

稀有金属钛

一、综述

钛是一种化学元素，化学符号 Ti，原子序数 22，在化学元素周期表中位于第 4 周期、第 IVB 族。是一种银白色的过渡金属，其特征为重量轻、强度高、具金属光泽，耐湿氯气腐蚀。但钛不能应用于干氯气中，即使是温度 0°C 以下的干氯气，也会发生剧烈的化学反应，生成四氯化钛，再分解生成二氯化钛，甚至燃烧。只有当氯气中的含水量高于 0.5% 的时候，钛在其中才能保持可靠的稳定性。

钛被认为是一种稀有金属，这是由于在自然界中其存在分散并难于提取。但其相对丰富，在所有元素中居第十位。钛的矿石主要有钛铁矿及金红石，广布于地壳及岩石圈之中。钛亦同时存在于几乎所有生物、岩石、水体及土壤中。从主要矿石中萃取出钛需要用到克罗尔法 或亨特法。钛最常见的化合物是二氧化钛，可用于制造白色颜料。其他化合物还包括四氯化钛 (TiCl_4) (作催化剂和用于制造烟幕作空中掩护) 及三氯化钛 (TiCl_3) (用于催化聚丙烯的生产)。

二、历史

从发现钛元素到制得纯品，历时一百多年。而钛真正得到利用，认识其本来的真面目，则是 20 世纪 40 年代以后的事情了。

第一种发现的钛矿石是一种黑色沙子叫做钛铁砂，是由 Reverend William Gregor 在康沃尔于 1791 年发现的。他分析了它并推断其是由铁和一种未知金属的氧化物组成，并报告给了康沃尔的皇家地质学会。

在 1795 年，德国柏林的科学家 Martin Heinrich Klaproth 研究了一种来自匈牙利的叫做 Schörl 的红色矿石。这是金红石 (TiO_2) 的一种形式，而且 Klaproth 意识到它是一种以前未知元素的氧化物，他命名为 titanium (钛)。当他被告知 Gregor 的发现时，他研究了钛铁砂并确认了它也包含钛。

直到 1910 年，工作于美国通用电气的 M. A. Hunter 才制造出了纯净的钛金属，由加热四氯化钛和钠金属实现。

1947 年，人们才开始在工厂里冶炼钛。当年，产量只有 2 吨。1955 年产量激增到 2 万吨。1972 年，年产量达到了 20 万吨。钛的屈服强度比钢铁要高，而它的重量几乎只有同体积的钢铁的一半，钛虽然稍稍比铝重一点，它的屈服强度却比铝大 2 倍。钛的比强度高于铝和钢，比模量与铝、钢十分接近。在宇宙火箭和导弹中，就大量用钛代替钢铁。据统计，

世界上每年用于宇宙航行的钛，已达一千吨以上。极细的钛粉，还是火箭的好燃料，所以钛被誉为宇宙金属，空间金属。

钛在高温下极易和空气发生反应，但熔点高达 1668℃。在常温下，钛不怕王水和稀硝酸腐蚀，但不耐 5%以上硫酸腐蚀和 7%盐酸腐蚀。钛不怕常温海水，有人曾把一块钛沉到海底，五年以后取上来一看，上面粘了许多小动物与海底植物，却一点也没有生锈，依旧亮闪闪的。

人们开始用钛来制造潜艇——钛潜艇。由于钛非常结实，能承受很高的压力，这种潜艇可以在深达 4500 米的深海中航行。

三、钛的产量及储量

（一）世界各国产储量

1. 产量

2013 年世界钛精矿的产量为 623 万吨，产量靠前的国家主要有澳大利亚、南非、加拿大、印度、莫桑比克、中国、越南等国家。而从需求来看，我国钛精矿已经成为全球最大的钛精矿市场，其次是美国、日本。目前拥有从矿石处理到钛材生产完整钛工业的国家只有 4 个：美国、日本、俄罗斯、中国。

2014 年各国钛产量统计表

国家	产量 (千吨)	占比 (%)
美国	100	1.49
澳大利亚	1100	16.47
巴西	70	1.05
加拿大	900	13.47
中国	1000	14.97
印度	340	5.09
马达加斯加	340	5.09
莫桑比克	500	7.49
挪威	400	5.98
南非	1100	16.47
斯里兰卡	32	0.47
乌克兰	210	3.14
越南	500	7.48
其他国家	90	1.34
全球	6680	100.0

