

# NICKEL

庆祝不锈钢  
一百周年

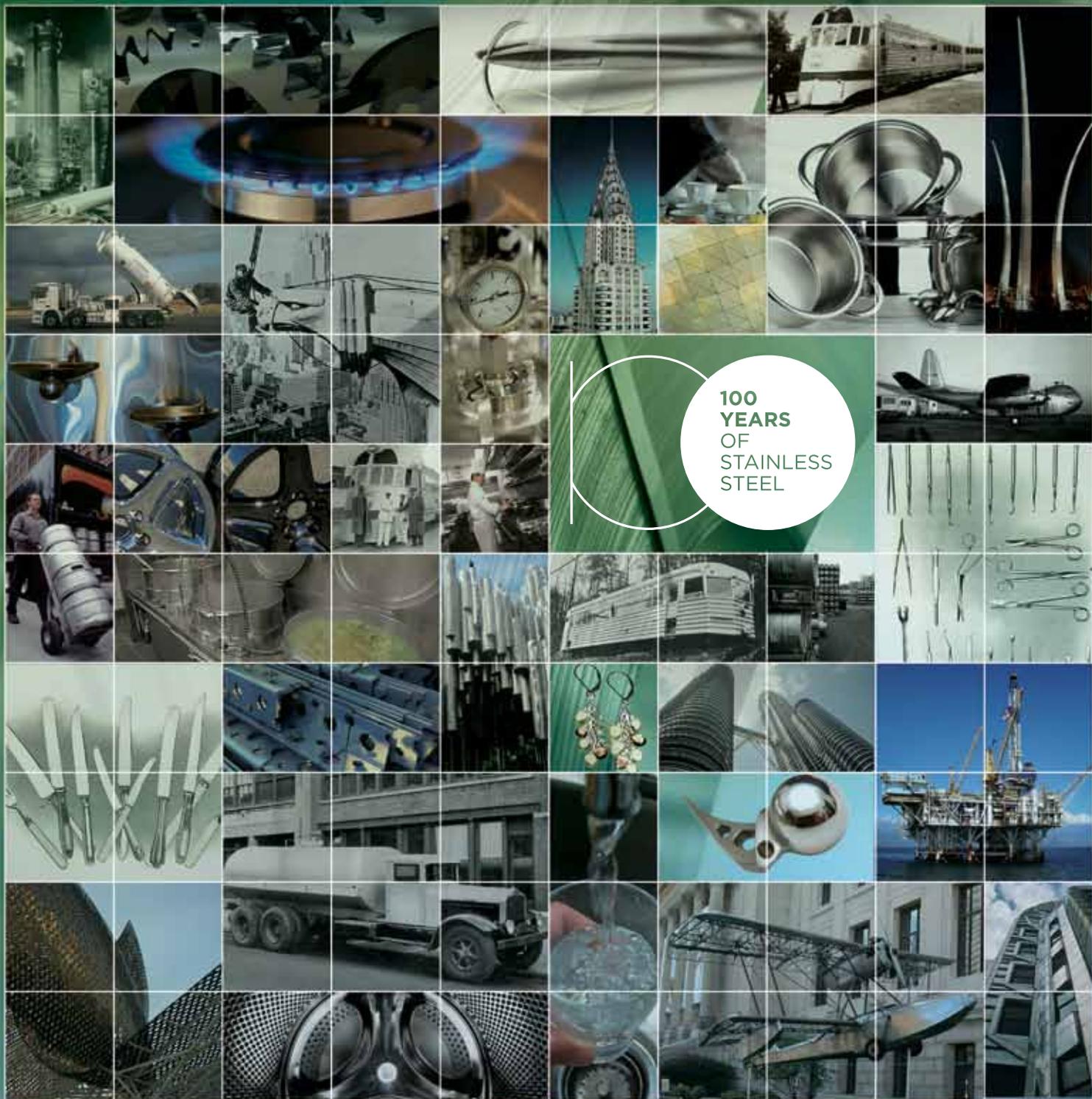
发展历史

工业里程碑

不锈钢的未来

专注于镍及其应用的杂志

《镍》杂志专刊，2012年5月号



# 发明

没走过弯路的发明极少，而到最后获得“某某发明者”称号的人事实上是前辈辛勤劳动所获知识的继承者。这正是不锈钢的发明故事，它是研究、实验、观察力和直觉与时间和技术进步相结合，从而给这个世界带来了我们叫做不锈钢的铁铬合金。

以下是在这100年间要被记住和尊敬的人们：



1821: *Pierre Berthier*发表了其关于铬合金和铬铁的研究结果。

1904 *Leon Alexandre Guillet*发表了对铁铬镍合金-1911: (今天会被归为不锈钢类) 的研究;

*Albert Marcel Portevin* 在 *Guillet*的研究基础上, 与 *W. Giesen*一起发表了关于不锈钢的信息, 它们基本与现代奥氏体、马氏体和铁素体不锈钢相同。

1911: *Elwood Haynes*在美国开始铬钢的实验, 确定出铬对耐化学物质和大气腐蚀的影响。他所做的工作1915年备案, 1919年被授予一项专利。

1912: *Eduard Maurer* 和 *Benno Strauss*在为克虏伯公司工作期间获得了关于两种铬-镍不锈钢的专利。

1913: 在英国设菲尔德, *Harry Brearley* 负责铸锻造餐刀, 这是不锈钢的首次商用, 是数千种其它用途的先驱。

要了解其他进步和贡献者的姓名, 请顺着时间线索读完本期《镍》杂志特刊, 或可访问 [www.stainlesssteelcentenary.info/StainlessHistory](http://www.stainlesssteelcentenary.info/StainlessHistory) 以了解全部故事和更多信息资源。

国际镍协会特别致谢Harold Cobb先生, 他的著作《不锈钢的历史》(ASM国际)是富有价值的信息来源, 并为本期《镍》杂志专刊的编纂提供了帮助。

# NICKEL

这份杂志专致于镍及其应用

《镍》杂志由镍协会出版

The Nickel Institute

总裁: Dr. Kevin Bradley

编辑: Stephanie Dunn

sdunn@nickelinstitute.org

设计: Constructive Communications

镍协会联系地址:

比利时 布鲁塞尔1210, 艺术大街12-14, 八层

电话: 32 2 290 3200

电子邮箱: brussels@nickelinstitute.org

本杂志所刊内容为读者获取一般性信息而准备的, 在未取得专业人员的意见时, 不应为特定应用而采用或作为依据。

尽管所刊材料据信在技术上是正确的, 但镍协会、协会会员、协会工作人员及其顾问人员并不代表或担保其适用于任何一般或特定用途并不承担任何与此信息相关责任和义务。

ISSN 0829-8351

在加拿大采用再生纸印刷

封面: Constructive Communications

iStockPhoto © Maciej Laska



## 第一个百年 不锈钢: 1912-2012

成功之父有很多。以共有名称“不锈钢”而为人所知的铁-铬系合金就确实有很多的父亲, 从法国的Pierre Berthie (也许可以更确切的说是“祖父”) 到美国的Elwood Haynes。大家可以从对面页中读到这些对不锈钢做出贡献的人们中的其中一些。

