

不锈钢长材在建筑和桥梁中的应用



Gaetano Ronchi

湖州 2020.10.22-23

墨西哥 progreso栈桥

最早使用不锈钢钢筋的案例



1981年建成
1998年坍塌

建于1941年
仍在使用的



钢筋混凝土如何被腐蚀损坏



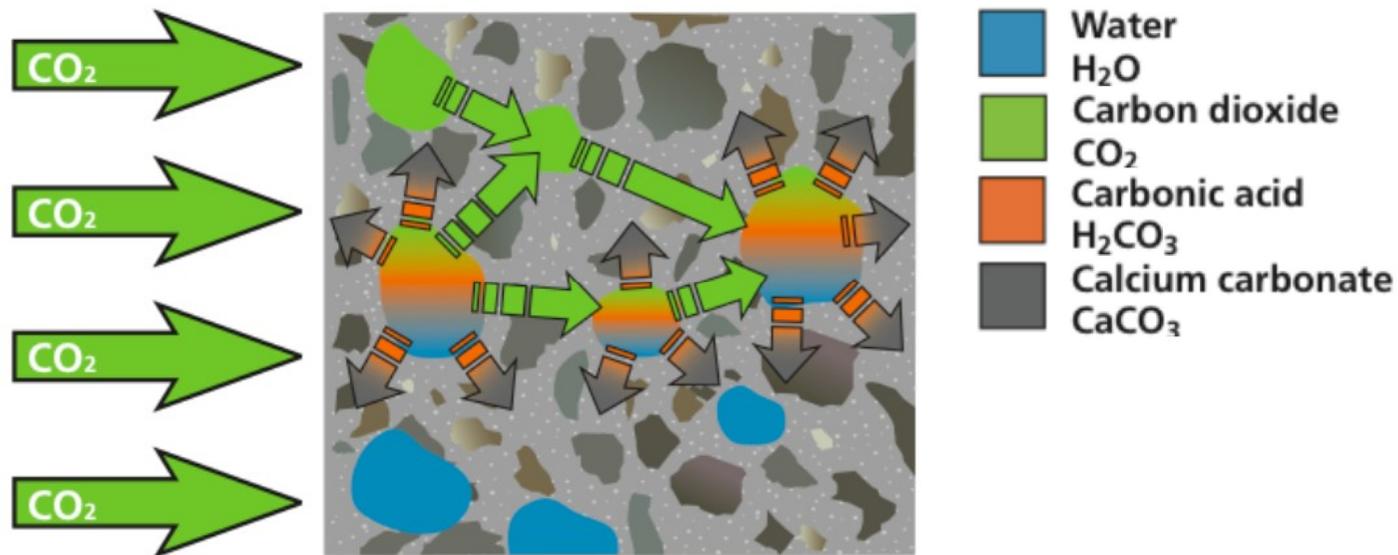
人们认为“90%以上的混凝土耐久性问题”是由碳钢钢筋腐蚀引起的





混凝土结构碳化

混凝土组织中有许多微孔隙。孔隙的大小取决于混凝土的质量和混凝土搅拌时的水分。

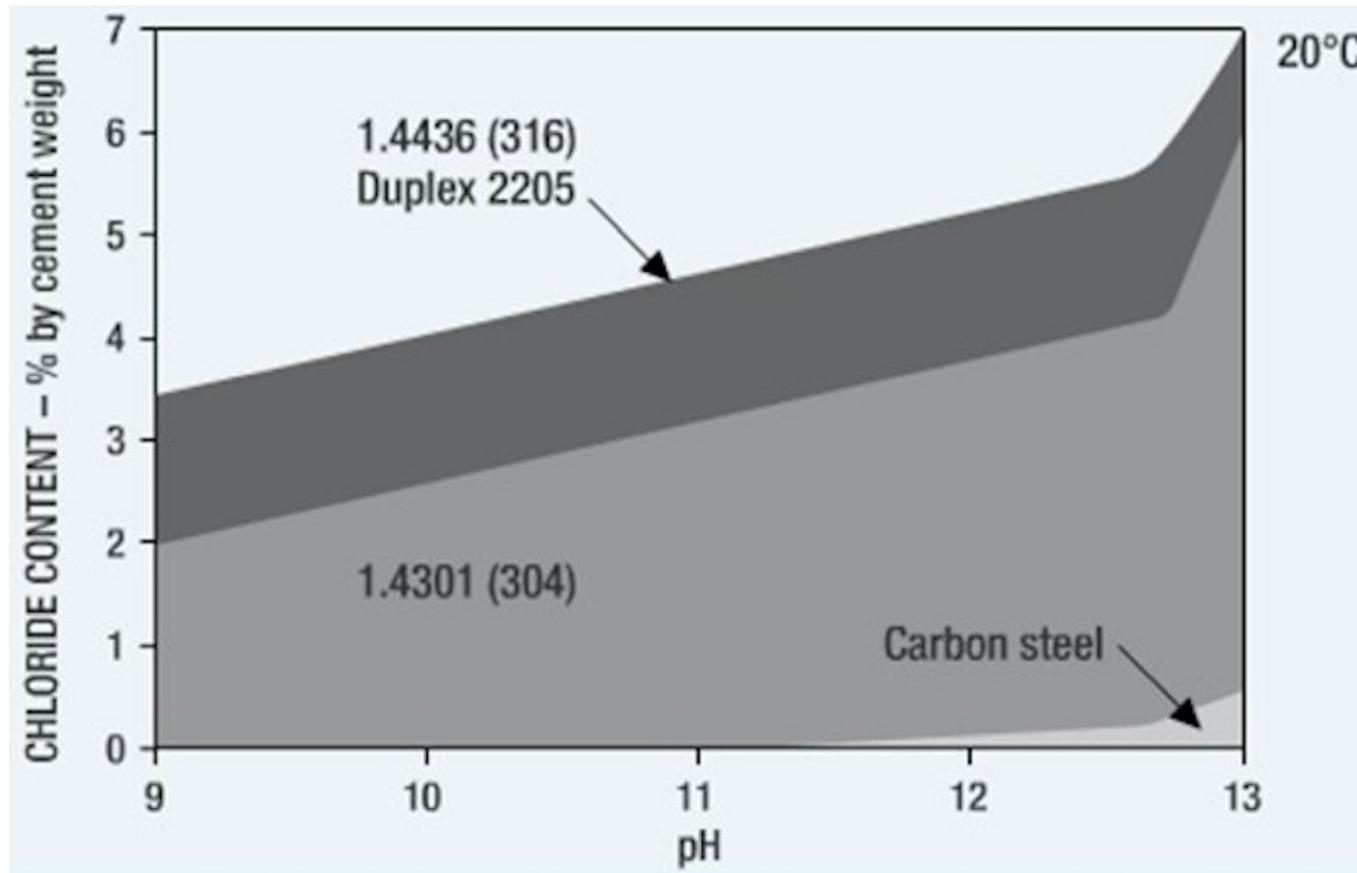


