



石油专用管

第二集

中国石油天然气总公司石油管材研究中心

陕西科学技术出版社

51001



51682

石油专用管

第二集

中国石油天然气总公司石油管材研究中心



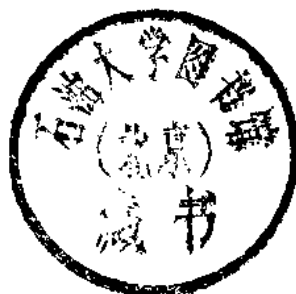
200369564



SY78/26



00453301



陕西科学技术出版社

51001



51682



00453301

石油专用管

第二集

中国石油天然气总公司石油管材研究中心

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街131号)

西安永新印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 13.5印张 32万字

1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷

印数：1—5,000

ISBN 7-5369-0532-7/TE·2

定 价：6.00元

《石油专用管》

第二集

主 编：李 鹤 林

副 主 编：宋 治 彪 鵬 飞

编辑组成员：冯 耀 荣 张 毅 贾 立 仁

责任编辑：胡 明 韬

目 录

• 综 述 •

1. 从材料工程角度讨论石油专用管.....王 仪 康 (1)
2. 正确理解和采用API标准.....赵宗仁等 (13)
3. 裂纹扩展阻力曲线在钢管断裂分析中的应用.....邓 增 杰 (19)

• 失效分析 •

4. 石油钻柱失效分析综述..... (31)
5. 钻杆内加厚过渡区部位的失效分析.....李鹤林等 (50)
6. 新疆S135钻杆失效分析.....赵文珍等 (61)
7. 四川 E75 钻杆失效分析.....赵文珍等 (77)
8. G105 钻杆管体刺穿原因分析.....韩 勇等 (89)
9. 摩擦焊接钻杆断裂分析.....冯 耀 荣 (100)
10. 华北油田苏一10井钻杆断裂分析.....冯 耀 荣 (107)
11. 中原油田 G105 钻杆接头断裂分析.....冯 耀 荣 (113)
12. 石油钻铤断裂失效分析.....安 秉 尧 (119)
13. F-110套管接箍破裂分析.....安秉尧等 (127)
14. 江汉油田油管断裂分析.....张国正等 (132)
15. 江汉油田抽油杆断裂分析.....帅 亚 民 (140)
16. 华北油田 $\phi 127$ mm G105钻杆接头刺穿分析.....吕 栓 录 (145)

• 质量分析 •

17. J55套管用钢的冶金缺陷与断裂抗力.....孙 军等 (150)
18. 闪光对焊钻杆灰斑缺陷分析.....冯耀荣等 (162)
19. 阿根廷 Siderca 公司套管缺陷分析.....李京川等 (170)
20. 石油管材分层缺陷分析.....张 国 正 (184)

• 试验方法 •

21. 影响管材屈服强度测试的因素及分析.....张 毅 (189)

• 译 文 •

22. 无磁钻铤失效类型分析.....冯耀荣译 (202)

从材料工程角度刍议石油专用管

王 仪 康

(中国科学院金属研究所)

【摘要】 材料工程是近20年来在西方出现的新概念。笔者根据自己长期从事材料科研工作的体会及对国外石油专用管科研、生产单位的调查研究,论述了石油工业的材料工程,并从材料工程的角度分析了国内外石油专用管材的现状和发展趋势,提出了若干建议。

一、石油工业的材料工程

近年来,随着各方面建设的发展,我国钢材生产和供应的矛盾越来越突出。在可以预见的将来,社会各个领域对钢材的需求有增无减。根据国外有的专业研究单位预测,到1995年,我国对钢材的总需求量有可能超过美国,达到每年1亿吨左右。从钢铁工业的发展情况看,我国以每年1千万吨的规模进口钢材的局面会持续相当长时间。在需要钢材的几大工业门类(基建、重型机电设备、汽车、石油、化工、包装和家用电器、铁路等)中,石油、汽车、重型机电设备和家用电器几类,目前都离不开进口日本钢材。随着在世界钢材市场居垄断地位的日本货币升值,所需外汇就会成倍增加。值得注意的是,我国石油工业专用钢材的进口价格不断上涨,其需要量却随着我国开发石油规模的扩大而越来越大。根据国外提高石油专用钢材自给率的经验教训,为解决这个矛盾,加强材料(钢材)工业和石油工业衔接的“材料工程”工作是非常重要的。

