

特约专栏

中国化工用钛技术开发和市场前景

雷让岐, 马鸿海, 李 忠

(宝钛集团, 陕西 宝鸡 721014)

摘 要: 化工生产中, 腐蚀是个重大难题。由于腐蚀, 每年浪费的钢材数量巨大。在我国, 化工行业设备损坏的主要原因也是由于腐蚀。钛材有着极其优异的耐蚀性能。钛制设备虽然一次性投资高, 但使用寿命是碳钢、不锈钢和铸铁设备的几倍乃至几十倍。由于钛材具有密度小、强度高、耐腐蚀性能好等突出优点, 成功地解决了化工生产中设备严重腐蚀问题而备受青睐, 给化工工业防腐技术带来了一次飞跃。介绍了中国化工行业中氯碱、纯碱、真空制盐、石油化纤、精细化工和无机盐 6 大主要子行业钛产品的应用情况、技术研发方面的最新进展及未来几年的发展趋势和市场前景。

关键词: 钛; 氯碱; 纯碱; 真空制盐; 石油化纤; 精细化工; 无机盐

中图分类号: TG146.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-3962(2011)06-0051-12

Technological Development and Market Outlook on Titanium in Chemical Industry in China

LEI Rangqi, MA Honghai, LI Zhong

(Baoti Group Limited, Baoji 721014, China)

Abstract: The problem of corrosion is difficult to solve in chemical production, and it wastes countless steel each year. Corrosion is also the main factor for equipment damage in chemical industry of our country. Titanium products have very excellent performance in corrosion resistance. Although the one-off investment for titanium equipment is high, their service life is several times, and even dozens of times of that of carbon steel, stainless steel and cast iron equipment. Since titanium products are of low density, high strength, good corrosion resistance, and etc., they are favored for successfully solving the serious equipment corrosion problem in chemical production, making a great leap in anticorrosion technology of chemical industry. Applications and latest progress in technological development of titanium products in the six major sub-industries of Chinese chemical industry like chlor-alkali, sodium carbonate, vacuum salt making, petroleum and chemical fibre, fine chemical industry, and inorganic salt, are introduced; The development status of the six industries in recent years and their development trend in the future, as well as the market prospects of titanium in these industries, are also given.

Key words: chemical industry; titanium; chlor-alkali; sodium carbonate; vacuum salt making; petroleum and chemical fibre; fine chemical industry; inorganic salt

1 前 言

化工生产中, 设备腐蚀是重大难题。由于腐蚀, 每年浪费的钢材数量巨大。在我国, 化工行业设备损坏的主要原因也是由于腐蚀。因此, 使不少设备使用寿命仅 1~2 年, 最短的只有 1~2 个月。钛材在耐腐蚀、耐磨损、耐冲刷方面, 有着极其优异的性能。钛制设备虽然一次性投资高, 但使用寿命是碳钢、不锈钢和铸铁设备的几倍、几十倍。由于钛材具有密度小、强度高, 耐腐蚀性能好等突出优点, 成功地解决了化工生产中设备存在的严重腐蚀问题而备受青睐, 给化工工业防腐技术带来了一次飞跃。

化工系统是中国民用工业最早使用钛、且用量最大的工业部门。近 10 年, 我国工行业用钛量约为 7 万 t, 相当于 2009 年和 2010 年两年钛材生产量之和。表 1 列出了我国化工各领域用钛的比例。图 1 是我国各行业用钛比例的图示。

表 1 中国化工各领域用钛比例

Table 1 Proportions of titanium application in chemitry industrial various field in China

Field	Proportion/%
Chloro-alkali	25
Sodium carbonate	21
Vacuum salt making	16
Petrochemical fiber	15
Inorganic salt	4
Fine chemical engineering	3
Others	16

收稿日期: 2011-05-17

通信作者: 雷让岐, 男, 1962 年生, 教授级高工

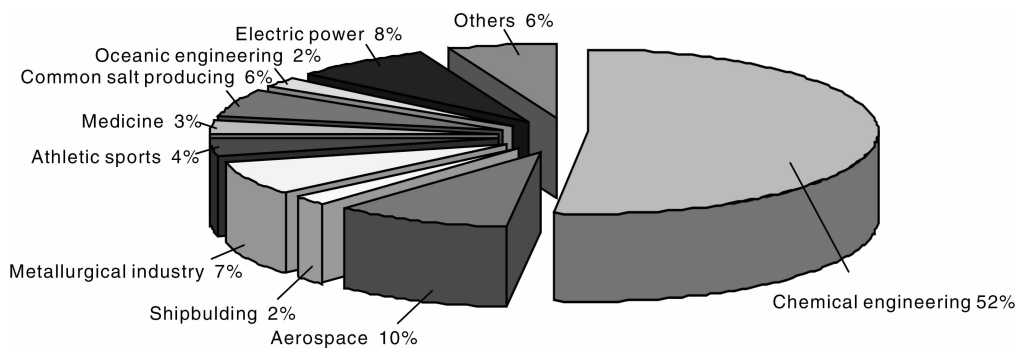


图 1 2010 年我国钛市场
Fig. 1 Scheme of titanium market in 2010 in China

2 钛应用行业

2.1 氯碱行业

氯碱工业是以工业食盐为主要原料，通过电解的方法制备烧碱和氯气等产品的基础工业，是中国化学工业的基础和支柱产业之一，在国民经济中占有十分重要的地位。其主要产品烧碱、氯气和氢气均为基本化工材料，被广泛应用于轻工、化工、纺织、建材、国防、冶金等各个领域。

我国氯碱工业发展起步于 20 世纪 30 年代，迄今已有 70 余年的发展历史。从上世纪末开始到本世纪初的近 10 年间，是国内氯碱工业规模和实力成长最为迅速的时期。尤其是氯碱行业两大主营产品聚氯乙烯和烧碱的产能和产量增长迅速，并双双在 2005 年跻身世界首位，成为了当今全球最重要的氯碱行业产品生产国和消费国之一。

钛在化工中的最早、最大用户是氯碱工业，其中包括氯气、氯化物、农药、漂白粉等的生产，在氯的生产中，钛设备和管道几乎占其总质量量的四分之一。如

用于金属阳极电解槽、离子膜电解槽与阳极液泵、列管式湿氯冷却器、氯废水脱氯塔、氯气冷却洗涤塔、精制盐水预热器、真空脱氯用泵和阀门等。

目前，在中国主要有两种方法生产烧碱，一种是隔膜法，一种是离子膜法。

2.1.1 隔膜法生产烧碱中钛的应用

隔膜法生产烧碱中，钛材料主要应用在钛金属阳极、钛制湿氯冷却器、钛贮槽、钛二次反应器、喷淋管、搅拌器等。

2.1.2 离子膜法生产烧碱中钛的应用

在离子膜电解槽中阴、阳极室温度为 90℃ 左右，阳极室有氯气和食盐溶液，阴极室有 30% ~ 35% 浓度的烧碱溶液，离子膜电解槽一般运行电流密度为 30 ~ 40 A/dm²。如此苛刻的工况条件，在电解槽设计时，必须充分考虑电解槽的材料使用及防腐结构。离子膜电解槽的阳极部分(指阳极及与阳极液接触部分)，世界各国都毫无例外地选择了在阳极液中耐腐蚀性能好的金属——钛(或钛合金)。表 2 列出了每万吨级离子膜电解槽钛材的用量。

表 2 每万吨级离子膜电解槽钛材用量
Table 2 Titanium consumption of ionic-membrane eletrolytic bath for each ten thousand tons level

