设备中的不压井起下钻加压装置与清障、灭火设备是进行特殊作业所需要的，通常井队不予配备。至于前述八项设施，钻井队理应配备齐全，但由于全国各油气田的井控技术发展不平衡，设备的供应能力不同，油气井的地质条件不同，因此具体井队所配备的井控设备，其完善程度并不相同。

目前，井队的井控设备是按生产技术需要以及设备的供应能力所配置。井深较浅的低压油井常常只配备有井口防喷器组、蓄能器装置、简易节流压井管汇，而较深的高压气井则配备齐全的井控设备。

我国陆上钻井所用防喷器与其控制装置多为国内生产，国产标准节流压井管汇亦渐普及，

因此在井控设备的阐述与讨论中以国产设备为基础内容。组成井控设备的设施虽然很多,但有些设施却具有双重“身份”,比如泥浆罐液面监测仪又隶属钻井参数仪表;加重钻井液装置又隶属钻井液配制设备,这些设备在相应的资料中都有详尽记叙,因此为突出重点,在井控设备的论述中以井控专用设备为研讨内容。

三、液压防喷器的特点

防喷器是井控设备的核心组件。众所周知,防喷器质量的优劣直接影响油气井压力控制的成败。50年代的旧式手动防喷器(仿苏 ППМ 型防喷器)由于手动开关费力;关井耗时多;耐压低;故障多;经常在紧急关井时封不住井而引起井喷失控,因此这种旧式手动防喷器皆已淘汰而以液压防喷器代替。

液压防喷器是我国70年代初研制成的新型防喷器。液压防喷器有以下四个特点。

1. 关井动作迅速

闸板防喷器利用液压能够在3~8s内实现关井;环形防喷器利用液压能够在30s以内实现关井。

环形防喷器由于液压油腔容积较大,关井动作所需输入的油量较多,进油花费时间较长,因此关井速度较闸板防喷器慢些,但与旧式手动防喷器相比仍然快得多。

2. 操作方便

液压防喷器利用液压油以液压传动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。

3. 安全可靠

液压防喷器的强度是可靠的,出厂前防喷器的壳体组件经过严格试压检验。

液压防喷器的封井机能是可靠的,出厂前防喷器的胶芯或闸板经过严格的密封性能试验。

液压防喷器的操作是可靠的,当司钻在钻台上操作失灵时,可迅速在蓄能器装置上操作,如果蓄能器装置液控失效,闸板防喷器还可以手动操作关井。

4. 现场维修方便

液压防喷器的胶芯或闸板是封井的密封元件,使用中易磨损失效。当发现这些密封元件严重磨损后,在现场条件下可以及时进行拆换。

四、液压防喷器的最大工作压力与公称通径

液压防喷器的最大工作压力是指防喷器安装在井口投入工作时所能承受的最大井口压力。最大工作压力是防喷器的强度指标。

液压防喷器的公称通径是指防喷器的上下垂直通孔直径。公称通径是防喷器的尺寸指标。

按中华人民共和国石油天然气行业标准 SY 5052—84《液压防喷器》规定,我国液压防喷器的最大工作压力共分为 5 级,即:14MPa、21MPa、35MPa、70MPa、105MPa。

SY 5052—84《液压防喷器》中规定我国液压防喷器的公称通径共分为 9 种,即:180mm、230mm、280mm、346mm、426mm、476mm、528mm、540mm、680mm。

最大工作压力与公称通径两个参数相互搭配所构成的液压防喷器,在 SY 5052—84《液压防喷器》中确定了 27 个品种的规格系列,见表 1-1。

表 1-1 我国液压防喷器的规格系列

公称通径		最大工作压力, MPa				
mm	in					
180	7 $\frac{1}{16}$		21	35	70	105
230	9		21	35	70	105
280	11	14	21	35	70	105
346	13 $\frac{5}{8}$		21	35	70	105
426	16 $\frac{3}{4}$	14	21	35	70	
476	18 $\frac{3}{4}$			35	70	
528	20 $\frac{3}{4}$		21			
540	21 $\frac{1}{4}$	14		35		
680	26 $\frac{3}{4}$	14	21			

