

# 海工领域用欧标钢材的解析

宋立新

(海洋石油工程(青岛)有限公司, 山东 青岛 266520)



宋立新

**摘 要:** 随着国内海洋装备制造业的快速发展, 海外项目日益增多, 越来越多的欧洲标准钢材被用于海洋工程领域。通过解读欧标钢材的分类及标记, 总结海工领域所使用的欧洲钢材标准, 有利于掌握欧洲系列钢材标准, 从而推动海洋工程装备制造业的发展。同时进一步阐述了欧标与国标钢材替代的基本原则, 并分析了欧标结构钢材与国标的区别, 发现欧标结构钢材和国标结构钢材并不能等效对应。国内海洋工程制造企业及钢材供应企业应该积极推动海洋工程用钢专用国家标准的发展, 提升国产高强钢的应用范围。

**关键词:** 海洋工程; 欧标; 钢材; 解析; 对比

**中图分类号:** TG142.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-3962(2018)11-0937-04

## Analysis on European Standards Steels Applied in the Offshore Engineering Field

SONG Lixin

(Offshore Oil Engineering (Qingdao) Co., Ltd., Qingdao 266520, China)

**Abstract:** With the rapid development of domestic offshore equipment manufacturing industry and the increasing overseas projects, more and more European standard steels are applied in the field of offshore engineering. In this paper, the classification and sign of European standard steels are introduced and the European standards used in offshore engineering fields are summed up. These will help master steel standard for European series and promote the development of offshore engineering equipment manufacturing industry. Moreover, the basic principle of substitution between European standard steel and National standard steel is put forward, the differences between European standard structural steel and GB standard structural steel are analyzed, the two series of steel cannot be equivalent. The domestic offshore engineering manufacturing enterprises and steel manufacture enterprises should actively promote the development of the special national standard for the offshore engineering steel, and improve the application range of the domestic high strength steel.

**Key words:** offshore engineering; European standard; steel; analysis; contrast

### 1 前 言

随着海洋装备制造业的快速发展, 与之相配套的海洋工程领域用钢必然会成为钢材需求的新亮点。掌握海洋工程制造业用钢的发展方向, 这对于海洋工程制造和钢材制造企业都是十分必要的<sup>[1-4]</sup>。欧洲是世界上海洋工程发展较早的地区之一, 大量先进的海洋工程装备的开发设计标准及材料标准都是欧标<sup>[5]</sup>, 中国企业承揽的大量海外建造项目大多遵循欧洲标准, 使用欧标钢材。因此熟练掌握欧标钢材分类及标记, 并且将其与国标材

料进行对比解析, 对于指导实际生产具有重要意义。

### 2 欧标钢材的分类

按 EN 10020: 2000<sup>[6]</sup> 标准, 根据钢材中的化学成分把钢材分为: 非合金钢、不锈钢、合金钢。非合金钢: 成分达不到 EN10020: 2000 中表 1 中的合金元素限定值的钢定义为非合金钢; 不锈钢: 铬含量至少为 10.5%, 碳含量最大值为 1.2% 的钢为不锈钢; 合金钢: 成分至少达到 EN 10020: 2000 中表 1 中的合金元素限定值的钢为合金钢。合金钢按照其合金元素的含量, 又分成低合金钢和高合金钢。低合金钢, 每一个合金元素的平均含量(按质量分数) < 5%, 例如, 13CrMo4-5。高合金钢(包括不锈钢), 至少有一个合金元素的含量(按质量分数) ≥ 5%, 例如, X8Ni9(其它高合金钢)、X5CrNi18-10(不锈钢)。

收稿日期: 2017-04-10

作者简介: 宋立新, 男, 1984 年生, 工程师, Email:

songlx@mail.cooc.com.cn

DOI: 10.7502/j.issn.1674-3962.2018.11.14

3 欧标钢材的标记

欧标钢材按 EN 10027-1<sup>[7]</sup>、EN 10027-2 标准进行标记。EN10027-2 为材料的数字编号,在此不作重点介绍。EN 10027-1 为材料的符号标记,为了表示牌号将钢材分为两大组:第 1 组,按照钢的用途和性能命名的钢;第 2 组,按照化学成分命名的钢。

3.1 按照钢的用途和性能命名的钢

欧标钢材包括 S 结构钢(非合金结构钢、耐候钢、细晶粒结构钢)、P 压力容器用钢、L 管线用钢、E 机器制造用钢、B 钢筋用钢、R 钢轨用钢、G 铸钢。

以结构钢为例,S 表示结构钢;235, 355, 460 等表示最小屈服强度(MPa);J0, J2, K2 表征不同温度条件下的冲击功;M-热机械轧制, N-正火或正火轧制, Q-调质, G-其它特性;C-具有特别的冷变形能力, D-液浸镀层, H-空心型材, L-用于低温, W-耐候钢。表 1 中总结了一些结构钢相关标准和牌号实例。