材料工程是近二十年来在西方出现的新概念。这是一门介于经典材料学(冶金学)、机械制造学和建筑工程学之间的边缘科学技术。通称材料工程(Material Engineering)。例如,当一个要用新材料或新工艺的工程设计进入论证阶段时,既要考虑这种新材料本身的性能水平,也要求考虑其在进行机械深加工时和在实际应用过程中可能遇到的问题,如焊接工艺和材料的选择;表面处理工艺的选择和适用性;为了保证石油工程结构的安全可靠性,对断材料所采用的安全韧性数据(Fracture Toughness Criteria)和结构件疲劳断裂的疲劳寿命预测问题(Fatigue Life Estimation);材料无损探伤技术或监测技术在工程结构中的应用;以及在地下(或水中),由于有腐蚀介质在材料中所发生的环境降级问题(Corrosive Environment Degradation)等等。总之,它既不是一门单纯的材料学(冶金学),也不是一门机械制造专业的材料(金属)加工工艺学,更不是建筑工程学,而是一门综合性的材料工程学(An Integrated Engineering—Material Engineering)。它的目的是通过发展材料和有关的工艺来制造适用和可靠的工程结构。例如,对石油材料工程来说,油田的油井

和气井就是长期在地层高压(一般为 $10\sim 50\text{MPa}$ [$100\sim 500\text{atm}$])、高温($100\sim 300^\circ\text{C}$)和腐蚀(硫化氢、二氧化碳等)条件下工作的石油工程结构。要做好这种工作,所涉及的不只限于研制新材料(材料的制备和材料的各种工艺性能),而且要涉及材料的深加工工艺(Fabrication)和材料通过深加工而得到的最后深加工产品(石油油井专用管等)的各种工作性能(Performances)。

总之,当代材料工业已经发展到了通过材料工程工作直接向用户提供如何把材料制成可靠的工程结构的全套软件,甚至承包工程结构的阶段。这样做的逻辑是,只有认真地对有关钢材在主要工程领域的应用情况进行深入的研究,才能提高这些专用钢材的质量水平,才能使钢铁工业更有针对性、更能多快好省地发展。在这方面,日本人做得相当出色。他们在钢铁工业科研工作中一直把上述概念作为重点,认为这是“信息社会”钢铁工业科研工作的特征。八十年代以来,日本的钢铁公司一直把钢材深加工和开拓新用途的科研工作列为重点,其投资始终占科研总投资的 $70\sim 75\%$ (其它是:基础科研投资 5% ,钢铁生产工艺科研 $20\sim 25\%$)。在全球海洋和石油开发活动中,日本的几大钢铁公司,不仅积极推销钢材,也有能力直接承包一些大量消耗优质钢材的工程,如海上采油平台、长距离油气输送管线等。目前,日本这种发展钢铁工业的“模式”,正在引起世界各国的注意,认为是一个成功的经验。这主要是因为,同当代许多技术密集的高利润工业比较起来,钢铁工业已经成了低利润工业。但是,钢铁材料又是建立和维持一个工业现代化社会的主要材料支柱。这种低利润、高度资本密集和劳动密集的钢铁工业要想办下去,唯一的出路就是加强办钢铁工业的针对性,加快产品由出厂到交货的周期,避免产品积压,把低价的钢材尽量转化为社会急需的高档商品,即材料深加工产品。这样,才能提高钢铁工业的利润,才能把钢铁工业办下去。这就是当代日本、西欧各国钢铁工业发展的一个趋势。

相比之下,我国在发展材料工业方面,不仅在技术水平上,而且在技术观念上,都是比较落后和混乱的。一般来说,我国材料(钢铁)工业界对于那些既不是“尖端”,也不是“军工”,但却在钢材用量方面是“大户”的基础工业所使用的钢材,在实际使用中究竟有哪些问题,应当如何改进等问题的认识,同日本或者西欧的同行相比,就有明显的差距。即使社会很需要的材料工程工作,目前也往往被认为是“不务正业”,受到社会各方面的鄙薄和排斥。我国钢铁界一般都认为,炼铁、炼钢和轧钢才是科技工作的“正宗”;机械工业界普遍认为,机械设计和冷加工工艺才是机械工业的“正宗”,而搞材料的专业科技单位又一般都认为,只有发明或研制出新材料或研究新材料的“机理”,才是“正宗”的材料工作。这样一来,在观念方面,材料工程工作在我国就没有立足的基础。尽管我国这几年在一些大学里相继设置了材料科学和工程系,但是,很少有人说得清材料学(冶金学)与材料工程学究竟有什么区别。有的人干脆把发展新钢种和新材料作为材料工程工作的唯一内容。实际上,在当代材料(钢铁)工业技术和用户(机械)工业技术这两个传统工业技术之间,已经出现了一门新的边缘科学技术,即材料工程学。它是发展新型工程材料的“基础工作”。目前,在我国,人们对材料工程工作的特征和重要意义认识不足,这正是我国材料(钢铁)工业产品质量,也是我国机