当钙化合物与大气中的二氧化碳（ CO_2 ）和混凝土孔隙中的水（ H_2O ）发生反应时，混凝土发生大气碳化。

碳化和氯化物的复合作用



该图显示了氯化物在不同pH值下的影响

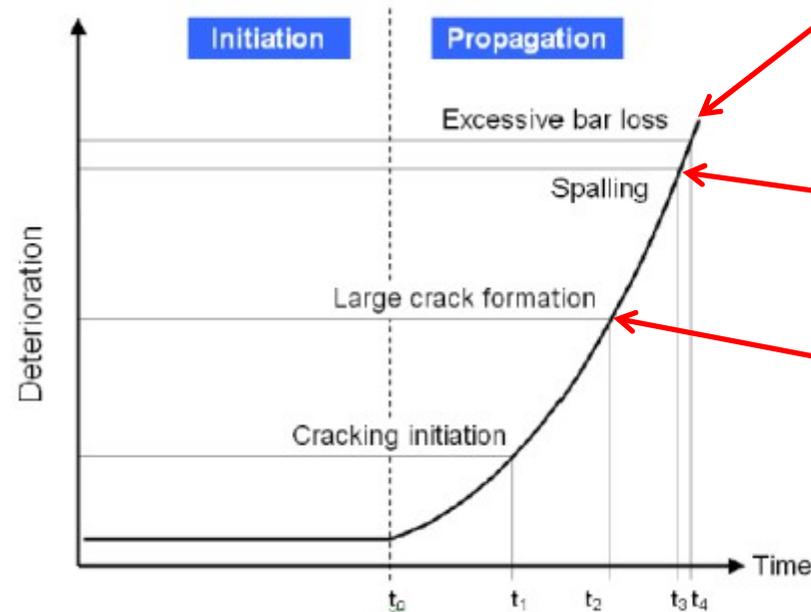


当腐蚀离子（通常为氯离子）进入混凝土中：



1. 一旦腐蚀离子接触到碳钢钢筋（ t_0 ），腐蚀开始
2. 腐蚀产物（体积超过碳钢）会产生向外的压力
3. 混凝土开裂（ t_1 ），开裂处容易接触到氯化物
4. 混凝土保护层开裂（剥落）（ t_3 ），钢筋外露
5. 如果腐蚀继续，钢筋无法承受施加的拉应力，建筑物坍塌（ t_4 ）