表 1 结构钢的标准和牌号实例

Table 1 Examples of grades and standards for structure steels

标准名称	牌号实例	标准名称	牌号实例
EN 10025-2: 结构钢制热轧产品-第 2 部分: 非合金结构钢交货技术条件	S235J0 S355K2	EN 10210-1: 非合金结构钢和细晶结构钢热成型空心型材-第 1 部分: 交货技术要求	S3SSJ2H
EN 10025-3: 结构钢制热轧产品-第 3 部分: 正火/正火轧制可焊细粒结构钢交货技术条件	S355N S355NL	EN 10219-1: 非合金钢和细晶粒钢的冷成形焊接空心结构型材-第 1 部分: 交货技术要求	S355NLH
EN 10025-4: 结构钢制热轧产品-第 4 部分: 热机械轧制可焊细粒结构钢交货技术条件	S355M S355ML	EN10225: 固定式近海结构的可焊接结构钢交付技术条件	S355G6+M S460G1+QT
EN 10025-5: 结构钢制热轧产品-第 5 部分: 改良的耐大气腐蚀的结构钢交货技术条件	S235J2W S355J0WP	EN 10149-2: 冷成形用高屈服强度钢制热轧板材-第 2 部分: 热机械轧制钢交货条件	S355MC
EN 10025-6: 结构钢制热轧产品-第 6 部分: 在淬火和回火条件下高屈服强度结构钢扁平轧材的交货技术条件	S460QL S690QL1	EN 10326: 连续热浸涂覆结构钢带材和板材交货技术条件	S350GD S350GD+Z

3.2 按照化学成分命名的钢

(1)平均含锰量<1%的非合金钢,例如, C35R, C%=(35/100)%=0.35%。另外, R 表示硫含量范围, D 表示用于拉丝线材, S 表示用于弹簧, E 表示特殊硫最大含量, C 表示用于冷成型。表 2 中总结了一些平均含锰量<1%的非合金钢的相关标准和牌号实例。

表 2 平均含锰量<1%非合金钢的标准和牌号实例

Table 2 Examples of grades and standards for non-alloy steels with an average manganese content<1%

标准名称	牌号实例	标准名称	牌号实例
EN 10016-2: 拉拔和/或冷轧非合金钢棒-第 2 部分: 普通钢棒的特殊要求	C20D	EN 10083-1: 淬火和回火钢-第 1 部分: 一般交货技术条件	C35E C35R
EN 10016-3: 拉拔和/或冷轧用非合金钢棒-第 3 部分: 沸腾和沸腾置换低碳钢棒材的特殊要求	C2D1	EN 10083-2: 淬硬钢和回火钢-第 2 部分: 非合金钢的交货技术条件	C35
EN 10132-4: 热处理用冷轧钢窄带材交货技术条件-第 4 部分: 弹簧钢和其它用途钢	C85S	EN 10263-2: 冷镦和冷挤压钢杆材、棒材和线材-第 2 部分: 冷处理后不加热处理的钢交货技术条件	C8C

(2)平均含锰量≥1%的非合金钢、非合金易切削钢和合金钢(高速钢除外),每一个合金元素的平均含量(按质量百分比)<5%。例如, 13CrMo4-5, C%=(13/100)%=0.13%, Cr%=(4/4)%=1%, Mo%=(5/10)%=0.5%。合金元素的合金系数按照 EN 10027-1 中表 13 进行选取。表 3 中总结了一些平均含锰量≥1%的非合金钢的相关标准和牌号实例。

(3)不锈钢和其它合金钢(高速钢除外),至少有一个合金元素的含量(按质量百分比)≥5%。例如, X5CrNi18-10, X 表示至少一种合金元素平均含量≥5%, C%=(5/100)%=0.05%; Cr%=18%, Ni%=10%。其它材料详见表 4 中所述规范。

(4)高锰钢高速钢,特殊合金工具钢。例如, HS2-9-1-8, HS 表示高速钢,后面数字分别为 W, Mo, V, Co 的质量百分含量。

4 海工领域欧标钢材的探讨

4.1 海工领域的欧标钢材

一般来说,海工领域用钢主要分为<sup>[8]</sup>: ① 轧制钢材,所用到的钢材类型除钢板外,还包括 H 型钢、扁钢、

表 3 平均含锰量 $\geq 1\%$ 的非合金钢的标准和牌号实例Table 3 Examples of grades and standards for non-alloy steels with an average manganese content $\geq 1\%$ 