液压防喷器在设计、制造以及选用时应遵循表 1-1 中所规定的规格系列。

目前,国内厂家所生产的液压防喷器,其最大工作压力为:14MPa、21MPa、35MPa、70MPa。至于 105MPa 压力等级的防喷器尚未研制,这是由于国内钻井深度一般都不到 7000m,超高压的液压防喷器尚不急需。

液压防喷器的公称通径虽有 9 种规格,但国内现场常用的公称通径多为 230mm (9")、280mm (11")、346mm (13 $\frac{5}{8}$ ")、540mm (21 $\frac{1}{4}$ ") 数种。

五、液压防喷器的型号

液压防喷器的最大工作压力与公称通径是两项主要技术参数,因此在防喷器的型号里应予以显示。

1985 年以前,我国的液压防喷器型号都是以 KPY 公称通径——最大工作压力表示,其中 KPY 为勘探用液压防喷器的汉语拼音字母。公称通径以 cm 单位表示并取其圆整值,最大工作压力则以 kgf/cm² 单位表示。如公称通径 230mm;最大工作压力 210kgf/cm² 的液压防喷器,其型号为 KPY23—210。由于这种型号无法区分防喷器的具体类型,况且其最大工作压力单位也不符合我国的法定计量单位标准,因此原石油工业部规定自 1985 年起液压防喷器采用新型号命名。

液压防喷器的新型号表示如下:

单闸板防喷器 FZ 公称通径—最大工作压力；

双闸板防喷器 2FZ 公称通径—最大工作压力；

三闸板防喷器 3FZ 公称通径—最大工作压力；

环形防喷器 FH 公称通径—最大工作压力；

型号的字头仍为汉语拼音字母组成。公称通径的单位仍为 cm 并取其圆整值。最大工作压力的单位则以 MPa 表示。

例如，公称通径 230mm，最大工作压力 21MPa 的单闸板防喷器，型号为 FZ23—21；公称通径 346mm，最大工作压力 35MPa 的双闸板防喷器，型号为 2FZ35—35；公称通径 280mm，最大工作压力 35MPa 的环形防喷器，型号为 FH28—35。

六、井口防喷器的组合

在钻井过程中，通常，油气井口所安装的部件自下而上的顺次为：套管头、四通、双闸板防喷器、环形防喷器、防溢管。

套管头装在套管上，用以承受井口防喷器组件的全部重量。

四通两翼连接节流与压井管汇。

防溢管则导引自井筒返回的钻井液流入震动筛。

由于油气井各自具体情况的差异，井口所装防喷器的类型、数量与上述情况并不一定相同。井口所装防喷器的类型、数量、压力等级、通径大小是由很多因素决定的，简述于下。

1. 防喷器公称通径的选择

液压防喷器的公称通径应与其套管头下的套管尺寸相匹配，以便通过相应钻头与钻具，继续钻井作业。

井深 2000~4000m 的油气井，其井身结构常为表层套管 339.7mm(13 $\frac{3}{8}$ ")；技术套管 244.5mm(9 $\frac{5}{8}$ ")；油气层套管 177.8mm(7")，因此与所下套管相应的井口防喷器公称通径为：

表层套管 339.7mm(13 $\frac{3}{8}$ ")，配装防喷器公称通径 346mm(13 $\frac{5}{8}$ ")；

技术套管 244.5mm(9 $\frac{5}{8}$ ")，配装防喷器公称通径 280mm(11")；

油气层套管 177.8mm(7")，配装防喷器公称通径 230mm(9")。

公称通径 230mm(9") 的防喷器，由于通径偏小，起下钻作业时钻具与防喷器相互碰挂，对钻具与防喷器双方都不利，因此在 177.8mm(7") 套管上仍常装公称通径 280mm(11") 的防喷器。

