

ZUANJING GONGCHENG ZHONGYAO JISHU BIAOZHUN SHIYI HUIBIAN

钻井工程 重要技术标准释义汇编

石油钻井工程专业标准化委员会秘书处 编



石油工业出版社

PETROLEUM INDUSTRY PRESS

钻井工程重要技术标准 释义汇编

石油钻井工程专业标准化委员会秘书处 编

石油工业出版社

内 容 提 要

为了更好地宣贯 SY/T 5431—2008, SY/T 5623—2009, SY/T 6543.1—2008 和 SY/T 6543.2—2009 四项标准,帮助标准的使用者更加准确地理解和应用标准条文,全书按照四项标准分为四部分,分别介绍了标准的编制背景、标准的修订情况、标准的释义以及起草人对标准条文的答疑,并在各部分的最后附上了标准的文本,以便于读者查阅使用。

本书可供从事钻井专业的工程技术人员和管理人员使用,也可供钻井工人技术培训参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

钻井工程重要技术标准释义汇编/石油钻井工程专业标准化委员会秘书处编. —北京:石油工业出版社,2011.8

ISBN 978-7-5021-8544-2

I. 钻…

II. 石…

III. 钻井工程—技术标准—汇编—中国

IV. TE 2-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 131794 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523548

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京华正印刷有限公司

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 12.5

字数: 320 字 印数: 1—2000 册

定价: 50.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《钻井工程重要技术标准释义汇编》

编 委 会

主 任：秦文贵

副主任：路保平 毛蕴才 牛新明 杨小珊

成 员：邵长明 刘 刚 陈若铭 艾惊涛

施亚楠 陈 勉 胡 军 肖新宇

严新新 樊洪海 周 强 潘 登

高 凯 金业权 伊 明 张 林

李 斌 谭国琼 陈永明 左 星

序

标准是在目前的技术、生产等各方面的水平下，使施工作业能够成功有效进行的基本的规范性依据。它既有普遍性，也有针对性。就针对性和特殊性而言，标准显然还是存在不足的。因而在国内外的标准开篇语中都有这样的表述：欢迎达成协议的各方对相关问题继续研究和探讨。意思是说，对于一些个性化的、特殊性的问题，鼓励大家开展研究，因为它超出了标准中一般性和普遍性问题所涵盖的范围。即便是对特殊问题进行的科学研究、攻关试验，还是要制订相应的措施来保障它的安全和顺利。所以标准和科研是不矛盾的，是相互支持的。具有特殊性的问题成功解决了，行业标准就会吸纳进来，从而提高整个行业生产工艺技术的水平。

另外，标准其实是一把双刃剑，它是个框架，也是个共同语言。作为工程技术人员和领导干部，开展工作都有其遵循的标准。生产技术方面的条条框框，一方面限制了我们的一些自由，但是从另一方面讲，也是对我们的一个保护。如果按标准执行，出现了问题，也不是个人的问题，而是标准的问题；如果不按标准来设计、施工，一旦出现问题，就是个人的问题，是个人违反了标准。针对墨西哥湾漏油事故，美国国会发给英国石油公司（BP）总裁的信里多次提到“你为什么违反标准”，就是具体体现。固完井进行水泥胶结测井，以及标准的“推荐的最佳实践做法”，这些都是行业标准的要求。上锁紧套，要求扶正器的安放位置和数量应根据各方面计算和试验来决定等也都是标准的明文要求。英国石油公司（BP）总裁面对这些问题无法回答。但是美国国会就会深究这些问题，进而实施制裁。同样，国内也是这种情况。“12.23”井喷特重大事故，依据设计要求井下钻具应该安装单流阀，事故调查发现现场并没有安装单流阀。那么，谁下令把单流阀取掉，就需要个人承担这个责任，接受法律的制裁。标准对我们的约束事实上是对我们的自律！是我们三大公司的石油工业标准化技术委员会委员们，以及我们的专家们，大家一起自律，它保护我们个人，也维护我们生产作业的顺利进行。

国家能源局颁布标准后，由石油工业出版社予以出版。钻井行业目前已有国家标准和行业标准近 115 项，在石油行业的标准中占据了重要部分，但是无法对每一项标准都进行宣贯。因而，对应用较多、重点、热门且贡献比较大的标准，把大家聚集在一起进行标准的宣贯。这种宣贯会的形式是很好的，请标准起草人来把标准起草的整个过程给大家做个介绍，把标准编写背后的故事告诉大家，可能有利于大家对这个标准的深入理解。

