

# 耐腐蚀合金无缝管 GB/T 23802 的变化及实施\*

熊庆人, 刘文红, 韩礼红

( 中国石油集团工程材料研究院有限公司, 陕西 西安 710077 )

**摘要:** 阐述了耐腐蚀合金无缝管标准 GB/T 23802 首次修订前后的结构及技术内容的变化。修订后的 2015 版 GB/T 23802 将产品规范等级划分为两个, 对 PSL-2 等级产品提出了附加要求; 补充完善了无损检测、冲击韧性、缺陷、纯净度、压扁试验、文件、标记等方面的技术要求。结合我国油气田的特点及耐腐蚀合金管材的生产研发现状, 提出了对该标准的修订及实施建议。

**关键词:** 无缝管; 耐腐蚀合金; GB/T 23802; 修订; 实施; 建议

DOI:10.19938/j.steelpipe.1001-2311.2022.1.79.83

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Analysis of Revision and Implementation of Standard GB/T 23802 for Corrosion-resistant Alloy Seamless Tube

XIONG Qingren, LIU Wenhong, Han Lihong

( CNPC Tubular Goods Research Institute, Xi'an 710077, China )

**Abstract:** Elaborated here in the paper are the changes of the structure and technical contents of Standard GB/T 23802 for corrosion-resistant alloy seamless tube as made via the first revision thereof. Under the revised standard there are two product specification levels, and for PSL-2 products some additional requirements are specified. And supplement and completion are made for the technical requirements concerning such aspects as NDT, impact toughness, defect, purity, flattening test, documentation and marking, etc. Furthermore according to the country's oil and gas field characteristics and present situation of production and R & D of the corrosion-resistant alloy seamless tube, suggestions associated with revision and implementation of the said standard are put forward.

**Key words:** seamless tube; corrosion-resistant alloy; GB/T 23802; revision; implementation; suggestion

目前大约有 1/2 的油气田含有 H<sub>2</sub>S、CO<sub>2</sub> 等腐蚀性介质<sup>[1-2]</sup>。随着能源需求的日益增长, 勘探开发向偏远的复杂环境油气田不断推进, 地质结构复杂、高温高压、高腐蚀性等油气田不断出现。目前, 对于腐蚀工况油气田所采取的防护措施主要包括选用耐腐蚀管材、在输送介质中加注缓蚀剂、在管材表面涂敷防腐涂层等。其中, 选用耐腐蚀管材包括使用玻璃钢等非金属材料 and 耐蚀合金, 被认为

是最安全的防护措施之一。

由于耐蚀合金生产技术含量高、制造工序复杂、质量要求高等, 国外一些公司凭借其强大的研发能力及完整的产业结构等优势, 长期垄断了耐蚀合金管材等高端产品的核心制造技术, 不断推出新产品满足油气田工程建设的需要<sup>[3-4]</sup>。自 20 世纪 80 年代以来, 国内的冶金技术取得了重大进步, 许多钢铁企业对冶炼、轧制等装备进行了全面升级和更新, 且达到了国际先进水平; 随后陆续开发出一些耐蚀合金材料, 部分满足了油气田腐蚀环境开采的工程需求<sup>[5-8]</sup>。

随着我国油气田的勘探开发向复杂地质条件地区的推进, 油井管的服役工况日益严苛, 对耐蚀合金油套管材的需求不断增大。为打破国外公司对耐

\*国家重点研发计划项目“石油天然气工业非 API 石油专用管质量基础设施关键技术体系研究”(编号 2019YFF0217500-2019YFF0217505)

熊庆人(1969-), 女, 博士, 教授级高级工程师, 从事石油管材及相关领域的应用基础研究及标准化工作。

蚀合金管材高端市场的控制、平抑进口管材的价格、保证产品交货期,国内部分企业自2007年起陆续对镍基合金管材进行技术研究和产品开发<sup>[4,9-14]</sup>。宝钢集团、天津钢管集团股份有限公司等先后建立了镍基合金管生产体系,宝钢集团开发出的BG2250、BG2532、BG2830、BG2242等系列产品已成功在天然气田中应用<sup>[15]</sup>,填补了我国该类产品的制造和国产产品应用的空白,有力地保障了油气田工程建设的经济性和安全可靠。