械产品质量落后于世界先进水平的一个重要原因。

目前,我国各工业部门一般都在自觉不自觉地执行着本工业领域或本单位内部“自我完善”的科技投资政策。而衔接我国机械、钢铁和材料科研工作所必需的材料工程工作,长期以来却得不到应有的重视和安排。这种没有远见的科技投资政策,最终是要付出沉重代价的。而且,时间越长,后果会越严重。在这方面,苏联钢铁工业的经历就很值得我国借鉴。苏联钢铁工业从产量、规模到每年投资额,都居世界前列(七十年代平均投资为每年30亿美元,是日本25亿美元的1.2倍,是西德6亿美元的5倍)。八十年代初期,苏联年产钢管800万吨,占世界钢管产量29%,居世界首位。苏联又是当代石油产量最大的国家,对石油工程用钢需求量仅次于美国,居世界第二位。但是,由于钢铁工业界在管理和科技政策方面僵化,苏联在民用工业材料方面的工作是相当差的。苏联高压输气管线用优质低合金钢板制的U—O焊管,全部依赖日本、西德和意大利供应。石油油井专用管只能自给70~85%,其中技术要求较高的一部分还得由日本、西德和意大利进口。最近,正从意大利引进全套制造油井套管和钻杆的技术。这个事实说明,那种认为只要把钢材生产搞上去、产品水平就会提高、就会自然而然地满足现代化社会要求的想法是不对的,是不能适应现代化社会发展要求的。

当今,世界上石油工程用钢最大的用户是美国(350~600万吨/年),其自给率八十年代一直保持在50%左右,苏联(270万吨/年)则保持在70~85%之间。目前,他们都相继引进意大利制造石油专用管的技术,以提高自给率。我国是仅次于美国和苏联的石油工程用钢大国。八十年代以来,石油专用管的自给率还不到20%。长此下去,在日本和西欧的钢铁工业压缩生产能力减产保价的变动中,我国是要吃大亏的。本文从调查研究石油工业的材料工程着手,对我国如何提高石油专用管的自给率问题,作了一些探讨。

二、石油专用管材的现状和趋势

在石油工程材料中,钢管需用量很大,约占总量的80%以上。石油钢管实际上是钢管的深加工产品,包括石油油井专用管(Oil Country Tubular Goods)和油气输送管(Line Pipe)。目前,主要依靠进口。原因是:(1)我国钢铁工业产品以型钢为主,管、板一直供不应求;(2)我国自1978年以来,虽然相继组建了石油专用管生产线,但由于产品质量不高,一直未取得美国石油学会(API)会标使用权证书。API标准是在大量石油开采活动中总结出来的对石油工程材料的最起码的安全要求,已被大多数产油国接受。API标准中涉及套管、油管、钻杆、输送管的标准列于表2^[2]。

API标准由API油田设备和器材标准化执行委员会负责制订和修改。管材标准化委员会是其下属的十二个标准化委员会之一,其组织体系见表1^[1]。目前,全球生产石油专用钢管的钢铁公司或工厂大都参加了API标准化委员会,只有我国例外。现在,国际市场上进行的有关石油专用管贸易中,90%以上是按API标准生产和交货的。未取得API会标使用证书的工厂,产品销路是很成问题的。这是由于油井管和输送管服役条件

恶劣，风险很大。油井本身实质上是由数百根石油套管用螺纹连接组成的高压油气地下壳体。这种壳体既要承受 $10\sim 50\text{MPa}$ ($100\sim 500\text{atm}$) 或更高的“内压”，又要承受一般 $15\sim 30\text{MPa}$ ($150\sim 300\text{atm}$) 最大可超过 100MPa (1000atm) 以上的“外挤压”。井下温度最高可达 $180\sim 300^\circ\text{C}$ 。其受力状态也很复杂。在这数百根石油套管和螺纹接口中，只要有一个接口发生了问题，轻则停产修井，重则井毁。按西方标准，建一口深 3000m 的油井要用 70 万美元，其中用来购买石油专用管的费用约 9 万美元，占 13% 。不同厂家生产的石油专用管价格差额，表现在建井总费用方面，充其量也不过上下浮动 $3\sim 6\%$ 。因此，谁也犯不上为节省 $5\sim 6\%$ 的建井费去买质量低劣的专用管而大冒风险。所以，当代国际市场上，石油专用管的竞争主要表现在质量和使用可靠性方面，而不是在价格方面。

迄今为止，石油专用管的生产主要集中在世界上为数不多的一批工厂，见表3^[3]。在1980年全球开发石油的高潮时期，国际市场上对石油专用管的年需求总量曾达到 810 万吨（无缝管 770 万吨，直缝焊管 40 万吨）。其中，属于日本各钢厂生产的为 330 万吨，占国际市场上总贸易量的 41% ；美国 Armco 等几个钢铁公司生产的 350 万吨，占 43% ；西德、意大利和法国等国生产的只有 80 万吨，占 10% 。石油油井专用管是一种在无缝钢管（也有少量直缝焊管）基础上进行机械深加工的专业化产品。与一般无缝管比较，它不仅对钢管的质量有严格要求，而且对钢管的尺寸精度和接头螺纹的设计和机加工质量也有很严格的要求。石油油井管实质上是依靠螺纹连接起来的、能承受数百大气压的高温高压管道部件，它要求严格保证螺纹接头对高温高压石油或天然气的密封性，是一种技术要求相当高的专项产品。