正确选择材料是
高性价比的长期
投资



不锈钢钢筋的开发应用

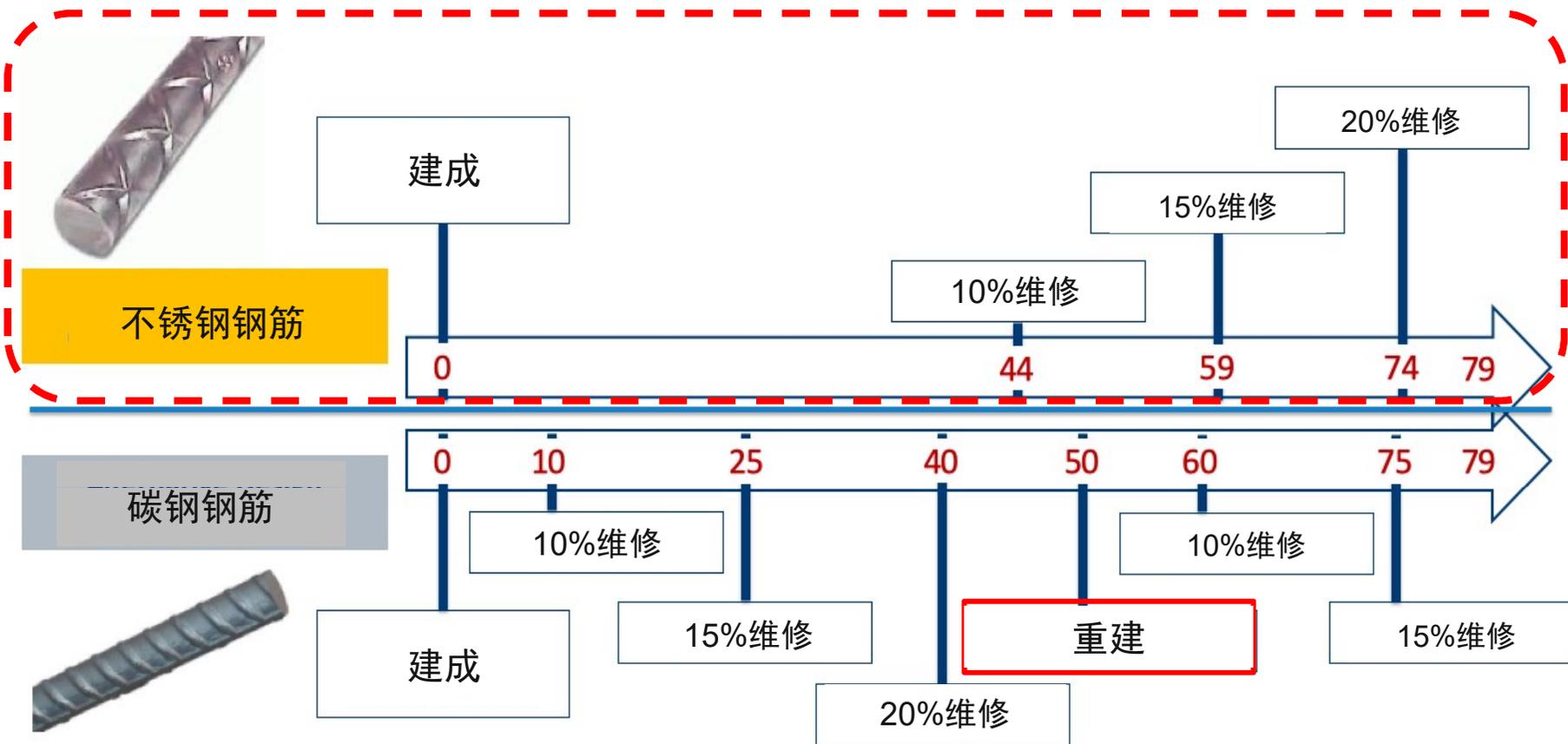


- 不锈钢钢筋极大地延长了钢筋混凝土在腐蚀性环境（道路除雪剂或海洋环境）下的使用寿命
- 并非所有的钢筋都需要用不锈钢钢筋。通常只有暴露在最恶劣环境的部位才需要使用不锈钢钢筋。
- 必须绝对无磁性的设备/建筑，例如，核磁共振室（MRI室）





