

CHUQIJING JIANDU JIANYAN

储气井 监督检验

李邦宪 主 编

陈祖志 副主编

王晓雷 李 军 常彦衍 主 审



化学工业出版社

储气井监督检验

李邦宪 主 编

陈祖志 副主编

王晓雷 李 军 常彦衍 主 审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以储气井监督检验为切入点, 比较全面系统地介绍了储气井监督检验项目、内容和方法, 以及相关的材料、设计、制造、检测等, 对目前储气井存在的一些问题做了讨论和分析, 给出了一些解决问题的思路。

本书主要可供从事储气井监督检验的人员使用, 也可供从事储气井设计、制造、使用、管理及安全监察的人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

储气井监督检验/李邦宪编著. —北京: 化学工业出版社, 2011.3
ISBN 978-7-122-10637-7

I. 储… II. 李… III. 储气—气井—监督管理 IV. TE37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 029759 号

责任编辑: 陈 敏
责任校对: 郑 捷

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 11 $\frac{1}{2}$

字数 290 千字

2011 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 41.00 元

版权所有 违者必究

前 言

储气井是一类新型储存容器，目前它在天然气的储存方面占有重要地位，大量用在汽车加气站储存压缩天然气，在民用调峰站和企业储气库也有一些应用范例并呈现逐渐增多的势头。

储气井一般都建在交通要道、居民区等人口密集的地方，其一旦失效，将会给人民的生命财产安全带来严重威胁。在短暂的十多年应用历史中，储气井已经发生过多起恶性安全事故，并出现了大量安全隐患。为了保障储气井安全运行，进而保护人民的生命财产安全，我国质监部门已将储气井纳入特种设备范畴，并对其设计、制造、使用、检验以及维修改造实行全过程的安全监察。

监督检验是特种设备安全监察的重要内容。目前，储气井的安全保障技术体系尚未建立起来，监督检验规则没有，而储气井的结构、制造工艺、失效模式、检测方法等方面又都有别于常规的压力容器，因此常规压力容器的检验方法不能照搬照套地用于储气井。目前储气井的监督检验工作还处在逐步探索之中。按照质检办特[2008]637号文件《关于加强地下储气井安全监察工作的通知》（见附件）的规定，中国特种设备检测研究院（以下称特检院）受国家质量监督检验检疫总局委托对全国储气井的监督检验实施组织和指导工作，为了充分贯彻637号文件精神，编写了本书，目的是希望能为储气井监督检验提供一本专门的参考书。

本书由中国特种设备检测研究院气瓶事业部组织编写，由李邦宪研究员担任主编，由陈祖志博士担任副主编，参加编写的人员还有石坤、范志勇、段志祥、韩红伟、陈力群、王璟、崔高宇、陈耀华、李文波、段会永。由国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局王晓雷、李军、常彦衍担任主审。

全书共分为九章。第1章概论，主要介绍储气井的特点及现状；第2章监检一般要求，介绍了对储气井实施监督检测的单位与人员、受检单位以及图样资料等方面的基本要求；第3章至第8章分别介绍了井管和接箍、井口装置和井底装置、钻井、井筒钢管组装和下井、固井、耐压试验、气密性试验及竣工技术资料各环节的监检内容和要求以及所涉及到的相关知识；第9章储气井监督检验常见问题，介绍了储气井监督检验工作中发现的设计、制造及检验各环节的常见问题。

本书是在大量的调研、技术交流以及对相关法规、标准和研究文献凝练的基础上编写而成。本书的编写得到了有关方面的大力帮助和支持，在与中海油田服务股份有限公司魏涛高级工程师、西南石油大学施太和教授及邓建民教授、中国石油集团钻井工程技术研究院周英操研究员及齐奉忠研究员、天津钢管集团股份有限公司安健波高级工程师、中国地质大学邹长春教授、大连理工大学刘东学教授、中国石化石油工程技术研究院丁士东研究员等专家学者的交流中，获得了大量有益的观点，并积累了一些素材。各家储气井制造单位为储气井制造过程的现场调研提供了大力支持，在此，一并表示感谢。

本书内容不代表官方观点，对于储气井实际制造过程中安全性能的监督检验要求以特种设备安全监察部门发布的正式文件为准。本书所引用的标准，当有新版本发布时，读者应参阅新版本的要求。

