

# Market Application Prospects of Corrosion-Resistant Steel Bars

Zhaohui Yang Fang Huang Yan Cai

Jiangsu Yonggang Group Co., Ltd., Zhangjiagang, Jiangsu, 215600, China

## Abstract

In the marine environment, corrosion problems are most common. The hazard after the steel is corroded is huge. We must increase the importance of corrosion, improve corrosion resistance through the production and application of corrosion-resistant steel bars, extend the service life of steel bars, and ensure safe use.

## Keywords

corrosion-resistant steel bar; necessity; production; application

## 耐蚀钢筋市场应用前景

杨照辉 黄芳 蔡艳

江苏永钢集团有限公司, 中国·江苏 张家港 215600

## 摘要

在海洋环境中, 腐蚀问题最为常见。钢筋腐蚀后的危害是巨大的。我们要提高对腐蚀的重视程度, 通过耐蚀钢筋的生产和应用提高耐腐蚀性能, 延长钢筋的使用寿命, 保证使用安全。

## 关键词

耐蚀钢筋; 必要性; 生产; 应用

## 1 引言

人们为了延缓和减少钢筋腐蚀现象, 开展了很多研究工作, 如镀锌钢筋、不锈钢筋以及涂层类钢筋等其它防腐技术, 但这些方法不是成本高就是防腐效果不理想。为了减缓沿海建筑物和工业气候环境钢筋腐蚀速度, 采用微合金化和控轧控冷工艺开发耐海洋腐蚀钢筋 HRB500cE, 此钢种在经济性与耐海水腐蚀性方面将具有较高利用价值

## 2 耐腐蚀钢筋的开发必要性

高湿热海洋大气中的腐蚀问题是制约中国海洋环境基础设施建设发展的一大瓶颈, 在中国沿海环境中, 钢筋的腐蚀需考虑湿度、温度、盐度等因素, 不解决混凝土中钢筋的腐蚀问题, 中国海岸、沿海、岛礁的基础建设将无法得到安全保障。因此, 开发生产应用耐腐蚀钢筋, 对于东海和南海建、构筑物的安全服役是十分必要的, 其经济和社会效益显

著, 符合中国可持续发展的要求<sup>[1]</sup>。

为了解决钢筋腐蚀, 国际陆续出现了不锈钢筋、镀锌钢筋、环氧树脂涂层钢筋, 以及阴极保护法、阻锈剂等防腐技术, 并制定了相关标准, 在一定程度上延缓了钢筋腐蚀开始时间, 但存在成本高、施工困难及防腐效果不理想等缺点。例如, 港珠澳大桥长 50 km, 是世界上最长跨海大桥 (6 km 海底隧道), 耗资约 700 亿元, 其部分使用了由太钢生产的 2205 不锈钢钢筋, 但因为造价昂贵, 并非全部使用, 仅在少量局部关键地方使用, 不锈钢钢筋的高成本是制约其广泛推广的最大障碍。

海洋工程众多, 需要大量的耐海洋环境和耐海水腐蚀钢筋, 且中国耐热耐蚀钢筋需求量 2 千万 t 左右, 数量巨大, 市场广阔。根据钢筋混凝土的不同服役环境, 开发差异化、经济型、高效的耐蚀钢筋是应对中国大范围海洋工程建设的有效途径。

### 3 耐腐蚀钢筋的种类

#### 3.1 环氧涂层钢筋

20世纪70年代,美国联邦公路管理局和美国国家标准局为了防止除冰盐对钢筋产生腐蚀,开发研制了一种钢筋防腐涂层,即静电喷涂环氧粉末涂层<sup>[1]</sup>。1973年,环氧涂层钢筋首次应用于美国宾夕法尼亚州的一座公路桥面板,至1976年专用环氧粉末涂料问世,环氧涂层钢筋在美国公路桥面上已经推广应用达百余座。自1982年起,美国联邦公路管理局就采用环氧涂层钢筋作为顶层钢筋防止桥面板钢筋发生腐蚀,使用环氧涂层钢筋可延长公路结构的使用寿命。1988年,美国50个州的公路部门中,有46个州明文规定:即使是采用低水灰比(小于0.45)和厚75~100 mm的混凝土保护层,若桥面板在冷天需撒除冰盐,也应采用环氧涂层钢筋。1990年,美国环氧涂层钢筋的消耗量已达到250000 t。在中国,环氧涂层钢筋的使用自20世纪90年代才起步,但是发展较快,目前制定的标准有中华人民共和国建筑行业标准环氧树脂涂层钢筋 JG3042-1997-2009-7-8。另外,中科院金属所自行研制了比普通环氧涂层附着力更好的高性能环氧涂层钢筋,混凝土的耐久性可以提升至100a以上,并制定了《混凝土用高性能环氧涂层钢筋技术规范》的相关标准。

#### 3.2 不锈钢钢筋

目前,马氏体不锈钢和沉淀硬化型不锈钢未被用作耐腐蚀钢筋,铁素体不锈钢较少用作耐腐蚀钢筋,较多采用奥氏体型不锈钢作为耐腐蚀钢筋,双相钢已逐渐用作耐腐蚀钢筋,特别是在高氯化物和高湿度环境中<sup>[1]</sup>。近年来,芬兰奥托昆普工厂生产了一种新型双相不锈钢2101,其Cr含量很高,为21.5%(质量分数,下同),Ni和Mo含量都很低,为1.5%和0.3%,低Ni低Mo对降低钢筋造价起了很大的作用。