Bath type	Titanium shape	Titanium consumption/t	Main uses
Standard-tyee multielectrode bath	Plate, bar, pipe, wire	6.05	Unit bath, anodic general pipe, anode net, composite plate
Reconstruct-type multielectrode bath	Plate, bar, pipe, wire	4.98	Anode tray, anodic general pipe, anode net

离子膜烧碱装置除主体设备电解槽外，钛制设备应用的部位主要还有：①盐水系统的液面计；②阳极液系统的阳极液槽及氯气洗涤塔；③淡盐水系统的脱氯塔，淡盐水分配器，仪表冷却器；④次氯酸钠系统的冷却、吸收塔、分配器；⑤氯气系统的湿氯气冷却器；⑥除害系统的换热器、除害风机。

2.1.3 离子膜电解槽用钛技术进步

离子膜电解槽中用钛量最大的是作为阳极的 TA1

(或 Gr. 1/TP270C) 钛板，因中国最大的钛材料制造商——宝鸡钛业股份有限公司的板材生产线中的冷轧设备是 1 200 mm 四辊可逆式轧机，故 1.0 mm 的薄板常用宽度是 1 000 mm 左右，而采用日本旭化成最新技术的离子膜电解槽单元槽外形尺寸是 1 200 mm × 2 400 mm，需要钛板的尺寸是 1.0 mm × 1 336 mm × 2 418 mm；或者采用焊接的方法拼接成 1.0 mm × 1 336 mm × 2 418 mm，离子膜电解槽制造商为了解决因焊缝而引起

的不利影响，而从日本引进 1.0 mm × 1 336 mm × 2 418 mm 的纯钛板 TP270C，按照中国最大的离子膜电解槽制造商北京化工机械厂提供的数据，10 000 t 的离子膜电解槽需要这样的钛板约 2 t，北京化工机械厂 2010 年新建离子膜烧碱 200 万 t，大约需要进口 1.0 mm × 1 336 mm × 2 418 mm 的纯钛板 400 t。

经过宝鸡钛业股份有限公司的努力，在 2010 年已经开始向设备制造商提供由宝钛生产的 1.0 mm × 1 336 mm × 2 418 mm 纯钛板(TA1)。

2.1.4 烧碱用钛市场前景

随着我国国民经济的飞速发展，氯碱行业也得到迅猛发展，而且近几年来新建和改扩建的大都是先进的离子膜法烧碱。

2009 年全国烧碱生产产能为 2 793 万 t，实际产量为 1 891 万 t。2010 年建成投产的离子膜烧碱厂 30 余家，产能接近 500 万 t。到十一五末(2010 年)，中国烧碱总产能达到 3 300 万 t 左右。

根据北京蓝星的预测，2010 年新建离子膜烧碱项目的产能约 500 万 t，2011 年约为 600 万 t，2012 年约为 200 万 t，预计到 2012 年，全国产能将达到 4 200 万 t。

根据一套万 t 级装置的用钛量约 6 t 来计算，在离子膜烧碱新建项目上，2010 年新建项目用钛约 3 000 t，2011 年约为 3 600 t，2012 年约为 1 200 t。图 2 和图 3 分别给出了世界烧碱和我国烧碱增长趋势。

2.2 纯碱行业

在纯碱生产中，钛材主要用于结晶外冷器、蒸馏塔顶氨冷凝器、氯化铵母液加热器、平板换热器、伞板换热器、碳化塔冷却管、CO₂ 透平压缩机转子叶轮、碱液泵等。

2.2.1 纯碱用钛现状

2.2.1.1 采用钛材外冷器代替碳钢外冷器

外冷器是联碱生产中氯化铵结晶工序的设备，用于冷却结晶器内的母液，管内介质是氯化铵母液，管外

介质是冷却盐水。我国的几个大联碱厂，如天津碱厂、大连化学工业公司碱厂(以下简称大化公司碱厂)、湖北化工厂等原来都使用全碳钢的列管式冷却器，直径为 2 m，质量达 32 t 多。投产前，精心地对碳钢冷却管作了各种防腐处理，因氯化铵母液中含有结晶颗粒，冲刷腐蚀严重，冷却器投产 1 年就陆续出现管子漏液现象。维持生产 2 年，就必须更新设备。各大联碱厂先后采用全钛材外冷器，使设备性能大大改善。把设备能力相同的钛材与碳钢外冷器作比较如表 3 所示。

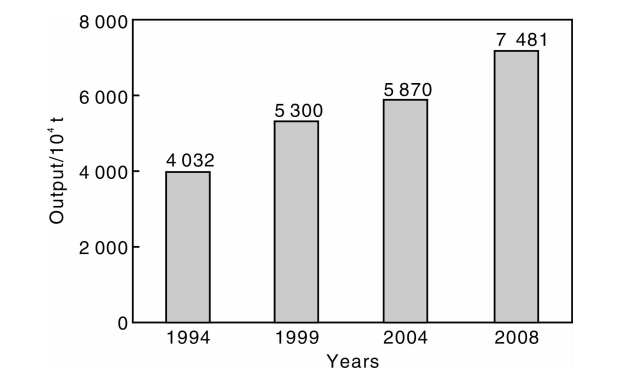


图 2 世界烧碱增长趋势

Fig. 2 Trend of increase production of caustic alkali in the world

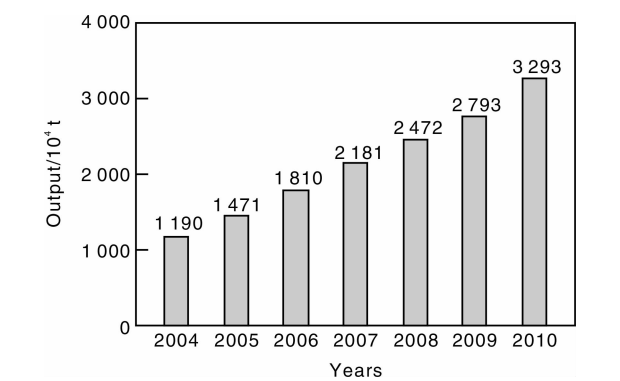


图 3 中国烧碱增长趋势

Fig. 3 Trend of increase production of caustic alkali in China

表 3 设备性能对照表

Table 3 Comparison of properties between carbon steel and titanium outer cooler		
	Carbon steel outer cooler	Titanium outer cooler
Diameter of equipment/mm	φ2 000	φ1 450 (φ1 600)
Wall thickness of housing/mm	12	6
Specification of cooling pipe/mm	φ51 × 4.5 (1 × 6)	φ51 × 2 (51 × 1.5)
Mass of equipment/kg	32 680	7 412 (Titanium occupancy 5 212) 6 271 (Titanium occupancy 4 703)
Area of heat exchange/m ²	734	370
Time of continually running/h	8	16
Shutting time for cleaning/h	8	8
Lifetime of equipment/a	2 ~ 4	perpetual

从表 3 可见，钛外冷器的换热能力远远超过碳钢外冷器，总传热系数几乎是碳钢外冷器的 2 倍。同等能力的钛材外冷器是碳钢外冷器价格的 2~3 倍，而设备寿命却是碳钢外冷器的几十倍。

2.2.1.2 蒸馏塔顶部氨冷凝器应用纯钛管替代铸铁管

氨冷凝器是纯碱生产过程中，将蒸馏出的氨气进行冷凝的设备。管内介质 NH_4CL 母液，与管外介质进行换热。在此条件下，铸铁管腐蚀严重，使用 1 年即有部分管子腐蚀穿孔，不到 2 年已腐蚀损坏严重，停止使用。蒸馏塔 3 年一次大修时，铸铁管全部换新。