井深 4000~7000m 的深井，井身结构常为表层套管 508mm(20")；技术套管 339.7mm(13 $\frac{3}{8}$ ")与 244.5mm(9 $\frac{5}{8}$ ")；油气层套管 177.8mm(7")。因此与所下套管相应的井口防喷器公称通径为：

表层套管 508mm(20")，配装防喷器公称通径 504mm(21 $\frac{1}{4}$ ")；

技术套管 339.7mm(13 $\frac{3}{8}$ ")，配装防喷器公称通径 346mm(13 $\frac{5}{8}$ ")；

技术套管 244.5mm(9 $\frac{5}{8}$ ")，配装防喷器公称通径 280mm(11")；

油气层套管 177.8mm(7")，配装防喷器公称通径 280mm(11")。

液压防喷器虽然有 9 种公称通径尺寸，但是根据钻井工程的实际情况，常用公称通径多为上述数种。

2. 防喷器压力等级的选择

液压防喷器的压力等级标志着防喷器的耐压能力。井口上所装设的防喷器其压力等级应大于可能出现的预期井口最高压力，确保封井可靠，不致因耐压不够而导致井口失控。

对于生产油井，预期井口最高压力是以井喷时井筒内仍留有一半钻井液液柱估算的，即
预期井口最高压力 = 地层压力 - 一半井深钻井液液柱压力

对于探井、高压气井，预期井口最高压力是以井筒内已无钻井液，井筒完全掏空的条件估算的，即

预期井口最高压力 = 预计地层压力

根据我国油气田的地质情况以及多年的钻探经验，井深不足 2000m 的浅井，预期井口最高压力常低于 14MPa，因此液压防喷器的压力等级应选用 14MPa。井深 2000~4000m 的中深井，预期井口最高压力常在 21~35MPa 范围内，液压防喷器的压力等级应选用 21MPa 或 35MPa。井深 4000~7000m 的深井，预期井口最高压力可能高达 70MPa 或更高，液压防喷器的压力等级应选用 70MPa 或 105MPa。

3. 防喷器类型与数量的选择

在钻井作业中为适应各种情况迅速可靠地关井，井口所装防喷器常不止一个。在井筒中有钻具情况下应采用半封闸板关井；在井筒中无钻具情况下应采用全封闸板关井；在封井状态下进行强行起下钻作业宜采用环形防喷器。

由于受井架底座高度的限制，井口防喷器的数量也不能安置过多，尤其对于建井周期短的浅井，过多的防喷器将给安装与拆迁工作带来不便，影响经济效益。

井口防喷器的类型与数量应根据需要与可能合理确定。通常，深井、探井、高压气井井口防喷器的数量安装多些，以增加对油气井压力控制的可靠程度。对于浅井、生产井、低压油井井口防喷器数量可安装少些，以适应建井周期短、拆装运输简便的要求。同理，油气井在不同的井段其井口所装防喷器的类型与数量也是不同的。

按中国石油天然气总公司颁发的《石油与天然气钻井井控技术规定》，对于压力等级为 14MPa 的井口防喷器组有 4 种方案可供选择，即 1 台环形防喷器；1 台双闸板防喷器；2 台单闸板防喷器；1 台环形防喷器与 1 台单闸板防喷器。14MPa 井口防喷器组合形式如图 1-2 所示。

对于压力等级为 21MPa、35MPa 的防喷器组有 2 种方案可供选择，即 1 台环形防喷器与 1 台双闸板防喷器；1 台环形防喷器与 2 台单闸板防喷器。井口防喷器组合形式如图 1-3 所示。