选择这四个标准的原因，是由于进入 21 世纪以来，欠平衡钻井、空气钻井及三压力剖面的建立及使用是钻井行业实施较多的作业。中国石油天然气集团公司开始井控检查的时间应该是在 2004 年，当时就要求地质设计中要提供三条压力曲线。但当时很多设计并未提供三压力曲线。没有这三条压力曲线，怎能设计好井身结构和钻井液密度呢？所以，在这种背景下，标准的推动使得近年来各单位在一些重点井或深井上，三条压力曲线基本都提出来了。但大家对这三条压力曲线更深一步的了解不见得全面，如对三条压力曲线理论的假设前提就不见得十分了解。三条压力曲线计算准确了，钻井安全、钻井效率就有了有力的保障。

对于液相欠平衡、气相欠平衡的钻井技术大家实践得很多，同时针对相应的标准也提出

了更多的问题。这说明这项技术到目前为止尚未完全成熟，因而大家仁者见仁，智者见智。就目前的技术水平，暂时也只能做到目前这个程度。也就是说，按这个标准、这个程度来做，能保障基本的生产工艺运行和生产安全。这项标准整合修订了 SY/T 5623—1997《地层孔隙压力预测检测方法》和 SY/T 5430—1992《地层破裂压力测定 套管鞋试漏法》，且在原标准的基础上增加了地层孔隙压力的实测方法，增加了地层破裂压力的预测方法，在资料性附录中还特别增加了地层坍塌压力的预测方法。这也从另一个侧面反映出这项技术发展得快，生产进步得快。

标准的生命力在于持续的改进，意即“贴近生产，指导实践”。近年来，油气勘探难度加大。常规的油气藏都勘探过很多遍了，很难再找到大规模的油气储量，目前又刚刚进入勘探开发非常规油气藏的新阶段。这个阶段的一个显著特点是原有的技术、原有的工具、工艺方法受到了极大的挑战。找油找气，要进行测井，测电阻率。电阻率扫描的频率窗口范围等也有新问题，因为原有的技术只在寻找常规的油气藏过程中能够发挥显著的作用，它是对口的，但是对于非常规油气，却勉为其难。很早以前，用 581 测井系列找到了一些油田，后来用新的技术——37 测井系列又找到了一些油田，现在用 57 系列又找到一些新的油气发现。目前面临这样一个困境：怎么寻找非常规的油气藏？大家都知道低阻油气藏，这类油气藏的电阻率比水还低，常规的测井识别不出、发现不了，低渗透的油藏开展试油测试同样也发现不了。诸如此类的一系列的问题制约着对非常规油气藏的勘探，这对测井、钻井等一系列的技术都提出了新的要求。但这些技术的发展需要一个过程。目前最能直接发现油气藏的就是欠平衡钻井技术和气体钻技术。欠平衡和气体钻技术解决了两个问题。一个是钻井的问题，一个是储层的问题。钻井过程中出现井漏，可以用欠平衡、气体钻来解决，储层尤其是气体钻，可以边打钻边出东西，钻井过程中可直接发现油气藏。通过测井方法识别，属于间接发现方法，何况测井识别方法面临一系列新的问题，估计目前很难在短期内解决。这就是为何选中这四项标准的原因。各石油公司对欠平衡和气体钻也是非常重视的，重视却不能蛮干。井控面临最大的问题是井喷，尤其是在含有 H_2S 气体的情况下。中国石油天然气集团公司每年出现溢流 100 多次，大家都能控制住，但一旦哪次控制不住，尤其是含有 H_2S 气体的井在人口稠密的地区控制不住而导致伤亡，这就属于大事。欠平衡、气体钻就是边喷边钻，风险非常大，所以这些标准的宣贯，对从事钻井管理、钻井技术或者钻井施工作业的同仁，是最需要关心和注意的事情。

希望通过这本宣贯教材的出版，能够使大家对标准的要求有更深一步的认识，能够利用这些标准把工作做好。同时，认真严格地执行标准也是对个人和单位最大的和根本性的保护。当然标准还存在不成熟的地方，因此也殷切希望各位在生产及科研实践中发现新的问题，提出新的解决办法，来把标准不断完善好。