由于钛管的耐腐蚀，传热效率保持良好(铸铁管在使用 3 年一个大修期间，其传热前期好，中期差，后期就失效)，管内 NH_4CL 母液预热回收热量，提高母液进入蒸馏塔的温度，可节约大量蒸汽，经济效益明显，见表 4。

表 4 氨冷凝器采用钛管和铸铁的经济效益比较
Table 4 Comparison of economic benefit between ammonia condensers of with titanium pipe and cast iron pipe

Items	Titanium pipe	Cast iron pipe
Equipment expenses/ ¥	180 000	24 000
Use lifetime/a	Perpetual	2
Cost of depreciation per year/ ¥	9 000	12 000
Annual saving/ ¥	3 000	0
Productive capacity per tower/ $\text{t} \cdot \text{set}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	400	40
Annual productive capacity/ 10^4 t	14.6	14.6
Annual saving vapour/ 10^4 t	4.38	2.17
Unit price of vapour/ $7 \text{ ¥} \cdot \text{t}^{-1}$	7	7
Annual saving value/ 10^4 ¥	30.66	15.33
Annual earnings/ 10^4 ¥	15.33	0
Annual total earnings/ 10^4 ¥	15.63	0

由表 4 可见，该设备采用钛管代替铸铁管，运转 1 年多即可收回钛管的全部投资，并节约大量检修工时。

2.2.1.3 采用钛平板式换热器代替淋洒式铸铁排管

纯碱吸氨系统液体冷却一般都采用淋洒式铸铁排管(以下简称淋洒排管)。这种结构(氨盐水走管内，冷却水在管外均匀地自上而下淋洒)缺点很多。纯碱厂采用了进口和国产的钛平板式换热器或其他板式换热器，代替吸氨系统淋洒排管效果良好，节能显著，具有高效、紧凑、耐腐蚀的特点。

2.2.1.4 采用钛平板式冷凝器代替水箱式蒸氨冷凝器

传统的蒸氨冷凝器由多个铸铁冷却水箱组成，传热性能差。采用钛平板式冷凝器与吸氨系统采用钛平板式换热器一样，节约效果显著。按年产 40 万 t 纯碱计算，具有如下经济效益：①一次性投资节约 32 万元；②每年节约维修费 14.4 万元；③节约冷却水。每年节约水量为 500 万 t；④厂房比原来降低 3 层，设备重量为原

来的 1/32。

2.2.1.5 碳化塔内冷却水管用钛管代替铸铁管

碳化塔是纯碱生产中的关键设备，塔内氨盐水与 CO_2 反应进行碳酸化，生成碳酸氢钠。碳化塔中下部是冷却水箱，里面的冷却水管腐蚀冲刷严重。各种防腐涂料均经不住冲刷，碳钢管寿命极短，所以一直采用铸铁管。用钛管代替铸铁管，使用多年后，未发现腐蚀，经济效益明显。

2.2.1.6 采用钛泵代替铸铁泵

纯碱生产过程中的氨盐水、碳化卤、热母液和联碱生产中的各种母液中都含有大量的 NaCl ， NH_4CL ， $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 和 NH_4HCO_3 ，腐蚀性很强，一般都用铸铁泵输送，叶轮 3~4 个月更换一次，泵体一年多更新一次。大量采用钛泵后，实践表明，钛泵耐腐蚀、耐磨损、长期以 70%~80% 高效率运转，省电、无泄漏，节约了物料、清洁了环境，寿命达 20~30 年。

2.2.2 纯碱近年与未来几年产能、产量情况与钛应用的市场前景

2.2.2.1 近年及未来几年纯碱产能、产量增长情况

图 4 示出了近年来纯碱产能、产量的增长情况。表 5 给出了 2005 和 2010 两年纯碱的产能和产量及在 2005~2010 年间的年均增加量和年递增的比率。

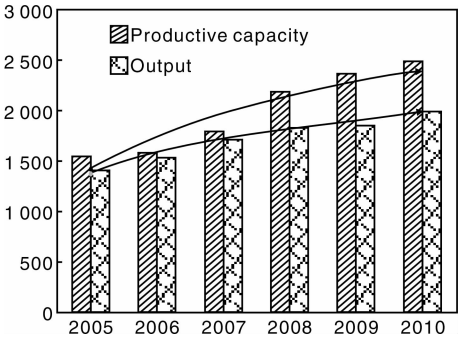


图 4 纯碱产能、产量增长情况
Fig. 4 Increase situation of productive capacity and output of sodium carbonate

表 5 近年来纯碱产能、产量增长情况
Table 5 Increase situation of productive capacity and output of sodium carbonate in recent years

Years	Capacity/ 10^4 t	Output/ 10^4 t
2010	2 510	2 000
2005	1 551	1 410
Increase of 2010 to 2005	959	590
Annual average increase	192	118
Rate of annual increase/%	10.11	7.24

未来几年，纯碱产能、产量的增长情况为：纯碱行

业在十二五期间新建能力 1 100 万 t，其中联碱 655 万 t，
氨碱 545 万 t。纯碱行业在十二五期间扩建能力 260 万
t，其中联碱 160 万 t，氨碱 100 万 t。

2.2.2.2 纯碱行业历年用钛情况
表 6 列出了历年来我国纯碱行业用钛情况。从表 6
可以看出，氨碱法每 1 万 t 需用钛 4 ~ 5 t，氨碱法新增

表 6 纯碱行业用钛情况
Table 6 Situation of titanium application in sodium carbonate trade

Years	Application department	Name of item	Partial achievement of Baoti company
1975 ~	Tianjing alkali Plant	Sodium carbonate engineering	400 m ² -titanium outer cooler of 4 sets for ammonium chloride crystallizing, ϕ 1 600 mm-titanium outer cooler of 3 sets, titanium used for titanium protecting sleeve and plate heat exchanger about 50 tons
2004 ~ 2009	Beijing Guangsha	Sodium carbonate engineering	ϕ 38 mm \times 0.9 mm \times ~, 23 t ϕ 25 mm \times 0.9 mm \times ~, 6 t
2007 ~ 2008	Tangshan Sanyou	Sodium carbonate engineering	ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 2 958 mm, 7.5 t ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 2 958 mm, 8.7 t
	Shangdong Haihua	Sodium carbonate engineering of 60 ten thousand tons per year	ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 128 t ϕ 63 mm \times 2 mm \times 3 342 mm, 62 t ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 25 t ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 192 t/37 647 pieces ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 37 t/7 255 pieces
	Qinghai Alkali Plant	Sodium carbonate engineering of 90 ten thousand tons per year	ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 229 t/44 928 pieces ϕ 89 mm \times 2 mm \times 3 370 mm, 82 t/9 936 pieces ϕ 51 mm \times 1.5 mm \times 2 762 mm, 36 t/12 474 pieces ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 38 t/7 500 pieces
	Tianjing Alkali Plant	Sodium carbonate engineering	ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 2 958 mm, 77 t/19 744 pieces ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 2 958 mm, 19 t/4 872 pieces
	Tianjing Alkali Plant	Item of technical reconstruction for sodium carbonate of 60 ten thousand tons per year	Outer cooler, heater 18 sets ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 2 958 mm, 98 t ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 3 752 mm, 54 t ϕ 51 mm \times 1.5 mm \times 2 762 mm, 8 t ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 2 958 mm, 83 t ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 2 958 mm, 20 t
2008	Yanchang Petroleum Group	Item of technical reconstruction for sodium carbonate of 40 ten thousand tons per year	Liquid ammonia vapouring-cooler of 6 sets
	Shandong Haitian	Sodium carbonate engineering of 60 ten thousand tons per year	ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 217 t ϕ 63 mm \times 2 mm \times 3 342 mm, 79 t ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 296 t/58 039 pieces
	Qingdao Alkali Plant	Sodium carbomate engineering	ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 51 t/10 000 pieces
	Hangzhou Longshan	Sodium carbomate engineering	Titanium outer cooler
	Tianjing Bohai	Sodium carbomate engineering	Titanium outer cooler, heater
2009	Qinghai Kunlun Alkali Plant	Sodium carbomate engineering	ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 2 958 mm, 166 t
	Guangzhou Nanfang Medicine	Sodium carbomate engineering	ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 2 958 mm, 26 t/6 600 pieces
	Jiangxi Alkali Plant	Sodium carbomate engineering of 100 ten thousand level (link-alkali method)	ϕ 63 mm \times 1.5 mm \times 2 958 mm, 68 t/17 472 pieces ϕ 51 mm \times 1.5 mm \times 2 762 mm, 8 t/2 656 pieces ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 89 t/17 492 pieces
	Shilian Chemical Industry	Sodium carbomate engineering	ϕ 51 mm \times 1.5 mm \times 2 762 mm, 7 t/2 646 pieces ϕ 63 mm \times 2 mm \times 2 958 mm, 280 t/54 912 pieces

