

钒资源利用概况及我国钒市场需求分析^{*}

赵海燕

(中钢集团金信咨询有限责任公司,北京,100080)

摘要:介绍了世界和我国钒资源及利用的基本情况,分析了我国钒资源利用存在的主要问题,总结出我国钒产品消费结构,对钒需求量进行了预测,并提出促进钒资源利用水平、拓展钒应用范围的相关建议。

关键词:钒资源;钒产品;市场需求

中图分类号:TD864 文献标识码:A 文章编号:1001-0076(2014)02-0054-04

DOI:10.3969/j.issn.1001-0076.2014.02.013

Analysis of Vanadium Resources Utilization and Demand for Vanadium in China

ZHAO Hai-yan

(Sinosteel Jinxin Consulting Company Co Ltd, Beijing 100080, China)

Abstract: This paper basically introduced the reserve and utilization of vanadium resources at home and abroad, analyzed the main problems in utilization in China, summarized consumption pattern and predicted the market demand. Finally, some proposes were made to increase the utilization level and expand the application range.

Key words: vanadium resources; vanadium product; market demand

1 世界钒资源及利用概况

钒是地壳表层中赋存最为丰富的元素之一。根据美国地质调查局最新资料,估算世界钒资源量超过6300万吨(按金属量计),其中在当前技术经济条件下可供开采的储量约1365万吨^[1]。世界钒资源主要分布在中国、俄罗斯、南非等国家,中国是世界上钒储量和钒矿产量最大的国家。世界钒储量和产量情况见表1。

自然界中的钒以多种价态赋存于超过65种的含钒矿物中,但绝大多数含钒矿物中的钒以次要矿物相存在,以钒为主体金属的独立含钒矿物数量很

少^[2]。钒主要与铁、钛、铀、钼、铜、铅、锌、铝等金属矿以及碳质矿、磷矿共生,在开采与加工这些矿石时,钒作为共生产品或副产品予以回收。储量较大的含钒矿物有钒钛磁铁矿、含钒磷酸盐页岩矿、铀钒矿、硫钒矿与铝土矿等;碳质的石煤、原油、沥青矿物中也含钒,其中石煤是我国独特的含钒矿产资源^[3]。在这些矿物中,赋存于钒钛磁铁矿里的钒储量最大,约占46%,磷酸盐页岩矿占39%,其余15%则分布在含钒碳质矿物中。美国主要从石油渣、煤灰、废催化剂等二次钒资源中回收钒,其余国家以钒一次资源作为主要提取钒原料。由于多数钒资源矿物中钒的富集程度很低(低于1%),工业上

* 收稿日期:2014-03-13;修回日期:2014-04-19

基金项目:国家发改委“十二五”钒钛资源利用产业基地规划研究项目(编号:05210P0017)

作者简介:赵海燕(1972-),男,河北衡水人,高级工程师,硕士,主要从事金属矿山、钢铁、有色金属行业投资项目咨询评估工作。

多以“含钒矿物中主体金属在提取或加工过程中产生的副产品或伴生产品”作为提钒原料。

钒主要应用于冶金、航空航天和化学工业三大领域,在各领域中的终端应用产品主要包括:冶金工业用钒铁合金、钒氮合金、氮化钒铁;航空航天工业飞机和火箭高温结构材料(钛合金)生产用铝钒合金^[4];化学工业用钒催化剂,包括钒的氧化物、钒的氯化物、钒溶液等。世界范围内,钒在钢铁冶金行业中的消耗比例最高,约占85%,在钛合金中的消耗约占10%,化学工业中的消耗为5%左右。

世界主要钒资源的利用途径见图1。

表1 世界钒储量和产量情况(按金属钒计,单位:万吨)			
国家	储量	产量 2012 年	产量 2013 年
中国	510	3.9	4.0
俄罗斯	500	1.5	1.5
南非	350	1.95	2.0
美国	4.5	0.0272	—
其它	/	0.06	0.06
合计	1364.5	7.4	7.6