石油钻井工程专业标准化委员会主任委员

秦文贵

2011 年 6 月

前 言

进入 21 世纪以来,石油钻井工程技术快速发展。以发现和保护油、气层、提高复杂地层钻井速度为主要目的的欠平衡钻井和空气钻井技术应用越来越广泛,在石油勘探开发中已经并将继续发挥重要作用。在大量的现场应用实践中,这些新技术更是得到了持续的丰富和提升。如何更好地总结完善这些技术,控制并降低井控风险,更好地解决钻井安全问题,已成为钻井施工、技术和管理人员最为关注的问题。

石油钻井工程专业标准化委员会一直非常重视欠平衡钻井、空气钻井及与之相关技术的发展和现场应用,致力于及时地把相关科研成果、技术进步和现场应用经验以标准的形式固化下来。2008 年和 2009 年,分别对原有相关标准进行了修订,形成了现行的 SY/T 5431—2008《井身结构设计方法》、SY/T 5623—2009《地层压力预(监)测方法》、SY/T 6543.1—2008《欠平衡钻井技术规范 第 1 部分:液相》和 SY/T 6543.2—2009《欠平衡钻井技术规范 第 2 部分:气相》等四项标准,并由国家发展和改革委员会以及国家能源局于 2008 年和 2009 年相继发布实施。

SY/T 5431—2008 是在 SY/T 5431—1996《井身结构设计方法》的基础上,应用体系优化的设计理念,充分吸收了国内外先进成果,在井身设计中充分考虑了定向井、水平井、复杂地质条件下的深井和天然气井的不同因素,对 SY/T 5431—1996 进行了修订,以使其满足不同类型井的井身结构设计新的需要。

SY/T 5623—2009 是在 SY/T 5623—1997《地层孔隙压力预测检测方法》和 SY/T 5430—1992《地层破裂压力测定 套管鞋试漏法》的基础上,为适应目前已广泛采用的随钻测量及测试方法,将地层孔隙压力和破裂压力的预(监)测合并,并增加了地层坍塌压力的预(监)测方法,修订形成了现行标准。

SY/T 6543—2003《欠平衡钻井技术规范》形成于国内欠平衡钻井技术发展的初期,在行业内已实施多年。随着欠平衡钻井技术的发展和推广应用,国内欠平衡钻井的技术水平和应用规模都得到了迅猛发展,欠平衡钻井相关设备和技术手段更为多样化,领域更加广泛。2003 版的 SY/T 6543 已不能完全适应欠平衡钻井技术、设备和现场应用的实际需要。在充分考虑标准的继承性与延续性的基础上,钻井工程专业标准化委员会对欠平衡钻井并按气相和液相进行了重新划分,并形成了现行的 SY/T 6543.1—2008《欠平衡钻井技术规范 第 1 部分:液相》和 SY/T 6543.2—2009《欠平衡钻井技术规范 第 2 部分:气相》。

上述四项标准的推出,对指导生产,提高生产效率、钻井成功率、技术水平和钻井质量,规范钻井施工程序,确保井控安全具有重要的指导意义。为了更好地宣贯上述四项标准,帮助广大使用者更加准确地理解和应用标准条文,本书按照条号顺序,对该四项标准的重要条款进行了详细的阐述和解释。全书按照四项标准分成了四个部分,各部分分别介绍了标准的编制背景、标准的修订情况、标准的释义以及起草人对标准条文的答疑,并在各部分的最后附上了标准的文本,以便于读者查阅使用。

为了便于读者区分、对照标准的条文及其释义，在标准释义中，凡是标准的原文均采用了黑体字排版，而释义文字则使用了宋体，并以“【释义】”的形式标注。

由于编者水平有限，错误之处在所难免，欢迎读者批评指正。

石油钻井工程专业标准化委员会秘书处

2011 年 6 月

目 录

SY/T 5431—2008《井身结构设计方法》释义	1
SY/T 5431—2008《井身结构设计方法》答疑	23
SY/T 5431—2008 井身结构设计方法	29
SY/T 5623—2009《地层压力预(监)测方法》释义	49
SY/T 5623—2009《地层压力预(监)测方法》答疑	59
SY/T 5623—2009 地层压力预(监)测方法	63
SY/T 6543.1—2008《欠平衡钻井技术规范 第1部分:液相》释义	89
SY/T 6543.1—2008《欠平衡钻井技术规范 第1部分:液相》答疑	113
SY/T 6543.1—2008 欠平衡钻井技术规范 第1部分:液相	119
SY/T 6543.2—2009《欠平衡钻井技术规范 第2部分:气相》释义	141
SY/T 6543.2—2009《欠平衡钻井技术规范 第2部分:气相》答疑	165
SY/T 6543.2—2009 欠平衡钻井技术规范 第2部分:气相	171