本书由于成书仓促，加之作者专业技术水平有限，不完善和欠妥之处在所难免，衷心希望读者批评指正。

编 者

2010 年 12 月

目 录

第 1 章 概论.....	1
1.1 储气井的定义和用途.....	1
1.2 储气井的特点.....	1
1.2.1 储气井的结构特点.....	1
1.2.2 储气井的载荷特点.....	4
1.2.3 储气井的运行特性.....	4
1.3 储气井设计.....	5
1.4 储气井制造.....	6
1.5 储气井的安全形势.....	9
1.6 储气井的安全监察.....	12
1.6.1 储气井设计监督管理.....	13
1.6.2 储气井制造监督管理.....	14
1.6.3 储气井使用监督管理.....	14
1.6.4 储气井检验监督管理.....	15
1.7 小结.....	15
第 2 章 监检一般要求.....	17
2.1 监检单位.....	17
2.2 监检人员.....	18
2.3 储气井制造单位和职责.....	18
2.4 监检依据.....	19
2.5 监检内容.....	20
2.5.1 对受检企业质量体系运转情况进行监督检查.....	20
2.5.2 对储气井现场制造过程中涉及产品安全性能的项目进行监督检查.....	22
2.5.3 井口装置和井底装置制造监督检验.....	23
2.6 图样资料.....	23
2.6.1 设计文件.....	24
2.6.2 制造程序文件.....	38
第 3 章 井管和接箍.....	39
3.1 监检要求.....	39
3.2 基本知识.....	40
3.2.1 压力容器选材原则.....	40
3.2.2 金属材料性能.....	41

3.2.3	金属材料热处理	45
3.2.4	钢管材料制造许可	46
3.2.5	油(套)管	47
3.2.6	SY/T 6535 标准对储气井用材的要求	69
3.2.7	相关标准规范	69
3.3	储气井井管和接箍选材、用材现状及建议	71
3.3.1	储气井井管和接箍选材、用材现状	71
3.3.2	储气井井管和接箍选材、用材建议	72
第 4 章	井口装置和井底装置	74
4.1	监检要求	74
4.2	基本知识	78
4.2.1	锻件基本知识	78
4.2.2	锻件质量要求及管理	79
4.2.3	储气井井口装置和井底装置现状	83
4.2.4	储气井井口装置和井底装置建议	85
第 5 章	钻井	87
5.1	监检要求	87
5.2	基本知识	88
5.2.1	井身结构	88
5.2.2	钻前准备	90
5.2.3	钻井人员	91
5.2.4	钻井设备	92
5.2.5	钻井液	94
5.2.6	钻进	96
5.2.7	钻井事故及处理	96
5.2.8	岩石力学	97
5.2.9	管柱力学	98
5.2.10	其他相关标准	98
第 6 章	井筒钢管组装及下井	105
6.1	监检要求	105
6.2	基本知识	106
6.2.1	螺纹密封脂	106
6.2.2	扶正器	109
6.2.3	扶正器安装间距计算方法	111
6.2.4	储气井扶正器安装间距计算方法的建议	117
6.2.5	井管组装和下井作业规程	118
第 7 章	固井	121
7.1	监检要求	121
7.2	基本知识	122

7.2.1	水泥.....	122
7.2.2	水泥外加剂.....	125
7.2.3	固井设计.....	127
7.2.4	流变学.....	129
7.2.5	储气井固井技术现状.....	130
7.2.6	固井质量影响因素.....	132
7.2.7	复杂情况下的固井技术.....	137
7.2.8	固井质量检测与评价.....	138
第 8 章	耐压试验、气密性试验及竣工技术资料.....	149
8.1	监检要求.....	149
8.1.1	水压（耐压）试验.....	149
8.1.2	气密性试验.....	149
8.1.3	竣工技术资料.....	150
8.2	基本知识.....	150
8.2.1	耐压试验.....	150
8.2.2	气密性试验.....	152
第 9 章	储气井监督检验常见问题.....	154
9.1	设计方面的主要问题.....	154
9.1.1	设计本身存在的问题.....	154
9.1.2	制造与设计的符合性方面.....	155
9.2	材料方面的主要问题.....	155
9.3	制造过程方面存在的主要问题.....	158
9.4	质量管理体系方面存在的主要问题.....	160
9.5	检验检测.....	161
附件	关于加强地下储气井安全监察工作的通知.....	169
参考文献		175

第 1 章 概 论

1.1 储气井的定义和用途

随着社会经济和科学技术的发展，压力容器的应用领域不断拓宽，其种类和数量不断增加，同时，压力容器也在不断追求高安全性和高经济性以及二者的统一。埋地压力容器具有安全性好、节省地面空间等优势，在承压设备领域越来越受重视，已经成为压力容器的一个重要的发展方向。

储气井是压力容器向地下发展的产物，它是高压气地下储气井的简称，有的也称为贮气井。国家质量监督检验检疫总局办公厅文件质检办特[2008]637号文件《关于加强地下储气井安全监察工作的通知》（以下简称 637 号文），将储气井定义为一种以储存压缩气体为目的的地下立式管状承压设备。

储气井是实现安全性和经济性完美结合的优良储存容器，它呈细长状向地层深处延伸，同时实现了爆炸风险小和占地面积的最小化，另外，其制造过程简单，各部件之间全部通过螺纹连接，整体无焊接，从而节省了大量焊接及无损探伤的费用。

储气井已大量应用于 CNG（Compressed Natural Gas，压缩天然气）汽车加气站，近几年来在民用调峰、工业储气等领域，也逐渐体现出强大的竞争力。据不完全统计，目前在用储气井的总台数已达 6000 台左右，而在未来 10 年内，储气井的数量预计还要成倍的增长。