对于一般无缝钢管的用户来说，进行抽样检查，把废、次品控制在一定比例以下就可以了。因为我国钢铁工业的产品检查制度，都是用抽样检查法靠概率来控制从矿石到成品的每一工序质量的。用这种质量检查体系控制最终产品（材料）质量，要求不出一点废品，从逻辑上说不通，在事实上也办不到。对一般用户来说，发现某一根无缝钢管出了问题，更换一下就可以了。这是我国对钢铁产品质量的传统看法。但是，对石油油井专用管来说，这种老概念就行不通，因为下到数千米深井里的石油油井套管是无法更换的。在由数百根钢管和螺纹接头组成的地下高压油气系统（这个系统要工作 $20\sim 30$ 年）里，只要有一两根钢管、一两个螺纹接头出现了质量事故，就可能导致比这一两根钢管价格高出千百倍的经济损失。因此，国外石油专用管生产厂对产品采取的是百分之百合格的质量保证体系，在逻辑上不允许任何废品出厂。要做到这一点，他们靠的不是一两台在工序上的无损探伤装置，而是从原料到成品的一整套质量保证体系（Quality Assurance System），仅就工序上的无损探伤来说，要从始到终进行六、七道检查，使用的技术也不是一两种，而是三、四种^[4]。

此外，还要针对石油油井专用管的特殊应用条件，做各种特殊性能试验^{[5][6]}。在这些工厂里，仅仅是管理这些试验设备、进行专职质量检验的人员，就是一个同生产相对独立的部门。各钢铁公司设有专门就石油专用钢管在使用中发生的问题同主要用户联系的技术服务组织，叫做技术服务部。这些钢铁公司所属的研究所内，也设置专门机

构研究石油专用钢管的有关问题。例如，石油专用管的螺纹研究，就是一门很受重视的研究专业。很明显，这一大套非标准技术装置、设施和工作部门，并不是任何一个无缝钢管厂都能负担得起的。而如果没有这些条件，就无法保证石油油井专用管的质量。实际上，即使这样做了，也仍有漏检的质量问题，不过机率极少而已。

近几年来，由于石油跌价，全球的石油开发活动趋向低潮，对石油油井专用管的需求量大幅度下降，石油工程用钢在世界市场上的销路已经崩溃了。目前，国外制造石油油井专用管的工厂正在面临新的调整。概括地说，其动向一是主动关闭设备比较落后的生产线，缩小生产规模和能力，并用进一步提高对石油专用管交货技术要求的作法来减产保价。例如，美国专营石油工程用钢的Armco钢铁公司，就主动同美钢联钢铁公司（U.S.Steel）签订了合营（Joint Venture）意向书，把他们所属的几个石油油井专用管生产线关闭，把他们的市场转让给美钢联，由后者改造其所属的生产线来供应石油专用钢管。另一个值得注意的动向是，西欧制造石油油井专用管的工业集团，通过变“石油油井专用管的输出”为“制造石油油井专用管技术的输出”，来同日本钢铁公司争夺国际市场。例如，意大利的钢铁集团（IRI-Finsider Group），这几年就主动以贷款的形式，在苏联伏尔加格勒附近的Voliski，建立当代最大的石油油井专用钢管（套管）工厂；在苏联的Sumy建立钻杆工厂；在美国的Ohio建立石油油井套管专用生产线。这些石油油井专用钢管厂的规模都超过了他们自己在意大利的Dalmine-Massa油井套管生产线和米兰的钻杆生产线。

通过比较列在表3和表7的当代制造石油油井专用钢管的设备情况，还可发现这样一个新动向，就是国际上都相继采用压力推轧穿孔（PPM—Press Piercing Mill）和多机架限动芯棒轧无缝钢管的新工艺（MPM—Multi Stand Pipe Mill with Controlled Speed Retained Mandrel），来解决对无缝钢管、特别是大口径钢管很难解决的钢管偏心、不圆度大、壁厚不均匀度大和管内壁质量不佳等一系列对石油油井管使用寿命有明显影响的质量问题。而我国宝钢最近投产的全浮动芯棒轧无缝钢管工艺（Full—Floating Mandrel），目前已经属于比较陈旧的穿孔无缝钢管工艺了。所以，宝钢石油油井专用管厂从开工那一天起，面临的的就是如何把石油油井专用管质量提高到国际水平的问题。日本的住友尼崎钢管厂一共花了17年（1952~1969年）时间，才取得API会标使用证书。新日铁花了3年（1976~1979年）。西德的Beneteler公司花了4年（1978~1982年）。我国宝钢钢管厂投产后，在取得API会标使用权方面，也不会是轻而易举的。即使该厂投产后一切顺利，也只能解决我国石油工业所需要的钻杆、油管和5½in套管的自给问题^[7]，在7~14in的石油油井套管方面，问题还是没有解决。而这些大口径油井套管的需要量大致占总需要量的80%以上，相当于石油油井钢管总需要量的60~65%。我国石油工业“七五”计划钻井6600万米，按每米用75kg石油专用管估算，需要7~14in或更大一些孔径的石油油井套管300万吨。按日本1986年对华输出石油专用管调整加价后每吨400美元计算，需要付出外汇12亿美元左右。现在，苏联由意大利引进在Voliski兴建的石油油井专用管厂就是生产7~14in这一档次的，总贷款投资9.7亿美元，设计年产量72万吨，1988年投产。看来，苏联建这个石油专用管厂是有明确