来源：美国地质调查局

2. 储量

据美国地质调查局（USGS）2015年公布的数据表明，全球锐钛矿、钛铁矿和金红石的资源总量超过20亿吨，其中钛铁矿储量约为7.2亿吨，占全球钛矿的92%，金红石储量约为4700万吨，二者合计储量约7.67亿吨。全球钛资源主要分布在澳大利亚、南非、加拿大、中国和印度等国家。

钛铁矿具体数据：中国（2亿吨）、澳大利亚（1.7亿吨）、印度（8500万吨）、南非（6300万吨）、巴西（4300万吨）。

2014年世界钛储量统计表

国家	储量（千吨）	占比（%）
美国	2000	0.27
澳大利亚	170000	23.61
巴西	43000	5.97
加拿大	31000	4.31
中国	200000	27.78
印度	85000	11.81
马达加斯加	40000	5.56
莫桑比克	14000	1.94

挪威	37000	5.14
南非	63000	8.75
斯里兰卡	1500	0.21
乌克兰	5900	0.83
越南	1600	0.21
其他国家	26000	3.61
全球	720000	100.0

来源：美国地质调查局

（二）我国省份产储量

1. 资源概况

我国钛资源非常丰富，是世界钛资源大国，其储量位于世界前列。钛铁矿占我国钛资源总储量的 98%，金红石仅占 2%。根据 2015 年美国地质调查局（USGS）公布的数据，我国钛铁矿储量 2 亿吨，占全球储量 28%，排名全球第一。

2. 地区分布及矿床分布

我国共有钛矿床 142 个，其分布于 20 个省区，主要产地为四川、河北、海南、湖北、广东、广西、山西、山东、陕西、河南等省。

在钛铁矿型钛资源中，原生矿占 97%，砂矿占 3%；在金红石型钛资源中，绝大部分为低品位的原生矿，其储量占全

国金红石资源的 86%，砂矿为 14%。全国原生钛铁矿共有 45 处，主要分布在四川攀西和河北承德。钛铁砂矿资源有 85 处，主要分布在海南、云南、广东、广西等地，储量 500 万吨。相比之下，金红石矿资源较少，资源产地 41 处，主要分布在河南、湖北和山西等地，储量 200 万吨。

3. 钛铁矿岩矿分布

我国钛铁矿岩矿主要以钒钛磁铁矿为主。主要分布在四川省的攀枝花和红格、米易的白马、西昌的太和，河北省承德的大庙、黑山、丰宁的招兵沟、崇礼的南天门，山西省左权的桐峪，陕西省洋县的毕机沟，新疆的尾亚、哈密市香山，甘肃的大滩，河南省舞阳的赵案庄，广东省兴宁的霞岚，黑龙江省的呼玛，北京昌平的上庄和怀柔的新地。

4. 钛铁矿砂矿分布

我国钛铁矿砂矿资源主要分布在广东、广西、海南和云南等省区，矿点比较分散，尚未发现大型矿床。全国共有钛铁矿砂矿区 66 处，其中大型 9 处，中型 15 处，小型 42 处。其矿床特点是矿点比较分散、规模小、品位低。海南和云南的储量较大。

5. 原生金红石矿分布

到目前为止，我国已发现金红石矿床、矿化点 88 处，分布于 17 个省、市、区，以湖北、河南、陕两、江苏、山西及山东为主。经过勘查的有 50 处，探明储量大约 1.530

×10⁷t (金红石 TiO₂)。其中大型矿床 9 个, 储量约 1.4 ×10⁷t, 占总储量的 91%; 中型矿床 10 个, 储量 8.4×10⁵t, 占总储量的 5.4%。大型矿床中, 岩矿型矿床 6 个, 占总储量的 89%左右; 砂矿型矿床 3 个, 占总储量的 11%左右。选矿回收率较高粗粒型矿床 1 个, 仅占总储量的 6%。

我国天然金红石矿主要是原生金红石矿, 主要分布在湖北、山西、河南、陕西、安徽、江苏等省区。湖北省枣阳市大阜山金红石矿和山西省代县碾子沟金红石矿是目前国内已发现的规模最大的两个产地, 其占全国金红石岩矿资源总储量的 97%。