SY/T 5431—2008

《井身结构设计方法》释义

一、标准的编制概述及修订意义

1. 标准的编制概述

根据发改办工业〔2007〕1415号文《国家发展改革委办公厅关于印发2007年行业标准修订、制定计划的通知》的要求,由中国石油化工集团公司胜利石油管理局钻井工艺研究院负责承担修订《井身结构设计方法》(计划编号SY 007—CP117)。

在石油钻井工程专业标准化委员会的精心指导和组织下,在中国石油天然气集团公司、中国石油化工集团公司、中国海洋石油总公司的大力支持下,石油天然气行业标准SY/T 5431—2008《井身结构设计方法》经一年半的修订,于2008年6月16日由国家发展和改革委员会正式批准发布。

2. 标准的修订意义

SY/T 5431—1996规定了常规直井的井身结构设计方法。随着油气勘探、开发的深入发展,定向井、水平井等特殊工艺井、复杂地质环境下的深井、天然气井不断增加,在井身结构设计中考虑的因素与常规直井有较大的差异,因此需要修订《井身结构设计方法》标准,以规范井身结构设计,提高井身结构设计的标准化程度。

二、修订中考虑的主要问题及修订的主要方面

1. 修订中考虑的主要问题

(1) 体现“系统优化”的设计理念。

井身结构设计是影响一口井设计和施工的关键因素,它不仅关系到钻井施工的安全顺利,而且还影响到油(气)井寿命和勘探、开发效益。因此备受各方的关注。

对于油田勘探、开发部门,其关注点是:

- ①有效保护油气层。
- ②油气井寿命长。
- ③满足采油工艺、储层改造的要求。
- ④钻井成本低。

对于钻井服务承包商,其关注点是:

- ①封隔不同的压力及复杂层位以利于钻井施工。
- ②有利于井控作业及其他复杂故障的处理。
- ③钻井成本合理。

为有效兼顾各方的关注点,需确立“系统优化”的设计理念,即把油田的勘探开发作为一个整体,以油田的勘探开发综合效益最高为目标,确定井身结构设计原则。

(2) 立足于成熟技术并尽可能吸收国内外的先进成果。

随着科学技术的进步、相关学科的发展、工艺的完善与配套,井身结构设计超越经验积累阶段向纵深发展已成为必然。由于压力(地层孔隙压力、地层破裂压力)预测技术取得了突破性的成果,对一口井的压力系统变化规律可以做出比较可靠的预测、预报;又由于岩层水力压裂机理研究在相关学科的带动下进入了实用化阶段,对水力压裂规律有了比较清楚的认识;再由于管材粘附卡钻的机理研究已经阐明了压差的影响关系,确定了在一定条件下避

免发生粘附卡钻的合理压差范围,从而为井身结构设计提供了理论支持,形成了传统的井身结构设计方法。其主要成果是:

①确立了以满足防止套管鞋处地层压裂和避免压差卡钻为主要依据,满足工程必封点为约束条件的设计思想,以合理的井身结构确保钻井过程的安全、高效。

②确定了以两条压力剖面(地层孔隙压力和地层破裂压力)为根据,从下而上(先生产套管后技术套管,再表层套管)确定下入深度,再由约束条件进行调节的设计方法。原标准规定了这种设计方法,并在常规井中被广泛采用。

按照这种传统的方法设计出的井身结构,每层套管下入的深度最浅,套管费用最少。由于这种井身结构设计方法是自下而上进行设计的,因而,上部套管下入深度的合理性取决于对下部地层特性了解的准确程度。也就是说,其设计结果的可靠性是以对下部地层的岩性特征、地层压力特性的充分了解为前提条件的。