检修维护：关键差别



根据国际公认标准制定的检修维护计划
(美国海军制定的维修计划 - 2012)

部分新的应用项目



桥梁

新尚普兰桥，加拿大蒙特利尔

乔治华盛顿大桥，美国纽约

Värtan交叉口，瑞典斯德哥尔摩

赫德曼大桥，加拿大安大略省

德里斯科尔大桥，美国新泽西州

沿海基础设施

摩纳哥填海造陆

澳大利亚贝壳湾海滨码头

阿布扎比卢浮宫

英国克罗默海岸保护

巴约纳港防波堤



新尚普兰桥 – 加拿大蒙特利尔

旧桥于**1962**年通车。尽管进行了大量的维修，但腐蚀对桥梁造成严重损坏，只能建造新桥取代旧桥。

新桥于**2019**年通车，将抵御**-25°C**至**30°C**的严重冻融循环。

大桥全长**3.4**公里，横跨圣劳伦斯河，每年有**5000**多万辆汽车通过。

关键部位使用了**1.7**万多吨**2304**双相不锈钢（**EN1.4362**）。



乔治华盛顿大桥 – 美国 新泽西州



I M O A

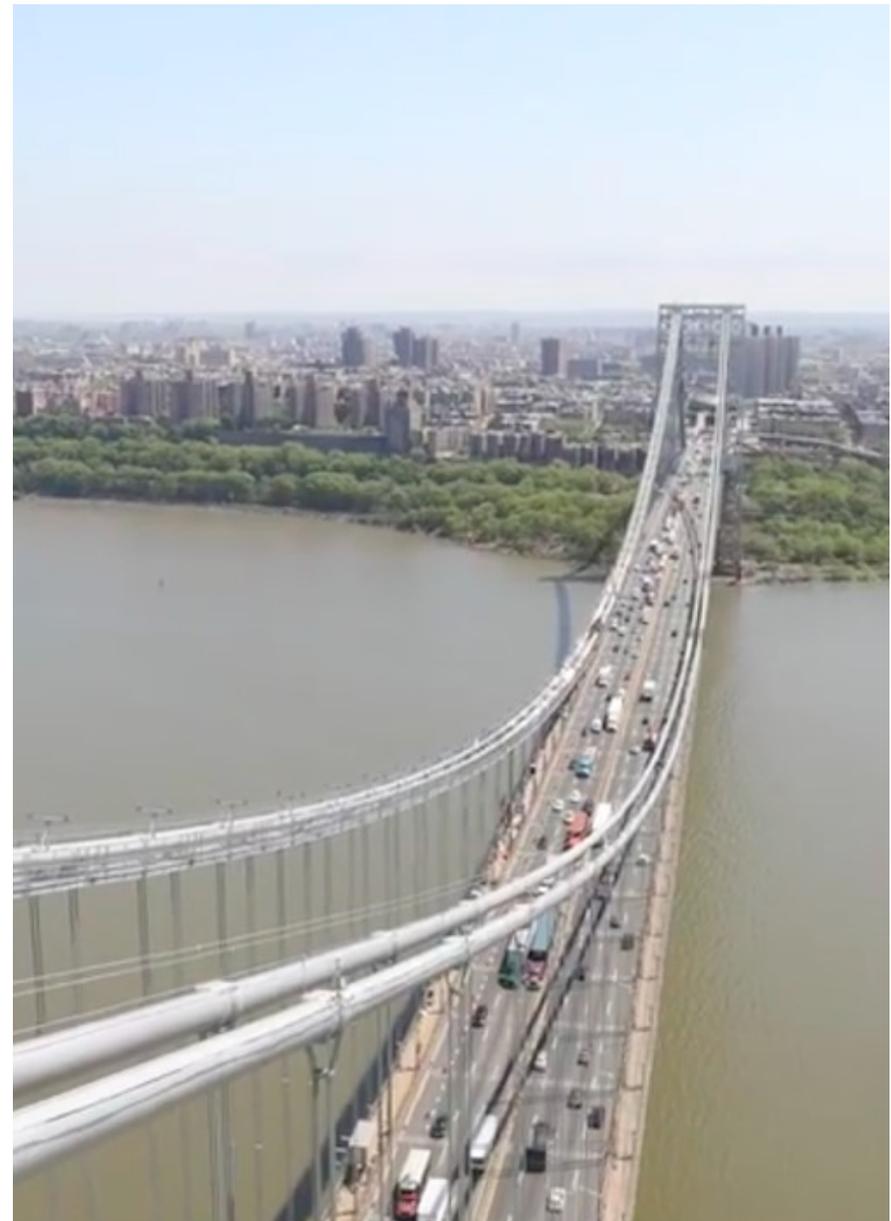
大桥连接曼哈顿和新泽西州。

环境：含盐空气，冬季除冰盐

项目内容：保证大桥正常通行的同时，修复桥面（据说该桥是世界上最繁忙的桥梁）。

钢筋：316LN，用于预制件和现场浇筑桥面

用量：到目前为止，已使用1300吨



Värtan交叉路口 – 瑞典斯德哥尔摩