545 万 t，共需用钛 2 180 ~ 2 725 t；联碱法每 10 万 t 需用钛 16 ~ 17 t，未来 3 年联碱法新增 655 万 t，共需用钛 1 048 ~ 1 113 t。

2.2.3 纯碱行业用钛技术进步

近年来，出于降低成本的需要，纯碱用钛主要规格钛管的管壁，从以前的 2 mm 减少到 1.5 mm，根据近几年的实际使用情况看，壁厚降低 1/4，成本也随之减少

了 1/4，钛管仅仅有些弯曲变形，但不影响使用。

2.3 真空制盐行业

近年来，随着我国制盐工业的不断发展和科学技术的突飞猛进，对盐碱的需求明显增长。由于广阔的市场前景和我国丰富的盐卤资源，给盐化工业带来了勃勃生机。盐化工设备遇到的主要问题是：①腐蚀，在制盐方面，建国以来，盐厂的生产设备、器材大多是普通碳

钢、不锈钢等。耐氯根离子腐蚀性差,造成设备严重腐蚀,需定期更新,每年因盐腐蚀造成的设备折旧率约在10%,使制盐成本大幅度增加,并因腐蚀严重,铁及其它金属化合物渗入卤料,使盐质受到严重影响;②结垢,在制盐生产中,结垢的出现对盐业的产量有直接影响。而且因碳钢等罐壁粗糙,使结垢更加严重,并随着时间的延长,垢层不断加厚,逐渐形成大块盐。进而减少循环通道,使卤液换热受到影响,甚至堵塞加热室进口,造成停产、停机,严重时烧坏电机。如何克服盐化工业中碳钢、石墨等难以克服的设备腐蚀、结垢等问题,引起了人们的高度重视,认为钛是较好的盐化工设备材料。

2.3.1 钛材在真空制盐中的应用

为了在真空制盐中选择钛材取得更实际、更可靠的科学依据,湖南省湘里盐矿、四川省贡井盐厂等单位都在制盐场作了钛材的挂片试验。从实验数据中,可看出钛材在氯化物及真空制盐现场实际条件下的耐腐蚀性能是非常明显的,而其它材料的腐蚀情况则是严重的。因此,湖南省湘里盐矿、四川省自贡大安盐厂、贡井盐厂、湖北省应城盐矿、云南省一平浪盐矿等单位都相继选择了钛制设备用于生产。从此,钛材在我国真空制盐领域开始了应用,使真空制盐的选材工作出现了一次新的革命。

真空制盐工业自从选用了钛材以后,经多年的实践受到人们高度评价,湖南省湘里盐矿仅在4年中便相继制造了钛氨蒸发器5台、钛预热器7台、钛预冷器3台、加工出各种钛法兰,钛管板,钛泵的壳体及钛弯头等部件,共用钛材60余吨,这些设备与部件的应用效果是相当令人满意的。

在制盐生产过程中,盐浆管道的腐蚀最为严重,由于盐浆管道中流动的是饱和NaCl溶液伴有NaC囊粒,固液比1:1.5,用碳钢管时,只要半个月,管的下部即被腐蚀,呈蜂窝孔状,一出现这种情况就要进行补漏。每年要更换盐浆管道6次。用不锈钢管使用4个月也就腐蚀穿孔,从1975年6月开始,湘里盐矿逐步把所有的盐浆管道换成钛管,使用4年从未出现腐蚀与穿孔现象,也未出现过堵管与结垢现象。

据资料报道,在制盐生产中,使用钢材,会产生不潜性的氧化铁。使用铜材则产生铜绿(CuO)微粒。这都导致盐的质量难以提高;而使用钛材以后,由于不产生杂质,从而彻底解决了盐的质量难以提高的技术问题。1978年以前,湘里盐矿的三级盐较多,而使用钛材后彻底结束了不产一级盐的历史。

1977年在自贡盐矿院中间试验厂小型蒸发罐I效内壁液面波动处,嵌上高1100mm厚0.7mm的TA2板进行了罐壁防盐垢探索试验。经运转证明,由于钛表面光滑,耐腐蚀,对于防止蒸发罐壁结盐垢,延长洗罐周期有良好效果。

1981年针对自贡邓关盐厂黑卤成分复杂、腐蚀严重等情况,对黑卤加热室管材进行了室内评选试验,证明钛及其合金在黑卤真空制盐介质中具有很好的耐腐蚀性。

1982年自贡盐矿院针对自贡大安盐厂采用TA2管用于该厂盐岩卤年产5万t真空制盐工程I效加热室,仅一年多即发生腐蚀损坏的问题和1986年针对自贡邓关盐厂年产9万t真空制盐工程I效加热室,采用B30铜镍合金管在黑卤中投产半年即遭到严重腐蚀穿孔的问题,宝钛分别同大安盐厂、邓关盐厂及西北有色金属研究院合作,开展了“Ti-0.3Mo-0.8Ni材料用于盐岩卤真空制盐首效加热管的工业模拟试验以及Ti-0.3Mo-0.8Ni材料用于黑卤制盐首效加热管的扩大工业性实验研究,均取得了满意的效果,为真空制盐I效换热管采用Ti-0.3Mo-0.8Ni管提供了可靠的依据。1982年在该院设计的邓关盐厂年产9万t真空制盐工程(黑卤)的II、III效加热室采用TA2换热管及钛钢复合花板结构,经1984年投产运行以来,换热管一直使用良好,管内结垢现象也明显减少。

1983年在内蒙古吉兰泰盐厂年产5万t真空制盐工程设计中,对蒸发罐II、III、IV效蒸发室首次采用了钛钢复合板结构,经多年运行证明,钛钢复合板制造的蒸发室,对减缓腐蚀及结盐垢、延长生产周期、提高盐质均有良好效果。

