

结构用无缝钢管标准述评

邬克平, 李志

(攀钢集团成都钢铁有限责任公司, 四川 成都 610066)

摘要: 对比了国内外 5 个结构用无缝钢管标准中的牌号及化学成分、力学性能、工艺试验等技术指标, 分析了国内外标准中这些技术指标的差距, 以及产生这种差距的原因。对于国内外标准存在的差异, 提出了修改我国结构用无缝钢管标准的建议, 以使我国钢管标准与国际先进标准接轨。

关键词: 钢管标准; 结构管; 国内外技术指标; 述评

中国分类号: TG-652.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2003)01-0041-05

Comments on Standards of Seamless Steel Structural Tubes

Wu Keping, Li Zhi

(Pangang Group Chengdu I & S Co., Ltd., Chengdu 610066, China)

Abstract: A comparison is made between five Chinese and foreign standards for seamless steel structural tubes in terms of technical norms i. e., steel type, chemical composition, mechanical property and technological test. Gaps concerning the said technical norms between the Chinese standards and the foreign standards and the causes therefor are analyzed. Addressing these gaps, proposals are put forward to revise the Chinese standards for seamless steel structural tubes in a bid to get it in line with advanced correspondent international standards.

Key words: Steel tube standard; Structural tube; Chinese and foreign technical norms; Comment

0 前言

结构用无缝钢管一般适于机械结构、土木建筑工程、结构用支柱和网架等方面的用途。由于该品种常用作结构件, 用于转弯连接时, 还要求其具有良好的弯曲性能。因而, 要求结构管既要有较好的抗拉强度, 也要有一定的塑性。

将 GB/T8162-1999《结构用无缝钢管》标准与国外同类产品标准 ASTM A53-1999《非镀锌与热镀锌焊接钢管和无缝钢管》、ISO2937-1974《机械用平端无缝钢管》、JIS G3444-1994《一般结构用碳素钢管》和 BS EN10210-1997《非合金及细晶粒结构钢热成型结构用管》的检验项目进行对比(见表 1), 也将 GB/T8162 与 ISO2937、JIS G3444 和 BS EN10210 三个标准的具体指标进行对比(见表 2)。从表 1 可知, 国内外结构用无

缝钢管规定的检验项目基本相同, 它们都规定了几何尺寸、钢的牌号及成分和力学性能, 但对压扁试验有着不同的要求, GB/T8162、ASTM A53 要求做压扁试验, 而 JIS G3444 和 BS EN10210 不作要求; 从表 2 的对比中可知, 国内外标准对技术指标的要求也存在一定差异。

1 国内外标准对比

1.1 标准的类别及适用范围

(1) 制造方法: ASTM A53、JIS G3444 和 BS EN10210 三个标准中的结构管既可用无缝法、也可用焊接法生产, 并把焊接钢管的特殊要求单列入标准中。我国将这一品种分成无缝钢管和焊接钢管两个国家标准。

(2) 用途: GB/T8162 是针对一般结构、机械结构用无缝钢管制定的, 而 ASTM A53 不仅包含一般机械结构钢管, 而且也包含一般压力用钢管。由于用途的差异, 使这两个标准的技术指标不同。