数据来源:美国地质调查局统计资料;中国数据与我国统计有所差异。

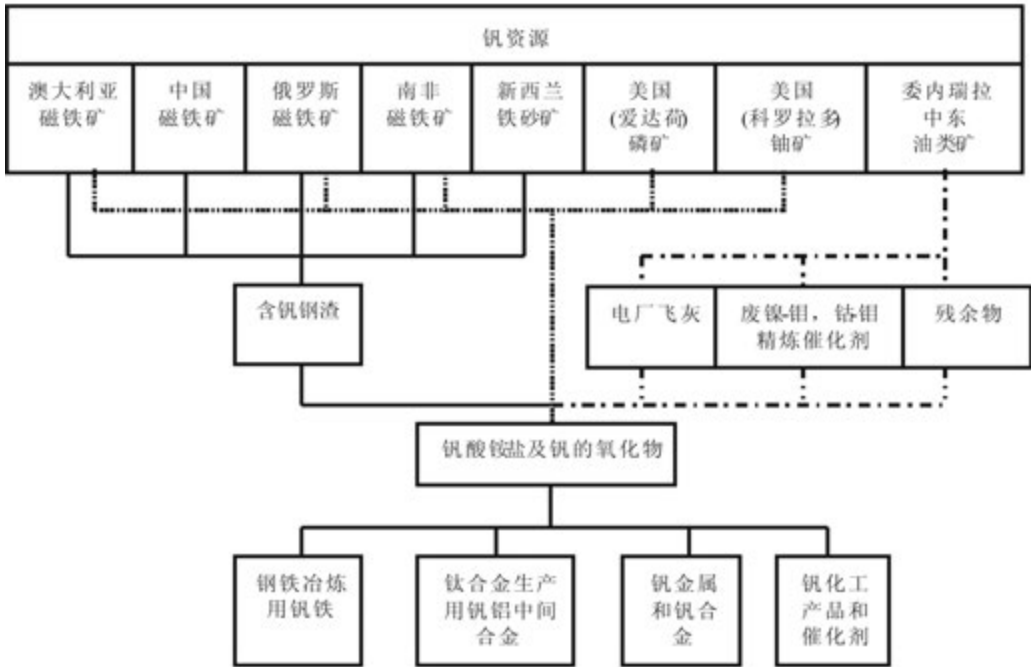


图1 世界主要钒资源的利用途径

2 我国钒资源及开发利用概况

我国是钒资源大国,金属钒储量510万吨,约占世界的37%。随着勘探与采掘技术的进步,近年来我国不断发现新的含钒矿床,资源储量应有所增加。我国钒资源主要以钒钛磁铁矿和含钒石煤形式存在,钒钛磁铁矿占全国钒资源储量的52.6%,集中分布在四川攀西地区和河北承德地区,攀西地区的钒钛磁铁矿中还同时伴生有大量的铬、钴、镍、铜、钨、镓等稀贵金属元素^[5];含钒石煤占全国钒资源储量的47.4%,主要分布在陕西、湖南、湖北、安徽、

广西、甘肃等省(区)^[6]。石煤矿是我国特有的一种储量丰富的钒资源。但石煤矿钒的品位相差较大,据统计,在已发现的石煤矿中,小于边界品位(0.5% V₂O₅)占60%,而按目前的技术水平,品位达到0.8%以上才有开采价值。

长期以来,国家高度重视钒钛资源综合利用和产业发展,经过多年发展,我国已形成了资源采选、冶金提炼、产品加工以及科研开发等较为完整的钒产业体系。2013年我国生产钒约8.6万吨(折V₂O₅,下同,除非特别说明),产能超过10万吨,是世界第一产钒大国。近年来我国钒产量情况见表2。

表 2 近年来我国钒产量情况

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
产量	15150	13850	14250	16350	29000	41000	45000	53000	61500	65000	66400	71200	85500