不锈钢的早期历史教导给我们的一件事就是冶金学上的创新并不一定是一个平滑连续的过程。各种不同的见识与创新, 不论大小, 都对我们理解为什么不锈钢耐腐蚀以及耐蚀性、强度、延展性和高温强度是如何能在不同的钢种上表现出来的做出了贡献。

实验与创新并未止步于创造出了首把不锈钢刀、叉。今天, 值此首个不锈钢百年步入尾声之时, 已有了五个系列的不锈钢: 铁素体、奥氏体、马氏体、双相钢和一组沉淀硬化合金。它们集体提供出的性能使其在非常广泛的工业、结构、建筑、医疗和美学等最终用途领域不可替代。

在同一时期, 世界逐渐了解到通过再生使寿命终点的不锈钢 (很多形式的废钢) 重归使用的价值和优点。不锈钢使物品耐用, 从而降低了社会的材料使用强度。事实上, 它已成为世界上最为彻底和有利可图的再生材料之一。

为庆祝已取得的成绩和美好的未来, 不锈钢100年展将于2012年5月在北京拉开帷幕, 并随后转至其他一些地点巡展。

本期特别版的《镍》杂志就是为了记住这一时刻而准备的。当你阅读时, 你将会看到不锈钢是从多远的时间进化发展而来以及它是如何确实实地影响社会的每一个方面的。你还将学到在下一个百年可能会有什么新类型的不锈钢和用途会出现并成长壮大。

国际不锈钢论坛 (ISSF) 感谢国际镍协会多年来对不锈钢生产者 and 用户组成的大家庭所做出的很多贡献。本期特别版进一步证明了这种关系的重要性。



Pascal Payet-Gaspard  
国际不锈钢论坛秘书长  
www.worldstainless.org

## 目录

客座社评 .....	3
化工 .....	4, 5
食品与饮料 .....	6, 7
建筑与工程 .....	8, 9
雕塑 .....	10, 11
运输 .....	12, 13
水 .....	14, 15
医疗健康 .....	16, 17
能源 .....	18, 19
不锈钢的未来 .....	20

# 不锈钢 在化学处理工业中的应用

Gary Coates, Garcoa Metallurgical Services,  
国际镍协会顾问

当我们想到化学处理工业(CPI)时, 是无法想象其没有不锈钢的情形的。能安全并具有成本效益的生产出化合物、肥料、纸张、塑料、石化产品和作为其它商品的基材, 高度依赖于对这些材料的使用。

首个奥氏体不锈钢于1909至1912年间由研究人员Eduard Maurer 和 Benno Strauss开发出来, 随后在德国埃森的Friedrich A. Krupp工厂实现了商业化生产。这种合金被称为V2A, 与现在的304 (S30400)材料有着相似的化学成分, 也以“18-8”这个名字为人所知。它确实由18%的铬和8%的镍构成。它被发现具有杰出的耐蚀性, 特别是对硝酸。100年后的今天, 这种合金的低碳版本304L(S30403)仍是处理硝酸的标准材料(2)。

德国的研究人员还开发了这种材料的高温性能, 并发现高铬含量(18-20%)使V2A能耐各种类型的热气。同样, 这种合金的各种版本包括304H (S30409), 321 (S32100) 和 347 (S34700)仍在化学处理工业中的各种高温用途上广泛使用。

不锈钢工业并未就此止步。

各种新的不锈钢合金被开发出来, 它们的耐蚀性和高温性都得到提高。通过向18-8成分的钢中添加2%的钼(为保证完全的奥氏体微观结构, 还要再加2%的镍), 就产生了当时通常所指的“耐酸”不锈钢, 或者说是今天为我们所知的316 (S31600)。这个钢种更耐轻度还原性酸如硫酸和磷酸类。多年后, 通过添加更多的镍和钼, 或少

量的铜、氮、钨以及别的几种元素, 其它一些更为耐蚀的奥氏体合金也被开发出来。(3)

尽管双相(奥氏体-铁素体)不锈钢早在1930年就被发明出来了, 但只是在20世纪70、80年代才通过改进保证了良好的焊接性能(4)。对化工工业而言, 耐氯离子应力腐蚀断裂是至关重要的。多年以来, 铁素体系列的开发有所进展, 包括从汽车排气系统用的非常低合金化含铬11%的合金(S40900 及其改型), 到见于海水冷却系统中的非常高合金化的超级铁素体合金。

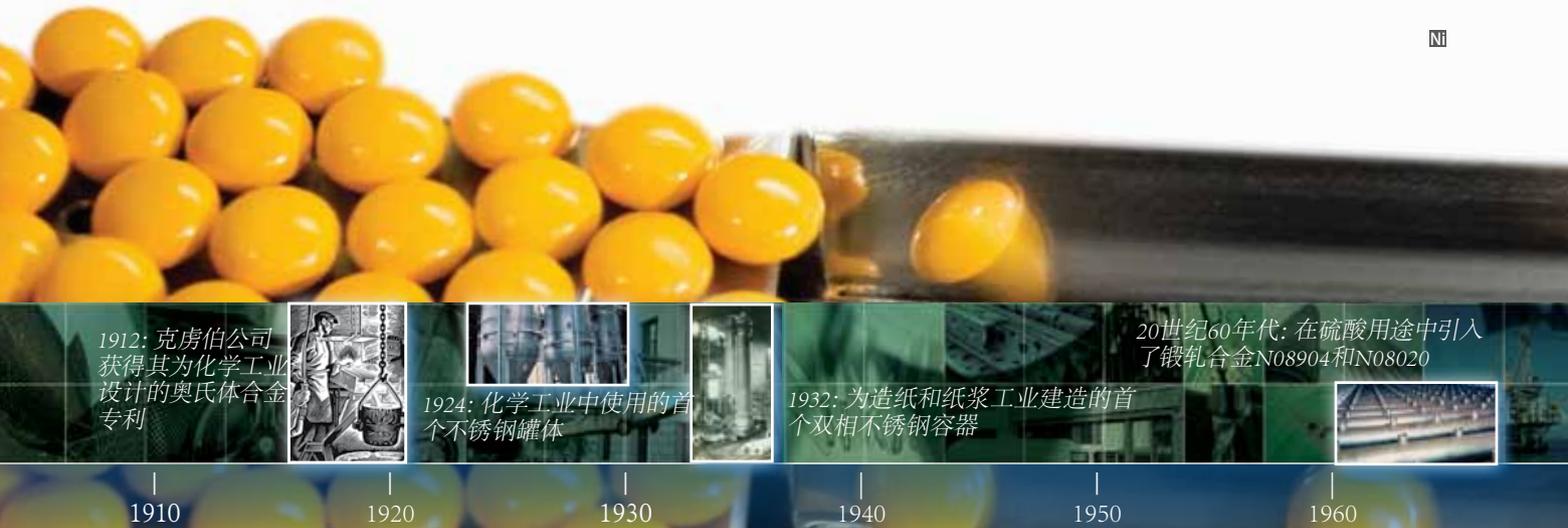
针对一些既要求强度高又要求具有一定耐蚀性的用途, 开发出了沉淀硬化型材料。为解决化工工业的特定要求, 很多新型合金被开发出来。