针对性的。我国拟在天津兴建的大型无缝钢管厂也是针对这一档次设计的。现在看来, 1990年以前恐怕没有希望投产。

三、建 议

1、开展大口径直缝焊接油井套管的科研工作

为了尽量减少进口石油井套管, 一方面应当对1978年以来我国已建立的石油专用管生产线作一些调查研究和技术改造, 另一方面也应当考虑使用直缝焊管来代替进口大口径石油油井套管。直缝焊管在解决大口径钢管不圆度、壁厚不均匀、内外壁表面质量不好等常见缺陷方面具有无缝钢管无法比拟的优越性。特别是用经过控制轧制的高强度钢板来制造直缝焊管, 由于钢管壁为超细晶粒组织, 在抗射孔开裂性能方面远远超过了无缝钢管, 价格也比无缝管便宜。在1980年全球开发石油的高潮中, 美国和加拿大就曾在3000m以内的浅层低产井上广泛使用直缝焊油和套管。委内瑞拉和中东油田曾用直缝焊管作注水井套管。1979年, 美国用直缝焊管制造的油井套管和油管, 产量曾达750万吨/年, 占美国石油专用管年总产量的31%。1979年, 日本出口的石油专用管中有22万吨焊套管和油管, 都是H-40和J-55低钢级的。据国外石油工程设计方面的专家估计, 今后, 在井深10000ft (3000m) 以内的浅井中, 采用直缝焊钢管的比例有可能达到75%以上。

“六五”期间, 我国在直缝焊油和套管方面, 曾作过一些探讨和试验, 结果并不理想, 都是不了了之。用直缝焊管代替无缝钢管来制造石油专用管, 要以现代化的炼钢工艺、先进的轧钢设备和能对焊接加热过程进行程序控制的先进直缝焊管机组为前提。换句话说, 就是要求使用超纯净、超细晶粒 (ASTM E112 No. 10~14级)、低的焊接碳当量以及使用铌、钒、钛等微量合金元素沉淀强化的控制轧制高强度钢板, 配备比较合理的焊接工艺设备, 才能得到预期的结果。并不是只要是直缝焊管就可以作石油专用钢管、送到油田就可以应用。我国用直缝焊管制造石油专用管之所以没有取得成效, 原因是没有注意到上述几个前提的重要作用。今后, 随着国内钢板冶金质量的提高和有关石油钢管厂从国外引进直缝焊管机组的投产, 开展用直缝焊管做石油专用管的研究, 对提高石油油井专用管的自给率具有重要意义。

2、安排无磁钢钻铤的试制工作

我国油田平均单井日产量并不高。在目前油价条件下, 具有开采 (经济) 价值的油田仍集中在东部沿海滩涂和一些人口稠密地区。为减少可耕地面积和受海滩、淤泥、沼地限制, 钻定向井 (斜井及丛式井) 是一个很有前景的工作。目前我国钻定向井所需的无磁钢钻铤主要依靠进口。展望今后十年, 随着定向井工艺范围的扩大, 全部依靠进口解决无磁钢钻铤, 势必会增加钻井成本。而制造无磁钢钻铤与制造石油专用管不同, 不需要过多的专用设备。我国在发展制造无磁钢钻铤的铬锰氮系统无磁钢方面, 曾做过20多年的工作, 已经形成了一套从科研到生产的完整工作基础。如果能够充分利用这个比起国外并不逊色的技术基础, 就可以收到事半功倍的效果。

3、注意发挥无损探伤技术在石油工程中的作用

国外大量的经验教训证明,石油专用管和油气输送管不但出厂前要进行无损探伤,就是在工程现场也需要进行复查。因为,即使在工厂中通过了各种工序上无损探伤的石油管材,由于种种原因,不但仍有可能漏检,甚至有些缺陷是在出厂以后“长出来的”。至于那些在厂内未经充分无损探伤的石油专用管,不经探伤复查就贸然下井使用,出事故的机率就更大。