对于压力等级为 70MPa、105MPa 的井口防喷器组有 3 种方案可供选择，如图 1-4 所示。

井口防喷器组中防喷器的类型、数量、压力等级、公称通径的选用综合举例如下：

井深 2000~4000m，预期井口最高压力 21~35MPa，套管 3 层。各井段井口防喷器组，自下而上应为：

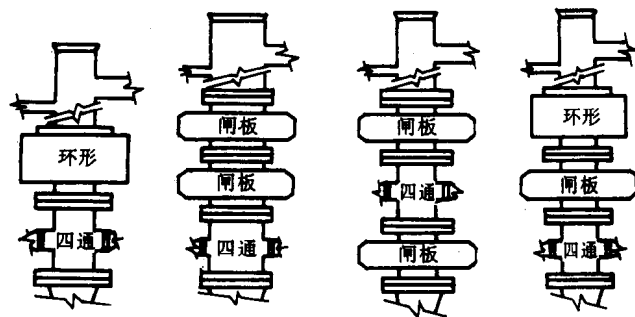


图 1-2 14MPa 井口防喷器组合形式

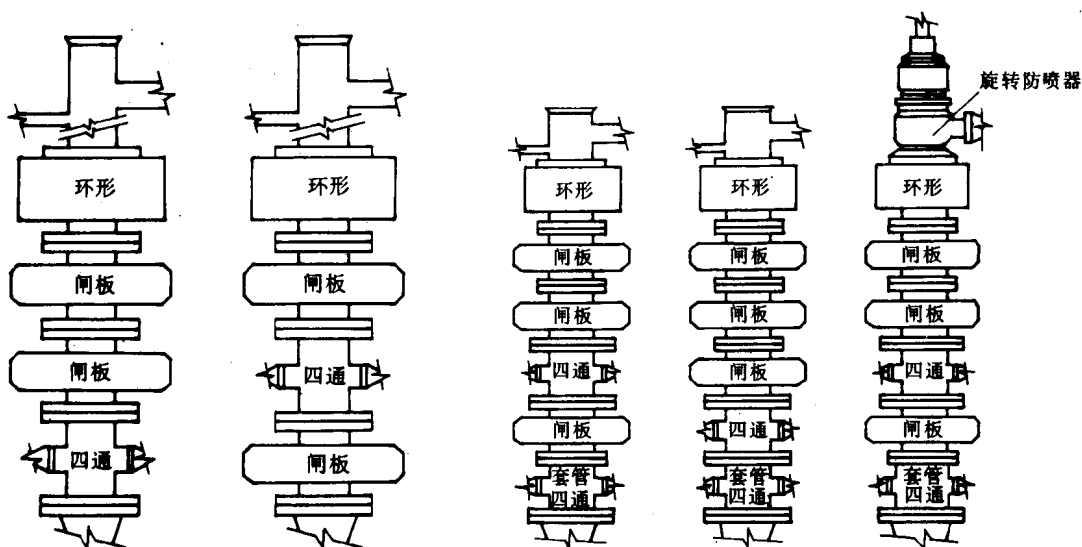


图 1-3 21MPa、35MPa 井口防喷器组合形式

图 1-4 70MPa、105MPa 井口防喷器组合形式

表层套管 339.7mm(13 $\frac{3}{8}$ "），井口防喷器组 $\boxed{2FZ35-21} \rightarrow \boxed{FH35-21}$ ；

技术套管 244.5mm(9 $\frac{5}{8}$ "），井口防喷器组 $\boxed{2FZ28-35} \rightarrow \boxed{FH28-35}$ ；

油气层套管 177.8mm(7")，井口防喷器组 $\boxed{2FZ28-35} \rightarrow \boxed{FH28-35}$ 。

井深 4000~7000m，预期井口最高压力低于 70MPa，套管四层。各井段井口防喷器组，自下而上应为：

表层套管 508mm(20")，井口防喷器组 $\boxed{FZ54-14} \rightarrow \boxed{FH54-14}$ ；

技术套管 339.7mm(13 $\frac{3}{8}$ "），井口防喷器组 $\boxed{2FZ35-35} \rightarrow \boxed{FH35-35}$ ；