钢材生产厂家需要用文件来说明他们生产的合金材料的性能, 以使化工企业了解针对特定用途要选择哪一种材料。这一程序始于1924年美国材料试验协会(ASTM)的第27届年会, 并沿用至今。规范和标准的开发对化工工业正确的选择和使用不锈钢至关重要。当前, 工业界正在寻求编制出让全世界任何国家的工厂都能使用的标准化规范。

对高温用途而言, 材料必须在具有高强度的同时, 又对环境有很好的耐受能力。为满足这些要求, 开发出来大量含铬和含镍量更高的合金。镍使材料在中等温度保持高强度, 并且经过长时间也不会变脆。

所有这一切都说明, 在过去的一个世纪里, 如果不能做到可靠、安全和成本效益, 不锈钢在化工工业中的成绩就是零。

■



1912: 克虏伯公司  
获得其为化学工业  
设计的奥氏体合金  
专利

1924: 化学工业中使用的  
第一个不锈钢罐体

1932: 为造纸和纸浆工业建造的首  
个双相不锈钢容器

20世纪60年代: 在硫酸用途中引入  
了锻轧合金N08904和N08020

1910

1920

1930

1940

1950

1960



安全并具有成本效益地生产出化合物、肥料、纸张、塑料、石化产品以及用作其它商品的基材, 高度依赖于对这些材料的使用



ISTOCKPHOTO © SIMPLYCREATIVEPHOTOGRAPHY

ISTOCKPHOTO © MACIEJ LASKA

BIOGAS TREATMENT PLANT UNISON SOLUTIONS INC.

20世纪70年代: 氮作为合金元素被用于双相和含6%钼的不锈钢中

20世纪90年代: 开发了含7%钼的不锈钢

21世纪的开头10年: 开始生产超级双相不锈钢

1970

1980

1990

2000

2010

2020

# 不锈钢 在食品饮料领域的应用

R.E. Avery, Avery Consulting Associates,  
国际镍协会顾问

从家用餐厨具, 到奶品/食品加工设备, 以及大型啤酒和葡萄酒储存设备, 含镍不锈钢是这些应用领域的首选材料。简而言之, 不锈钢是一种理想的材料。它不会影响食品的味道和外观, 不容易腐蚀, 并且表面容易清洗和消毒。

Harry Brearley 发明的可硬化不锈钢的初次应用就是用来做厨刀, 很快其它类型的餐厨具(1)应用随之出现, 尽管它们最常使用较软且更耐腐蚀的含镍合金18-8, 它们随后以Staybrite这个名字而广为人知。

美国钢铁公司在1933-1934年的芝加哥世界博览会上赞助举办了世界首次知名的不锈钢厨具公开展示。该公司在用诸如泡菜、番茄、大黄和肉类进行了广泛的烹饪试验后, 随即举办了这一活动。

在食物样本上只发现了极微量的铁、铬和镍, 食物的外观、味道或颜色未发生变化。

奶业长期以来就对细菌对奶品的有害作用有了认识。还有, 食品加工设备中与食品接触的表面必须定期消毒以将表面微生物降至安全的水平。不锈钢以其清洁性和优异的耐化学消毒剂腐蚀作用的能力而闻名。

奶业关心的另一个问题是含铅、可浸出铜或其它有毒材料的合金的污染问题。不锈钢现已经取代了曾经是“奶业金属”的铜基合金。

随着奶与食品供应链由农户转化为中央加工工厂, 就对更加大型化的设备和部件产生了需要(3)。1927年的一个早期例子是11,000 升 (2,700-美制加仑)的运奶卡车(见如下时间表)。

20世纪20年代建立了北美3-A卫生标准。这是食品卫生和消毒上的一个巨大的进步。当前, 有68个设备标准将 304 (S30400)或 316 (S31600)不锈钢作为使用的首选材料。1946年3月的首个关于奶及奶制品不锈钢储罐的标准颁布, 此后, 进行了8次更新, 全都规定采用不锈钢。



不锈钢是一种理想的材料。  
它不会影响食品的味道和外观,  
不容易腐蚀, 并且表面容易清  
洗和消毒

这是一家大型奶与食品公司的装备的在很多年后仍在使用的设备范例: 1954年安装的316下沉式炊具

和1949年购买的304奶油-奶酪成型器。

同时, 饮料工业(4) (葡萄酒、啤酒及非酒精饮料)已经广泛采用不锈钢很多年了。一个惊人的例证说明了不锈钢的耐用性: 新西兰最著名的啤酒制造商Lion在迁往新厂时还从其旧工厂搬走了一些不锈钢设备。

啤酒厂最大的设备之一是冷稳定器, 用于完成发酵后使啤酒澄清并成熟。24个240-m<sup>3</sup> 和 120-m<sup>3</sup>的罐体构成新的设备综合体。可以看到其中的一个罐体被运至新工厂(5)。

今天, 在诸如中国和印度这样国家, 迅速增长的食品工业几乎同样正通过使用不锈钢来确保其产品的安全。不锈钢在100年的存在历史中, 已经与食品加工联结到一起了, 因为它有最佳的理由: 耐用与安全。 ■

FIRTH-STERLING STAINLESS STEEL

1914: 制造出第一把不锈钢餐刀



1927: 首台焊接不锈钢运奶卡车



1939: "RevereWare"的铜底不锈钢炊具



1950: 三层复合厨具 (6) (不锈钢-碳钢-不锈钢)

1919: 不锈钢餐刀的大批量生产



1935: 开始大批量生产不锈钢厨房水槽

1910

1920

1930

1940

1950

1960



ISTOCK © VLADIMIR OVCHINNIKOV

ISTOCK © ARTHUR KWATKOWSKI/ISTOCK © MARIA TOUTOUDAKI

1963: 不锈钢啤酒桶

1970-1979: 厨房大量采用不锈钢

1978: 首支不锈钢真空瓶

1997: ANSI/NSF批准不锈钢用于饮用水系统

1970      1980      1990      2000      2010      2020

# 不锈钢 成就永恒的建筑

Catherine Houska, TMR Stainless,  
国际镍协会顾问

不锈钢已经成为筑就寿命在80年以上, 凸显进取、现代形象的建筑物的杰出材料。不锈钢普遍用于交通量大的公共运输设施、安保设施及其它建筑, 长期耐用性是这些用途首先要考虑的因素。含镍的300系不锈钢是使用最普遍的材料。

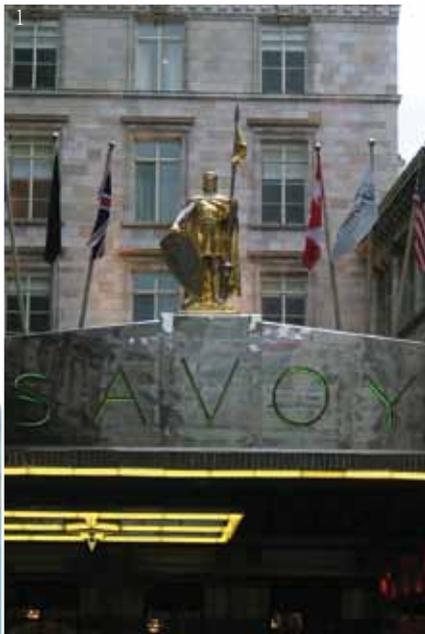
首个知名的不锈钢建筑用途出自20世纪20年代中, 并且是相对较小、不太显眼的一些用途, 例如入口和厂房的屋面。这些设施很多到现在仍在使用中, 包括伦敦 Savoy 酒店 (1929) 的入口处雨篷。(1)