1.2 储气井的特点

1.2.1 储气井的结构特点

储气井是压力容器、压力管道和油气井相结合的一种产物。其结构如图 1.1 所示，主要由井口装置、表层套管、井筒、固井水泥环、扶正器、井底装置等组成。井筒由无缝钢管（井管）通过接箍依靠螺纹连接起来而成，井筒与井口装置及井底装置之间也都采用螺纹连接。储气井井管和接箍最初为引自油气井用的油（套）管，油（套）管的制造执行 API SPEC 5CT 或其他等效对应标准。油（套）管的螺纹类型主要有圆螺纹、偏梯形螺纹以及特殊螺纹，如图 1.2 所示。前两种螺纹执行 API SPEC 5B 或其他等效对应标准，特殊螺纹目前还没有统一的标准，有很多不同的结构，大都由企业自主研发，执行企业标准。储气井中目前采用的均为标准圆螺纹，有制造企业尝试过采用偏梯形螺纹，但最终因其密封性能差而弃用，有专家

建议应将密封性能优良的气密封扣引进储气井，但目前尚无应用实例，制约气密封扣在储气井应用推广的主要因素是其相对较高的造价。

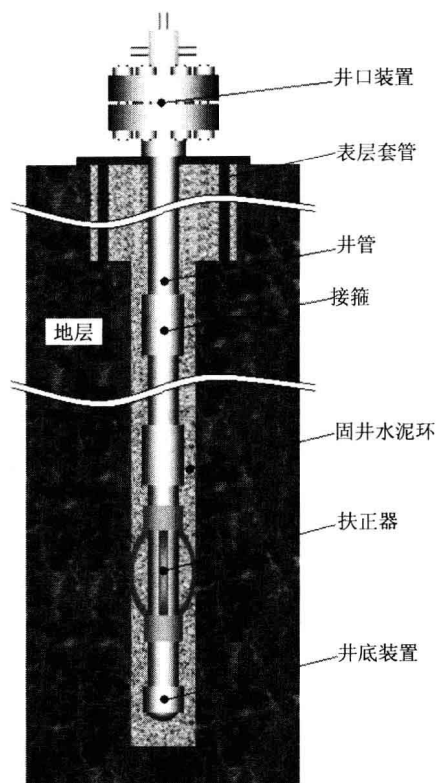


图 1.1 储气井结构示意图

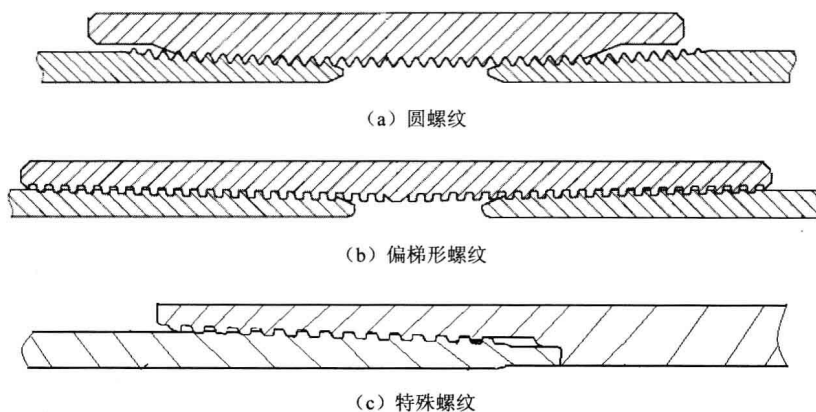


图 1.2 油气井油（套）管螺纹类型

目前，已建储气井的深度在 40~300m 之间不等，井筒由约 4~30 根井管组装而成，每根井管的长度在 8~11m 之间，井管的规格主要有两种： $\phi 177.8\text{mm}$ 和 $\phi 244.48\text{mm}$ 。

储气井井口装置和井底装置目前都没实现标准化，不同制造单位采用的结构不同。按连接结构分类，井口装置可分为封头式和法兰式两种，分别如图 1.3 (a) 和图 1.3 (b)

所示；井底装置结构可大体分为两类，一类是“死封头”结构，一类是组合件结构，分别如图 1.4 (a) 和图 1.4 (b) 所示。关于井口装置和井底装置结构在第 4 章还将作详细介绍。