技术套管 244.5mm(9 $\frac{5}{8}$ "），井口防喷器组 $\boxed{FZ28-70} \rightarrow \boxed{2FZ28-70} \rightarrow \boxed{FH28-35}$ ；

油气层套管 177.5mm(7")，井口防喷器组 $\boxed{FZ28-70} \rightarrow \boxed{2FZ28-70} \rightarrow \boxed{FH28-35}$ 。

深井井口防喷器组所装的环形防喷器，其最大工作压力通常都不超过 35MPa，这是由于环形防喷器只用于应急封井并不用于长期封井作业。环形防喷器在做短时应急封井时，通常预期井口压力都不太高，加以压力等级不超过 35MPa 的环形防喷器体积、重量都较小，有利

于安装与减轻井口组的负荷。

复习思考题

1. 什么叫井控设备？
2. 井控设备有哪些功用？
3. 井控设备都包括哪些设备？
4. 你们油气田井队所配备的井控设备都有哪些？
5. 为什么老式手动防喷器都已由液压防喷器所代替？
6. 液压闸板防喷器利用液压能够在几秒内迅速关井？
7. 环形防喷器利用液压能够在几秒内实现封井？
8. 我国液压防喷器的压力等级共分哪几级？
9. 我国液压防喷器的公称通径共分几种？常用哪几种？
10. 指出下列代号的防喷器是什么类型？最大工作压力是多少？公称通径有多大？
KPY28—210 FZ23—21 FH28—35
KPY35—350 2FZ35—21 FZ54—14
11. 为什么我国液压防喷器的规格系列中，公称通径 230mm(9") 的防喷器没有 14MPa 压力等级的？为什么公称通径等于以及大于 540mm(21¼") 的防喷器没有 70MPa、105MPa 压力等级的？

第二章 环 形 防 喷 器

环形防喷器是由于其封井元件——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。过去也曾称之为万能防喷器或多效能防喷器。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

当井内无钻具时，环形防喷器可用以全封井口（简称为封零）。

当井内有钻具、套管、钢丝绳、电缆时，可用以封闭井口环形空间（简称为封环空）。对于井口悬挂的不同尺寸、不同断面的钻具都能实现良好密封。

环形防喷器在封闭具有 18° 坡度接头的对焊钻杆时，可强行起下钻作业（又称不压井起下钻作业）。

环形防喷器的功能是较为全面的，能适应井口的多种工况迅速封井。

二、环形防喷器的类型

国内外所使用的环形防喷器共有 3 种类型，即：锥型胶芯环形防喷器、球型胶芯环形防喷器、组合胶芯环形防喷器。目前，国产有锥型胶芯环形防喷器与球型胶芯环形防喷器两种类型。组合胶芯环形防喷器由于制造难度较大，迄今国内尚未研制。

三、锥型胶芯环形防喷器

1. 结构

图 2-1 为锥型胶芯环形防喷器结构图。顶盖与壳体丝扣连接。支承筒用螺栓固定在壳体下部台阶上，胶芯坐在支承筒上。活塞上部内腔呈倒截锥形，与锥型胶芯配合。锥型胶芯中均匀分布有铸钢支承筋，如图 2-2 所示。壳体与顶盖间装有防尘圈。防尘圈与活塞凸肩所构成的环形空间为上油腔，活塞凸肩与壳体凸肩所构成的环形空间为下油腔。两油腔皆有油管接头与液控系统管路连接。