这是通往斯德哥尔摩Värta港（Värta hamnen）的一个交叉路口，与斯德哥尔摩北部的Norra Länken高速公路相连接。

业主：斯德哥尔摩公路管理局

施工：Skanska, 瑞典建筑开发公司

钢筋：经济型双相不锈钢LDX2101 (EN1.4162)，直径12mm，

用量：300吨左右



赫德曼大桥 – 加拿大安大略省



赫德曼大桥横跨加拿大首都渥太华的里多河(Rideau River), 连接着繁忙的417号公路

项目: 桥梁加宽, 桥面重新铺设

自2014年中期开始, 新桥面和防撞墙已分阶段施工, 使用了320吨2205双相不锈钢钢筋。

此外, 绑扎钢筋的钢丝也选用了316不锈钢。



德里斯科尔大桥 – 美国新泽西州



德里斯科尔大桥横跨新泽西州的拉里坦河，有8个车道，每年汽车通过量近8000万辆。



桥梁修复工程包括分阶段更换混凝土桥面，并修复现有纵梁、横梁和大梁。

316LN和2205不锈钢钢筋用于桥面和其他构件。

共使用不锈钢钢筋1500吨左右。



a.info

沿海基础设施



摩纳哥填海造陆工程

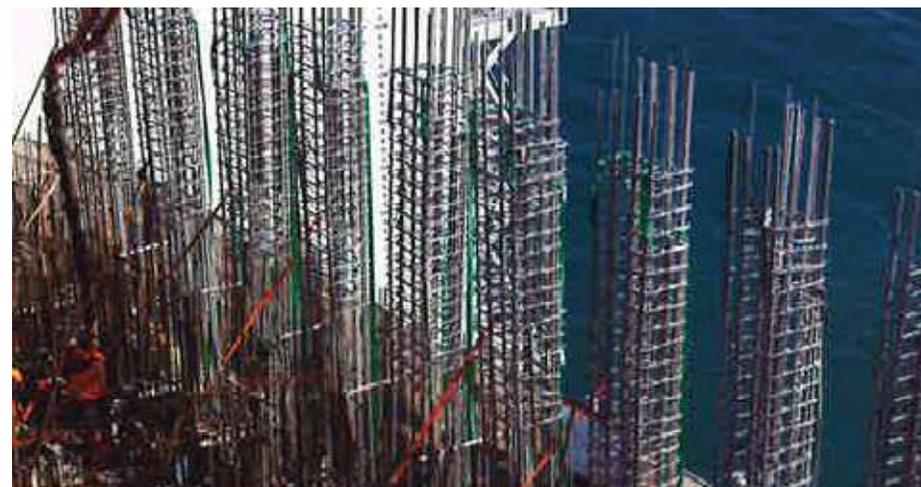
建成了一座6万平方米的新城市。许多豪华住宅楼将坐落在这片新陆地上



目前正在建造的混凝土墙，设计使用年限至少100年，能将对海洋生物的影响降至最低。

钢筋：2304 (UNS S32304)