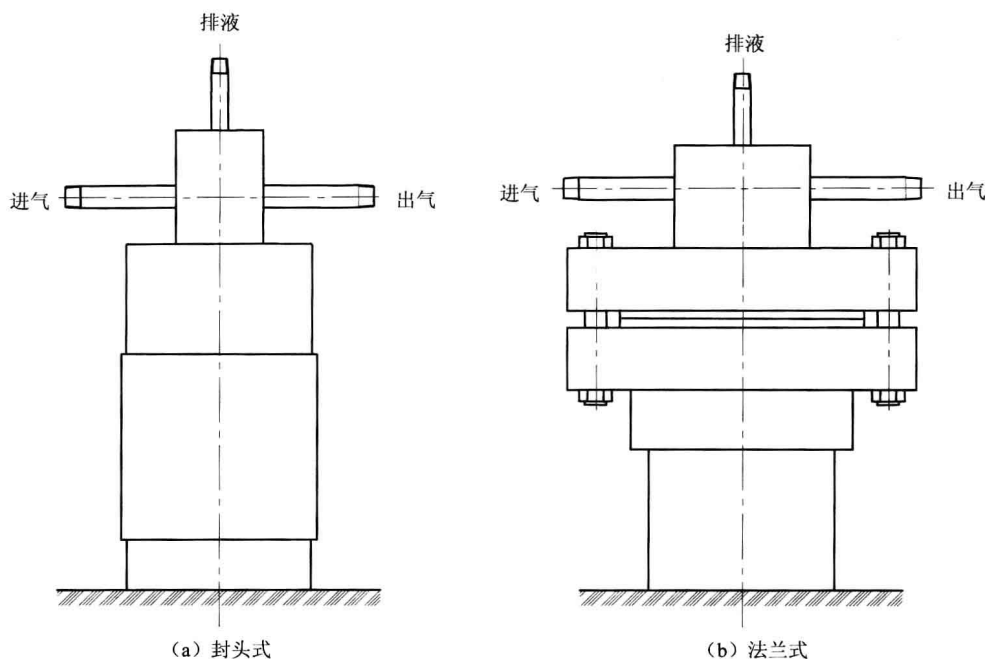


图 1.3 井口装置连接结构

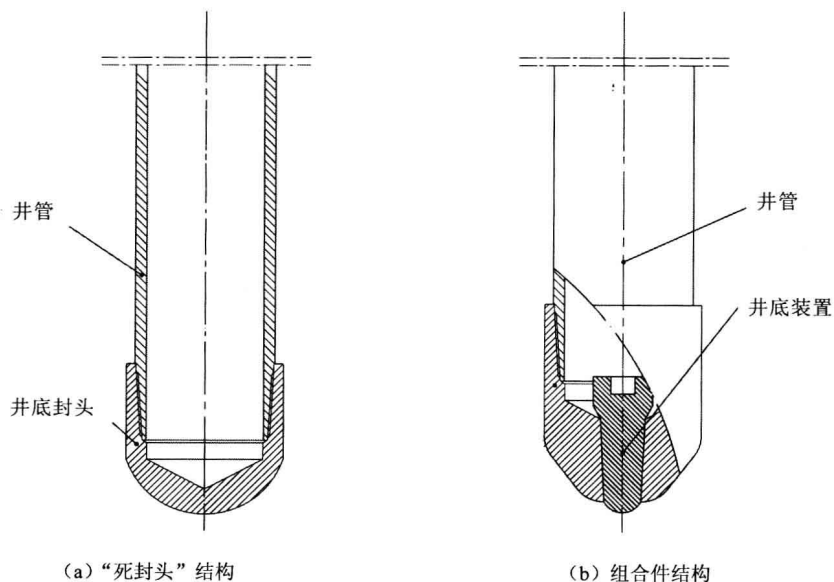


图 1.4 井底装置结构示例

储气井井筒和裸眼井之间的固井水泥环在预防储气井失效方面有重要作用，它一方面可固定井筒，防止井筒的松动、窜动和飞出；另一方面包覆住井筒，能防止井筒腐蚀，637 号文件

已正式将固井水泥环纳入储气井的范围。早期制造的储气井,由于采用的固井工艺落后,固井很难达到“全井筒封固”的目标;另外井筒外也不加装扶正器,因此水泥环在环向上都存在偏心。637号文件明确要求储气井的固井应能全井筒封固,为满足这一要求,并进而保障储气井的安全,制造企业应对落后的工艺进行大力改进。

和常规压力容器相比,储气井的区别主要体现在:①竖埋于地下,看不见、摸不着,周围环境为大地;②各部件之间通过螺纹连接,整体无焊接。和油气井相比,储气井的区别主要体现在载荷方面,油气井承受的主要是外部地层压力,而储气井承受的则主要是交变内压载荷,外部只承受相对较小的地层压力。而与埋地管道相比,储气井也有自己的独特之处,主要表现在埋地方向、材料、连接方法、失效模式等方面。

1.2.2 储气井的载荷特点

储气井主要承受交变内压载荷,工作压力为 25MPa,因此储气井属高压容器,压力范围一般在 10~25MPa 之间,压力波动大于 20%,设计压力循环总次数一般为 25000 次。储气井的材料为高强度钢,有螺纹连接和截面变化,依照 JB4732—1995《钢制压力容器——分析设计标准》的要求,储气井的设计不能免除疲劳分析。

储气井埋于地层中,外部必然承受地层的压力,地层压力对储气井井筒有两方面的影响,一方面可能造成井筒的失稳;另一方面其存在会抵消一部分内压,从而对井筒承载能力有一定的加强作用。地层压力的大小和地层岩性、结构、密度以及地层流体特性等有关,一般情况下,地层压力随离地面深度的增加而增大,在一些特殊地带,地层压力还会出现异常情况。地层压力可以通过实测的方法得到,也有一些理论预测方法,在油气井工程领域,关于地层压力有丰富的研究成果。目前,在储气井的设计中对地层压力均不作考虑,按照油气井工程的经验,一口 300m 深的直井底部的地层压力一般在 4MPa 左右,这么高的压力在设计中不作考虑,其合理性有待商榷,笔者建议应对地层压力对储气井的影响进行研究,再综合考虑安全、节能等因素,确定在地层压力的计算方法,并在标准中作统一的规定。