#### 3.3 不锈钢包覆钢筋

不锈钢钢筋具有优异的耐蚀性,但是造价非常高。为了使钢筋既具有不锈钢的高耐蚀性又价格低廉,其他国家研制开发了不锈钢包覆钢筋,即在碳钢钢筋芯外包裹一层不锈钢。目前,不锈钢包覆钢筋有两种加工工艺:一是将不锈钢条焊接成管状,然后在压力作用下将碳钢颗粒填充在不锈钢管子中形成碳钢芯,形成两端有皱褶的人造棒材,最后将其加工轧制成钢筋;二是在碳钢铸件上喷涂一层不锈钢合金包覆层,

然后将其加热轧制成钢筋。不锈钢包覆钢筋的优点主要有:表面具有一层耐蚀层;比不锈钢钢筋便宜;性能良好且寿命预期值高。其缺点主要有:与碳钢相比,成本较高;包覆层不均匀;包覆层与碳钢芯之间脱开;包覆层处存在的缺陷会导致应力集中;若端头处理不好,将会使基底发生腐蚀;钢筋的屈服强度小于需要的屈服强度;目前还不能生产小直径钢筋;生产厂家较少。

#### 3.4 MMFX 钢筋

20世纪90年代末期,GARETH博士发明的一种含9%(质量分数,下同)Cr的低碳钢筋MMFX钢筋,它具有独特的微观结构,是一项专利产品。通过不断优化MMFX钢筋的组分和结构,其力学性能和耐蚀性能得到提升,现在已形成MMFX-2系列低合金耐蚀钢筋(目前MMFX钢筋一般指MMFX-2钢筋)。据报道,MMFX耐蚀钢筋的金相组织含板条马氏体和板条马氏体之间的片状奥氏体,不含渗碳体。由于耐蚀钢筋几乎不含作为阴极相存在的渗碳体,其腐蚀微原电池形成大幅减少,使钢筋难以发生宏观均匀腐蚀,因而其耐蚀性几倍优于普通低碳钢筋。此外,耐蚀钢筋在强度与韧性方面也优于普通低碳钢筋。由于MMFX是一项新技术,还没有长期试验的性能资料,预计使用MMFX钢筋的钢筋混凝土使用寿命为55~100a以上。

### 4 国际抗腐蚀钢筋的发展情况

#### 4.1 美国抗腐蚀钢筋的发展情况

美国在高耐蚀钢筋方面的研究主要体现在高铬钢筋与不锈钢钢筋两方面。耐蚀钢筋产品经过8年的研究与推广,形成了美国标准ASTMA1035,在美国实现了商业化生产。该产品主要用于海湾、沼泽地等对耐蚀性要求高的建筑及公路、桥梁等建设。近期,智利钢铁集团CAP旗下的Huachipato钢厂首次生产成功高强耐腐蚀螺纹钢。据称,该螺纹钢的耐蚀性能是普通标准螺纹钢的5倍多。

#### 4.2 日本抗腐蚀钢筋的发展情况

日本开发的耐蚀钢为Cu-Cr-Mo-Si系,对于飞溅区和全浸区海水均有良好的耐蚀性,腐蚀速率约为碳钢的1/3。

#### 4.3 法国抗腐蚀钢筋的发展情况

法国的Cr-Al系低合金钢APS20A兼具良好的耐大气和耐海水腐蚀性能,在全浸区海水中的耐蚀性比碳钢提高一倍以上。

#### 4.4 中国抗腐蚀钢筋的发展情况

中国在耐候钢的研发和生产紧跟先进国家的步伐,取得了可喜成绩。但主要在耐候钢板(如船板)和型钢产品等方面,对钢筋混凝土用的耐候(耐蚀)钢筋的研发和生产相对滞后。近几年,中国耐蚀钢筋与不锈钢筋的研发取得了一定的进展,首钢、沙钢、武钢、钢铁研究总院、北京科技大学、太钢等单位在近期相继研发耐蚀钢筋、不锈钢筋等。但除不锈钢筋外,耐蚀钢筋研发的相关企业均处在企业内部的研究阶段,未见成功的工程应用实例的报道。同时也相继颁布了一些耐腐蚀钢筋的冶炼标准。

#### 5 结语

通过采用合理化学成分设计,控制好转炉炼钢五大制

度和炉后吹氩处理等工艺手段,冶炼获得了符合国标 HR-B500cE 的化学成分,并且钢液的氮含量较低。试验工艺生产 HRB500cE 钢液相关的冶炼周期均在正常生产控制范围之内,在以后日常生产中是合理可行和值得推广的。随着耐蚀钢筋生产工艺的日趋成熟,应用范围也更加广阔,也必将加速耐蚀钢筋的进一步推广和应用。

#### 参考文献

- [1] 李维华,吕维纯,陈贵和,等.  $\phi 22\text{mm}$  耐海洋腐蚀钢筋 HR-B500cE 产品开发 [J]. 福建冶金, 2019(06):28-32.
- [2] 何德孚,王晶滢. 海洋腐蚀环境及船用不锈钢管选材备考(上)[J]. 焊管, 2019(04):57-64.
- [3] 苏欣. 锌铝涂层在典型模拟海洋环境下的腐蚀行为研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2018.