邬克平(1941-), 男, 江西清江人, 高级工程师, 主要从事钢管标准化工作。

表 1 结构用无缝钢管国内外标准检验项目对比

项目		中国 GB/T8162	美国 ASTM A53	日本 JIS G3444	国际 ISO2937	英国 BS BN10210-1
适用范围		一般结构、机械结构用无缝钢管	一般机械结构和压力用钢管, 并可进行焊接	土木建筑、铁塔、搭桥支柱、防地滑木桩等碳素钢管	机械和一般工程用热成型无缝钢管	用于热成型或热成型后经热处理的 结构用无缝或焊接钢管(省略焊管对比)
尺寸规格	外径/mm	6-660	10.3-660.4	21.7-914.4	33.7-406.4	21.3-1219
	壁厚/mm	0.25-65	1.73-59.54	2.0-22.0	3.2-65.0	2.3-60.0
检验项目	牌号	碳钢: 10、20、35、45 低合金钢: Q345 合金钢: 35Cr、15CrMo 等	碳钢: A 级、B 级	STK290、STK400、STK490、 STK500、STK540	TS1、TS4、TS9、TS18、C35 等 碳素钢和碳锰钢	S235JRH、S275J0H、S275J2H、 S355J0H、S355J2H、S275NH、 S275NLH、S355NH、S355NLH 等
	拉伸	σ_s 、 σ_s 、 δ_5 合金钢管需作硬度试验	σ_s 、 σ_s 、 δ_5	σ_s 、 σ_s 、 δ_5	σ_s 、 σ_s 、 δ_5	R_m 、 R_{eH} 、 A_5 (可作 20℃、0℃、 -20℃、-50℃ A_{KV})
	压扁	10、20、Q345 的 $D > 22 - 400\text{mm}$ 且 $S/D \leq 10\%$ 的钢管需作 10、20 的 $H = 2/3D$ Q345 的 $H = 7/8D$	范围: $D > 60.3\text{mm}$ STD 级 和 XS 级变形系数: A 的系数 0.09 B 的系数 0.07 压扁分两步进行	STK290、STK400: $H = 2/3D$ STK490、STK500、STK540: $H = 7/8D$	-	-
	扩口	协商条款: $S \leq 8\text{mm}$ 的钢管可进行顶心锥度 30°、45°、60°中一种扩口试验	-	-	-	-
	冷弯	$D \leq 22\text{mm}$ 可进行, 弯曲角度 90°, 弯心半径为钢管外径的 6 倍(协商条款)	$D \leq 60.3\text{mm}$ 进行弯曲试验, 弯心直径为钢管外径的 8 倍	协议	-	-
	水压	(不作要求)	逐根进行。 $D \leq 88.9\text{mm}$ 最大压力 17.2MPa; $D > 88.9\text{mm}$ 最大压力 19.3MPa	-	-	-

表2 结构用无缝钢管标准技术指标对比

指标		中国 GB/T8162	国际 ISO2937	日本 JIS G3444	英国 BS EN10210	
几何尺寸允许偏差	热轧(扩)管	外径	<50mm: 普通 ±0.50mm, 高级 ±0.40mm ≥50mm: 普通 ±1.0%, 高级 ±0.75%	±1.0%, 最小 ±0.50mm	<50mm: ±0.50mm ≥50mm: ±1.0%	±1.0% (最小 ±0.50mm)
		壁厚	<4mm: 普通 ±12.5%, 高级 ±10% ≥4-20mm: 普通 +15%, -12.5%, 高级 ±10% >20mm: 普通 ±12.5%, 高级 ±10% 注: 热扩管 ±18%	S/D ≤ 3%: ±15% 3% < S/D ≤ 10%: ±12.5% S/D > 10%: D ≤ 168.3mm ±12.5% D > 168.3mm ±10%	<4mm: +0.6mm, -0.5mm ≥4mm: +15%, -12.5%	正偏差受称重限制, 负偏差 10% 无缝管还可放宽到 < -12.5% (范围不超过圆周的 25%)
	冷拔(轧)管	外径	6-10mm: 普通 ±0.20mm, 高级 ±0.10mm >10-30mm: 普通 ±0.40mm, 高级 ±0.20mm >30-50mm: 普通 ±0.45mm, 高级 ±0.25mm >50mm: 普通 ±1%, 高级 ±0.5%	±1.0%, 最小 ±0.50mm	<50mm: 普通 ±0.50mm, 高级 ±0.25mm ≥50mm: 普通 ±1.0%, 高级 ±0.5%	椭圆度: D/S ≤ 100 为 2% 平直度: ≤ 0.2% L (L 为钢管长度) 重量偏差: 单根 +8%, -6% 定尺长度: L ≥ 2000 - 6000mm ⁺¹⁰ ₀ mm L ≥ 6000mm ⁺¹⁵ ₀ mm
		壁厚	≤1mm: 普通 ±0.15mm, 高级 ±0.12mm; >1-3mm: 普通 +15% -10%, 高级 ±10%; >3mm: 普通 +12.5% -10%, 高级 ±10%	S/D ≤ 3%: ±15% 3% < S/D ≤ 10%: ±12.5% S/D > 10%: D ≤ 168.3mm ±12.5% D > 168.3mm ±10%	普通 <4mm: +0.6mm, -0.5mm ≥4mm: +15%, -12.5% 高级 <3mm: ±0.3mm >3mm: ±10%	
弯曲度	S ≤ 15mm, 不大于 1.5mm/m; S > 15-30mm, 不大于 2.0mm/m; S > 30mm 及热扩管, 不大于 3.0mm/m	全长弯曲度 ≤ 1.5%	实用性笔直			
化学成分	碳素钢: P, S ≤ 0.035% (优质钢) Q345: A 级 P, S ≤ 0.045%, B 级 P, S ≤ 0.040%, C 级 P, S ≤ 0.035% 合金钢: P, S ≤ 0.035% (优质钢)	TS4, 9, 18 P, S ≤ 0.045% TS1 P, S ≤ 0.050% C35 P, S ≤ 0.035%	STK290 P, S ≤ 0.050% STK400, 490, 500 和 STK540 P, S ≤ 0.040%	S355J0H 与 Q345C 比较 (同为 0°C 冲击) 两者 C, Si, Mn 等上限要求基本一致, P, S ≤ 0.040%		
力学性能	20 钢: σ _s ≥ 390MPa, δ ₅ ≥ 20% σ _s 值 S ≤ 16mm ≥ 245MPa S > 16-30mm ≥ 235MPa S > 30mm ≥ 225MPa	TS9: σ _s = 410 - 530MPa σ _s ≥ 235MPa δ ₅ ≥ 22% (按 5.65 √S ₀)	STK400: σ _s ≥ 400MPa σ _s ≥ 235MPa δ ₅ ≥ 23% (纵向)	不作要求		
	Q345A: σ _s ≥ 490MPa, δ ₅ ≥ 21% σ _s 值 S ≤ 16mm ≥ 325MPa S > 16-30mm ≥ 315MPa S > 30mm ≥ 305MPa	TS18: σ _s = 490 - 610MPa σ _s ≥ 285MPa δ ₅ ≥ 21% (按 5.65 √S ₀)	STK490: σ _s ≥ 490MPa σ _s ≥ 315MPa δ ₅ ≥ 23% (纵向)	S355J0H: (非合金钢) R _e : 490 - 630MPa R _m : ≥ 355MPa (S ≤ 16mm) A ₅ : ≥ 22% (S ≤ 40mm)		
压扁试验	牌号: 10, 20, Q345 规格: D > 22 - 400mm, 且 S/D ≤ 10% 平板距 H: 20 钢, 2/3 D; Q345A, 7/8 D	-	STK400: H = 2/3 D STK490: H = 7/8 D	-		
冷弯试验	协议	-	协议	-		
其他	协商做超声波检验, 扩口试验; 合金管作硬度试验	-	协商可做水压试验	碳当量 CEN 及规定残余元素含量等协商		