储气井在制造过程中,由于井筒管柱旋转和上提、下放还受到扭矩、重力、拉力、惯性力等作用,此外,储气井井筒还受到内外液柱的压力。笔者认为,为保障储气井的安全,应对这些力的影响进行研究,然后确定适当的考虑方法,将在第 2 章中第 2.6.1.1 小节作进一步介绍。

1.2.3 储气井的运行特性

储气井主要用于汽车加气站储存压缩天然气(CNG)。天然气的主要成分为甲烷,甲烷的分子式为 CH_4 ,分子量为 16,在标准状态下,天然气的相对密度一般为 0.58~0.62;油田伴生气因重组分含量较高,相对密度为 0.7~0.85,均比空气轻。

汽车加气站用储气井工作是一个循环充气和放气的过程,储气井的压力由气体压缩机供给,储气井的最高工作压力取决于压缩机出口处的压力,压缩气出口处通常都设置安全阀,可保障储气井的工作压力不超过最高允许工作压力。天然气可视为理想气体,其压力随温度的变化近似遵守理想气体方程 $P_1V_1/T_1=P_2V_2/T_2=R$ (T 为绝对温度, R 为天然气的摩尔气体常数)。

车用压缩天然气气质应符合 GB 18047—2000《车用压缩天然气》的要求,化学成分

应满足表 1.1 的规定。此外,在操作压力和温度下,压缩天然气中不应含有液态烃,固体颗粒的最大直径应小于 $5\mu\text{m}$ 。在一定条件下,当压缩天然气的含水量超过一定值(饱和)时,则形成水化物或液相水,堵塞管道,加快管线腐蚀,故必须控制含水量,GB 18047—2000《车用压缩天然气》要求在最高操作压力下,天然气水露点不应超过 -13°C ,当最高气温低于 -8°C 时,水露点应比最低气温低 5°C 。储气井储存符合 GB 18047—2000《车用压缩天然气》标准的压缩天然气时,可不考虑介质的腐蚀。依照 HG 20660—2000《压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类》的规定,天然气属于易燃无毒介质。天然气的着火温度取决于其在空气中的浓度,也和天然气与空气的混合程度、压力、储气井容器的尺寸以及天然气、空气的温度等因素有关,天然气在空气中的最低着火温度约为 530°C 。当天然气中 CH_4 浓度大于 95%时,天然气的爆炸浓度极限可直接选取 CH_4 爆炸极限 ($5.0\%\sim 15.0\%$)。

表 1.1 车用压缩天然气成分

成 分	含 量
总硫/(mg/m^3)	≤ 200
硫化氢/(mg/m^3)	≤ 15
二氧化碳/%	≤ 3.0
氧气/%	≤ 0.5

1.3 储气井设计

根据载荷范围和结构特点,储气井被划归为三类压力容器,依照 637 号文件的要求,储气井设计单位应同时持有 A1 类和 SAD 压力容器设计许可资质。设计是储气井优生的重要环节。早期,绝大部分储气井的制造都未经设计,或者不同地域、不同工况条件下共用一个设计。近期,国家质监部门加强了对储气井的安全监察,使储气井的设计状况有所改善,但总的说来,仍存在较多不足之处。

储气井有十多年的历史,一直以来,由于对储气井的安全不够重视,导致对储气井的技术研发和归纳严重不足,目前储气井的标准仍只有一部,且存在较多问题,急需修订,而相关安全技术规范则没有。储气井是一个压力容器和油气井相结合的产品,设计时应综合考虑两者的特点。储气井一般只被当作纯粹的地上容器进行设计,载荷上一般也只考虑内压力,而不考虑地层压力、自身重力以及制造载荷。对设计参数的确定目前仍没有统一的规定,实际的取值带有很大的随意性,如设计压力有取工作压力的 1.1 倍,也有取工作压力的 1.05 倍甚至 1.0 倍的;腐蚀余量有取 1mm,也有取 0.5mm 的。储气井强度参照 JB 4732《钢制压力容器——分析设计标准》进行应力分析设计,结构上不对固井水泥环进行专门设计,不考虑水泥环的完整性和偏心。储气井的井筒材料借鉴自油气井中的油(套)管,非《压力容器安全技术监察规程》(以下简称《容规》)中规定的材料,多数目前尚无抗疲劳性能方面的数据,因此抗疲劳设计只能近似参照 JB 4732 进行。

储气井结构上最大的特点在于螺纹,螺纹是储气井的薄弱环节,也是最容易失效的部位,因此对螺纹的设计是储气井的设计重点。目前,储气井的设计一般采用的是基于有限单元法

的应力分析设计方法,但是有限元方法在分析螺纹部位的应力时仍存在一定的局限性,其计算结果难以反映螺纹连接处的真实受力情况。

储气井的井口装置和井底装置目前都没有实现标准化,不同的制造企业采用的结构不同。井口装置设计方面,目前一般采用的基于强度失效的准则,而泄漏是井口装置的重要失效模式,已有专家建议对井口装置应采用基于刚度失效的准则进行设计。