1987年四川大安盐厂、五通桥盐厂的两套年产30万t真空制盐工程主体设备蒸发罐中采用了全钛结构,把钛的应用推进一大步。蒸发罐凡是和料液接触部分,I效均采用Ti-0.3Mo-0.8Ni换热管及Ti-0.3Mo-0.8Ni钢复合板,II、III、IV效均采用TA2换热管及TA2钢复合板。仅此两套制盐装置,蒸发罐便使用Ti-0.3Mo-0.8Ni及TA2管约44t, Ti-0.3Mo-0.8Ni及TA2板约10t, Ti-0.3Mo-0.8Ni及TA2同钢的复合板达360t,使真空制盐工业一跃成为使用钛及钛钢复合板的大户之一。

2.3.2 真空制盐历年用钛情况

表7列出了自1977年至2010年间真空制盐行业用钛的情况。

表 7 1977 ~ 2010 我国真控制盐行业用钛情况

Table 7 Situation of titanium application in vaccum salt produing trade in 1977 ~ 2010

Years	Application department	Name of projects	Partial achievements of Baoti company
1977 ~	Hunan Xiangli	Vacuum salt making engineering	750 m ² Ti-Ni initial efficiency heater, 110 m ² titanium-ammoniation evaporator of 5 sets, 400 m ² precooler of 4 sets, titanium preheater of 6 sets, titanium pump of 5 sets, various impellers, flanges, elbow, titanium pump body more than 100 sets, feed pipe-line used titanium of 120 tons
2005 ~ 2008	Tianjing CHanglu	20 ten thousand-ton vacuum salt making engineering 2 ten thousand-ton potassium chloride	I -IV efficiency heating chamber I-III efficiency heating chamber, I-III evaporator tank, I-IV efficiency heating chamber I -III efficiency heater I -IV heacting chamber
2006 ~ 2007	Hubei Lantian	50 ten thousand-ton, vacuum salt making engineering	I , II heacting chamber
2007	Jiangsu Jingshen	Technicl reconstruction of 30 ten thousand-ton vacuum salt making	Heating chamber I - II heating chamber
	Sichuan Jiuda	60 ten thousand-ton vacuum salt making engineering	I - V heating chamber I - V efficiency heating chamber
	Hubei Lantian		I -VI efficiency heating chamber
	Jiangsu Huaihai	20 ten thousant-ton vacuum salt making engineering	Row-pipe heat exchanger
	Chuannei Special	100 ten thousand-ton vacuum niter making 100 ten thousand-ton vacuum niter making engineering	Titanium pipe more 70 than 70 tons I - II Stage preheater
	Shanghai Tapingyang	20 ten thousand-ton vacuum niter making 20 ten thousan-ton vacuum niter making engineering	Titanium pipe more than 10 tons Heating chamber
	Sichuan Rongxing	20 ten thousand-ton vacuum niter making	Titanium pipe more than 17 tons
	Gansu Wuyang	30 ten thousand-ton vacuum salt making	Titanium pipe more than 24 tons
	Pingdingshan	60 ten thousand-ton vacuum salt making	Titanium pipe more than 45 tons
	Jiangsu Baimei	20 ten thousand-ton vacuum salt making 20 ten thousand-ton link-making of salt and niter	Titanium pipe more than 10 tons Heating chamber
	Henan Hengyang	Ist term engineering of 80 ten thousand-ton vacuum niter making	Titanium pipe, plate more than 40 tons Heating chamber, weat exchanger
	Sichuan Rongxing	20 ten thousand-ton vacuum niter making	I - V stage heating chamber
	Sichuan Tengzhong	100 ten thousand-ton vacuum niter making	I , II stage preheater
	Shijiazhuang Jieke		I -IV heating chamber
2007 ~ 2008	Hunan Xiangli	60 ten thousand-ton link-making of salt and niter	TA2 ammonia evaporator of 4 sets, Preheater, heating chamber, pope box
	Sichuan Hebang	Ten thousand-ton vacuum salt making 60 ten thousand-ton vacuum salt making	Titanium pipe more than 40 tons Titanium pipe more than 46 tons
2008	Hebei Lingang	Items of technical reconstruction	Titanium row-pipe heat exchanger, I-IV stage heating chamber

Continuing			
Years	Application department		Partial achievements of Baoti company
2008	Hebei Jianxin		TA10 heat exchanger, I-Ⅲ efficiency heater, preheater
	Jiangsu Jiayuan	30 ten thousand-ton vacaum salt making	Titanium pipe more than 30 tons
		30 ten thousand-ton vacaum niter making	Heating chamber, preheating chamber
	Jiangsu Ruifeng	30 ten thousand-ton vacuum salt making	Titanium pipe more than 30 tons
		30 ten thousand-ton vacuum niter making	I-Ⅳ heating chamber
	Hubei Shuanghuan	55 ten thousand-ton vacuum solt making	Titanium pipe more than 64 tons
	Jiuda Yankuang	20 ten thousand-ton vacuum salt making	Titanium pipe more than 8 tons
	Henan Jindacheng	60 ten thousand-ton vacuum salt making	Titinium pipe more than 50 tons
	Jiangxi Yankuang	Item of technical reconstruction	Heating Chamber
2008 ~ 2009	Xiaogan Guangyan		I efficiency heating chamber Ⅲ efficiency heating chamber
2009	Zhongyan Jintan	100 ten thousand-ton vacuum salt making	Titanium pipe more than 120 tons
	Shandong Feicheng	Item of technical reconstruction	I-V efficiency heating chamber
	Sichuan Pengshan	30 ten thousand-ton vacuum niter making	I-V efficiency heating chamber
	Guangdong Zhaoqing	Item of technical reconstruction	I-Ⅲ efficiency heating chamber
	Shilian Huagong	120 ten thousand-ton vacuum salt making	Titanium pipe more than 300 tons
2010	Zhongyan Zhenjiang	60 ten thousand vacuum salt making	Titanium pipe more than 35 tons
	Sichuan Jiuda	Vacuum salt making	Titanium pipe more than 6.5 tons
	Huaian Nanfeng	Item of link-making of niter and salt of 30 ten thousand tons per year	
	Jiangsu Nanfeng	Item of link-making of niter and salt of 50 ten thousand tons pre year	

2.3.3 真空制盐用钛市场前景

在 2010 年我国原盐产量的基础上，预计 2011 年及十二五期间原盐产量为：①2010 年，共生产原盐 7524 万 t，同比增长 3.4%。其中，井矿盐 3225 万 t，占 43%；②预计 2011 年，原盐产能新增 365 万 t，全部是井矿盐；③十二五期间，原盐产量控制在 9 000 万 t 左右，年均增长 4.3% 左右。

根据各个项目的不同情况，10 万 t 真空制盐用钛约为 6~25 t，按照 2011 年新增真空制盐产能 365 万 t 计算，2011 年真空制盐用钛量约为 219~912 t。

2.4 石化化纤

目前，不论从国外引进的，还是国内自行设计制造的涤纶、锦纶、锦纶等石化化纤企业已用了一些钛设备。钛设备应用对我国化纤生产发展发挥了积极作用，尤其对安全稳定持续生产，对提高产品质量，对防止不锈钢过早腐蚀失效，提高设备使用寿命，减少停车与检修，提高综合经济效益，做出了重大的贡献。