作为一种彰显权利和财富的方式, 或因物业拥有者之间的竞争, 或者只是简单地为了推动科技极限, 人类一直在建造大型建筑。摩天大厦就是20世纪的金字塔, 因此, 不锈钢的首批大型建筑应用出现在世界最高的建筑物 - 克莱斯勒大厦(2) (1930)和帝国大厦(1931)上也就顺

理成章了。虽然克莱斯勒大厦世界最高建筑的称号也就维持了几个月的时间, 但是它优雅、闪亮的不锈钢装饰艺术风格使其成为一个寿命持久、国际认可的高尚摩天大楼设计范例。

帝国大厦世界最高建筑的称号保持了40多年。如同克莱斯勒大厦那样, 它的顶层和尖塔也用不锈钢包覆, 但它还是第一个使用了不锈钢外墙的建筑。圆柱形不锈钢拱肩与每扇窗户相连并向上隆起, 在每级的顶部形成阳光穿云而入的景象。唯一的一次更换面板是因为美国空军的一架中型轰炸机在1945年撞上了这座建筑的一边。

早期的建筑使用302(S30200)不锈钢, 而现在, 304(S30400)不锈钢则是容易买到的等效材料。对现在的建筑而言, 耐腐蚀性更好的316L (S31603)不锈钢将是首选材料。特别是当建筑物靠近海水或在有道路除冰盐喷洒的环境中时。然而, 不锈钢在这些老建筑上的表现好得让人吃惊, 尽管这些老建筑使用的是较低合金化类型的不锈钢。值此不锈钢发展百年纪念之



1910

1920

1930

1940

1950

1960

时, 这些早期的建筑正是一份讲述其耐用性和长寿命的闪亮醒目的证言。

20世纪50年代早期, 金属玻璃幕墙设计的引入使高层建筑设计发生了革命性的改变。很多著名的早期建筑设计都采用了不锈钢, 这包括纽约市的Socony-Mobil大厦(1954)和芝加哥的内陆钢铁公司大厦(1958) (3)。历经50余载, 这两座大厦仍是时尚地点。到20世纪60年代, 不锈钢在全世界都被用在显眼的建筑用途上, 这包括东京的圣玛丽大教堂(1961) (4)和匹兹堡的梅隆竞技场(1961)的屋面。

人们发现不锈钢能以相对较轻的重量包覆建筑物, 同时, 新的表面类型被引入建筑领域, 这些都使不锈钢的设计使用范围扩大。20世纪70年代, 首次引入了不锈钢着色法, 而且证明其高度耐用。东京的Reiyukai Shakaden神庙上使用的电化学着色面板在使用了近40年后颜色仍然保持不变(5)。

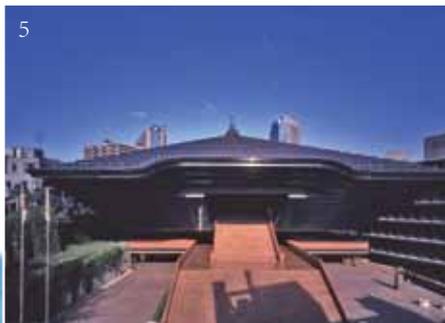
世界上一些具有先导性的建筑师们经常在一些传统幕墙设计中使用不锈钢, 如芝加哥的川普大厦(6);

## 作为一种彰显权利和财富的方式, 或因物业所有者之间的竞争, 或者只是简单地为了推动科技极限, 人类一直在建造大型建筑

在雕塑式的建筑物外表面上, 如华盛顿州西雅图的EMP (体验音乐计划) 博物馆(7); 以及在具有调节生态气候作用的遮阳板、优雅的商店室内和世界各地的交通运输建筑设施上。

为了在历经长使用寿命后仍能保持其结构完整性和使维护成本最小化, 而同时又能尊重建筑物所处的环境, 芬兰图尔库市的Myllyn Teräs 桥 (8)以复合结构连续梁桥的形式建造, 总长为99米, 有效宽度为20米。为在布鲁塞尔举办的第58届世界博览会而建造的原子结构雕塑(9)外表皮原来使用的是铝, 但在2005年又把外表皮改为316L不锈钢以期获得耐用并且强耐腐蚀性的表面, 这种表面经过时间的考验也不会褪色或变暗。

这些建筑都代表了不锈钢的一系列的应用和使用环境。某些建筑会进行定期维护而另一些则没有进行过任何维护。它们全都展示出不锈钢作为建筑设计材料的杰出性能和成本效益, 以及对期待获得长期性能的可持续设计的诉求。



1986: 劳埃德大厦  
1976: 不锈钢取代自由女神像中被腐蚀掉的支撑部分



1991: Canary 码头塔楼



2000: Padre Arrupe 桥



2011: Gehry的作品《纽约》

1999: 吉隆坡的马来西亚国家石油公司双塔

1970

1980

1990

2000

2010

2020

# 不锈钢 成就永恒的雕塑

Catherine Houska, TMR Stainless,  
国际镍协会顾问

多年以来, 雕塑家们一直在寻找能够抵御环境破坏并代代延续的雕塑材料。例如, 近年来, 纽约市在20世纪30年代的建筑就受到了不锈钢的启发, 特别是含镍的300系不锈钢。Isamu Noguchi就说服美联社批准用不锈钢代替青铜制作出了其著名的雕塑《新闻》, (1)这是一块艺术装饰匾, 刻画出五名新闻记者“获取内幕消息”的形象, 它自1940年起出现在洛克菲勒大厦的入口上方。这块著名的浮雕高6.7米, 宽5.2米, 重8.2吨, 是世界首个大型铸造不锈钢雕塑。



(1865-1957)表示敬意而建造的。它由Eila Hiltune设计, 于1967年揭开了它的面纱。这座雕塑由600根用手工做出纹理的银色管子焊接到一起组成波浪形, 暗示季节的更替。当鸟儿歌唱时管子会发出回声而在风暴中则会发出共鸣。雕塑由各种直径的不锈钢管组成, 10.5米长, 进深6.5米, 高8.5米, 重27吨。

大部分后来的雕塑都使用传统的光面金属。位于堪培拉的澳大利亚议会大厦屋顶建有一个四叉形的81米高旗杆, 由标准轧制表面304不锈钢制成。这座建筑于1988年开放使用。

1947年, 建筑师Eero Saarinen和结构工程师 Hannskarl Bandel以其设计的美国密苏里州圣路易斯192米高拱门(2)使世界大型雕塑的概念发生了革命性的变化。在决定细节前, 需要首先进行结构设计。这座大拱门的外表皮是304不锈钢, 在它最终于1965年竣工的时候, 不锈钢已经在世界范围内成为大型雕塑的杰出材料。大拱门到现在仍为世界最高的纪念碑。