失效模式方面,637号文件规定了除应考虑整体强度、腐蚀、疲劳,还应考虑失稳、低温脆断、螺纹密封失效等,但大多在用储气井的设计对失稳、低温脆断及螺纹密封等问题都未作考虑。

目前的设计大都只针对储气井的金属本体部分。固井水泥环在预防失效方面的作用已经得到了充分的证实,637号文件已将固井水泥环纳入了储气井的范畴,这就要求设计应专门针对固井水泥环展开,应对钻井工艺、井身质量、水泥牌号、用量、密度、扶正器安装间距、固井工艺、固井质量等提出明确要求。

针对以上状况,笔者对储气井的设计建议如下。

(1) 改进设计方法 可采用应力分析与安全性能试验相结合的设计方法,通过安全性能试验验证设计的正确性,或是采用其他更先进适合的设计方法。

(2) 井口装置标准化、系列化 井口装置位于地面以上,是储气井的“危险部位”,其失效将可直接引起爆炸和泄漏事故。目前,储气井井口装置结构形式众多,且安全性能都有待试验和实践的进一步验证,众多的结构形式一方面不便于安全监察和管理,另一方面会增加不必要的设计成本。此外,现有的井口装置还普遍存在笨重、造价高、拆装困难、密封性能差等缺点。因此,应开展储气井井口装置结构及安全性能研究工作,然后在标准中统一推荐几个系列,设计时直接在标准系列中选用。

(3) 应将钻井设计和固井设计纳入设计内容 随着应用范围越来越广,储气井涉及到的地质结构、环境条件、工作介质也越来越复杂。设计环节是储气井优生的关键所在,为规范储气井的设计,目前应加紧制订和修订储气井的标准及规范,一方面可直接将油气井工程中成熟的技术引入;另一方面应加强对储气井的技术研发。各储气井设计单位则应在改进设计方法、完善设计内容上下足功夫。

1.4 储气井制造

储气井是将管状金属筒体竖埋于地下形成的立式承压设备,储气井的制造应由具有A1类压力容器制造许可资质(限高压储气井)的单位完成,储气井的制造是从材料进货、钻前工程、钻井、井管组装、固井、固井质量检测、耐压试验、气密性试验的全过程,其中钻井、井管组装、固井、固井质量检测与评价、耐压试验和气密性试验是质量保证的关键环节。

(1) 钻井 储气井埋于地下,制造储气井,首先要在地下钻出裸眼井,储气井钻井技术借鉴自油气井工程,图1.5所示为储气井钻井过程示意图,原理为:依靠地面动力带动钻柱旋转,钻头切削地层岩石,形成岩屑,钻井液将形成的岩屑带出地面。

钻井是影响储气井井身结构和固井质量的重要环节,也是保证制造过程顺利进行的基礎,钻井前应根据地质条件对钻具组合、钻进参数、钻井液配制及循环流量等进行设计,钻

井应能保证储气井的井斜、井方位、井径能满足标准及设计要求。

油气井工程领域关于钻井技术有丰富的研究成果和经验,储气井钻井应充分借鉴这些技术成果和经验,但同时也应考虑储气井钻井的特殊性。一方面,储气井建造在全国各地,涉及到的地域地质条件更为复杂;另一方面,储气井对钻井质量的要求更高,油气井工程中井筒表层一般不固井,因此对井身质量的要求不高,而储气井埋于地表 300m 深度范围内,对储气井的固井要求很高。

目前,储气井实际制造过程中,对钻井环节普遍不够重视,要改变这一局面,应开展两方面的工作:一方面应加大对油气井钻井技术的消化吸收力度;另一方面,应开展对储气井特色钻井技术的研究。