标准名称	牌号实例	标准名称	牌号实例
EN 10028-2: 承压钢扁平轧材-第 2 部分: 具有规定的耐高温性能的非合金钢和合金钢	13CrMo4-5	EN 10083-1: 淬火和回火钢-第 1 部分: 一般交货技术条件	28Mn6
EN 10028-4: 压力用途的钢板制品-第 4 部分: 具有低温特性的镍合金钢	13MnNi6-3	EN 10083-3: 淬火和回火钢-第 3 部分: 合金钢交货技术条件	27MnCrB5-2
EN 10087: 易切钢半成品、热轧制棒材和线材的交货技术条件	11SMnPb30		

表 4 合金钢的标准和牌号实例

Table 4 Examples of grades and standards for alloy steels

标准名称	牌号实例	标准名称	牌号实例
EN 10088-2: 不锈钢-第 2 部分: 一般用途耐腐蚀钢薄板/板材和带材的交货技术条件	X10CrNi18-8 X6CrMoNb17-1 X5CrNiCuNb16-4	EN ISO 4957: 工具钢	X38CrMoNb16 X100CrMoV 5

圆钢、角钢、工字钢及槽钢等。最大屈服强度大于 690 MPa。其中海洋工程中用量最多的是 355~460 MPa 的轧制钢板及 H 型钢。② 中空钢材, 包括用于结构、管线、压力容器、热交换器及低温耐蚀等环境下的无缝钢管、焊接钢管及方形钢管等。③ 钢锻件及钢铸件, 有碳锰钢、不锈钢。当前常用的海工领域钢材主要涉及的欧洲标准有 EN 10025、EN 10225、EN 10210、EN 10149、EN 10028、EN 10083、EN 10088、EN 573、EN 1173 等系列产品。

以结构钢材为例, 欧标最常用的规范是 EN 10025、EN 10225, 相对应的国标为 GB/T 700、GB/T 1591、GB 712、GB/T 8162 等。EN 10225 为固定海洋工程可焊接结构钢板专用标准, 所属钢材分为 3 个组别, 共 20 个牌号, 强度等级在 355~460 MPa 之间。其中海洋工程中最常用的 S355 级别的钢材横跨了 3 个组别。组别 1 是在 EN 10025 钢材的基础上限制了硫磷的含量, 提高了微量元素的上限值, 目的是提升钢材的纯净度, 改善钢材的塑韧性和焊接性, 并且组别 1 钢板的最大厚度只能为

40 mm。EN 10225 的组别 2 及组别 3 钢材与 EN 10025 皆有实质性的区别, 包括冶炼方法、化学性能、机械性能、探伤、焊接性、交货状态的特殊要求<sup>[9]</sup>。例如, 组别 3 要求真空脱氧冶炼, 降低 P、S 含量, 从而达到减小成分偏析的目的; 组别 2、3 均要求进行产品成分分析, 其分析结果和熔炼分析结果的要求一致, 目的是控制产品的成分偏析; 组别 2、3 的 CEV 计算也基于产品分析, S355G9、S355G10 还要求计算 P<sub>cm</sub> 值; 组别 2、3 只允许正火炉正火的交货状态, 在线正火交货需经客户同意; 组别 2、3 限制屈强比的上限, 从而保证材料的塑韧性, 且 EN 10225 中特别对厚度大于 40 mm 的组别 2、3 提出了应在钢板 1/2 厚度处取样加做一组冲击实验的要求。另外, EN 10225 中针对板材、型材、中空线材的材料牌号均有定义; 并且规定了成分和机械性能实验的批重为 40 t, 相比国标 GB 712 的 50 t, EN 10225 的批重更小, 取样量更大。作为海洋工程用钢的专用标准, EN 10225 相对于普通结构钢在相应的质量要求上有所提升, 分类更加详细。规定了 30 多项用户可选项, 可根据不同的服役条件进行订货, 有效地避免了资源浪费。

## 4.2 海工领域用欧标钢材替换及思考

结构钢材替换, 需要考虑以下几个方面<sup>[10-12]</sup>: 材料替换的原则; 化学成分对比; 机械性能对比; 型钢截面替换; 表面质量; 供货条件; 探伤要求; 尺寸公差。

如果从等成分等强度的原则上考虑海工领域用钢国标材料和欧标钢材替换, 基于目前国家标准的情况很难实现所有材料的对应替代。国标钢材种类和性能还不能完全满足欧标市场海工领域用钢的需要, 但是这不代表国内钢铁企业不能生产各类欧标钢材。目前国内 S355 级别及以下的海洋工程用高强度欧标结构钢材基本实现了国产化, 占了海洋工程用钢量的 90%, 但关键部位所用超高强度、大厚度钢板、抗层状撕裂的 Z 向钢和深海天然气工程用的海底大壁厚深海用管线钢等, 国内只有个别钢厂能够生产, 大多钢厂还处在研发试制阶段, 多数依赖进口。特别是屈服强度在 690 MPa 以上、高韧性、耐腐蚀、易焊接的海洋工程用钢基本依赖进口。国内钢铁企业生产的涉外项目海工用钢大多采用的是 EN10225、NORSOK 及 API 标准。目前, 欲将国标材质直接应用于欧洲项目, 只能从设计源头着手, 在设计阶段就考虑使用国标材料。但是, 这种方案很难被国外设计机构所采纳, 而且设计难度和项目风险都将增大。