## 1 标准的制(修)订情况

与工程需求及技术进步相适应,国际标准化组织第67技术委员会第5分技术委员会(ISO/TC67/SC5)首次于2000年制定了ISO 13680《Petroleum and natural gas industries—Corrosion-resistant alloy seamless tubes for use as casing, tubing and coupling stock—Technical delivery conditions》,且先后于2008年、2010年、2020年对该标准进行了3次修订。ISO 13680:2020(第4版)标准已于2020年5月发布。

我国以ISO 13680:2000作为基础标准,于2009年发布并实施了GB/T 23802《石油天然气工业套管、油管 and 接箍毛坯用耐腐蚀合金无缝管 交货技术条件》。2015年,根据ISO 13680:2010对2009版GB/T 23802进行了修订,形成了2015版。目前正在酝酿以2020年版的ISO 13680标准为基础,对GB/T 23802标准进行第二次修订。

## 2 GB/T 23802 的主要变化及分析

### 2.1 结构的变化

2009版GB/T 23802标准包括15章正文,分别是范围,规范性引用文件,术语、定义、符号和缩略语,分类,购方应提供的信息,材料设计评定,制造工艺,要求,尺寸、重量和偏差,检验和试验,试验方法,标记,表面处理,表面保护,搬运、包装和储存。

2015版GB/T 23802标准包括14章正文及6个附录。正文分别是范围,一致性,规范性引用文件,术语、定义、符号和缩略语,购方应提供的信息,制造工艺,材料要求,尺寸、质量和偏差,检验与试验,表面处理,标记,表面保护,文件,搬运、包装及储存等。6个附录分别是附录A国际单位制表、附录B国际单位制(美国惯用单位制)图、

附录C美国惯用单位制表、附录D购方检验、附录E纯净度要求、附录F产品规范等级2(PSL-2)等,这6个附录均为规范性附录。

可见,GB/T 23802标准的2015版与2009版结构差异较大。2015版标准相比2009版增加了第2章“一致性”,以及第13章“文件”,并将正文中所有的表、图分别归入附录A、附录B及附录C,同时增加了附录D购方检验、附录E纯净度要求、附录F产品规范等级2(PSL-2)3个附录。与2009版相比,2015版删除了以下内容:①第4章(分类),第6章(材料设计评定);②第11章(试验方法),将试验方法的有关内容纳入2015版的第9章(检验与试验)。此外,对“制造工艺”“材料要求”“检验与试验”以及“尺寸、重量和偏差”等章节的有关内容进行了修订。

### 2.2 主要技术内容的变化

#### 2.2.1 产品规范等级

2015版GB/T 23802标准将用作套管、油管和接箍毛坯的耐蚀合金无缝管划分为PSL-1及PSL-2两个产品规范等级。其中,PSL-1等级是满足标准基础要求的产品,附录F对用于抗环境腐蚀和环境开裂的PSL-2等级耐蚀合金无缝管产品提出了要求。这样便于用户根据具体的服役工况进行选材,也便于生产企业根据不同的产品规范等级来组织产品的生产、检验、试验等。2009版标准未进行这样的划分。

2015版GB/T 23802标准的表A.27/C.27给出了PSL-2等级产品的拉伸性能和硬度值要求,表A.28/C.28给出了PSL-2等级产品的化学成分要求。通过对比可以发现,部分PSL-2等级产品的交货状态与PSL-1等级产品不同;屈服强度最大值要求低于PSL-1等级产品,即部分PSL-2等级产品对屈服强度的控制更加严格;部分PSL-2等级产品的硬度最大值低于PSL-1等级产品,即部分PSL-2等级产品对硬度的控制更加严格;在钢级划分方面,除了15-60-16类镍基奥氏体材料有140钢级PSL-2等级产品外,其余材料类型均无140钢级PSL-2等级产品。PSL-2等级产品的化学成分控制更加严格。