6. 金红石砂矿分布

金红石砂矿包括海滨砂矿和残坡积风化壳型金红石矿。我国的金红石砂矿保有储量主要分布在河南、湖北、山东、湖南、陕西等 5 个省区内。其次有广东、广西、海南, 共有 27 个矿区, 其中大型矿区 2 处、中型 4 处, 其余均为小型矿区。海滨砂矿型金红石矿主要分布在海南、广东、广西、福建等省。

四、应用

钛是 20 世纪 50 年代发展起来的一种重要的结构金属, 钛合金具有密度低、比强度高、耐蚀性好、导热率低、无毒无磁、可焊接、生物相容性好、表面可装饰性强等特性, 广

泛应用于航空、航天、化工、石油、电力、医疗、建筑、体育用品等领域。世界上许多国家都已经认识到钛合金材料的重要性，相继对其进行研究开发，并得到了实际应用。

1. 航空航天领域

航空航天领域用钛大国集中在西方国家，尤其是美国，60%的钛材都应用到这个领域。亚洲国家，日本和中国在此领域中钛的投入量均在10%左右。但是近年来随着亚洲航空航天的飞速发展，钛在航空航天领域的消费量将会随之增长。从全球角度来看，航空业对钛市场起着决定性的作用，从历史上看，钛行业大的周期轮回都和航空业的冷暖密切相关。

2011年，全球钛材产量达到14.8万吨，其中商用航空用钛材约6.4万吨，未来全球经济增长对航空运输的需求量依然巨大，预计未来20年新增飞机需求约在3万架左右，同时，新型飞机对钛的需求量高于老式飞机，预计20年内商用飞机对钛材的平均需求量将达到40吨/架；

2. 汽车行业

降低燃油消耗、减少有害废弃物（CO₂、NO_x等）排放已经成为汽车行业技术进步的主要动力和方向之一。研究表明，轻量化是实现节省燃料、减少污染的有效措施。汽车的

质量每降低 10%，燃料消耗可节省 8%-10%，废气排放可减少 10%。在驾驶方面，汽车轻量化后加速性能提高，车辆控制稳定性、噪音、振动方面也都有改善。从碰撞安全性考虑，汽车轻量化后，碰撞时惯性小，制动距离减少。

3. 医疗行业

钛在医疗领域有着广泛的应用。钛与人体骨骼接近，对人体组织具有良好的生物相容性、无毒副作用。人体植入物是与人的生命和健康密切相关的特殊的功能材料。同其它金属材料相比较，使用钛及钛合金的优势主要有以下几点：1 质轻；2 弹性模量低；3 无磁性；4 无毒性；5 抗腐蚀性；6 强度高、韧性好。外科植入物中的钛合金用量正以每年 5%-7% 的速度增长。采用钛及钛合金制造的股骨头、髋关节、肱骨、颅骨、膝关节、肘关节、肩关节、掌指关节、颌骨以及心瓣膜、肾瓣膜、血管扩张器、夹板、假体、紧固螺钉等上百种金属件移植到人体中，取得了良好的效果，被医学界给予了很高的评价。

4. 化工行业

钛具有优良的耐腐蚀性能、力学性能和工艺性能，被广泛应用于国民经济许多部门。特别是在化工生产中，用钛代替不锈钢、镍基合金和其它稀有金属作为耐腐蚀材料。这对

增加产量，提高产品质量，延长设备使用寿命，减少消耗，降低能耗，降低成本，防止污染，改善劳动条件和提高劳动生产率等方面都有十分重要的意义。

5. 海洋工程

随着科学技术的发展和陆地资源日趋枯竭，人类开发利用海洋已经提到日程上来了。钛对于海水有优异的耐蚀性能，大量运用于海水淡化、舰船、海洋热能开发和海底资源开采等领域。

早在 20 世纪 60 年代，我国就已经开始了对钛及钛合金在船舶及海洋工程装备上的应用研究，并做了大量工作，已基本形成了牌号较多、性能各异、品种规格齐全的船用钛合金体系。由于钛及钛合金自身所具备的特性，使其在舰船以及海工装备的应用上具有得天独厚的优势，因而被广泛应用于核潜艇、深潜器、原子能破冰船、水翼船、气垫船、扫雷艇以及螺旋桨推进器、海水管路、冷凝器、热交换器等。

