我国非标油套管开发应用现状及发展方向*

陈开鹏[1],石晓霞[2],米永峰[2],张行刚[2],詹 飞[2]

(1. 宝鸡石油钢管有限责任公司,陕西 宝鸡 721000;
2. 包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了宝钢、天管、包钢、衡钢国内四大钢管生产企业对非标油套管研发应用情况,随着国内油气田开采工况日益苛刻,非标油套管需求量也越来越多。然而,国内油气田区块与区块之间、井与井之间工况存在明显的差异,非标油套管适用性评价还需要进一步开展大量工作,在此基础上形成行业认可的统一标准与规范成为非标油套管研究领域的发展方向。

关键词: 油套管; 应用现状; 发展方向
中图分类号: TE931.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)03-0095-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.03.026

Development and Application Status and Development Direction of Non-standard Oil Casing in China

Chen Kai-peng[1], *Shi Xiao-xia*[2], *Mi Yong-feng*[2], *Zhang Xing-gang*[2], *Zhan Fei*[2]

(1. *CNPC Baoji Petroleum Steel Pipe Co., Ltd., Baoji* 721000, *Shaanxi*, *China*;
2. *Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region*, *China*)

Abstract: In the paper, the research and development and application of non-standard oil casing in such four domestic large steel pipe production enterprises as China Baowu Steel Group, Tianjin Pipe Corp., Baotou Steel Group and Hengyang Pipe Group are introduced. With the increasingly harsh exploitation conditions in domestic oil and gas fields, its demand is increasing, while there are obvious differences between blocks and wells of oil and gas fields in China as well as a lot of work needs to be done further to evaluate its applicability, so the development direction of its research field is to formulate the unified standard and specification recognized by the industry on this basis.

Key words: oil casing; application status; development direction

我国目前投产的大多数油气田均具有贫油低渗透特性,随着开采年限增加,高温、高压、高腐蚀的苛刻开采环境严重威胁油气田成本控制及安全生产。应对国内油气田生产工况的特殊性,国内各大钢企开发了一系列适合国内油气田钻采的非标油套管。所谓非标油套管,是相对于API Spec 5CT油管与套管规范[1]而言,在满足该标准前提条件下,根据国内油气田特殊工况具体要求,提出一项及以上特殊技术指标的油套管。非标油套管可分为规格非标、材料使用性能非标、螺纹接头非标,或者其中两项或三项均为非标。规格非标的油套管推广应用因易加工性及可替换性受到了一定的限制,因此本文介绍

* 收稿日期:2021-05-06
作者简介:陈开鹏(1987-),男,甘肃省张掖市人,工程师,现从事钢市走势分析工作。

非标油套管研发现状与发展方向着重于材料使用性能非标以及螺纹接头非标。

1 国内非标油套管研发应用现状

查阅国内宝钢、天管、包钢、衡钢等大型钢管制造厂产品手册，国内非标油套管按照使用性能可分为稠油热采专用套管、抗 H_2S 应力腐蚀专用油套管、抗挤毁专用套管、抗 CO_2 腐蚀专用油套管、抗 CO_2/H_2S 腐蚀专用套管、抗 H_2S 腐蚀兼挤毁专用套管、深井超深井专用套管等，见表1。根据油套管使用工况，各家也自主开发了特殊螺纹接头，目前市场上主流特殊螺纹接头见表2，特殊螺纹接头也可以配合 API Spec 5CT 油管与套管规范使用，也可以配套国内各大钢管生产厂家自主研发的非标油套管使用。