此外,国外目前正在推广使用对油气输送管进行经常性安全监测的无损探伤移动装置(Complex Inspection Vehicles),对管道各个缺陷部位进行监测跟踪,并用磁带记录。一旦缺陷发展到“临界尺度”,就及时发出警报,以便及时维修。对于拥有7000公里输油管线的我国,这是一项值得发展的技术,特别是对于穿越黄河、长江的管线,更有重大意义。由于我国原油含蜡质过高,一般都需要加热到70℃输送(国外一般加热到30℃输送),这就使我国不能机械地搬用外国现成的装置,而必须在我国的技术基础上,研究70℃温度对移动装置电源和各种电子仪器性能的影响,从而制造出适合我国情况的油气输送管线安全监测装置。

4、安排下一代油气输送管线用高强度钢板选型的研究

我国现在铺设的油气输送管线绝大部分使用A3钢或16锰高强度热轧板卷(相当于国外的X-52管线用高强度钢)经埋弧焊接工艺制造的钢管。今后,随着新型焊管机组的投产,对制造直缝焊管所需的新型高强度钢热轧板卷的质量要求,也势必随之提高。这就要求考虑适合制造直缝焊管的高强度钢选型及有关焊接工艺的问题。尤其是对用于含硫化氢天然气的井口集输管线用钢板在氢作用下的行为问题,更需提前安排研究。

5、加强材料工程工作,积极开展中外科技交流活动

我国石油工业每年完井工作量不过占全球石油工业的4~5%左右,对石油专用管的需求量也大体保持相应比例。因此,我国应积极吸收国外在石油专用管方面的经验,而不宜“闭门造车”。何况,我国在石油工程材料方面的工作还相当薄弱,短期内大部分还不能自给,需要从国外进口。今后我们应当充分利用进口石油专用管的条件,在国内用户和有关钢厂横向联合的基础上,通过积极开展对外科技合作和交流,跟踪国外发展动态,才能促使国内石油专用管工作顺利发展起来,从而提高石油专用管的自给率。只有这样,才能在国际钢材市场发生变化的时期,避免陷入被动状态而蒙受经济损失。

附记:石油管材研究中心李鹤林高级工程师,曾就本文的观点与作者进行过认真的讨论,并对本文作了重要删改,在此谨表感谢。

参 考 文 献

- [1] "HISASHI TAKAHASHI Transaction" ISIJ Vol.23 (1983) 803
- [2] "Steel Times International" Vol. 9, NO.3, (1985) 5.
- [3] Ibid. 6.
- [4] Ibid. Vol.16, No.2 (1986) 2.
- [5] Ibid. 8.
- [6] "ERW Casing and Tubing", NIPPON Steel Corporation, Technical Material No.430, (1981).