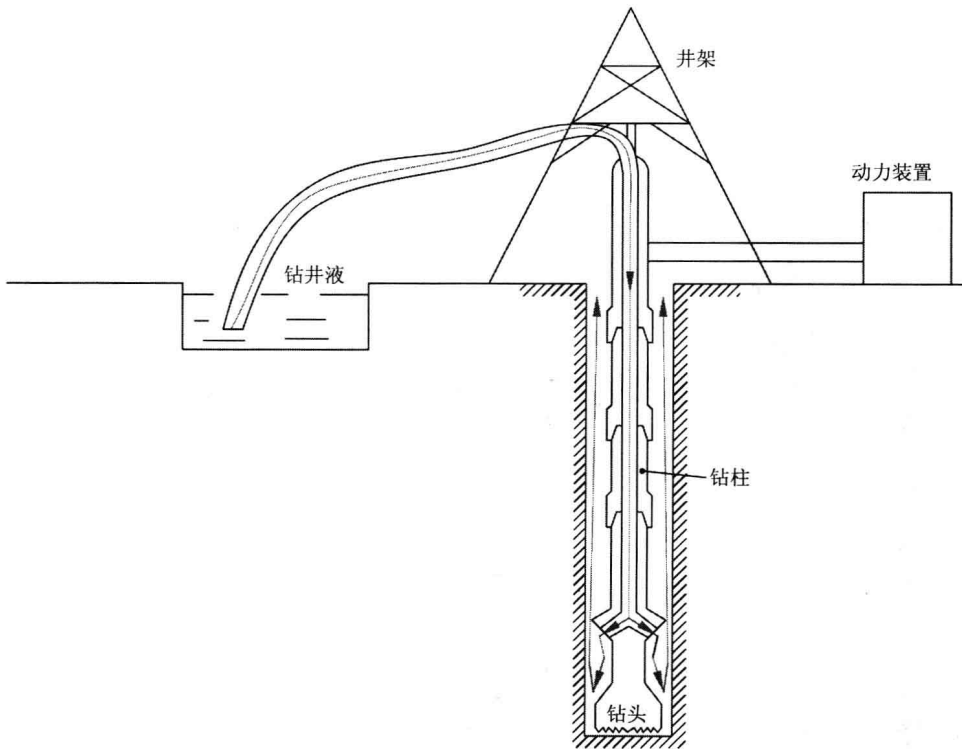


图 1.5 储气井钻井过程示意图

(2) 井管组装 储气井井筒由一根根的井管依靠接箍通过螺纹连接在一起,每根井管的长度一般在 8~11m 的范围内,钻井完毕后,要将井管组装起来,然后下入井内。

井管组装又分为密封脂涂抹、井管上扣和起、下井管柱几个关键环节。泄漏是储气井已经证明的主要失效模式之一,螺纹连接处是储气井的主要泄漏点。储气井依靠在螺纹处添加密封脂进行密封,螺纹加工质量、密封脂质量及涂抹情况均对储气井的密封性能有影响,井管上扣扭矩则应严格限定在标准允许的范围之内。目前,一些专家提出,应将在油气井工程已经应用的很成熟的气密缝扣引入储气井,但该技术目前尚无应用实例,主要受制于其相对较高的市场价格。

(3) 固井 固井是在井筒与裸眼井之间的环空里注入水泥浆的过程,水泥浆凝固后形成

水泥石，水泥石一方面将井筒与地层之间固定在一起，另一方面包裹住井筒，起到防止井筒腐蚀的作用。

固井是储气井制造的关键环节，应用实践已经证明，储气井的安全隐患和事故形式主要有泄漏、腐蚀、井筒上爬、井筒下沉、井筒飞出，其中后四种均与固井质量差直接相关。但是，储气井固井的重要性一直未受到足够重视，储气井设计时没有专门针对固井水泥环的设计，制造时不采取措施改善固井质量。如图 1.6 所示的三种无法保证固井质量的固井工艺：井口灌浆法、外插管法、捆绑胶带法，这些无法保证固井质量的工艺长期在储气井制造中使用。长期以来，固井质量得不到有效控制，处在较低的水平，导致目前大量的在用储气井存在安全隐患，并且发生过严重的安全事故。为了加强对储气井的安全监察，质检总局专门发布了 637 号文件，其中对储气井的固井质量及其检测与评价提出了明确的要求，在储气井国家标准颁布之前，储气井的固井执行 637 号文件的要求。