需要重点关注的是我国海洋工程用钢的专用国家标准 GB 712 是根据船体用结构钢材升级而来, 从定义严谨性和产品牌号划分上较 EN 10225 标准有很大差距, 仅依据强度等级和冲击韧性分成了 3 类 40 个牌号。其中有 16



个牌号强度是在 500~690 MPa, 8 个牌号小于 355 MPa, 并且不涉及组别特殊性, 也不涉及型材和中空线材, 往往造成海工用 H 型钢引用 JIS 标准, 小于 400 mm 的钢管引用 GB/T 8162 结构钢管标准, 大于 400 mm 钢管采用钢板进行卷制。实际上国内很多钢厂可以生产 1000 mm 以下的 S355 级别的无缝钢管, 造成了资源的浪费, 严重制约了国产高强钢在海工领域内的应用。另外, GB 712 中材料的化学成分要求比较宽泛, 冲击功值要求较低, 在海洋工程中常用的 S355 到 S460 级别的钢材也不能等效对应 EN 10225。

## 5 结 语

当前在海洋工程领域采用国家标准钢材替换欧标钢材, 依然没有合适的依次对照关系。因此熟悉掌握欧洲系列钢材标准, 有利于推动海洋工程装备制造业的发展。同时, 国内海洋工程制造企业及钢材供应企业应该积极推动海洋工程用钢专用国家标准的发展, 这将有利于减小贸易壁垒, 提升国产高强钢的应用范围。

## 参考文献 References

- [1] Huang Wei(黄 维), Zhang Zhiqin(张志勤), Xing Na(邢 娜), et al. *Marketing Analyst*(市场分析)[J], 2012, 3: 24-27.
- [2] Xu Likun(许立坤), Ma Li(马 力), Xing Shaohua(邢少华), et al. *Materials China*(中国材料进展)[J], 2014, 33(2): 106-112.
- [3] Xie Wei(谢 伟), Lu Chao(陆 超). *Ship & Ocean Engineering*(航海工程)[J], 2013, 42(3): 127-135.
- [4] Chinese Society of Naval Architecture and Marine Engineering(中国造船工程学会). *Ship & Ocean Engineering*(航海工程)[J], 2014, 43(1): 1-9.
- [5] Huang Wei(黄 维), Zhang Zhiqin(张志勤). *Progress in Steel Building Structures*(建筑钢结构进展)[J], 2012, 14(6): 8-13.
- [6] BS EN 10020. *Definition and Classification of Grades of Steel*[S]. 2000.
- [7] BS EN 10027-1. *Designation Systems for Steels-Part 1: Steel Names*[S]. 2005.
- [8] Zhao Gengxian(赵耕贤). *Materials China*(中国材料进展)[J], 2014, 33(1): 46-52.
- [9] Liu Zhifang(刘志芳). *Journal of Iron and Steel Research*(钢铁研究学报)[J], 2011, 23: 148-151.
- [10] Hu Fengqin(胡凤琴), Wang Dongyan(王冬雁), Xu Weitao(徐伟涛), et al. *Construction Technology*(施工技术)[J], 2013, 42(2): 45-49.
- [11] Zhao Jianguo(赵建国), Zhang Haijun(张海军), Jin Fengchen(金凤诚). *Steel Construction*(钢结构)[J], 2013, 28(177): 31-38.
- [12] Lu Jiasen(卢家森). *Steel Construction*(钢结构)[J], 2010, 25(129): 40-42.

(编辑 惠 琼)

中国材料研究学会会刊

中文核心期刊 中国科技论文统计源期刊(核心版) 中国科学引文数据库来源期刊  
SCOPUS数据库源期刊 美国化学文摘(CA)源期刊 俄罗斯文摘杂志(AJ)源期刊

立足前沿 关注热点

**中国材料进展**  
**Materials China**

**欢迎订阅**  
**欢迎投稿**

全年定价: 国内480元/年 国际180美元/年  
邮局订阅: 国内邮发代号: 52-281 国外发行代号: M2980  
发行订阅: 传真邮寄信息至029-86282362

把握大局 拓展视角

通信地址: 陕西省西安市未央路96号 710016 电话: 029-86226599 E-mail: rml@c-nin.com materialschina@163.com

[Http://www.mat-china.com](http://www.mat-china.com)