用量：4,000t, 直径12-40mm



贝壳湾海滨码头 – 澳大利亚



贝壳湾项目包括**3500**个住宅和一个世界级船港

不锈钢钢筋用于码头海堤、台阶和船舶坡道的预制构件。使用不锈钢钢筋可以使混凝土保护层厚度最小化。

使用年限不少于**100**年。曾考虑过采用牺牲阳极阴极保护法，但没能达到保证值要求。

钢筋: 2304 (UNS S32304)

用量: 350t, 直径8-25mm



阿布扎比卢浮宫 – 海上博物馆之城



不锈钢钢筋用于**4500**个密封混凝土桩，它们深埋水下**15**米，支撑着博物馆的整个平台。

280根水下立柱、混凝土防渗墙和抵御风暴或船舶碰撞的防护墙也使用了不锈钢钢筋

环境: 浸没在含盐水中，环境温度高

钢筋: 2304 (UNS S32304)

用量: 不详



克罗默海岸防护工程 – 英国



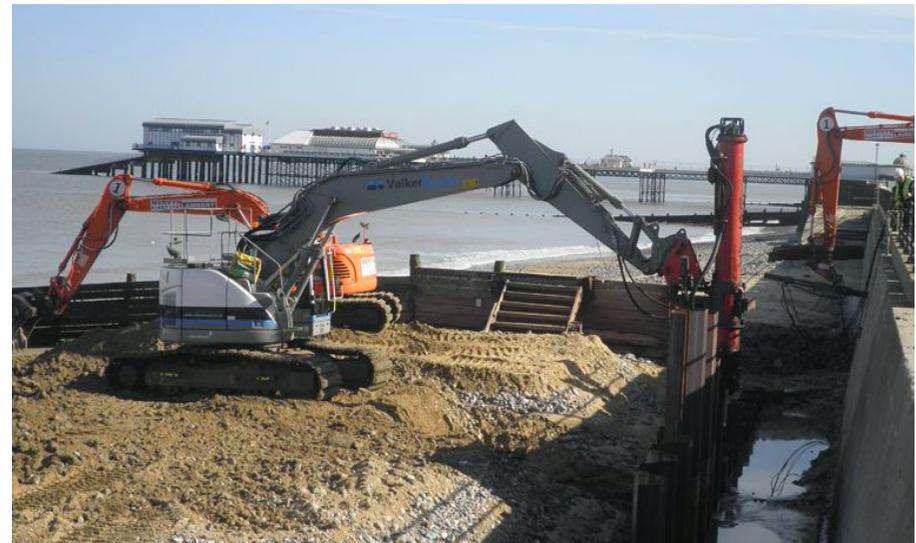
随着海平面的上升和风暴的威胁，海防设施整修工程已经启动，为未来100年预期的海平面上升做好准备



不锈钢钢筋是免维护的。由于临界氯离子阈值是碳钢钢筋的10倍，不锈钢钢筋具有使混凝土保护层薄化的优点

钢筋: 2304 (UNS S32304)