表1、美国石油学会石油专用管材标准化委员会组织机构

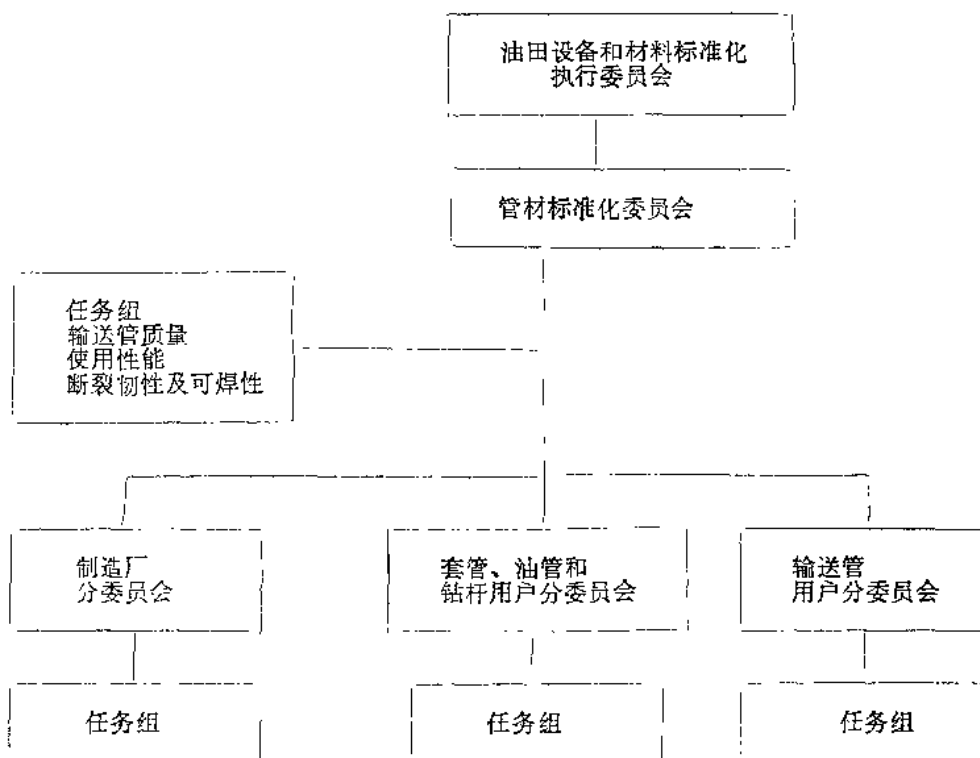


表2、API 石油管材部分标准目录

API Spec 5CT	套管和油管规范
API Spec 5D	钻杆规范
API Std 5B	套管、油管和输送管螺纹的加工、测量和检验标准
API Spec 5L	输送管规范
API RP 5A5	新套管、油管和乎端钻杆现场检验的推荐作法
API RP 5B1	套管、油管和输送管螺纹检验和测量的推荐作法
API RP 5C1	套管和油管的维护和使用的推荐作法
API RP 5L1	输送管铁路运输的推荐作法
API RP 5L2	非腐蚀性气体输送管内涂层的推荐作法
API RP 5L3	输送管冲击试验的推荐作法
API RP 5L5	输送管海上运输的推荐作法
API RP 5L6	输送管内陆水上运输的推荐作法
API RP 5L7	不涂底漆的输送管熔接环氧内涂层的推荐作法
API Bul 5A2	套管、油管和输送管螺纹涂料通报
API Bul 5C2	套管、油管和钻杆操作性能通报
API Bul 5C3	套管、油管、钻杆和输送管性能的计算和公式通报
API Bul 5C4	在内压和弯曲共同作用下圆螺纹套管联接强度的通报
API Bul 5T1	缺陷术语通报
API Spec 5LC	耐蚀合金钢制输送管规范

表3、当代世界主要的石油专用钢管生产厂

国别	生产厂名	生产设备	产品名称	年生产能力 (万吨/年)
日本	日本钢管	蕊棒式轧管机 (Mandrel Mill) ($1\frac{3}{4}\sim 5\frac{1}{2}$ in) 限定蕊棒式轧管机 (MPM) ($4\frac{1}{2}\sim 9\frac{5}{8}$ in) 自动轧管机 (Plug Mill) ($6\frac{1}{2}\sim 16$ in)	套管、油管 和钻杆	100
	川崎	蕊棒式轧管机 (小于 $6\frac{1}{4}$ in) 自动轧管机 (7~14in)	套管和油管	80
	住友	蕊棒式轧管机 ($\leq 9\frac{5}{8}$ in) 限定蕊棒式轧管机 (MPM) (7~12in) 自动轧管机 (Plug Mill) ($9\frac{5}{8}\sim 16$ in) Hydro-Extrusion Press	套管、油管 和钻杆	120
	新日铁	蕊棒式轧管机 ($\leq 6\frac{3}{4}$ in) 压力穿孔机/多机组 (PPM/MPM) 控轧机 ($\leq 7\frac{5}{8}$ in)	套管、油管 和钻杆	30
西德	曼内斯曼	蕊棒式轧管机 ($\leq 6\frac{3}{4}$ in) 限定蕊棒式轧管机 (MPM) (7~14in) 自动轧管机 (Plug Mill) (≤ 16 in) Hydro-Extrusion Press	套管、油管 和钻杆	12
	本特勒	压力穿孔机 (1~6in) Piercing Press & Push Bench	套管、油管 和钻杆	3
意大利	达尔明 —马萨 Dalmine—Massa	压力穿孔机 多机座控轧机 (PPA/MPM) ($4\frac{1}{2}\sim 14$ in)	套管	35
	布莱德 (Breda)		钻杆	2
法国	瓦鲁瑞克 Vallource	限定蕊棒式轧管机 (MPM) (1~14in)	套管、油管 和钻杆	20
美国	ARMCO等		套管、油管 和钻杆	350

表4、日本石油专用钢管制造厂的通用无损检验设备系统

设备名称	数量 (套)	主要技术规格	应用范围	参考标准
钢坯在线磁化检验系统	2	T型、2KHZ	对所有钢坯	裂纹深度超过0.5mm者清除或报废
涡流在线检验机	6	KK—DR型、2KHZ	对所有钢管 毛坯	API标准
钢管磁化在线检验系统	1	R型(纵向缺陷) (直流磁化)	所有淬火、回火的套管和油管	API标准
	1	C型(周向缺陷) (直流磁化)		
管体超声波在线检验机(管体)	5	CST140、180型 4KHZ、水介质	与用户商定	API标准
(管体焊缝)超声波在线检验机	2	DRP—180型 4KHZ、水介质	所有焊缝	本企业标准
手提式超声波检验仪	2	USM2型、2MHZ 机油耦合	与用户商定	API标准
管体超声波在线测厚仪	5	10MHZ 水介质	与用户商定	+15%、-10% 偏心率≤15%
手提式测厚仪(K—表)	14	Branson Digital Caliper 105 KM—1、DM—2型 4MHZ、机油耦合	与用户商定	最大壁厚40mm 精度0.1mm
磁粉检验机(管体)	1	EZ型、荧光法 最大电流7500A	整个管体	API
磁粉检验机(管端和焊接部位)	8	SEE型、荧光法 最大电流1500A	管端或焊缝	API
磁粉检验机 携带型	4	M—2型 最大电流650A 磁粉检测		