这种以每层套管下入深度最浅、套管费用最低为目标的设计方法,非常适用于已探明地区开发井的井身结构设计。但对于深井、超深井,尤其是新探区的第一口探井的井身结构设计,由于对下部地层的特性了解不充分,就难以应用这种传统的方法自下而上合理地确定每层套管的下入深度。对于新探区,如果根据预测的下部地层资料按传统方法设计出了井身结构,一旦下部地层特征发生了变化,根据原来掌握的地层资料所设计的套管又已经下入到井内,这样就有可能由于上部套管下入深度不合理而给下部井段的钻进带来困难。因此,应结合深层钻井,尤其是深探井钻井的特点对传统井身结构设计方法进行改进。在标准修订时,引入了石油大学管志川教授改进的设计方法。改进的设计方法所确定的每层套管的下入深度都是根据该深度以上的地层资料确定的,不受下部地层的影响,这有利于实钻过程中进行井身结构的动态设计和调整。设计结果可以使每层套管的下入深度最深,从而有利于保证顺利钻达目的层位。

本次修订依据上述研究成果,规定了自下而上和自上而下的设计方法。

2. 修订的主要内容

在 SY/T 5431—1996 的基础上, SY/T 5431—2008 主要修订内容如下:

(1) 重新编排了章节。

由 SY/T 5431—1996 的 8 章调整为 12 章。

①根据 GB/T 1.1—2000[●]的要求,增加了“规范性引用文件”(见第 2 章)、增加了“术语和定义”(见第 3 章)。

②将 SY/T 5431—1996 的第 2 章“设计原则”变为第 4 章,并对条文做了调整;增加了“设计依据”(见第 5 章);增加了套管层次及下深“设计约束条件”(见第 7 章);将 SY/T 5431—1996 的第 4 章“设计步骤”和第 5 章“设计方法”合并为“设计方法、步骤”(见第 8 章);将 SY/T 5431—1996 的第 6 章“套管尺寸与钻头尺寸选择”改为第 9 章,并对标题、条文和内容作了修订;增加了“套管设计要求”(见第 10 章);将 SY/T 5431—1996 的第 7 章“水泥返深设计”改为第 11 章,增加了热采井水泥返深的要求,修订了 SY/T 5431—1996 气井水泥返深的要求;将 SY/T 5431—1996 的第 8 章改为第 12 章,并将标题修改为“设计结果输出格式”。增加了附录 A(规范性附录),规定了“自下而上设计方法的设计步骤”;增加了附录 B(规范性附录),规定了“自上而下设计方法的设计步骤”。

● 目前该标准已修订为 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分:标准的结构和编写》。

(2) 增加了设计依据。

设计依据是设计方法的基础，SY/T 5431—1996 没有单独规定，本次修订为第 5 章，并具体规定了设计依据。

(3) 增加了设计约束条件。

套管层次及下深主要是依据井眼与地层的压力平衡及井壁稳定来确定的，据此原理增加了“设计约束条件”章节。

(4) 完善了设计方法及设计步骤。

SY/T 5431—1996 分两章编写了设计步骤和设计方法，从规定的内容看，设计方法是自下而上设计步骤的具体细化，本次修订合并为设计步骤。依据相关学术文献和工程界对井身结构设计方法的认识，自下而上和自上而下的井身结构设计方法目前在工程上均已普遍应用，本次修订规定了上述两种设计方法的适用条件。在 SY/T 5431—1996 的基础上完善了自下而上的井身结构设计方法，同时增加了自上而下的井身结构设计方法。

上述修订的内容将在随后的介绍中详细谈及。

三、结论

井身结构设计是一项系统工程。不仅涉及到钻井工艺的方方面面，而且与油藏工程、采油工程密切相关。井身结构设计的合理性取决于对地质参数（地层压力剖面、岩性剖面组合、地层物性参数、储层流体性质）的客观认识程度和对钻井工艺技术的掌握程度（井身结构设计参数的取值与钻井工艺水平密切相关）。

在地质参数客观存在的前提下，井身结构设计参数的不同取值，会影响井身结构设计结果。

井身结构设计参数与钻井工艺技术水平相关，本次修订在 SY/T 5431—1996 的基础上增加了钻井液密度的规定。其他设计参数没有做具体的规定，仅给出了一般选择范围，其目的是利于标准的执行。

相对于储层介质仅为液体特别是高压低渗的油井，设计参数按照给出的一般选择范围取值，设计结果略显保守，各油田可根据不同的地层物性特点和目前的工艺技术特点规定并执行更接近油田实际的井身结构设计参数。

四、标准释义

1 范围

本标准规定了陆上石油、天然气钻井直井、定向井井身结构设计方法。

本标准适用于陆上石油、天然气钻井直井、定向井井身结构设计，水平井等特殊工艺井钻井井身结构设计也可参照执行。

【释义】

本章主要内容是阐明了本标准的主题：“规定了陆上石油、天然气钻井直井、定向井井身结构设计方法”及其适用范围“本标准适用于陆上石油、天然气钻井直井、定向井井身结

构设计, 水平井等特殊工艺井钻井井身结构设计也可参照执行。”