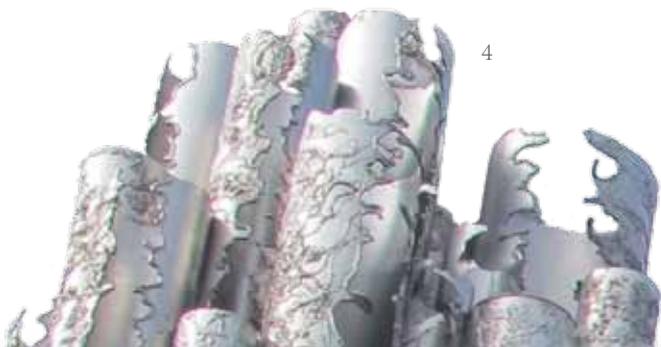
为了准备在纽约Flushing Meadows公园举行的1964年世界博览会, Gilmore Clarke用304L (S30403)不锈钢创造了一个43米高、重370吨的地球。这是世界上最具标志性和识别性的雕塑, 曾出现在很多的电影、电视和音乐视频中。

西贝柳斯(Sibelius)纪念碑是芬兰赫尔辛基市最著名的地标之一。它是为了向作曲家Jean Sibelius

1992年, 作为开发计划的一部分, 得克萨斯州休斯敦市在Post Oak大道上安装了六对无缝镜面抛光304拱门。

当有了可以为不锈钢着色的方法时, 它们最初被用于日本的一些精细的壁画, 但1992年, Frank Gehry认识到其用于制作大型雕塑的潜力。他为巴塞罗那创作了一条电化学着色的316 (S31600) 不锈钢鱼(5), 长56米、高35米。这条鱼座落在Olimpic港前方, 金色的鱼体结构似乎想要跃入地中海诱人的蓝色水面之中。

从不锈钢的历史来看, 它具有优异的长期性能和低维护需要, 这使其成为雕塑作品愿意使用的材料。更为近期的一些例子包括: 都柏林的光之纪念碑(6), 它也以光之尖塔(2003)这个名字而闻名, 是一个由316不锈钢钢管制成的120米高的尖塔。位于西弗吉尼亚州阿灵顿的美国空军纪念碑由三座弯曲的316不锈钢尖塔组成, 高度从61米到83米; 芝加哥的豆形云门(7) (2004) 用316制成; 而蒙古40米高的成吉思汗在马背上的雕像(8)由227吨不锈钢包覆构成。从这些世界知名的作品到在大部分城市中心看到的更为亲民的街头雕塑, 不锈钢都能确保它们在今后的几代时间内 都能激发公众的想象力。■



1932: Niagara Hudson大楼的临街面

1940: 洛克菲勒广场

1947-1965: 圣路易斯的拱门

1910

1920

1930

1940

1950

1960



1967: 西贝柳斯纪念碑



2000: Edward Tufte 的作品《被遗忘的平地》



2006: 空军纪念碑



2009: 《高树与眼睛》

2012: 德里的嫩芽



1970

1980

1990

2000

2010

2020

ISTOCK © NAPHITALINA  
ISTOCK © ANDREY BURMAKIN

# 不锈钢 应用于运输领域

Harold M. Cobb, 冶金顾问

不锈钢实际上在所有种类的运输方式中都有所使用, 从小汽车和卡车到铁路车辆、船舶, 甚至飞机。例如, 看到不锈钢乘用车列车无论是在当地还是进行跨国运行就并不稀奇。

并且, 首台不锈钢运输机器就是一架水路两栖飞机(1)。它是Budd公司于1931年制造的, 这是一家以发明家和商人Edward G. Budd (1870-1946)命名的公司, 位于美国费城, 生产钢质汽车车身。当时发现那种高强型的含镍不锈钢18-8用任何方法都无法焊接, 包括在未对焊缝旁的金属进行退火处理(软化)的情况下进行电阻点焊, 并会降低其耐蚀性。幸运的是, 没有花太多的时间就通过修改点焊设备将焊接时间缩短到30分之一秒, 从而解决了困难。飞机随后在欧洲和美国都进行了飞行来展示制造者的工程和制造技能。

Edward Budd用不锈钢进行的第二项试验是橡胶轮胎乘用车列车。(2) 法国工业家André Michelin (1853-1931)告诉他, 橡胶轮胎列车才是未来的方向。Michelin发明了带凸缘的钢质

车轮, 这种车轮能让轮胎保持在铁轨上。这就要求列车非常轻, 以使气体轮胎能承受得住。

Budd接受挑战, 建造了一台载35名乘客的轻型不锈钢车, 通过上面安装的一台汽油发动机提供动力。首台车被命名为Budd-Michelin Lafayette号, 成功地在法国进行了测试, 有三家美国铁路公司购买了这种橡胶轮胎列车, 以确保他们不会错失机会。

同时, Ralph Budd (与Edward无关) 则构想出一种闪亮的流线型不锈钢火车在其遭遇困境的铁路公司上运行。1933年, 美国铁路的总经理(1879-1962)订购了一列三节车厢的不锈钢列车, 它由柴-电引擎驱动, 装备钢质车轮。这列名为Burlington Zephyr的火车在其首次运行中就打破了所有的纪录: 自美国丹佛至芝加哥, 从黎明到黄昏, 狂奔1000英里(1610公里)。火车的平均时速为77.5英里(125公里/小时), 最高速度达112英里/小时(180公里/小时)。

在此后的50年间, Budd公司继续制造了超过10, 000辆火车车厢, 其中的一些仍在使用中。(3) 今天, 不锈钢被广泛用于制造地



1914: 第一批飞机引擎排气阀门

1927: 首台焊接不锈钢运奶卡车

1934: 《和风》号列车首发

1953: 轧制成型的不锈钢喷气压缩机叶片

1961: 首台不锈钢地铁车厢

1931: 第一架不锈钢飞机

1949: 自行驱动的不锈钢车体

1910

1920

1930

1940

1950

1960

铁、通勤和长距离乘用车列车的车厢, 以确保长寿命和低维护成本。车厢的外壳一般用一种被称之为301LN (UNS S30153)的材料制造, 它是304的一种高强变种; 或者用一种相当的200系合金(S20153)制造。

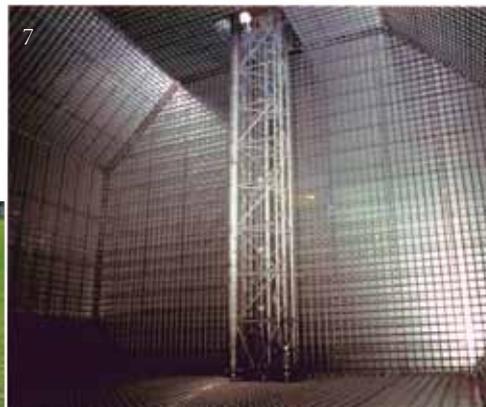
第二次世界大战期间, 美国对货运飞机产生了需求。不幸的是, 铝的供应短缺。但Budd公司从美国陆军和海军获得了合同制造不锈钢飞机, 即双引擎的Budd RB-1 Conestoga (4)。1981年, 曾任通用公司副总裁的 John DeLorean 开始生产他梦想中的汽车, 一种名为 DeLorean DMC-12 (5)的不锈钢双座运动轿车。DeLorean汽车公司于1982年破产关闭, 但在此之前已经生产并交付了超过9, 000辆车。今天, 在标准汽车中, 从排气系统到燃油系统, 使用了很多不锈钢内部件。汽车公司认识到了奥氏体不锈钢的能量吸收性能, 某些公司现在正研究设计不锈钢汽车框架。