2.4.1 PTA（精对苯二甲酸）

PTA 主要用于生产聚酯纤维，部分用于生产聚酯树脂，是生产聚酯（PET）的主要原料。随着中国经济快速

发展，对 PTA 的需求不断增长，国内每年缺口 600~700 万 t。20 世纪 70 年代中期以来，我国 PTA 工业从无到有，得到了飞速发展。尤其是近几年来，由于需求的急剧增加，我国 PTA 产能迅速增长，新建装置不断投产，单套装置产能亦不断扩大，我国成为世界最大 PTA 生产国和消费国。中国目前有 PTA 生产企业 17 家；产能 1 600 万 t/a，约占全球产能的 31%；2009 年产量为 1 195.84 万 t；2009 年进口量 625.68 万 t；2009 年 PTA 消费量约 1 821.39 万 t；2009 年 PTA 国产化自给率 65.66%。为了适应不同的介质条件，PTA 生产装置所使用的钛材已由原来的 Gr.1，Gr.2，Gr.3，Gr.11 增加到了目前的 10 种。表 8 给出了 PTA 生产装置所用钛材的牌号及化学成分。Gr.1，Gr.2，Gr.3 是工业纯钛，可通过氧含量的少许变化而改变其塑性和机械强度。Gr.11 是在工业纯钛的基础上添加 Pd，Gr.12 是在工业纯钛的基础上添加 Mo 和 Ni，改善抗局部腐蚀性能。

钛制 PTA 生产装置包括开车加热器、结晶器凝液罐、结晶放空冷凝器、汽提塔再沸器、蒸发器、预热器等，其制造关键技术，主要有异型平盖管的加工、换热管与管板的胀接和焊接、复合材设备的热处理以及焊接

表 8 PTA 生产装置所用钛材的牌号及化学成分

Table 8 Brands and chemical compositions of titanium used in PTA production equipments

Brands		Main composition, w/%							
ASME	China	Ti	Pd	Ni	Mo	Fe	O	C	Ru
Gr1	TA1 industrial pure titanium	Base				0. 20	0. 18	0. 1	
Gr2	TA2 industrial pure titanium	Base				0. 30	0. 25	0. 1	
Gr3	TA3 industrial pure titanium	Base	0. 2			0. 30	0. 35	0. 1	
Gr7	TA9	Base	0. 2			0. 30	0. 25	0. 1	
Gr11		Base				0. 20	0. 18	0. 1	
Gr12	TA10	Base		0. 8	0. 3	0. 25	0. 25	0. 1	
Gr16		Base	0. 05			0. 30	0. 25	0. 1	
Gr17		Base	0. 05			0. 20	0. 18	0. 1	
Gr26		Base				0. 30	0. 25	0. 1	0. 1
Gr27		Base				0. 20	0. 18	0. 1	0. 1

接头和设备的 γ 射线探伤等。

以 50 万 t/a 生产能力的 PTA 设备为例，使用钛材料的装置列于表 9。

以容积为 400 m³ 的 PTA 氧化反应器为例，该反应器大约需要纯钛材料 10 t 左右。PTA 项目近年来呈现出规模越来越大的趋势，除已建成投产若干个 100 万 t, 120 万 t 级项目，正在建设和拟建项目还有：福建漳州年产 150 万 t 精对苯二甲酸项目、浙江逸盛石化有限公司 150 万 t 精对苯二甲酸改扩建项目、海南逸盛石化有限公司年产 210 万 t 精对苯二甲酸项目。中国 PTA 装置目前规模达 1 600 万 t/a；正在建设的 PTA 装置规模 690 万 t/a；正在筹划建设的装置规模 550 万 t/a。由此可见，钛制 PTA 装置所需用各种牌号钛材数量是极为巨大的。

表 9 生产 PTA 设备中使用的钛装置

Table 9 Titanium devices used in equipment of PTA producing

Name of devices	Quantity/set
Qxydation reactor	1
Crystallizer	3
Vacuum filter	2
Dryer	1
Acetate recovery tower	1
Heat exchanger	42
Store tank	55
Process valve	2 500
Pump	123
Others	—

2.4.2 乙醛装置

乙醛是制造醋酸的重要原料，目前通用工艺是根据德国专利，通过氯化钼、氯化铜作催化剂，在 0.34 MPa，125 ℃下，一步法直接氧化生成乙醛，由于催化

剂的强腐蚀性，特别是在氧存在条件下更为剧烈，一般常规材料难以胜任。我国目前已使用钛乙醛装置，可以抵御乙醛生产中的强腐蚀。上海石化乙醛装置（3 万 t/a）共有 8 台钛设备，第 1、第 2 冷凝器，尾气冷凝器，收集器，旋风分离器，过滤器等，还有 6 台钛泵及大量钛阀门与管道，多年来使用情况良好。大庆石化乙醛装置（6 万 t/a），约有 6 台钛设备，3 台钛泵、大量钛阀与管道。

2.4.3 醋酸装置

醋酸是化纤、化工、医药、食品等工业的重要原料，如生产醋酸乙烯的原料，生产对苯二甲酸的溶剂。目前主要工艺为乙醛直接氧化生产醋酸。醋酸生产装置中由于高温醋酸中所含的甲酸、氧离子、高氧酸根离子等会引起不锈钢的严重腐蚀，而且为了避免成品醋酸中溶入金属离子而影响产品色度，醋酸装置中一些设备只能使用钛与钛合金才能满足使用要求。

上海石化醋酸装置（3.5 万 t/a）的脱高沸塔塔顶冷凝器原用 0Cr17Ni3Mo2Ti，因腐蚀严重，成品醋酸色泽变成深咖啡色；调换成钛材，使用后上部管板管口焊缝曾发现微裂纹以及发黑吸氢腐蚀。其它改用钛材的还有脱低沸物塔第 1 冷凝器，高沸物回收醋酸塔冷凝器，脱水塔抽甲酸冷凝器。大庆石化醋酸装置（7 万 t/a）中有 2 台成品醋酸冷凝器，1 台高沸塔冷凝器，均采用钛制造，耐蚀性良好。

2.4.4 醋酸乙烯与己内酰胺装置

维纶生产中聚乙烯醇（PVA）是重要单体，而生产 PVA 时首先要用醋酸与乙烯反应生成醋酸乙烯，其中要对醋酸蒸馏。由于醋酸的强腐蚀，某些塔内件采用纯钛制造。

己内酰胺是生产锦纶的重要单体。己内酰胺生产中

的二盐反应器、水解器、二盐水解中间加热器、羟胺冷却器、羟胺换热器、羟胺二磷酸盐加热器、尾气罗茨鼓风机、光亚硝化反应器等均可用钛材制作。

2.5 精细化工行业

环氧丙烷(Propylene Oxide, PO)装置工业原料是强腐蚀介质。PO 生产中所用的两大主要原料是液氯和丙烯, 这些强腐蚀介质奠定了 PO 生产装置设备管道的腐蚀基础, 在这种工艺条件下生产, 如用碳钢, Al, Cu,

Ni, 不锈钢等金属均都无法抗拒腐蚀, 唯有钛材是比较理想的抗腐蚀金属材料。

属于精细化工行业的环氧丙烷装置, 对氯醇塔、氯醇换热器及氯醇给料泵等主要设备, 锦西、天津大沽、山东张店、金陵等石化厂及杭州电化厂已先后开始使用钛材或钛合金, 取得了明显防腐效果, 获得显著的经济效益。各厂主要用钛设备情况见表 10。上海高桥石化公司化工三厂环氧丙烷装置中使用钛材情况见表 11。

表 10 生产环氧丙烷设备中的钛装置
Table 10 Titanium devices used in cquipments of propylene oxide making equipment