此外,附录F还对PSL-2产品的标记、包装标志、化学成分和/或钢级的更新过程进行了规定。

#### 2.2.2 冲击韧性要求

2015版GB/T 23802标准中的7.4、7.5、7.6条

款对产品的冲击韧性提出了要求。7.4 条款为夏比冲击试验性能的一般要求,包括试验结果评判、临界壁厚、试样尺寸及其取向和序列、可选尺寸的冲击试样、小尺寸试样的吸收能要求等。7.5、7.6 条款分别给出了对接箍毛坯和管子夏比冲击试验吸收能的要求,其中条款中的表 3~4 给出了所有钢级对接箍毛坯、管子的最小吸收能的计算公式,同时在附录 A 的表 9~14(附录 C 的表 9~14)中给出了不同产品、不同钢级、不同取向试样的最小吸收能计算结果,供用户查阅。

与 2009 版标准相比,2015 版 GB/T 23802 标准对第 1 组对接箍毛坯和管子的纵向、横向试样的夏比吸收能要求变化不大,根据壁厚的不同,分别为 40, 41 J;对第 2~4 组产品的纵向夏比吸收能不做要求,但根据不同钢级和壁厚对其横向试样提出了不同的最小吸收能要求,要求值较 2009 版标准高,且对接箍毛坯和管子的要求不同。表 1 所示为 2015 版 GB/T 23802 标准对第 2~4 组管子全尺寸横向试样的冲击韧性要求,表 2 所示为 2009 版 GB/T 23802 标准对冲击韧性的要求。可见,2009 版 GB/T 23802 标准未对同一组别中不同钢级、不同壁厚的产品提出不同的冲击韧性要求,未考虑钢级、壁厚等对产品韧性的影响。

表 1 GB/T 23802—2015 中第 2~4 组管子  
横向夏比吸收能要求

各钢级最大厚度/mm <sup>①</sup>			最小横向 吸收能/J
110	125	140	
20.07	16.36	13.48	27
21.19	17.34	14.35	28
22.31	18.33	15.23	29
23.43	19.31	16.11	30
24.54	20.29	16.99	31
25.66	21.28	17.87	32
	22.26	18.75	33
	23.24	19.62	34
	24.23	20.50	35
	25.21	21.38	36
	26.19	22.26	37
		23.14	38
		24.01	39
		24.89	40
		25.77	41

注:①规定的 65、75、80、90 钢级的最大厚度依次为 41.35, 34.40, 31.54, 26.85 mm, 最小横向吸收能要求为 27 J。

表 2 GB/T 23802—2009 中不同组别产品的  
吸收能 A<sub>k</sub> 要求最小值 J

A <sub>k</sub> (纵向)				A <sub>k</sub> (横向)			
1	2	3	4	1	2	3	4
40	40	40	40	40	27	27	27

注:试样尺寸为 10 mm×10 mm, 试验温度-10 ℃。对于 140 钢级,第 2~4 组的纵向、横向夏比冲击吸收能要求最小值均为 27 J。

### 2.2.3 无损检测

2015 版 GB/T 23802 标准的 9.16 条款是产品无损检测要求,涉及总则、无损检测人员、产品、短节、管端盲区、加厚端、参考标样、无损检测系统能力记录、第 1 组所有产品、第 2~4 组产品的全管体无损检测、要求进一步评定的管子和对接箍毛坯、喷标处的评定(验证)、含缺陷管子的处置、含缺陷对接箍毛坯的处置等,内容相比 2009 版更加系统、全面,可操作性更强。2009 版 GB/T 23802 标准分别在 8.7、10.8 及 11.8 条款对无损检测的要求及检测方法进行了规定,内容仅涉及要求、总则、产品、短节、管端盲区、参考标样、加厚端等<sup>[16]</sup>,较笼统,不具体。