不锈钢罐车在公路运输中已经使用了很多年了, 已知的首台车是1927年在美国用于运输牛奶的汽车。现在, 这已是公路中的常见的景象了(6)。首条不锈钢船舱海运化学品船(7)是

## 在过去的一个世纪里, 不锈钢一直被用来保障货物或人抵达目的地

1960年交付的M/T Lind号。这些船是对油轮进行修改, 建造出更多但更小的舱室, 以适应品种多样的货物: 从食品(葡萄酒、植物油)到特种石油基的油料, 到腐蚀性的化学品, 如硫酸和磷酸。这些罐舱最早是用含氮合金316LN (S31653) 和 317LN (S31753)建造的, 这两种材料比316L的强度有所提高。现在, 更常用的材料则是双相不锈钢2205 (S32205), 它有着更高的强度, 从而可以允许舱壁更薄。这就可以允许装运更多的货物。模块式的罐式集装箱通常被称为ISO集装箱, 是一种由起保护作用的金属框架包围住罐体而制成的, 它们便于通过海洋、公路和铁路运输。世界上有数以万计的罐式集装箱在使用中。

在过去的一个世纪里, 不锈钢一直被用来保障货物或人抵达目的地, 并且, 毫无疑问, 这将继续下去。



ISTOCK PHOTO © TOMASZ PIETRYSZEK



1967: 大陆林垦汽车



1996: 不锈钢汽车排气系统



2008: 开发使用不锈钢框架的下一代汽车

1970

1980

1990

2000

2010

2020

# 不锈钢与水

Stephen Lamb, Consultancy Resources Corporation,  
国际镍协会顾问

不锈钢在水的处理、储存和加工过程中起着较大的作用, 不论是饮用水、超纯水、废水还是径流水都是如此。不锈钢在这里的价值主要是缘于其能耐水中种类繁多的化学成分的腐蚀作用, 而又保持了饮用水和高纯水的纯真性。

一般来说, 饮用水的腐蚀性要比食品小, 而在早期, 当不锈钢在涉水用途中还只是被用于某些特定的用途时, 它常常被认为对一般用途而言太贵。过了很多年后, 才显示出它多么具有成本效益。

20世纪70年代, 首次系统地 对不锈钢在各种处理路线中的耐 蚀性进行了评估, 对分别含镍9%和12%的304 (S30400) 和 316 (S31600) 不锈钢以及其他合金在污水环境中进行了测试。基于有利的测试结果, 奥氏体不锈钢在水处理管道和各种其它厂内用途如澄清设施、刮泥臂及螺栓等方面 获得了更大的应用。

相似的是, 在处理人类饮用水时, 不锈钢的应用也得到了增长, 并且, 在今天已被认为是必需材料了。现在的水处理工厂中, 在去除细菌、胶质及诸如隐孢子虫的 饮用水病原体的净化程序中常用膜处理单元, 没有膜单 元的工厂使用其他类型的水净化方法, 如臭氧。然后, 在向外输送前对处理过的水加氯并储存在罐或池中。这 些罐体 使用不锈钢管道、板材来制造。

脱盐(2)在水技术中的 重要性变得更大, 它把海水或 盐咸水转变成淡水。处理更具腐蚀性的水就需要更高合 金化的不锈钢, 如双相钢、超级双相钢和超级奥氏体不 锈钢。它们用于处理工艺的各个阶段一应付含氯水流、 膜容纳单元、浓缩盐咸水, 而标准型的材料则可以用来 贮存淡水。在过去的十年间, 世界脱盐工业增长了240% , 并且没有迹象显示增速会放缓。



在亚洲、澳大利亚和欧洲, 不锈钢配送和服务管道 被用来将处理后的水直接送到家庭和企事业单位。在日 本, 有的输水配送管道被埋入地下, 而还有一些则被支 撑在跨河公路桥的侧面。在欧洲, 德国是不锈钢水管应 用的领行者, 其中一个著名的例子就是慕尼黑Allianz体 育场(3), 它是为2006年的世界杯比赛而兴建的。近来, 中国转而采用不锈钢水管来满足2008年北京奥运会的需要, 包括用于国家体育场和国家 水上运动中心。

不锈钢水管常用于高层建筑 中, 以使提升泵和分支管道能够 承受高泵压。这种应用的例子包 括台湾的台北金融中心、马来 西亚国家石油公司的吉隆坡双 塔、北京的中国中央电视台总 部大楼和澳大利亚昆士兰州布 里斯班市的曙光大厦。在苏格兰, 健康设施规定使用316L (S31603) 不锈钢用于输送冷、热水, 即将建成为北美最大 规模医疗设施的加利福尼亚州 圣地亚哥县新Palomar Pomerado医疗中心也是如此。

管道材料经常要用在与不锈钢配件、管箍、出水套管 (4)及修复卡箍相联。这些用途通常会涉及埋地结构, (5) 并且虽然这些配件暴露在种类 多样的土壤中, 但实际上却并未 报告出现问题。

大部分水管用途的不锈钢是奥氏体钢(304和316), 但双相不锈钢正在开始获得应用, 特别是在大口径管道系统中。

在为Roundout水库(曼哈顿岛的饮用水源)建造直 径244厘米(96英寸)的提升装置的过程中, 纽约市环 保局做了浸没实验, 以便选出能够提供至少100年使用 寿命的可靠材料。基于这次实验的结果, 环保局选择了 304和316不锈钢, 以期望在下一个百年后的2112年 它们仍在 使用中。 ■

1922: 首批锅炉管

20世纪60年代: 首批现代脱盐工厂

1935: 开始大批安装不锈钢水槽

1910

1920

1930

1940

1950

1960

“现在，随着人们对水的纯正性的持续需要，  
不锈钢也被用来满足处理人类饮用水的需求”