GB/T8162 不作水压试验, 而 ASTM A53 要求进行水压试验, 并且规定外径不大于 88.9mm 的最大试验压力为 17.2MPa, 外径大于 88.9mm 的最大试验压力为 19.3MPa。

通常国外是按用途不同分为两个标准。日本 JIS 分为 JIS G3444《一般结构用碳素钢管》和 JIS G3445-1988《机械结构用碳素钢管》, 美国 ASTM 也分为 ASTM A53《非镀锌与热镀锌焊接钢管和无缝钢管》和 ASTM A519-1996《机械工程用碳素钢和合金钢无缝钢管》。而 GB/T8162 适用范围较宽, 既适用于一般结构用管, 也适用于机械结构用管, 是否按用途不同再分为两个标准亦是值得考虑的。

1.2 几何尺寸

GB/T8162 尺寸允许偏差按生产工艺规定得十分具体, 分热轧(扩)管和冷拔(轧)管两大类, 而 ISO2937 和 JIS G3444 没有分类, 可根据钢管尺寸规格选择采用热轧或冷拔(轧)钢管成型工艺。

GB/T8162 和 JIS G3444 的尺寸允许偏差分为普通级和高级两档, 这有利于需方在不同用途中采用不同的尺寸精度等级。对于作为一般用途的大量结构用管均采用普通级精度; 只有在需方要求时, 才采用标准中规定的高级精度。对于外径允许偏差, GB/T8162 与 JIS G3444 普通级精度基本相同, GB/T8162 的高级精度低于 JIS G3444 规定的高级精度, 但高于 ISO2937 标准。

国内外标准中壁厚允许偏差相差不大, BS EN10210 规定壁厚负偏差为 10%, 正偏差由称重来控制。差别反映在 GB/T8162 热扩管壁厚允许偏差为 $\pm 18\%$, 偏差过大, 会给需方在使用时带来不便。如由于法兰盘钻孔错位大而无法固定, 使得钢管连接困难。这主要是受热扩管机组的限制, 因此改造热扩管机组, 提高其产品尺寸精度已成为该机组的关键。