例如,2015 版 GB/T 23802 标准明确规定,应对无损检测系统发现的喷标处作进一步评定,并对进行喷标处评定的人员资质和评定方法等给出了具体要求;还对分层缺欠的参考标样进行了规定,即“分层缺欠的参考标样应含有面积不大于 260 mm<sup>2</sup>、加工于内表面的平底孔。人工参考缺陷的形状应由制造商确定,以便于检测出制造过程中出现的典型缺陷”。而 2009 版 GB/T 23802 标准则无这方面的要求。

无损检测可检出产品中的原始缺陷及加工过程中出现的各种缺陷,以实现对产品材料的冶金质量与生产质量的检测与控制。无损检测技术最大的优势是可实现对产品缺陷的非破坏性检测,随着无损检测技术的进一步成熟和完善,其检测的灵敏度和可靠性不断提高,应用范围也不断扩大,在很多产品的过程控制检验和最终质量检验中得到了广泛采用。2015 版 GB/T 23802 标准在无损检测方面的变化也体现了技术的进步,反映出无损检测对保证产品质量的重要性。

### 2.2.4 压扁试验

压扁试验是检验金属管压扁到规定尺寸的变形性能,并显示其缺陷的一种试验方法。2009 版

GB/T 23802 标准中无此试验要求。对第 2~4 组受外径或壁厚限制无法加工 1/2 尺寸或者更大尺寸横向冲击试样的产品, 2015 版 GB/T 23802 标准要求压扁试验<sup>[16]</sup>。2015 版 GB/T 23802 标准给出了进行压扁试验时平面间距离的计算公式及要求, 同时要求对到达规定变形前的载荷降低量进行确定, 并提出了判废依据。

### 2.2.5 腐蚀性能

2015 版 GB/T 23802 标准 7.8 条款“腐蚀性能”及 2009 版 GB/T 23802 标准 8.4 条款“腐蚀性能”均规定“以质量控制为目的的腐蚀试验不是强制性的”。不同之处在于: 2009 版 GB/T 23802 标准在 10.5.3.5 条款中规定了点蚀试验、缝隙腐蚀试验、恒载荷试验、C 型环试验、双悬臂梁试验等多种腐蚀试验的取样方法, 在 11.5 条款中规定了进行相应的腐蚀试验的试验方法标准; 而 2015 版 GB/T 23802 标准提出“由购方选择, 用于质量控制的腐蚀试验可在订单中规定”, 对腐蚀试验的取样方法和试验方法在标准中不再进行规定。

### 2.2.6 纯净度

“纯净度要求”是 2015 版 GB/T 23802 标准的新增内容, 列于附录 E, 包括宏观浸蚀质量、微观浸蚀质量两部分。宏观浸蚀质量分别给出了常规冶炼材料和重熔材料的宏观浸蚀验收极限, 微观浸蚀质量给出了各类夹杂物的验收极限, 具体参考 2015 版 GB/T 23802 标准。该附录 E 用于确定第 2~4 组套管和油管冲击或压扁试验的试验频率。

### 2.2.7 缺陷

与 2009 版相比, 2015 版 GB/T 23802 标准删除了 2009 版中的 8.6 条款“外观检验”, 将外观检查的有关内容分别纳入 7.10 条款“表面状态”、7.11 条款“缺陷”、8.4 条款“管端”、9.16.13 条款“含缺陷管子的处置”及 9.16.14 条款“含缺陷接箍毛坯的处置”中。

2015 版 GB/T 23802 标准 7.11 条款分别对管子和接箍毛坯中不允许存在的缺陷进行了明确的规定, 包括缺欠的深度、投影面积、截面突变等; 在 9.16.13 条款及 9.16.14 条款中分别明确了含缺陷管子及含缺陷接箍毛坯的处理方法, 特别对缺陷去除后受影响区域的重新检测方法进行了规定, 即: ①使用与原检测相同的检测方法, 或采用方法②; ②采用液体渗透检测, 或对于第 1 组采用磁粉检测, 或采用方法③; ③采用能证明灵敏度等于或高于原