壳体下部法兰连接闸板防喷器或四通。顶盖上部安装防溢管。

2. 工作原理

1) 液压动作

环形防喷器的关井、开井动作是靠液压实现的。

关井动作时，来自液控系统的压力油进入下油腔（关井油腔），推动活塞迅速向上移动。

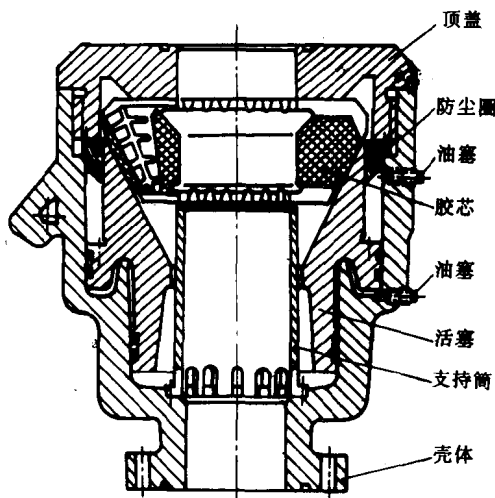


图 2-1 锥型胶芯环形防喷器结构

油通过液控系统管路流回油箱。

2) 井压助封

锥型胶芯环形防喷器在关井动作时以及实现关井后，井口高压流体作用在活塞底部有助于推动活塞向上移动，迫使胶芯向中心收拢，从而助长了胶芯的封井作用，这就是所谓井压助封作用。显然，井压愈高其助封作用愈大。然而，井口高压流体仅起“助”封作用而已，试图凭借井压而不依靠液控压力油封井则是错误的。

3. 胶芯

胶芯外形呈截锥状，锥度 40° 。胶芯中部为垂直通孔，孔径略大于顶盖与壳体通径，以免钻具挂伤胶芯。

支承筋为铸钢件，在胶芯中沿径向均匀分布并与橡胶硫化在一起。支承筋在胶芯中构成刚性骨架，承受径向与轴向负荷并控制胶芯均匀变形。支承筋数 12~30 块，通径大的防喷器胶芯较大，支承筋数也较多。

环形防喷器关井动作时，胶芯被挤压变形拥向井眼中心，胶芯中的支承筋沿径向移向中心，筋板间的部分橡胶也被挤向中心。在这种挤压过程中，胶芯橡胶必然遭受磨损。每封一次井胶芯橡胶就损耗一次，尤其是全封井口作业时，橡胶磨损更为严重。然而胶芯所含橡胶是较多的，有足够的橡胶储备量，足以满足多次封井磨损的需要。因此，环形防喷器的胶芯可使用多次，实现多次封井作业。

随着胶芯的多次封井，橡胶储备量逐渐减少，封井时其支承筋将渐趋靠近，直到支承筋的上下端面相互紧靠合拢为止。到这时候就表明胶芯的橡胶储备量已消耗殆尽，胶芯已不能进一步继续压挤变形，亦即胶芯已不能再用以封井，必须更换了。

更换胶芯可以在井场进行。井内无钻具时，打开顶盖取出已磨损的胶芯，放入新胶芯，紧固好

胶芯受顶盖的限制不能上移，在活塞内锥面的作用下被迫向井眼中心挤压、紧缩、环抱钻具，封闭井口环形空间。当井内无钻具时，胶芯向中心挤压、紧缩直至胶芯中空部位填满橡胶为止，从而全封井口。在关井动作时，上油腔里的液压油通过液控系统管路流回油箱。

开井动作时，来自液控系统的压力油进入上油腔（开井油腔），推动活塞迅速向下移动。活塞内锥面对胶芯的挤压力迅即消失，胶芯靠本身橡胶的弹性向外伸张，恢复原状，井口全开。在开井动作时，下油腔里的液压

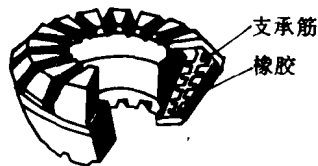


图 2-2 锥型胶芯

顶盖即可。由于上油腔有防尘圈封闭,尽管在现场条件下,油腔也不会遭受污染。井内有钻具时,可采用切割法更换胶芯,如图 2-3 所示。新胶芯虽有刀割切口,但只要切口规矩平整仍能有效地封井。为了便于在井场更换胶芯,在井口防喷器组中环形防喷器总是安装在上部。