6. 日常生活

钛在日常生活中的应用非常广泛，可谓无处不在，例如高尔夫球头、自行车车架、网球拍、轮椅、眼镜架等都会应用到钛。

钛以其轻质、强度高的特性在体育用品中的应用，从最早的网球拍、羽毛球拍逐步扩展到了高尔夫球头、球杆以及赛车等。2008年我国体育休闲占总消费量的13%，其中仅高尔夫球头和球杆的用钛量就超过了1000吨。钛合金做成的自行车车架也颇受欢迎，目前有近50家公司生产钛自行车，美国早已是最大的钛自行车生产商和消费国。钛轻质的特点也应用到眼镜架中，而且钛又不易与皮肤发生过敏，并且钛表面经阳极处理可有绚丽色彩，因此从20世纪80年代初就开始应用于镜架中。

五、中国进出口情况

钛及其相关制品进出口量及其金额

2009-2014年钛商品进口数量（千克）数据统计

商品名称	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
钛铁及硅钛铁	962112	817092	55329	362100	11923	3623
海绵钛	3610767	3370581	233490	129750	426506	118000
其他未锻轧钛	148150	845228	231883	57769	79263	137744
钛粉末	2420	2843	2313	18394	20495	14539
钛废碎料	72100	507493	51780	20540	18950	0
钛型材	280263	365310	441937	614936	539574	518911
钛丝	75049	107137	175549	170134	191236	270448
钛板、片、带	595019	676392	823083	649296	783425	1035825
钛管	3290582	3025892	2300475	1728002	1212661	1582329

其他锻轧钛及钛制品	305425	344323	444121	458410	552925	422960
-----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

数据来源：中国海关

2009-2014 年钛商品进口金额（千美元）数据统计

商品名称	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
钛铁及硅钛铁	2038	1012	114	601	24	26
海绵钛	19189	20555	2595	1790	2620	1011
其他未锻轧钛	2223	9116	5921	4039	6016	7419
钛粉末	144	290	255	543	763	1383
钛废碎料	223	1649	186	73	68	0
钛型材	16721	24956	28617	37495	31467	33933
钛丝	3378	6731	8588	11952	11978	10384
钛板、片、带	22533	31111	37865	36196	31766	39127
钛管	158496	113993	78136	53922	40003	41061
其他锻轧钛及钛制品	49446	59127	77398	245620	245102	272166

数据来源：中国海关

2009-2014 年钛商品出口数量（千克）数据统计

商品名称	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
钛铁及硅钛铁	1146328	977306	1144708	493464	170500	184030
海绵钛	440568	3554380	8734876	4527510	4026158	5690918
其他未锻轧钛	325723	487560	1746097	520436	197191	366687
钛粉末	29705	67116	96683	22071	68140	193373
钛废碎料	16686	774316	436082	17440	0	179603
钛型材	1642574	3087617	5258051	6776735	4462484	5851708
钛丝	68086	104509	224225	168603	212000	241674

钛板、片、带	1322180	1891708	2767652	2102137	1949508	2655057
钛管	895939	1241728	1400607	1481397	1784337	1537593
其他锻轧钛及 钛制品	359276	1073270	1417056	1607051	1476320	1522016

数据来源：中国海关

2009-2014 年钛商品出口金额（千美元）数据统计

商品名称	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
钛铁及硅钛铁	515	3214	2401	1694	915	1094
海绵钛	3362	24714	89650	53002	33680	36647
其他未锻轧钛	5643	7009	29391	10019	3652	4034
钛粉末	223	1052	1234	345	691	3544
钛废碎料	87	2641	1767	155	0	950
钛型材	31936	56185	108693	132849	89099	103000
钛丝	3345	7654	9721	9867	10447	10864
钛板、片、带	35608	39221	66624	57557	48846	56870
钛管	33601	33398	54904	56178	61780	44004
其他锻轧钛及 钛制品	22594	34344	56644	89904	90814	100929

数据来源：中国海关

历史价格走势

2006—2015 年全国主要地区海绵钛年平均价走势图



数据来源：中国铁合金在线

六、仓储条件

为安全起见，储存时常以不少于 25% 的水润湿、钝化。储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不超过 30℃，相对湿度不超过 80%。保持容器密封，严禁与空气接触。应与氧化剂、酸类、卤素等分开存放，切忌混储。配备相应品种和数量的消防器材。储区应备有合适的材料收容泄漏物。

灭火方法：采用干粉、干砂灭火。严禁用水、泡沫、二氧化碳扑救。高热或剧烈燃烧时，用水扑救可能会引起爆炸。