ISTOCK PHOTO © DENGUY

ISTOCK PHOTO © IRINA BELOUSA

ISTOCK PHOTO © ADAM BORKOWSKI © EVGENY KUKLEY



20世纪80年代：海水逆渗透厂投入商业化运营

1997：ANSI/NSF批准不锈钢用于饮用水系统

2004：不锈钢管被用作101大厦的消防和饮水管线

1970

1980

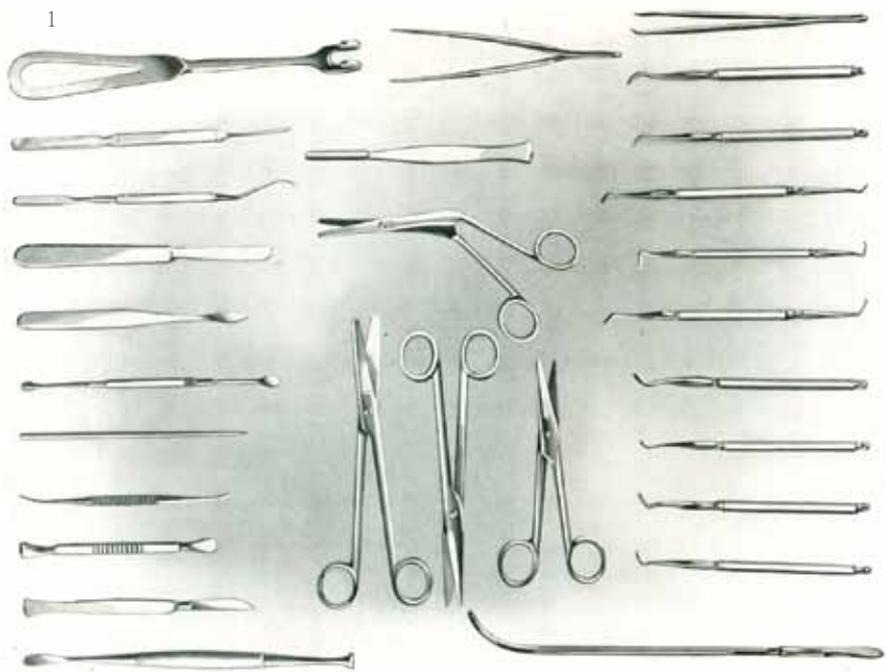
1990

2000

2010

2020

FIRTH-STERLING STAINLESS STEEL



ISTOCK PHOTO © PLAINVIEW

ISTOCK PHOTO © ZENTILIA



BOULEUGITECH39@THERBAUT



ISTOCK PHOTO © MARK KOSTER

ISTOCK PHOTO © PAMELA MOORE ISTOCK PHOTO © DANIEL ZGOMBIC



1926: 首次采用奥氏体不锈钢制造外科手术植入物

20世纪40年代: 开发出 不锈钢牙齿矫正器

20世纪50年代: 外科缝合

1962: 一次性不锈钢针头

1910

1920

1930

1940

1950

1960

# 不锈钢 用于医疗健康

Tony Newson, EUROFER - 欧洲不锈钢协会

在不锈钢的百年历史里, 不锈钢业已奠定了自己在医疗健康领域应有的地位。对医疗用途而言, 器械耐蚀、容易制造和消毒是保证其价格合理、耐用和卫生的关键因素。

早在1925年, 外科器械目录就将不锈钢作为替代镀镍碳钢器械的一种昂贵的替代方案。但到1938年, 很多制造商就已经完全放弃了镀镍材料。生产工具和器械(1)最为常用的材料是含镍奥氏体合金如304 (S30400) (在不要求高硬度时) 或马氏体合金 (当有硬度要求时)。但是, 某些手术刀片、凿刀、圆凿和其它锋利的器械仍然使用碳钢制造, 它们尽管锋利, 但如果未能仔细控制清洁和消毒程序, 可能会锈蚀。由马氏体硬化不锈钢(2)制造的器械刀刃常常比碳钢的耐用性能差, 并且需要更为频繁地修磨刀刃以使之锋利。今天, 医疗器械在世界范围内代表了价值300亿美元的工业, 而不锈钢则占了大部分。

出于相同的理由, 牙科器械使用的合金与医疗器械相同。不锈钢也用于口腔内部、牙科器械(3)以及有时用于齿冠。通常, 不锈钢不会在口腔内产生金属味道。

为防止传染性疾病的传播, 医院和诊所必须经常对所有的部件和表面进行清洁和消毒。现在, 不锈钢被用于所有种类的医用家具, 如桌子、各种推车、柜子、输液架、床等, 以及诸如水槽、淋浴喷头和床上便盆等普通组件。(4)

植入用途等级的不锈钢钢种和其它医疗器械用标准商用级不锈钢有着巨大的不同, 认识到这一点十分重要。例如在欧洲, 植入物被定义为暴露于人体组织内30天以

## 今天, 医疗器械在世界范围内代表了价值300亿美元的工业, 而不锈钢则占了大部分

上的医疗器械。植入器材归属于有特殊要求的单独标准规范内。

锻轧奥氏体不锈钢和高氮不锈钢被用作外科植入物, 如髌、(5)膝、指和肩关节, 以及板、钉、丝和其它固定装置。这些材料原本由(S31600)不锈钢发展而来。无论如何, 植入物必须是生物兼容的, 也要与后期诊断技术如X射线和磁共振成像(MRI)(6)相兼容。磁共振成像要求植入物只能含无磁性材料, 因此通过增加镍、氮、锰等奥氏体形成元素对不锈钢植入物的化学成分进行了升级。

此外, 植入级不锈钢对耐点蚀和体内清洁性有着特殊的要求, 而商业级不锈钢则没有这些要求。因此, 要使用如真空熔炼和电渣精炼等特殊的生产路线来生产“干净”的植入用钢, 即非金属夹杂物(如硫化物、硅酸盐和氧化物)浓度低的钢。植入物还有特殊的表面光洁度要求和严格的清洁管理以防止微生物污染。

符合ASTM F138标准的316LVM (UNS S31673)不锈钢植入物的长期临床使用经验证明其具有可接受的人体生物兼容性。然而, 不能保证外科植入材料不会导致诸如红肿的负面反应。对于特别是对镍敏感的病人而言, 有一种镍含量极低的植入级不锈钢(S29108), 当然对这些病人来说也可以使用钛合金植入材料。

总之, 不锈钢提供出一系列具有成本效益的工程材料, 它们具有良好的耐蚀性和一系列机械和物理性能, 从而适合各种医疗设备用途。自其于一个世纪前被开发出来, 不锈钢已经为人类的健康和幸福做出了无法估计的贡献。



# 不锈钢用于能源和发电

Alan Harrison, 英国不锈钢协会 (BSSA)

随时获得能源和电力是现代社会的基石。在过去的一个世纪, 不锈钢在燃料开采和发电领域都起到了重要作用; 并且, 生产更加“绿色”的能源对不锈钢的需求会更大。

今天, 我们正从更加困难的资源环境里开采石油和天然气(1), 这常常意味着液体又“酸”又“热”(含硫化氢), 并且可能含氯化物。通常要用不锈钢来应对这些腐蚀环境, 使用的合金类型从316L (S31603)到双相钢和超级双相钢, 有时还要用镍基合金。近海油气平台(2)使用不锈钢, 因为它们能抗海水腐蚀。液化天然气的典型储存温度是  $-162^{\circ}\text{C}$ , 它的储罐和管道一般都用304L (UNS S30403)。即使在更低的温度下, 304L仍能保持高延展性。(3)

在水利发电中(4), 水轮机叶片常常采用可硬化不锈钢如410NiMo (S41500) 或一种 16Cr-5 Ni- 1.5Mo 合金 (EN 1.4418, 无 UNS号码)制造。大坝闸门常用304L或316L不锈钢制造, 而滚轴导轨则由一种沉淀硬化型不锈钢如17-4PH (S17400)制造。

不锈钢在燃煤发电厂有很多用途。既在高温燃烧部分, 也用于较低温度环境的腐蚀防护。在过去的35年里, 不锈钢被用于烟气清洁系统, 与镍基合金一起发挥作用, 降低二氧化硫的排放。近年来, 它已用于降低汞的水平。含铬10.5%的铁素体不锈钢(如 UNS S40977或 EN 1.4003)被用于运输成百万吨的煤, 特别是通过铁路货运车厢。这种不锈钢和304 (S30400)都被用作滑道运煤, 磨损是这种运输方法的一个难题。

燃烧天然气发电的电厂对汽轮机工作的使用更像喷气发动机对它的使用方法。汽轮机本身使用镍基合金, 而很多其它部件如再热器外壳则使用301 (S30100)和321 (S32100)制造。