无损检测方法的另一种无损检测方法或几种方法相结合。除此之外, 9.16.14 条款中还对存在缺欠区域的标记进行了规定。2009 版 GB/T 23802 标准仅在 8.6.1.2~8.6.1.4 条款中对管子中的缺陷及其处置做出要求。

### 2.2.8 检验与试验

2015 版 GB/T 23802 标准将 2009 版中的第 10~11 章进行了合并, 将试验方法的有关内容纳入“检验和试验”, 形成了 2015 版的第 9 章“检验与试验”, 同时将 2009 版中的 10.3 节“购方检验”作为 2015 版的附录 D, 内容未发生变化。2015 版 GB/T 23802 标准第 9 章包括了标准中涉及的各种检(试)验的试验设备、试验频次、取样方法、试验方法、复验、试验无效的判定、含缺陷产品的处置等内容。上述改变也使得 2015 版 GB/T 23802 标准的条理性、系统性更强, 也更便于用户使用。

### 2.2.9 其他

2015 版 GB/T 23802 标准的变化还体现在对规范性引用文件, 术语、定义、符号和缩略语, 标记, 文件等内容进行了修订和完善。其中, “文件”为新增章节, 涉及电子版资料、记录保存及试验合格证等。

## 2.3 标准变化分析及下次修订建议

### 2.3.1 标准变化分析

从上述分析可见, 苛刻油气田工程建设的需求推动着耐蚀合金管材制造技术的进步及制造业装备的升级, 工程建设的需求及技术的进步同时促进了相关标准的形成和发展, 而标准的制(修)订一方面反映了当时的技术水平, 另一方面又促进了技术的进步及产业的发展。

2015 版 GB/T 23802 一方面对 2009 版的结构进行了很大调整, 另一方面在技术内容上将产品规范等级划分为两个, 同时在水管检测、冲击韧性、缺陷、标记等方面提出了更加严格的要求, 并新增了压扁试验、纯净度、文件等要求。与 2009 版相比, 2015 版 GB/T 23802 标准更加系统、完善, 更具条理性及可操作性, 便于使用。

### 2.3.2 修订建议

目前 ISO 13680:2020(第 4 版)已于 2020 年 5 月正式发布, 相比 GB/T 23802—2015 采标的 2010 版 ISO 13680, 增加了第 5 组即具有奥氏体组织的经时效硬化的镍基合金棒材产品, 增加了附件材料的相关要求、低温性能要求及试验要求等内容。

腐蚀问题是影响油田安全运行的较为关键的因素,尤其油套管及接箍的腐蚀失效问题直接影响油气井的寿命,甚至导致井的报废。因此,建议在最新版 ISO 13680:2020 的基础上对 GB/T 23802—2015 进行必要地修订,同时借鉴近年来国内耐蚀合金无缝管的科研成果以及工程应用经验,增加“腐蚀性能”及“腐蚀性能检验”等要求。

### 3 标准实施

随着油气田开采环境的苛刻化,耐蚀合金油套管的应用会越来越广泛。GB/T 23802—2015 标准给出了用作套管、油管和接箍毛坯的耐蚀合金无缝管的采购、生产、检验、验收等的技术要求,在规范耐蚀合金管材的生产、订货、保证管材质量等方面将发挥越来越重要的作用。

GB/T 23802—2015 标准立足于从产品材料方面解决石油管材的腐蚀问题。由于不同油气田管材的服役工况可能具有不同的特点,且影响管材腐蚀的因素具有多样性;因此,使用该标准时应综合考虑这些因素来进行油套管及接箍毛坯用耐蚀合金无缝管的类型、组织、钢级等的选择,以实现管材的科学、合理、经济选用。