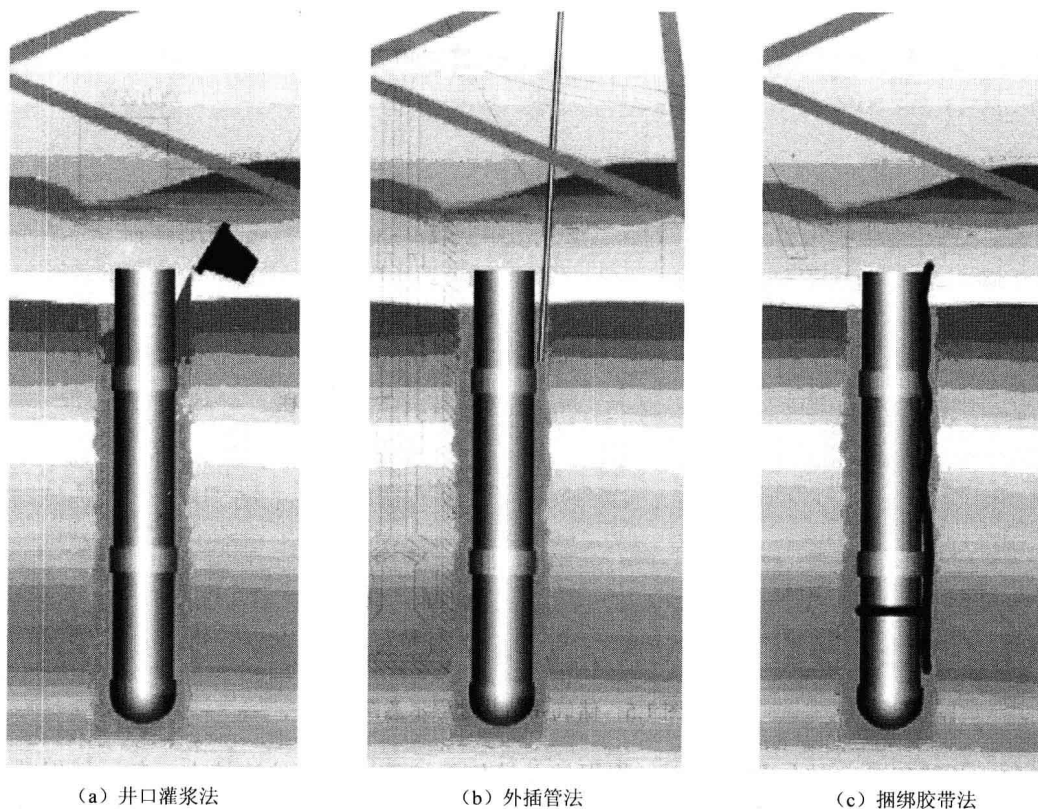


图 1.6 三种无法保证固井质量的固井工艺

(4) 固井质量检测与评价 检验检测是质量保证的一道屏障，储气井的固井质量要想得到有效保障，必须对其进行检测。637 号文件明确要求，所有新制造的储气井均应进行固井质量检测与评价，中国特种设备检测研究院已成功地将油气井工程中的声波/变密度测井技术引入储气井，并结合储气井的特点形成了特色评价技术。

(5) 耐压试验和气密性试验 耐压试验和气密性试验是储气井制造的最后两个重要环节，分别检验储气井的整体强度和严密性。储气井是我国特有的产品，在国外尚无应用

实例。目前,储气井的法规标准体系极不完善,只有一部石油行业标准(SY/6535—2002《高压气地下储气井》),并且该标准存在很多问题,已难以适应储气井的发展要求。目前,国家相关部门正在积极致力于储气井法规标准体系的建设工作,储气井国家标准的制订工作已于2008年8月启动。

1.5 储气井的安全形势

储气井最早于1994年被提出并投入使用,总的说来,安全事故并不多,其主体埋置于地下的结构使其安全性能要高于地上的压力容器。但目前对储气井的安全还不能过早的下定论,毕竟应用时间还较短,只有十多年。调查显示,目前储气井的安全事故正呈现逐渐增多的态势。

储气井最引人瞩目的安全事故是后来被称为“井筒飞出”的事故,尽管该事故只发生一起,但引起了较大的社会反响,事故发生于2005年四川宜宾,事故发生时,一加气站里的一口储气井的近100m长的井筒管串整体从地下飞出地面至空中,然后落到附近地面,将地面的汽车砸坏,图1.7和图1.8所示分别为储气井井筒飞出地面示意图和飞出井筒残骸及被砸坏的汽车。事故调查结果显示,“井筒飞出”的根本原因在于没有固井,由于没有固井,储气井井筒受地下腐蚀性流体侵蚀造成穿孔,而井筒又没有被有效固定在井眼中,在开孔的情况下,气压形成的50来吨的上顶力就直接将井筒顶出地面,并飞至空中,然后落到加气站附近的公共场所。

“井筒飞出”事故一方面让人们开始重新审视储气井的安全问题,另一方面也引起了科技界及相关部门对储气井设计、制造及检验技术的关注。

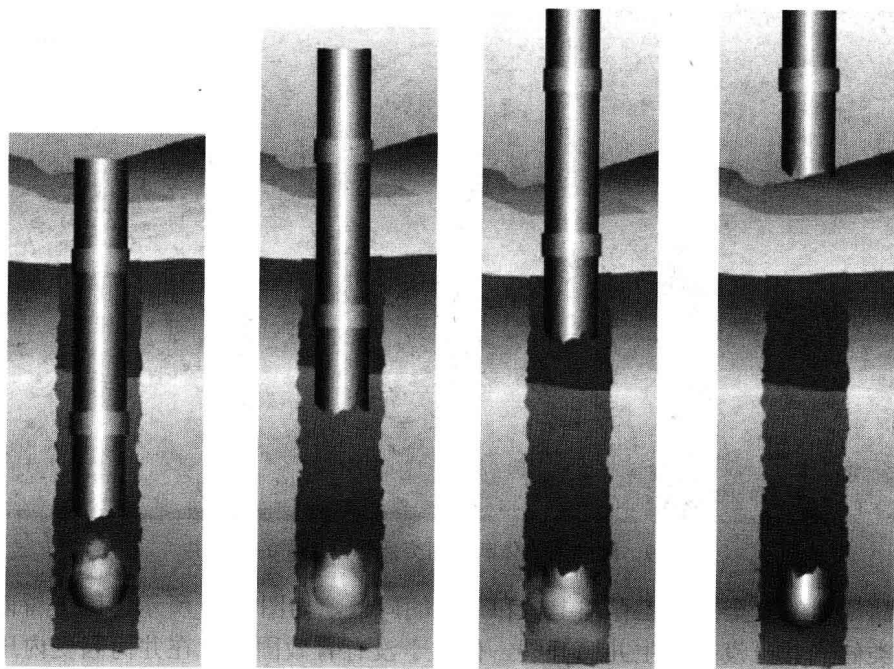


图 1.7 储气井井筒飞出地面示意图