在 SY/T 5431—1996 中, 相应内容为:

“本标准规定了石油天然气钻井工程井身结构的设计原则, 设计系数及取值范围, 设计步骤和方法, 尺寸选择和水泥返深。

“本标准适用于钻井工程中常规直井井身结构设计。”

油气井的类别按井型分为: 直井、定向井、水平井、大位移井、分支井、绕障井、多目标井等; 按井别分为: 探井、开发井; 按井深分为: 浅井、中深井、深井和超深井。

目前, 各油田均已普遍采用定向井、水平井等特殊工艺井, 复杂地质环境下的深井、超深井的数量也在不断增加, SY/T 5431—1996 的适用范围已不能满足勘探、开发的要求; 另外, “常规直井”没有正式定义, 不便于执行。基于上述原因对 SY/T 5431—1996 的第 1 章进行了修订, 修订后的标准适用范围基本涵盖目前常用的井型。

2 规范性引用文件

【释义】

本章为新增内容。按照标准协调、一致的原则, 修订时对于已有标准规定的内容引用相关标准。引用标准主要包括:

SY/T 5087 含硫化氢油气井安全钻井推荐作法

SY/T 5724 套管柱结构与强度设计

SY/T 6396—1999 丛式井井眼防碰技术要求

SY/T 6426—2005 钻井井控技术规程

3 术语和定义

【释义】

本章为新增内容。本章给出了井身结构设计中所需的各项定义。其中 SY/T 5431—1996 中的术语“地层破裂安全增值”在本次修订中被更改为: “地层破裂压力当量密度安全允许值”。

5 设计依据

5.1 钻井地质设计。

5.1.1 地层孔隙压力、地层破裂压力及坍塌压力剖面。

5.1.2 地层岩性剖面。

5.1.3 完井方式和油层套管尺寸要求。

5.2 相邻区块参考井、同区块邻井实钻资料。

5.3 钻井装备及工艺技术水平。

5.4 井位附近河流河床底部深度、饮用水水源的地下水底部深度、附近水源分布情况、地下矿产采掘区开采层深度、开发调整井的注水(汽)层位深度。

5.5 钻井技术规范。

【释义】

本章为新增内容。SY/T 5431—1996 仅在第 3 章“设计系数及取值范围”第 1 条作了规

定：“井身结构设计的主要依据是地层孔隙压力梯度曲线和地层破裂压力梯度曲线。”

井身结构设计的基本思路是保持压力（井筒内的压力与地层压力）平衡。工程界普遍认为地层孔隙压力、地层破裂压力、地层坍塌压力和地层漏失压力是影响钻井工程的主要因素。目前，由于地层漏失压力的预测没有形成有效的方法，因此规定地层孔隙压力、地层破裂压力与地层坍塌压力是井身结构设计的主要依据。而地层漏失压力以及压力平衡不能涵盖的因素以必封点的形式引入到井身结构设计中。

本章内容主要给出了井身结构设计的依据，强调钻井地质设计是钻井工程设计的主要依据，并规定了钻井地质设计必须提供的基础资料项目。井身结构设计作为系统化设计的一部分，需要考虑的问题已经不仅是三条曲线，而是将目前的装备及工艺技术水平、前期的地质研究与后续的采油工艺紧密结合，在保证安全钻井、满足勘探开发要求的同时，还要注重环境保护等各方面的要求。

6 设计参数及取值范围

【释义】

SY/T 5431—1996 的 3.1, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 与设计参数无关。本次修订将 SY/T 5431—1996 的 3.1 体现在“设计依据”章节中，将 3.4, 3.5 体现在“设计约束条件”章节中，将 3.6, 3.7 调整到“套管设计要求”章节中。

6.1 根据当地统计分析数据确定。

6.2 取值范围

6.2.1 抽汲压力当量密度 S_s 和激动压力当量密度 S_g 一般取 $(0.015 \sim 0.040) \text{ g/cm}^3$ 。

【释义】

石油钻井过程中，起下钻或下套管作业时将在井眼内产生波动压力。下放管柱产生激动压力（surge pressure），上提管柱产生抽汲压力（swab pressure）。由于现代井身结构设计方法是建立在井眼与地层间的压力平衡基础上的。因此，这种由起下钻或起下套管引起的井眼波动压力势必要引入到井身结构设计中。