表5、国外对在不同条件下使用的石油专用钢管的实物性能试验要求

石油井工作条件	要求的性能	需要的实物试验机
深 井	压溃	压溃试验机 复合载荷下的压溃试验机
	拉伸	3000t实物拉伸试验机
	爆破	爆破试验机
高压气井	爆破	爆破试验机
	气密性	静态气密性试验机 动态气密性试验机
含硫井	气密性	静态气密性试验机 动态气密性试验机
	应力腐蚀	周向应力腐蚀试验机 1000t轴向应力腐蚀试验机
寒冷地 带油井	低温冷脆性	低温爆破试验机
	压裂	脉冲式压裂试验机
狗腿井	弯曲	脉冲式弯曲试验机
	疲劳	旋转弯曲疲劳试验机

表6 日本石油专用钢管性能检测实验室专用试验设备

类别	设备名称	试验管尺寸 外径(in) 长度(m)	能力(Capacity)
装配试验 (Makeup Test)	动力大钳	$2\frac{3}{8}$ ~ $13\frac{3}{8}$ 2 ~ 3	扭矩 $\leq 25\text{KN} \cdot \text{m}$ 速度 $\leq 25\text{r/min}$
静水压力、 下的性能	压溃试验机	$4\frac{1}{2}$ ~ $13\frac{3}{8}$ 3	静水压力 $\leq 200\text{MPa}$
	带有轴向载 荷扭矩的压 溃试验机	$5\frac{1}{2}$ 、7、 $8\frac{3}{8}$ 1.5	静水压力 $\leq 250\text{MPa}$ 轴向载荷 $\leq 800\text{t}$ 扭矩 $\leq 230\text{KN} \cdot \text{m}$
	室温和低温 爆破试验机	≤ 15 5	静水压力 $\leq 200\text{MPa}$ 温度: $20 \sim -50^\circ\text{C}$
静载性能	拉伸试验机	$\leq 13\frac{3}{8}$ ≤ 7 3 2	轴向载荷 $\leq 3,000\text{t}$ 轴向载荷 $\leq 400\text{t}$
	压缩试验辅 助装置	$\leq 9\frac{5}{8}$ 1	轴向载荷1800t
	弯曲试验辅 助装置	$\leq 13\frac{3}{8}$ 2	弯曲力矩 $\leq 1000\text{KN} \cdot \text{m}$

续表

类 别	设备名称	试验管尺寸 外径 (in) 长度 (m)	能力 (Capacity)
气密封性能	气漏试验机	2 $\frac{3}{8}$ ~ 9 $\frac{5}{8}$ 2	干燥氮气压力 ≤ 300 MPa 拉伸载荷 ≤ 600 t 热油温度67~163℃ 弯曲力矩 ≤ 350 KN·m
	脉冲式气漏试验机	$\leq 9\frac{5}{8}$ 0.5	脉冲压力 ≤ 100 MPa 频率 ≤ 15 HZ
应力腐蚀性能	1000t实物应力腐蚀试验机	4 $\frac{1}{2}$ ~ 13 $\frac{3}{8}$ 2	轴向载荷 ≤ 1000 t 温度20~85℃ 美国腐蚀工程师协会 溶液循环系统
	周向应力腐蚀试验机	$\leq 9\frac{5}{8}$ 0.5	静水压 ≤ 100 MPa 美国腐蚀工程师协会溶液
钻杆性能	钻杆旋转弯曲试验机	$\leq 5\frac{1}{2}$ 2	弯矩 ≤ 150 KN·m (4点弯曲) 转速 ≤ 300 r/min

表7、世界目前正在新建的石油专用钢管生产厂

生产厂 地 点	加工工艺 和设备	产品 规格	年生产能力 (万吨)	设备提供单位
苏联 Voliski	PPM/MPM	套管 (5~16in)	72 (1988年投产)	意大利 IRI-Finside集团
Sumy	Hydro-Press (压力穿轧)	钻杆	8	意大利 Danieli P.集团
美国 Ohio	MPM	套管 (4 $\frac{1}{2}$ ~9 $\frac{5}{8}$ in)	30 (1987年投产)	意大利 Morgan集团
阿根廷 Siderca	MPM	套管 (5 $\frac{1}{2}$ ~9 $\frac{5}{8}$ in)	30 (1988年投产)	奥地利(奥钢联) Voest-Alpir
中国 宝钢	蕊棒式轧机	套管 ($\leq 6\frac{3}{4}$ in)	20 (1987年投产)	西德 MANNESMANN & DEMAG
天津钢 管厂	MPM	套管 (7~14in)	20	MANNESMANN & DEMAG

PPM: Press Piercing Mill (压力穿轧)。

MPM, Multi Stand Pipe Mill with Controlled Speed Retained Mandrel, (限定蕊棒式轧机)。