由于不同油气田的工况各不相同,服役井筒环境亦日趋复杂,加之耐蚀合金油套管材性能评价依据的标准种类较多。因此,在实施 GB/T 23802—2015 标准时,建议结合具体工况及油田现场易出现的腐蚀问题,与第三方研究机构及管材生产厂密切沟通,同时充分参考相关标准。在此基础上,根据模拟井下工况的腐蚀试验结果,以及现场应用效果等,来确定选材和质量控制方案。此外,在使用 GB/T 23802—2015 标准的过程中,还应注意知识和经验的积累,逐步建立健全耐腐蚀管材的选材、评价机制,以形成可行的腐蚀控制措施。

### 4 结 语

通过修订,GB/T 23802—2015 标准更加系统、完善,更具条理性及可操作性。在 GB/T 23802—2015 标准的实施过程中,应注重建立健全耐腐蚀管材的选材、评价机制,并针对具体工况采用可行的腐蚀控制措施。该标准的修订对满足耐蚀合金无

缝油套管的生产、检验及工程应用等的需求,提高石油管材的安全可靠性、保障油气井服役安全等具有重要意义。

### 5 参考文献

- [1] 葛冰. 我国钢管生产技术现状及与国外的差距[J]. 中国冶金, 2002, 10(5): 20-22.
- [2] 刘海定, 王东哲, 魏捍东, 等. 酸性油气田用高性能不锈钢的选材与应用[J]. 腐蚀与防护, 2011, 32(10): 817-821.
- [3] 李鹤林, 田伟, 邝献任. 油井管供需形势分析与对策[J]. 钢管, 2010, 39(1): 1-7.
- [4] 张丽娜, 董建新, 张麦仓, 等. 油井管用铁镍基耐蚀合金研究[J]. 世界钢铁, 2013(1): 54-63.
- [5] 史彬, 周晓锋. G3 耐蚀合金油管特殊螺纹接头 TP-G2 的设计与开发[J]. 钢管, 2019, 48(2): 63-67.
- [6] 赵春辉, 郑飞, 丁磊, 等. 耐蚀合金油井管的发展概况[J]. 钢管, 2014, 43(4): 11-17.
- [7] 刘建彬, 王扬, 钱进森, 等. 耐蚀合金复合管的生产与发展现状[J]. 钢管, 2014, 43(5): 1-7.
- [8] 肖国章, 高霞, 库宏刚, 等. 高酸性气田用镍基耐蚀合金油套管的生产工艺[J]. 钢管, 2014, 43(5): 8-12.
- [9] 杨亮, 朱冠妮, 董建新, 等. 镍基耐蚀合金 C-276 时效过程析出规律研究[J]. 钢铁研究学报, 2011, 23(增刊 2): 309-312.
- [10] 聂飞, 康喜唐, 董盼, 等. N08028 合金油井管的固溶及冷作硬化工艺研究[J]. 钢管, 2016, 45(1): 7-12.
- [11] 王新鹏, 陈帅超, 宁天信. 铁镍基耐蚀合金凝固组织控制研究[J]. 材料开发与应用, 2016, 31(5): 59-63.
- [12] 王宝顺, 杨洪斌, 杨伟良, 等. C-276 镍基耐蚀合金无缝管的组织与性能[J]. 热加工工艺, 2017, 46(7): 161-163.
- [13] 朱雄明, 罗通伟, 肖健, 等. 镍基耐蚀合金 N06625 管坯的研制[J]. 特钢技术, 2017, 23(4): 25-28.
- [14] 刘军占. 镍基耐蚀合金钢冷轧起皮缺陷分析及控制[J]. 宝钢技术, 2017(4): 15-18.
- [15] 赵春辉, 郑飞, 丁磊, 等. 耐蚀合金油井管的发展概况[J]. 钢管, 2017, 43(4): 11-17.
- [16] 熊庆人, 秦长毅, 徐婷, 等. 耐蚀合金无缝油套管标准新旧版的主要变化[J]. 石油管材与仪器, 2019, 6(6): 79-83.

(收稿日期: 2020-12-08; 修定日期: 2021-07-27)