1.3 牌号及化学成分

(1) 钢的牌号: GB/T8162 的牌号有碳素钢、低合金钢和合金结构钢 3 类; ISO2937 的牌号有碳素钢和低合金钢; JIS 是将普通结构钢管和合金结构钢管分成两个标准, JIS G3441-1988《机械结构用合金钢管》是以 Cr-Mo 钢为主的机械结构用合金钢管标准, JIS G3444 是碳素钢和低合金钢的普通结构用钢管标准; BS EN10210 的牌号分为非合金钢和细晶粒钢两类。比较上述几个国内外标准的牌号, GB/T8162 标准中牌号更为齐全, 便于需

方从该标准选择所需的牌号。

(2) 钢中 P、S 含量: 就碳素钢而言, GB/T8162 规定优质钢中 P、S 含量不大于 0.035%; ISO 和 JIS G3444 则规定分别不大于 0.045% 和 0.050%。在低合金钢中, 以 0℃ 冲击的 GB/T8162 的 Q345C 和 BS EN10210 的 S335J0H 作比较, 前者 P、S $\leq 0.035\%$, 后者 P、S $\leq 0.040\%$; 在合金钢中, GB/T8162 规定优质钢 P、S 不大于 0.035%, 而 JIS G3441 规定的 P、S $\leq 0.030\%$ 。因此, 从结构用管的国内外标准对钢中 P、S 规定的对比可知, 碳素钢和低合金钢是我国标准严于国外标准, 而优质合金钢是我国标准比国外标准宽松。若需方对钢中 P、S 要求更严, 亦可采用 GB/T8162 中高级优质钢或特级优质钢。

(3) 钢中 C、Mn 含量: GB/T8162 优质碳素钢的化学成分采用 GB/T699-1999《优质碳素结构钢》标准, 对 C、Mn 规定了较窄的上下限; Q345 的化学成分采用 GB/T1591-1994《低合金高强度结构钢》标准, C 只规定了上限, Mn 规定了上下限。目前, 国外结构管标准对 C、Mn 的规定是: ASTM A53、BS EN10210 和 JIS G3444 (STK500 除外) 等只规定 C、Mn 的上限, ISO 2937 规定了 C 的上限和范围较宽的 Mn 的上下限。国外标准主要是限制 C、Mn 上限, 根据用户对钢管性能的要求限制下限, 这样, 生产厂可通过降低钢中 C 含量, 使钢管获得较好的低温冲击韧性或较好的焊接性能, 而提高 Mn 含量使其达到钢管标准规定的强度要求。GB/T8162 纳入 Q345 替代原来的 16Mn 也反映了这种变化。然而, GB/T699 规定的 C、Mn 上下限较窄, 限制了生产厂通过调整化学成分以获得更好的钢管综合性能, 因此, 应考虑修改 GB/T699 对 C、Mn 的控制范围。

BS EN10210 还规定, 经供需双方协商, 可增加碳当量(CEV), 通过控制 CEV, 提高钢管的韧性及焊接性能。

1.4 力学性能

GB/T8162 和 JIS G3444 只规定了抗拉强度最小值, 上限未规定; ISO 和 BS EN10210 规定了抗拉强度的上下限允许范围。考虑到该品种在桥梁、土木建筑、网架结构等工程中还需对钢管进行弯曲, 过高的强度是不适宜的, 因此, 应适当控制抗拉强度的上下限范围。

GB/T8162 和 BS EN10210 根据壁厚范围规定

了不同的屈服点, ISO2973 和 JIS G3444 规定的屈服点与壁厚大小无关, 不论多大壁厚都只有一个规定值。由于钢管壁厚与屈服点有一定关系, 当管壁太厚时会引起屈服点下降, 因此 GB/T8162 也同 DIN17175、GB/T1591 等标准一样, 以壁厚 $\leq 16\text{mm}$ 、 $>16\sim 30\text{mm}$ 和 $>30\text{mm}$ 分 3 档规定屈服点, 这是较为合理的。