Producers	Chlorization tower		Chlorine compressor		Chlorhydrin preheater		Chlorhydrin feed pump	
	Model and spec.	Material	Model and spec.	Material	Model and spec.	Material	Model and spec.	Material
Jinxi chemical general plant	Tubular reactor (ϕ 200 mm ~ 300 mm \times 2 160 mm)	Fushi pipe					ET-3034	Ceram/ Titanium
	Tower-type reactor (ϕ 1 500 mm \times 3 000 L, ϕ 900 mm \times 1 565 mmOH)	Titanium						
Tianjing Dagu Chemical Plant	Main tower (ϕ 900 mm \times 1 360 mm)				$F = 180\text{ m}^2$	Titanium/ Tantalum	TISPX85-NNR	CS Ceram
	Auxiliary tower (ϕ 300 mm \times 2 530 mm)	Titanium						
	Separator(ϕ 1 800 mm \times 5 680 mm)							
Shandong Zhangdian Chemical Plant	Main tower(ϕ 900 mm \times 1 360 mm)						HI00/80/160	Titanium
	Auxiliary tower (ϕ 600 mm \times 2 000 mm)	Titanium						
	Separator(ϕ 1 800 mm \times 5 680 mm)							
Jinling petrochemical chemical plant	Main tower(ϕ 1 200 mm \times 10 000 mm)	Titanium-lined steel	Liquid-circular vacuum pump, water liquid seal	Titanium				
	Auxiliary towel (ϕ 680 mm \times 3 000 mm)		SLPH 60527		$F = 115\text{ m}^2$	CS Graphite	ϕ 80 mm \times 100 mm	
	Separator(ϕ 1 900 mm \times 4 000 mm)						ULTPM20	
Hangzhou electro-chemical plant	Separator (ϕ 400 mm \times 10 000 mm)		Titanium		$F = 100\text{ m}^2$	Graphite	Cz-65-200	Titanium

2.6 无机盐行业

无机盐主要包括氯酸盐和钾盐。氯酸盐主要以氯酸钾、氯酸钠产品为主。氯酸钠广泛应用于纸浆、高氯酸盐、亚氯酸盐、水处理、消毒、石油开采、氧化剂、除

草剂、印染、炸药、印刷、油墨、冶金、海水提溴等领域。随着科技的进步和经济的发展, 其使用领域不断的拓展。氯酸钠全球生产能力近 350 万 t, 其中北美、欧洲占 90%, 其他地区约占 10%。实际产量近 300 万 t。

表 11 环氧丙烷 (PO) 装置中钛材管道使用情况
Table 11 Application situation of titanium pipe-line in propylene oxide devices

Name of pipe-line	Model and Specification	Quantity	Material	Note
Chlorhydrin tower				
Main body	φ1 600 mm × 10 000 mm	1 set	16 MnR + Ceram plate of resistance to acid	
Propylene distributing pipe	Dg φ150 mm × 4 mm	2 layer	Titanium pipe	
Chlorhydrin feed preheater	Row-pipe core φ25 mm × 1.5 mm F = 200 m ²	2 pieces	Titanium	Baoti plant
Chlorhydrin mixer	φ200 mm × 10 mm × 250 mm	1 piece	Titanium	
Chloropropanol pump	CZ100-250C 0.8 MPa, 230 m ³ , 55 kW	2 sets		Dalian plant
Chlorhydrin storage pump	CZ32-200B 0.5 MPa, 180 m ³ , 7.5 kW	1 set	Titanium	Dalian plant
Titanium valve	Shutoff valve Dg = 200 mm P = 1.6 MPa T = 200 °C	2 pieces	Titanium	Baoti plant (Go into use in november 1993)
Chlorhydrin liguid pipe-line	Dg φ350 mm × 4 mm, straight pipe, elbow, three-way pipe, increaser	10 m 6 pieces 1 piece 2 pieces	Titanium	Baoti plant (go into use in april 1993)
Chlorhydrin liguid pipe-line	Dg φ300 mm × 4 mm, straight pipe, elbow, three-way pipe, increaser	35 m 6 pieces 2 pieces 1 piece	Titanium	Baoti plant (go into use in april 1993)
Chlorhydrin liguid pipe-line	Dg φ200 mm × 3 mm, straight pipe, stamping elbow, stamping three-way pipe, increaser	100 m 32 pieces 6 pieces 8 pieces	Titanium	Baoti plant (go into use in december 1993)

每年消费量以 3% ~ 4% 的速度递增。国内氯酸钠生产近两年来发展很快,总生产能力突破 100 万 t,另有大约 50 万 t 在扩建或前期工作中。氯酸盐钛制设备主要有电解槽、钛阳极、反应发生器、蒸发器等,每一万 t 氯酸钠大概需要使用钛材 15 t。

钾盐产品包括氯化钾、硫酸钾、硝酸钾、碳酸钾等,目前,中国硝酸钾和碳酸钾的总产能约为 60 万 t。在硝酸钾和碳酸钾生产中的蒸发器、预热罐和冷却器需要使用钛制设备。

2.7 其他行业

钛白粉 钛材用于薄膜浓缩器、煅烧窑进料管、离心机分布盘等。

尿素 钛材用于尿素合成塔衬里、氨汽提塔、一般分解塔加热器、甲胺泵的进、排液阀与弹簧、高压混合器等。

染料 钛材用于蛇管换热器、吸收塔、净化塔喷头、风机、水环式真空泵、过滤器等。

硝酸 钛材用于硝酸蒸发器、氧化氮尾气预热器、硝酸蒸汽预热器、气体洗涤器、快速冷却器、冷凝器、涡轮鼓风机、泵、阀门、管道等。

3 中国化工用钛市场展望

(1)中国丰富的钛资源,为中国的钛工业发展提供了强有力的保障。

中国是一个钛矿资源十分丰富的国家,目前已探明的钛矿储量为 8.7 亿 t 左右,占全世界已探明钛矿总量的 60%。中国目前海绵钛产能是 10.35 万 t,2010 年 14 家主要海绵钛生产商的产量是 5.77 万 t。中国目前钛铸锭产能是 9 万 t,2010 年 23 家主要钛铸锭生产商的产量是 4.6 万 t。钛加工材产量是 3.8 万 t,其中化工用钛约为 1.9 万 t。

(2)中国钛市场,尤其是化工用钛市场,前景十分广阔。

中国政府十二五规划明确指出:“我国化工行业将大力发展以化工新材料、高端专用化学品、新能源、生物化工、节能环保为重点的战略性新兴产业,努力开发一批具有自主知识产权的关键技术和领先技术,抢占国际制高点,提高资源能源利用率,减少“三废”和二氧化碳排放,初步形成资源节约型、环境友好型、本质安全型的发展模式,推进石油和化学工业由大国向强国转

变”，这项国策有利于钛在化工市场的深入推广使用。

化工用钛新兴市场近年来不断涌现。氯碱、纯碱、PTA 等行业规模，近年来增长十分迅猛，在各自行业内均已占据世界第 1 的位置。各行业单个项目规模，也由前些年的几十万 t 增长到百万 t 级，很多项目在 100 ~ 200 万 t 之间，甚至还出现 200 万 t 以上的项目。如海南逸盛石化有限公司年产 210 万 t 精对苯二甲酸项目。

(3) 中国钛加工技术的进步，也推动着中国化工用钛市场更深、更广的发展。

大型熔炼、锻造、轧制等先进加工设备的使用，提高了钛加工材的成品率，提高了钛材的内部质量、表面质量，降低了最终使用者的成本，更有利于钛材在化工

领域的推广使用。

钛带生产线的投产，使国外钛带产品在中国一家独大的局面一去不返。同时，降低了装备制造者的制造成本，也更有利于在化工各领域的钛材的推广使用。

中国钛产品标准与国际标准的等效化工作，也推动了钛材在化工各领域的应用。最新版(2007 版)的中国钛产品(化学成分、板、棒、丝)系列标准与美国 ASTM 已完全等效，化工行业用量最大的纯钛成分、性能与 ASTM 完全一致。