表1 国内部分无缝管生产厂家非标油套管牌号

非标油套管名称	生产厂	牌号
抗 H_2S 应力腐蚀专用油套管	宝钢	BG55S(S)、BG80S(S)、BG90S(S)、BG95S(S)、BG110S(S)、BG125S
	天管	TP80S(S)、TP90S(S)、TP95S(S)、TP110S(S)、TP125S
	包钢	BT80S(S)、BT90S(S)、BT95S(S)、BT110S(S)
	衡钢	HS80S(S)、HS90S(S)、HS95S(S)、HS100S(S)、HS110S(S)、HS125SS
抗 CO_2 腐蚀专用油套管	宝钢	BG55-1Cr、BG80-1Cr、BG80-3Cr、BG90-3Cr、BG95-3Cr、BG110-3Cr、BG125-3Cr
	天管	TP80-1Cr、TP80NC-3Cr、TP110NC-3Cr、TP80-13Cr
	包钢	BT80-3Cr、BT95-3Cr、BT110-3Cr、BT125-3Cr、BT80-5Cr、BT95-5Cr、BT110-5Cr
	衡钢	HS80-13Cr、HS85-13Cr
抗 CO_2/H_2S 腐蚀专用套管	宝钢	HS80-1Cr、BG80S(S)-3Cr、BG90S(S)-3Cr、BG95S(S)-3Cr、BG110S-2Cr、BG13Cr-110、BG13Cr-110U、BG13Cr-110S
	天管	HP13Cr、SUP13Cr
	包钢	BT80S(S)-3Cr、BT95S(S)-3Cr、BT80S(S)-5Cr、BT95S(S)-5Cr
	衡钢	HS80S/SS-3Cr、HS90S/SS-3Cr、HS95S/SS-3Cr、HS110S-3Cr、HS110-S13Cr
稠油热采专用套管	宝钢	BG80H、BG90H、BG100H、BG110H
	天管	TP80H、TP90H、TP100H、TP110H、TP120H
	包钢	BT80H、BT90H、BT100H、BT110H、BT125H
	衡钢	HS80H、HS90H、HS95H、HS110H
抗挤毁专用套管	宝钢	BG80TT、BG95TT、BG110TT、BG125TT、BG130TT、BG140TT、BG150TT、BG160TT
	天管	TP80T、TP95T(T)、TP110T(T)、TP125TT、130TT
	包钢	BT80T(T)、BT95T(T)、BT110T(T)、BT125T(T)、BT140T(T)
	衡钢	HS80T(T)、HS90T(T)、HS95T(T)、HS110T(T)、HS125T(T)、HS140T(T)、HS150T(T)
抗 H_2S 腐蚀兼挤毁专用套管	宝钢	BG80TS、BG90TS、BG95TS、HS100S(S)、HS125SS
	天管	TP80TS、TP90TS、TP95TS、TP110TS
	包钢	BT80T(T)S(S)、BT90T(T)S(S)、BT95T(T)S(S)、BT110T(T)S
	衡钢	HS80TS、HS90TS、HS95TS、HS100TS、HS110TS
深井超深井专用套管	天管	TP110V、TP140V、BT155V
	包钢	BT110V、BT125V、BT130V、BT140V
	衡钢	HS140、HS150、HS155

表 2　国内部分无缝管生产厂家特殊螺纹接头

生产厂	特殊螺纹接头
宝钢	BGT1、BGT2、BGC、BG－PT、BG－PTS、BG－PC、BG－PCS、BHC、直连型
天管	TP－CQ、TP－EX、TP－NF、TP－G2、TP－FJ、TP－BM、TP－JC
包钢	BT－1、BT－3、直连型
衡钢	HSM－1、HSM－2、HSM－2－HC、HSFJ、HSTS、HSN、HSQR、HSSC

1.1　稠油热采专用套管研发与应用

稠油热采专用套管是基于国内稠油油田吞吐注蒸汽开采技术开发的产品，在向稠油热采井中注入蒸汽的过程中，套管受热时由于受到约束而无法膨胀，从而受到较大的压应力的作用，在停注采油的过程中，由于金属材料的松弛和蠕变作用，套管又受到较大的拉应力作用，套管周期性承受高拉压应力作用，由此造成断裂或变形，成为热采井套管损坏的主要原因。国内主要的钢管生产厂家根据稠油热采套管的失效形式及受力特点，研发了稠油热采专用套管，屈服强度的跨界大约在 500 MPa 左右，该类产品主要应用于胜利油田、辽河油田等，据统计，稠油热采专用套管年需求量 2 万 t 左右。

1.2　抗腐蚀油套管研发与应用

国内约有 1/3 的油气田存在二氧化碳、硫化氢或者二者并存的腐蚀介质，二氧化碳及硫化氢因电化学腐蚀中的均匀腐蚀、局部腐蚀造成油套管壁厚减薄、腐蚀穿孔，因硫化氢应力腐蚀造成的管材脆性断裂，给油气田的开采带来严重的安全威胁与经济损失。国内对油套管腐蚀的措施有选择耐蚀材料、耐蚀涂覆处理、添加缓蚀剂、阴极保护等手段，但各有利弊，另外，腐蚀工况中的腐蚀介质、区块与区块之间、井与井之间均存在明显的差异，材料及耐蚀措施的选择需要进行大量前期研究工作。抗腐蚀油套管从低合金钢到高合金不锈钢，研发种类有几十种，年需求量也在 20 万 t 以上。

1.3　深井超深井套管研发与应用

由于浅井易开采油气田消耗殆尽，深井超深井开采技术应用而生，随之开发出深井超深井及高抗挤毁套管产品。国内目前最深的井已经达到了 1 万 m左右，因井深造成的套管井下服役环境变得异常恶劣，套管不仅要承受井底温度不断攀升造成强度折损问题，还要承受地层压力增加造成挤压失效问题。国内塔里木油田、青海油田等西部油气田，对该类产品的需求量与日俱增，另外，近几年来，随着西南油气田页岩气开发，压力技术的实施与应用，套管不仅要满足高的强度韧性的同时，还需要更高的抗挤毁性能。市场上应用最多的深井与超深井套管有 110 V、125 V、140 V、150 V 等，抗挤毁套管主要有 110TT、125TT、140TT 等产品，调研显示，近几年来，深井超深井套管年需求量达到了 60 万 t 以上。