在维修车间更换胶芯要比在井场更换胶芯简捷得多,因此通常是在车间检修环形防喷器时更换胶芯。

锥型胶芯的寿命可以在现场进行检测。检测的方法是自顶盖的探孔内插入一根测杆顶住活塞。防喷器封井后量出测杆的上移距离 $S_{\text{实}}$,然后再经计算即可得出胶芯的寿命状况(图 2-4)。

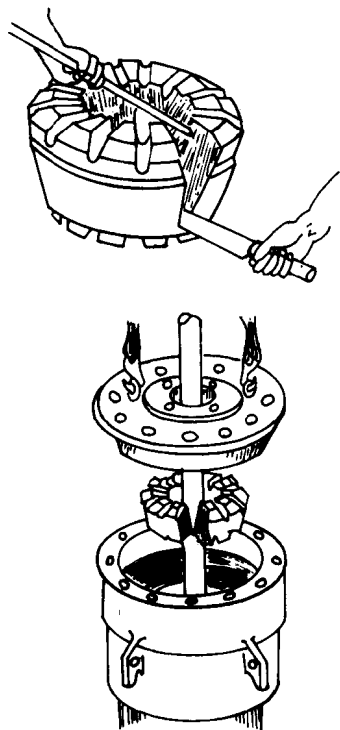


图 2-3 切割法更换胶芯

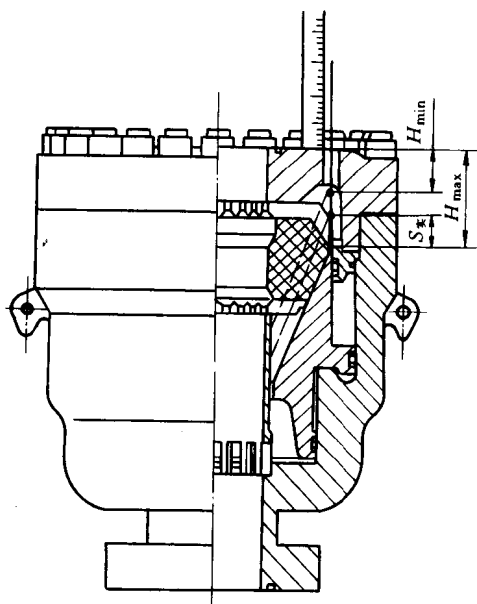


图 2-4 锥型胶芯寿命现场检测

设防喷器处于全开状态时,活塞顶端至顶盖上平面的垂直距离为 H_{max} ,胶芯报废前最后一次封零时活塞顶端至顶盖上平面的垂直距离为 H_{min} , H_{max} 与 H_{min} 两者之差即活塞的最大行程 $S_{\text{大}}$

$$S_{\text{大}} = H_{\text{max}} - H_{\text{min}}$$

锥型胶芯环形防喷器的说明书中应载有该防喷器的 H_{max} 、 H_{min} 具体数据,因此最大行程 $S_{\text{大}}$ 可以计算得出。

$S_{\text{大}}$ 与 $S_{\text{实}}$ 之差为剩余行程 $S_{\text{余}}$, 即

$$S_{\text{余}} = S_{\text{大}} - S_{\text{实}}$$

$S_{\text{余}}$ 即锥型胶芯的寿命标志。 $S_{\text{余}}$ 数值越大表明胶芯离报废还早; $S_{\text{余}}$ 数值越小表明胶芯越接近于报废;当 $S_{\text{余}}$ 为零时表明胶芯已到寿命极限,必须予以更换。

必须注意的是,并非所有锥型胶芯都可以在现场进行寿命检测,有些锥型胶芯环形防喷器的顶盖平面上没有探测小孔,说明书中也不提供 H_{max} 与 H_{min} 的具体数据,那么这种防喷器的胶芯寿命就不可能利用上述方法检测。