综上所述，中国化工用钛市场前景非常广阔，在未来若干年，中国化工用钛市场仍将占据着中国钛市场的主导地位。



特约撰稿人赵永庆

赵永庆：男，1966 年生，博士、教授、博导，国家钛合金 973 计划项目首席科学家，西北有色金属研究院副总工程师，兼科研处处长，陕西省青年联合会常委；自 1991 年一直从事钛合金的研发，主持承担国家 973、863、总装预研项目、军品配套项目、自然科学基金重点项目等 50 余项；获国家新世纪百千万人才、政府特殊津贴专家、陕西省有突出贡献专家、首届省科技劳模、国家军品协作配套先进个人等荣誉；获国家科技进步奖 1 项、省部级科技一等奖 4 项、省部级二等奖 8 项；获授权专利 26 项，发表论文 500 余篇，



特约撰稿人杨 合



特约撰稿人雷让歧

编著《钛合金及应用》、《钛合金图谱》、《钛合金相变与热处理》等专著 3 本，参与编写专著 5 本。

杨 合：男，1962 年生，教授、博导，2003 年受聘长江学者特聘教授；国家杰出青年基金获得者(2002 年)，入选国家首批“新世纪百千万人才工程”(2004 年)；1990 年哈工大博



特约撰稿人王向东



特约撰稿人吴引江

士毕业，1992 年西工大博士后出站破格晋升教授，1994 年被评为博士生导师；国家“985”工程一级科技创新平台精确塑性成形团队学术带头人，国家基金委机械学科“十二五”规划“高性能精确成形制造”领域负责人，国家基金委学科评审专家组专家，中国塑性工程学会副理事长，材料成形与模具



特约撰稿人黄 旭



特约撰稿人朱鸿民

技术国家重点实验室学术委员会副主任，金属材料挤压/锻造国家重点实验室学术委员会委员，国家重大专项“高档数控机床与基础制造装备”评审专家；《塑性工程学报》副主编，《航空学报》(中英文版)编委；主持国家自然科学基金、973、863 等项目 45 项；获国家发明奖、国家及省部级科技进步



特约撰稿人张绪虎



特约撰稿人曹福辛

奖 8 项，获 ICTP “六佳论文奖”，JMPT 十佳审稿人，获教育部“高校青年教师奖”、中国机械工程学会青年科技成就奖等；享受国务院颁发的政府特殊津贴；发表论文 300 多篇，SCI 收录 100 多篇，特邀报告及 SCI 等他引 400 多次，获国家发明专利 5 项。

王向东：男，1955 年生，中国有色金属工

业协会钛锆铅分会副会长兼秘书长,教授,北京有色金属研究总院和昆明理工大学兼职教授;1998年以前,一直在北京有色金属研究总院从事钽铌冶金研究,在高比容电容器级钽粉的研制方面获得多项部级科技进步奖,在电容器级钽粉的掺杂机理研究方面多有建树,发表了系列论文;自1998年以来一直从事钛行业的宏观运营、发展对策以及需求预测等方面的探索研究。

黄旭:男,1968年生,研究员;1998年于西北工业大学获博士学位,毕业后在北京航空材料研究院钛合金研究室工作至今;主持完成16项总装预研、重点型号、国家自然科学基金、武器装备预研基金、航空基金、国际合作等项目;担任中国有色金属工业协会钛锆铅分会副会长(2002~2004年,2006~2008年),中国有色金属学会材料科学与工程学术委员会委员,中国材料研究学会金属间化合物和非晶分会理事,《材

料工程》编辑委员会委员,中国石油大学兼职教授;发表学术论文70余篇。

张绪虎:男,1966年生,研究员,航天材料及工艺研究所副总工程师;1998年获中国运载火箭技术研究院复合材料专业硕士学位;长期从事特种金属材料及工艺研究工作;负责了“八五”、“九五”、“十五”、“十一五”国家重点预研项目、军品研制项目以及“863”项目等多项研究课题;曾获得国防科技进步奖多项;发表论文20余篇。

曹福辛:男,1965年生,研究员,现任中船重工七二五研究所科技处副处长;作为中船重工七二五所钛合金专业的学科带头人之一,主持多项国家军工项目研制,深潜器和舰船用Ti80合金等多种合金成功实现在海军舰船各防腐系统及舰船兵器上的规模化应用。

朱鸿民:男,1962年生,教授,博导;1982年毕业于湖南大学,1983年10月赴日本留学,1989年于日本

东北大学获博士学位;1989~1997年执教于日本东北大学,任副教授;1997~2000年担任麻省理工学院客座研究员;2000年10月~2001年4月担任挪威科技大学客座研究员;2001年起担任北京科技大学冶金物理化学专业长江特聘教授,现任北京科技大学冶金与生态工程学院院长;先后主持和参与国内外20余项科研项目,主持了高温熔融盐激光衍射谱精密测试、熔融盐粘弹性特性等基础物理化学,碳氧化钛可溶阳极电解提取金属钛、镁合金直接电解制取、稀土/铝电解阳极过程,以及超细金属及化合物功能材料制备等应用技术的开发;曾先后数10次在国际专业会议上发表专题和特邀讲演,尤其是近年与其合作者开发的新型纳材料制备法以及分流电位控制法防止阳极效应,金属钛新型提取技术等成果在国内外得到了普遍好评。

吴引江:男,1967年生,教授;被授予“陕西省三五人才”、

“陕西省优秀青年企业家”等荣誉称号;获“陕西青年科技奖”、“中国青年科技奖”等多项奖励;主持和承担国家863、支撑项目、军工配套、行业开发和国际合作等项目20余项,建成4条中试生产线;发表论文36篇,授权专利6项,撰写技术、咨询和专题报告40多项;在高质量低成本粉末冶金钛合金及其零部件的制备技术方面,系统地研究了低成本高质量氢化脱氢钛粉末制备过程中各参数之间的关系,提出了“漫渗燃烧合成”、“相变致密化”、“SHS快速合成技术”、“动态氢化脱氢技术”和“粉末球化处理技术”,建成25 t全封闭汽车用低成本高质量钛粉末和烧结坯生产线;完成了E值>150 GPa PM Ti6Al4V/TiB2复合材料和TiTa NbZr烧结坯制备技术,项目得到国家863、日本丰田公司和美国通用汽车公司的支持,并与日本丰田公司和美国通用汽车公司建立了稳定的研究与开发合作关系。

雷让岐:男,1963年生,教授级高工;2004年任宝鸡钛业股份有限公司副总经理,2007年9月至今兼任宝钛华神钛业公司董事长,2010年7月至今任宝钛集团有限公司副总经理,2010年11月至今任宝鸡钛业股份有限公司董事;获省部级科技进步奖3项,省国防科学技术工业委员会二等奖1项,申请专利1项;自任副总经理以来组织完成纯碱、制盐行业20余项项目用钛招标工程,取得钛材订货5万余t;实现了国产化锆材在石化行业的大规模应用,填补了国内这部分空白;取得了空客、波音、法宇航、罗-罗等国际著名航空企业等16项认证及公司的质量体系审核和相关产品的认证,并与波音、空客、古德里奇签订长期供货协议,使宝鸡钛业股份有限公司主营业务收入由2003年3.8亿元增至2010年25亿元,2010年宝钛集团有限公司实现105亿销售收入。