1.4　气密封特殊螺纹研发与应用

油套管中最薄弱的部分就是螺纹连接处，螺纹质量的好坏，直接影响油气井的寿命[2]。国内正大力开发深井、超深井、高气压井、稠油热采井、定向井、水平井、重腐蚀井等，井下的工况越来越复杂，传统的 API 螺纹接头由于自身的缺陷无法满足使用要求，而特殊螺纹接头则可以很好地弥补 API 螺纹接头的设计缺陷[3]。国内已开发油管特殊螺纹接头 40 余种，套管特殊螺纹接头 50 余种，年需求量 80 万 t，并且随着钻采技术的提升，需求量在不断增加。

2　国内非标油套管发展方向

随着油气开采工况越来越复杂，深井超深井、大位移水平井开采成为常态，非标油套管市场需求与日俱增。国内各大钢管生产厂家也根据不同工况使用环境开发了一系列专用油套管，但从目前市场应用的非标油套管来看，没有形成系统的选材方案，也未达成行业共同认可的非标油套管产品，特别是特殊螺纹接头，由于各家在开发特殊螺纹接头过程中加入了自主设计元素，造成螺纹接头之间的排他性。基于目前非标油套管的研究与应用，提出了以下几个观点仅供参考讨论。

(1) 建立国内油气田工况数据信息共享平台，通过分析油气田工况，按照井深、井压、温度及腐蚀情况对油气田进行分类，以便于对目前常规及非标油井管使用情况进行跟踪，对非标油套管的适用性进行评价。

(2) 建立与油气开采更加贴合的模拟实验室进行预试验,根据实际井矿参数及技术指标,研究开发模拟实验室设备及技术,为现场油气开采安全保驾护航。

(3) 根据油气田工况数据信息分析结果,结合模拟实验室预试验制定各大油气田,甚至各井块的选材指导方案,解决材料制造与实际应用之间的对接错位问题。

(4) 基于多年的非标产品应用及选材,与各大钢管生产厂家及油套管应用企业,联合起草制定满足国内实际采油工况的非标油套管技术规范或标准,尤其是特殊螺纹接头,通过效果评估,保留优质高效螺纹接头形成统一标准,解决各家螺纹接头排他性的问题。

(5) 新型管材产品的研制与开发。近年来,各大院校及各钢管制造厂家研发部门也在尝试研究新型管材,如铝合金套管、钛合金套管及其他复合型套管等,新型管材如何在保证低成本易成型的前提条件下,满足非标油套管各项性能要求将成为科研工作者重点研究的方向。

3 结束语

非标油套管因工况环境复杂应运而生,如何应用好非标油套管,在保证安全生产的前提下经济耐用是行业近几年的热点话题。另外,非标油套管从研发到推广应用,在国内市场历经30余年,国内各大油气田或多或少均在应用非标油套管,因此,以具体实际工况为基础,制定合理的选材方案,起草行业认可的标准将成为近几年的重点研究方向。

参 考 文 献

[1] API spec 5CT,油管与套管规范[S].
[2] 蔡晓闻,高连新. 我国油套管特殊螺纹接头的发展现状[J]. 焊管,2008,31(4):41-44.
[3] 黄强. 油管螺纹损坏原因与对策[J]. 石油天然气学报,2005,27(4):708-717.

(上接第88页)

4 实际生产中的应用与生产结果

铸造实际生产过程中采用对分式的金属模样取代之前的泡沫模样,焊制芯盒手工制作砂芯,这样的优点在于金属模样可重复使用,大量节约模具成本,且造出的型腔表面更光滑,芯盒制芯更能保证砂芯的紧实度,造芯时采用质量非常好的铬铁矿砂造芯,并且表面涂刷耐火涂料,可以最大程度的保证产品表面质量。



图9 初始工艺V型辊成品缺陷

针对图9中出现的缺陷,采用方案二后辊子表面质量有了很大的提升,几乎没有缺陷。并进行探伤检测,内部没有发现裂纹。

5 结束语

通过此次使用ProCAST对V型辊铸造过程模拟发现原铸造工艺存在一定的问题,通过更换浇注方式、冒口等铸造参数后之前存在的缺陷得以解决,并以此进行工艺优化和改进,这证明ProCAST能较准确直观地预测铸造过程可能形成的缩松缩孔等缺陷,这样不仅提高了铸件合格率及产品质量,而且未来新产品开发也能够缩短开发周期、降低开发成本、减少试浇次数、减少模具修改次数从而降低综合开发成本,为铸造工艺优化设计提供强有力的指导。

参 考 文 献

[1] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册·铸造工艺(第2版)[M]. 北京: 机械工业出版社,2003.
[2] 王文清,李魁盛. 铸造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社,2002.
[3] 李日. 铸造工艺仿真ProCAST从入门到精通[M]. 北京: 中国水利水电出版社,2010.