GB/T8162 的断后伸长率略低于国外标准。

1.5 压扁试验

压扁试验是检验钢管塑性变形能力, 显示钢管缺陷的工艺试验。钢管进行压扁时, 平板间距离达到公式计算的 H 值, 钢管表面产生了裂缝或裂口将判为不合格。ISO2973 和 BS EN10210 无此项检验要求; GB/T8162 和 JIS G3444 两个标准 H 值的规定是相同的。不同点是 GB/T8162 规定了进行压扁试验的钢管尺寸范围限制; 当钢管外径超过 400mm 就不进行这项试验, 这是参照 ISO8492 - 1998《金属材料·管材·压扁试验》中外径大于 400mm 不进行压扁试验的规定; 另一方面, 由于受压扁试验设备的限制, 外径超过 400mm 钢管要进行压扁试验也难以完成。

1.6 扩口试验和弯曲试验

国内外结构用管标准都将扩口试验和弯曲试验作为供需双方协商的工艺性能检验项目。

2 几点建议

在对比分析 GB/T8162 与国外同类标准后, 为进一步做好结构用管采用国际标准或国外先进标准的工作, 使我国钢管标准与国际先进标准接轨, 现提出以下几点建议供参考。

(1) 改进工艺装备, 提高钢管尺寸精度

近年来, 我国无缝钢管生产厂陆续进行了技术改造, 新建了连轧管机组、顶管机组、Accu Rool 等 13 台(套)轧管机组。在工艺装备逐步更新的条件下, 钢管质量显著提高, 基本达到了国外标准水平, 但一些旧设备和旧工艺仍需进行技术改造, 如拉拔式热扩管机组。

(2) 规定抗拉强度上限, 提高断后伸长率

为获得较好的钢管综合性能, 保证钢管适宜的强度与塑性, GB/T8162 可考虑规定抗拉强度上限, 同时, 还应提高断后伸长率。这样, 不仅使国内外标准技术指标基本一致, 也提高了钢管使用性能, 并有利于结构用管的出口。

(3) 降低结构用合金钢管中 P、S 含量

结构用合金钢管一般用于工程中比较关键的部分, 对钢管质量要求较高, 要求钢中 P、S 含量较低。结构用合金钢管的 P、S 含量是按 GB/T3077 的规定, 该标准依据不同的 P、S 含量分为优质钢 ($P, S \leq 0.035\%$)、高级优质钢 ($P, S \leq 0.025\%$) 和特级优质钢 ($P \leq 0.025\%, S \leq 0.015\%$)。为降低钢中 P、S 含量, 应进一步提高原材料的质量及冶炼水平, 不断进行工艺装备改造, 使钢中 P、S 含量不超过 0.025%, 提高我国钢管的实物质量。

(4) 修改钢的牌号

GB/T8162 标准规定低合金钢的牌号采用 Q345, 其化学成分(熔炼分析)应符合 GB/T1591 的规定。在 GB/T1591 标准中, Q345 有 A、B、C、D、E 5 种质量等级, 其力学性能的差异就在于不同的断后伸长率和冲击性能, 尤其是不同温度等级的冲击韧性。Q345A 不进行冲击试验, Q345B、Q345C、Q345D、Q345E 分别要进行 20℃、0℃、-20℃、-40℃ 的冲击试验。目前, 一些寒冷地区和国家正逐年增加低温用一般结构管的用量。因此, 将 Q345 牌号按质量等级分为 A、B、C、D、E 档, 并规定出各档的低温冲击性能, 这不仅与 BS EN10210 靠近, 更满足了用户的需求, 扩大了该标准的应用范围。

3 结 语

通过 GB/T8162《结构用无缝钢管》标准与国外同类标准的对比显示, GB/T8162 在化学成分、力学性能和工艺性能等方面的指标均达到了国外同类标准水平, 部分技术指标还高于国外同类标准水平, 该标准目前已被评为国际一般水平标准。为进一步提高我国钢管实物质量, 还需在工艺装备、工艺技术等方面继续做好工作。

4 参考文献

- 1 GB/T8162 - 1999, 结构用无缝钢管[S].
- 2 ASTM A53 - 1999, 非镀锌与热镀锌焊接钢管和无缝钢管[S].
- 3 ISO2937 - 1974, 机械用平端无缝钢管[S].
- 4 ISO8492 - 1998, 金属材料·管材·压扁试验[S].
- 5 JIS G3441 - 1988, 机械结构用合金钢管[S].
- 6 JIS G3444 - 1994, 一般结构用碳素钢管[S].

(收稿日期: 2002 - 09 - 09)