抽汲压力发生在井内起钻时，其结果是降低有效井底压力；激动压力产生于下钻及下套管时，其结果是增大有效井底压力。在倾斜井眼中，井眼抽汲压力和激动压力是随测深增加的。在其他条件相同时，大斜度和水平井眼中，单位长度井段的波动压力比单位长度直井眼的波动压力小。波动压力的影响在井身结构设计中是以当量密度的形式引入的，而当量钻井液密度与井内压力的关系是通过垂深来换算的。

6.2.2 地层破裂压力当量密度安全允许值 S_r 一般取 0.03 g/cm^3 。

【释义】

SY/T 5431—1996 为“地层破裂安全增值”。

S_r 是为地层破裂压力预测可能的误差而设的安全系数，它与破裂压力预测的精度有关。具体应用中，可根据对地层破裂压力预测或测试结果的信心程度来定。测试数据（漏失试验）较充分、生产井或在地层破裂压力预测中偏于保守时， S_r 取值可小一些；而在测试数据

较少、探井或在地层破裂压力预测中把握较小时, S_f 取值需大一些。

6.2.3 溢流允许值 S_k 根据井控技术水平确定, 一般取 $(0.05 \sim 0.10) \text{ g/cm}^3$ 。

【释义】

S_k 用于表示井涌的风险程度, 可根据估计的最大井涌地层的压力与钻井液密度的差别来确定。该值也取决于现场控制井涌的能力, 设备技术条件较好时, 可取低值。另外, 风险较大的是高压气层和浅层气, 高压水层控制起来较容易。

6.2.4 正常压力地层压差卡钻临界值 Δp_n 一般取 $(12 \sim 15) \text{ MPa}$, 异常压力地层压差卡钻临界值 Δp_a 一般取 $(15 \sim 20) \text{ MPa}$ 。

【释义】

在裸眼中, 钻井液液柱压力与地层孔隙压力的差值过大时, 除使机械钻速降低外, 也是造成压差卡钻的直接原因, 使下套管过程中发生压差卡套管事故, 导致已钻成的井眼无法进行固井和下套管作业。造成卡钻的原因除压差外, 还有地层条件、泥饼质量、钻具在井下静止时间、井眼不均匀扩大、不规则曲率变化、键槽和井眼清洁程度等, 特别是在高渗透地层、钻井液失水较大并且钻具在井下长期静止时容易发生卡钻。对于国内大多数油田, 特别是东部油田, 正常地层压力一般在新近系地层, 属高渗疏松沙泥岩互层, 因此, 规定正常地层压力压差可钻临界值比异常地层压力压差可钻临界值要小。在倾斜井眼中, 由于钻具倾向于与井壁接触, 卡钻事故更易发生。各个地区, 由于地层条件、所采用的钻井液体系、钻井液性能、钻具结构、钻井工艺措施有所不同, 因此压差允许值也不同, 应通过大量的现场统计获得。

6.2.5 钻井液密度附加值 $\Delta \rho$ 执行 SY/T 6426—2005 中 3.4 的规定。

【释义】

根据地质提供的资料, 钻井液密度设计以各裸眼井段中的最高地层孔隙压力当量钻井液密度值为基准, 另加一个安全附加值:

(1) 油井、水井为 $0.05 \sim 0.10 \text{ g/cm}^3$ 或控制井底压差 $1.5 \sim 3.5 \text{ MPa}$ 。

(2) 气井为 $0.07 \sim 0.15 \text{ g/cm}^3$ 或控制井底压差 $3.0 \sim 5.0 \text{ MPa}$ 。

具体选择钻井液密度安全附加值时, 应根据实际情况考虑下列影响因素:

(1) 地层孔隙压力预测精度。

(2) 油层、气层、水层的埋藏深度。

(3) 地层油气中硫化氢的含量。

(4) 地应力和地层破裂压力。

(5) 井控装置配套情况。

具体选择钻井液安全附加密度值和安全附加压力值时, 在所考虑的影响因素中, “地层油气中硫化氢的含量”在 SY/T 5087 中作了明确规定: “钻开高含硫地层的设计钻井液密度, 其安全附加密度在规定的范围内……或附加井底压力在规定的范围内应取上限值。”这一规