从化石燃料燃烧发电排放的气体中捕捉和贮存碳的技术尚在开发之中。然而很清楚的是, 某些设计要求使用大量的不锈钢。例如, 可以去除二氧化碳的胺洗涤器可能就需要用到种类广泛的不锈钢: 316L, 410NiMo, 347 (S34700), 2205双相钢 (S32205), 904L (N08904)和6%Mo系列(如 S31254 或N08367)。

虽然核电领域与化石燃料发电厂有很多共同之处, 但仍有一些与核废料有关的特殊用途。在运输过程中, 为让核废料放射出的中子减速, 要用到一种含至少0.5% 硼的改版304 (S30462)。名为NAG (硝酸级) 的特殊改版304L则用于燃料再处理。

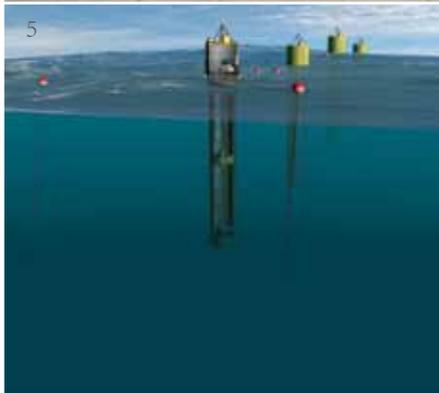
很多利用波浪和潮汐能的设备都正处在开发之中(5)。其中的一些原型设备用到不锈钢, 这些不锈钢在石油天然气工业中有着长期的海水环境使用记录。把知识传递到这种新能源领域将变得愈加重要。双相和超级双相合金把强度与耐蚀性结合到一起, 将很可能在这种苛刻的使用环境中起到重要的作用。

不锈钢是太阳能利用的天然材料(6)。用途包括太阳能热水器、薄膜光电(PV)池板的基层层、晶体光电池板的支持板和连接器以及阳光收集系统的大面积反射镜。

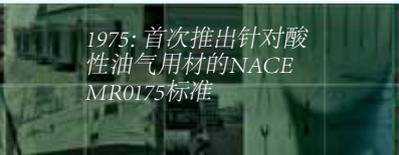
生物燃料行业(7)已经在受益于不锈钢具有的耐蚀和耐热性能。在厌氧消化时, 304不锈钢就用于大型消化池及相联的管道系统。304还广泛用于从玉米或甘蔗中提取乙醇的生产。316L用于更为腐蚀的环境。因为不锈钢在高温时具有高强度和耐蚀性, 因此被用于这一领域的各种热态工艺中。

其它正在开发中的使用了不锈钢的技术包括燃料电池、废弃物转化能源、地热、(8)核聚变及能量储存。社会的未来依赖于创新和可再生能源, 这一点是明确的, 同样明确的是不锈钢将是这些生产技术中不可缺少的一部分。 ■





1966: 首个潮汐发电站使用不锈钢透平机叶片



1975: 首次推出针对酸性油气用材的NACE MR0175标准



2003: 首次推出针对酸性油气用材的NACE MR0175/ISO 15156



1970      1980      1990      2000      2010      2020

ISTOCK PHOTO © MENABREA

ISTOCK PHOTO © KYU OH

ISTOCK PHOTO © EYEIDEA

# 不锈钢不锈钢的未来

Gary Coates, Garcoa Metallurgical Services, 国际镍协会顾问

在这期《镍》杂志特刊中, 我们回顾了不锈钢在过去的100年间的迅速成长。1914年, 世界不锈钢的产量可能是百吨级的。1934年, 单单美国的产量估计就为约4万2000吨。2011年, 全世界生产了超过3200万吨的不锈钢。

不管所有合金的开发如何和经济在过去十年间的动荡情况, 含镍的300系不锈钢仍然占据了全世界不锈钢产量的近2/3。此外, 在200系、双相和沉淀硬化, 以及马氏体和超级铁素体合金中, 都含有镍。

为什么对含镍合金仍有巨大的需求? 简单的答案是镍提供出的性能具有重大的价值。本期百年特刊对这些众多不同的性能作出了说明, 但这并非其全部的性能; 例如, 300系不锈钢良好的焊接性能和成型性能。要了解更多镍带给不锈钢的特性的信息, 请见我们的出版物《镍成就精品不锈钢》。

国际镍协会的出版物, 包括已经发行近28年的《镍》杂志, 对不锈钢的高速增长起到了支持作用。《镍》杂志所含的高品质信息在全世界范围受到高度赞赏。今天, 点击几下鼠标, 就可以即刻获得文献资料和信息丰富的网页。

全世界众多不锈钢发展协会的各种活动也支持了不锈钢的持续增长, 这些协会以当地语言提供了有益的文献和服务。

但未来是什么样子的? 虽然我们可以做一些合理的猜测, 但没有任何事是确定的。以下是我们所能看出的:

对不锈钢的需求将继续增长, 这既包括含镍的也包括不含镍的不锈钢。随着世界人口的增长及收入水平的提高, 人们会购买寿命长且易维护的高品质商品。在食品与饮料工业, 公众和政府都有提高标准的要求以确保细



菌不会污染我们的食物供给。这反过来提高了对不锈钢的需求。我们已经看到挤奶设备和牛栏在用不锈钢制造以使每次使用后容易消毒。

饮用水和废水处理的卫生标准也会提高。除了处理盐咸水或海水的脱盐工厂因此需要高合金化的不锈钢外, 水处理设备将继续由304L 和316L制成。

采用不锈钢这种寿命长的材料作为建筑临街一面的高尚建筑将继续变得普遍, 而不锈钢在建筑物中的“隐形”应用, 如水管、紧固件和防火安全设备将会增加。

用以制造大众交通运输工具的不锈钢用量将会更多。这反映出对长寿命、低维护、车辆减重和提高乘客安全的需要。

随着用途的扩大, 新钢种将会被开发出来。例如, 在电力工业中, 蒸汽温度高就意味着燃料的转换效率会更高, 这就需要具有成本效益的新型不锈钢。

在化工工业, 对安全和环保的关注会使奥氏体和双相不锈钢的使用增加。

在下一个百年里, 已经开始的世界性不锈钢合金标准化和合理化将会完成。这会给不锈钢厂带来成本效益, 这种好处会传递到最终用户手中。无论如何, 304型不锈钢将继续成为所生产的最为常用的合金。

到达寿命周期终点的不锈钢的回收率已经高达约90%了。这一比率将提得更高, 因为越来越多的人认识到回收含有有价值金属的重要性。

过去的100年见证了不锈钢从实验室走入我们的社会得到全面应用。我们只能臆测下一个百年可能会发生什么, 但有一件事我们可以确定: 镍和不锈钢将继续获得广泛的应用, 为人类提供有价值的服务。

2006: 中国成为世界上最大的不锈钢生产国

2035: 所有化石燃料发电厂都采用碳汇

2055: 第一个商业核聚变反应堆

2025: 高速不锈钢列车将连接起所有主要的中国城市

2045: 首个商用超临界水核反应堆

2070: 不锈钢电动汽车成为标准

2010

2020

2030

2040

2050

2060