用量: 350t



巴约纳港防波堤修复工程 – 法国

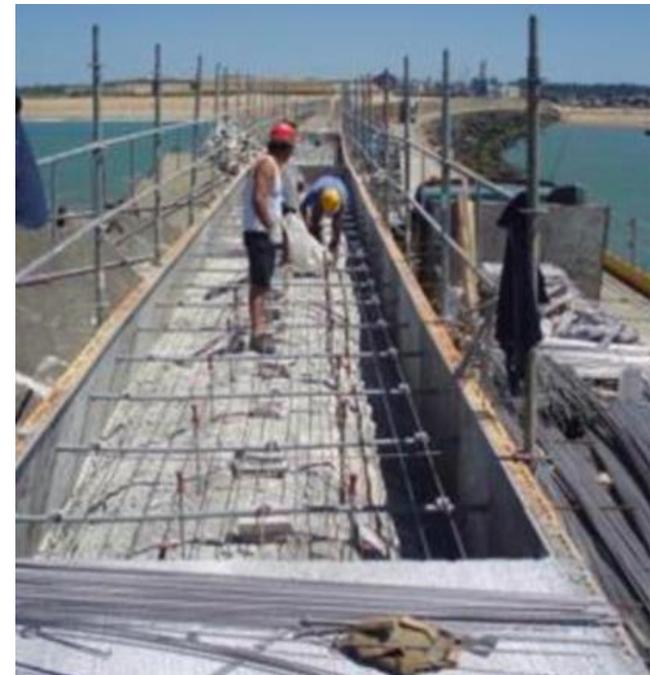


这座防波堤建于20世纪60年代，目的是保护巴约纳港入口免受风暴侵袭，防波堤很宽，可以承受重型起重机。

大堤平台已经出现裂缝，修复工程选用了2205双相不锈钢钢筋(屈服应力 $\geq 750\text{Mpa}$), 从而显著减少不锈钢钢筋的使用量。

钢筋: S32205 (EN1.4462); 直径10 和 12mm

用量: 150t



不锈钢钢筋的应用进展



已知应用领域

- 桥梁、天桥和地下通道
- 防护墙和挡土墙
- 隧道
- 停车库
- 海洋工程：栈桥、码头、停泊区、海堤、海景房
- 历史建筑加固和维修
- 液化天然气储存设施（低温应用）
- 医院、诊所和实验室的核磁共振成像设施（非磁性钢筋）
- 军事和数据存储设施和实验室（非磁性钢筋）

不锈钢钢筋和双相不锈钢



合金的化学成分 (其余为铁)

ALLOY	% Cr	% Ni	% Mo	% N	PREN*
304	18–20	8–10.5	-	-	19
316LN	16–18	10–14	2–3	0.10–0.16	27
316/316L	16–18	10–14	2–3	-	25
2304	21.5–24.5	3.0–5.5	0.05–0.60	0.05–0.20	26
2205	21–23	4.5–6.5	2.5–3.5	0.08–0.20	34

双相不锈钢的使用率和**2304**的普及率正在稳步增长，著名的港珠澳大桥（HZMB）充分证明了这一点：大桥使用了1.5万吨**2304(EN 1.4362)**双相不锈钢钢筋。



不锈钢钢筋和双相不锈钢



双相钢具有良好的抗腐蚀性、强度和延展性，对于可持续性不锈钢钢筋的稳健发展起着关键作用。



它们的明显优势:

力学性能

✓强度和韧性 = 轻量化

耐腐蚀性(Cl⁻):

✓长久性 = 100 使用年限

✓混凝土保护层薄化 = 轻量化

✓淡水和海水混合使用(*) = 减少淡水用量

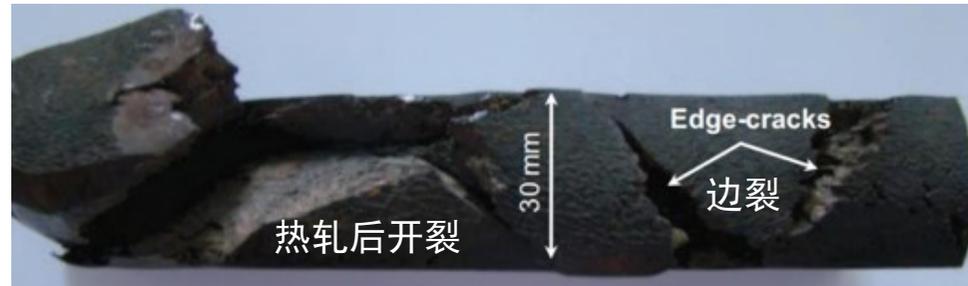
(*) 淡水和自来水资源日益短缺，每年搅拌混凝土消耗的自来水达1.5万亿升。

颇具前景的研发项目正在进行：使用自来水和海水混合物！

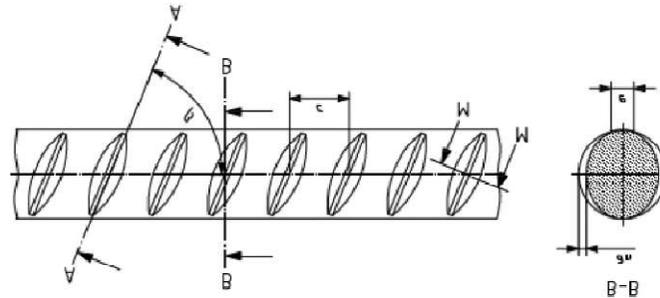
一份耕耘，一份收获



双相不锈钢热加工性差，在冶炼和热轧过程中应采取预防措施



产品应用需要更好地理解客户对产品的要求以及适用的标准



不锈钢分会和国际钼协会准备就双相不锈钢钢筋举办3-4次线上讲座，内容包括：

- ✓热加工性(冶炼和热轧)
- ✓标准
- ✓设计和应用



谢谢!



国际钼协会—钼业之声 info@imoa.info