数据来源:中国钢铁工业协会钒分会统计资料。

我国钒产业的原料约 70% 来自于用钒钛磁铁矿进行钢铁生产的副产品—钒渣,其次为石煤,二次资源所占比例极低,不足 1%。

我国钒资源开发利用存在以下主要问题:

一是资源开发利用不规范。资源开采中存在一矿多采,大矿小开,采富弃贫等现象。同时,无论是攀西地区还是承德地区都有部分钒钛磁铁矿只选铁、未选钒,而且每年均有大量钒钛铁精矿流入周边的钢铁企业作为普通铁精矿使用,造成钒钛资源的浪费。

二是资源综合利用水平还不高。钒钛磁铁矿采用的高炉—转炉冶炼提钒流程,由于不能完全采用全钒钛磁铁冶炼,钒的总回收率只有 40% 左右,且伴生的部分钛及铬、钴、镍、钨、镓等有色贵金属随未被利用的尾矿和炉渣等废弃,石煤提钒的回收率也处于较低水平。

三钒产品的品种结构不合理。钒产品以中低档水平的初级产品为主钒的应用范围、规模并不先进,原料性钒产品(V_2O_5)大量出口,而钒功能材料、航空航天级钒铝合金等关键品种仍需进口。

四是传统工艺能源消耗高,环境污染严重。大部分企业生产氧化钒采用的钒渣钠化焙烧—浸出—铵盐沉钒工艺提钒产生的废水,含有 4 000 ~ 16 000 mg/L 的 NH_4^+ 和 20 g/L 以上的 Na^+ 难以有效处理。传统石煤提钒工艺采用 NaCl 作添加剂,氧化钠化焙烧时放出 Cl_2 和 HCl 废气,直排到大气中,造成严重环境污染。

五是技术创新能力不强,针对我国钒钛资源特点的资源利用和产品生产关键工艺技术还存在制约瓶颈。如攀枝花红格矿区的高铬型钒钛磁铁矿已开始开发,但缺乏钒铬分离技术,绝大部分未转化的铬资源进入尾渣,还夹带部分六价铬,不仅造成资源浪费,还可能造成严重的高毒性的六价铬渣污染,制约了高铬型钒钛磁铁矿的高效利用。

3 我国钒产品市场需求分析

3.1 我国钒产品消费现状

我国是世界最大的钒消费国,据国际钒技术委

员会和中国钢铁工业协会钒分会统计,我国钒表观消费量超过 5 万吨,约占世界的 46%。与世界先进国家先比,我国钒的应用水平还比较低,约 99% 的钒应用于钢铁行业,化工行业的应用不足 1%,在钛合金领域的应用比例更低。

近年来,随着我国钢铁生产规模和品种结构的调整,钒在我国的钢铁工业的消耗总量大幅度增加。从吨钢的消耗水平来看,我国钢铁产品中钒的应用水平还比较低。目前钒在钢中的消耗量世界平均水平约每吨钢 0.05 kg 金属钒,西方发达国家钒的消耗水平达到每吨钢 0.08 ~ 0.09 kg 金属钒的水平,而我国吨钢钒的消耗水平只有约 0.03 kg 金属钒。这表明我国钢材品种的质量水平与西方发达国家相比较还有较大差距。我国钢铁产品与世界主要国家的钒消耗强度对比见表 3。

表 3 我国钢铁产品与世界主要国家的钒消耗强度对比

国家	钒消耗强度(克/吨钢)
美国	90
墨西哥	22
日本	57
巴西	31
德国	77
意大利	73
法国	57
英国	66
奥地利	/
中国	33
世界平均	50

数据来源:中国钢铁工业协会钒分会资料。

我国的含钒钢钢种集中在工、模具钢、合金结构钢领域,而在国际上钒用量最大的高强度低合金结构钢(HSLA)领域应用比例还比较低。我国含钒钢种典型应用如下:

(1) 高速钢、工模具钢

钒是高速钢和工具钢不可缺少的合金元素,钢中加入钒,不仅可以细化晶粒、改善韧性,提高硬度、热硬性、耐磨性,减少开裂倾向。我国的高速钢标准

中化学成分均含钒,牌号有 W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2 等,钒含量 1% ~ 5%。工模具钢绝大部分含钒,牌号有 Cr6WV、Cr4W2MoV 等,平均含钒量为 0.1% ~ 3.0%。

(2) 轴承钢

我国研制的 MnV 系轴承钢,如 GSiMnV、GSiMn-MoV、GsiMnVRe、GsiMnMoVRe、GmnMoV、Gmn-MoVRe 等,使用寿命和疲劳强度高于传统的 GCr15,目前已被大量使用。

(3) 钢轨钢

微量钒在重轨钢中可以细化奥氏体晶粒、细化珠光体组织并改变其组织形态,产生沉淀强化作用,提高重轨的强度和使用寿命。攀钢开发的含钒钢轨有钒微合金化的热轧钢轨、离线含钒热处理钢轨和在线含钒热处理钢轨。

(4) 中碳合金结构钢

钒在中碳合金结构钢中得到了广泛的应用,如含钒非调质钢、中碳弹簧钢、齿轮钢等,广泛应用于汽车行业和机械制造行业。

钒催化剂是化工行业生产硫酸、尿素等产品的必要原料,产品有偏钒酸钠、偏钒酸铵、钒酸铵钠、三氯化钒等。目前,我国化工行业消耗的钒约 2 000 ~ 3 000 t,折合 V_2O_5 约 3 500 ~ 5 300 t。

近年来,我国钛工业快速发展,产能快速增长。但总体上我国钛合金工业还处在发展初期,以生产纯钛产品为主,约占 90% 以上,航空级钛合金产品很少。目前我国的钒企业只能够小规模生产一些初级产品,能够用于航空航天工业的高级钒铝合金产品需要进一步研究开发。

3.2 我国钒产品市场需求展望

钢铁行业仍将是我国钒消费的最主要领域。我国钢铁产量在较长时期内将保持在较高水平。随着我国钢铁品种的不断升级换代,将为钒的应用提供更广阔的市场空间。按照我国钢产量 10 亿吨、钒的消耗强度达到世界先进水平即吨钢 80 g 金属钒计算,每年我国钢铁工业钒需求量将达到 8 万吨金属钒,折合 V_2O_5 约 14.5 万吨。从我国钢铁品种结构的角以及钒合金化的技术特点来考虑,我国钢铁品种中钒应用的主要市场将包括如下几个方面:

(1) 特殊钢:包括工具钢、高速钢、模具钢、不锈钢、耐热钢等,该领域是钒产品的传统消费领域。根据我国特殊钢品种的生产情况推测,目前每年在该领域消耗的钒约 5 000 t(金属钒),折合 V_2O_5 约 8 900 t,到 2015 年,年消耗量可达到 7 000 ~ 8 000 t 金属钒,折合 V_2O_5 为 12 500 ~ 14 285 t。

(2) 建筑钢筋:低成本钒氮微合金化高强度钢筋的研究开发促进了我国钢筋产品的升级换代。采用钒氮微合金化技术,传统的级螺纹钢(HRB400)中的钒含量降低至 0.03% ~ 0.04%,和钒钢筋相比,钒含量降低了 50% 左右,大大降低了合金成本。未来我国还需建设大量的基础设施,钢筋混凝土建筑结构仍将是我国最主要的建筑形式。我国正在全面推进建筑用热轧钢筋的升级换代,III 级、IV 级高强度钢筋将成为建筑钢筋的主要品种,这将成为我国钒制品消耗最大的领域,预计每年将消耗金属钒 20 000 ~ 25 000 t,折合 V_2O_5 为 35 700 ~ 44 600 t。

(3) 高强度低合金结构钢(HSLA):包括建筑、造船、海洋工程、管线、桥梁、汽车等行业使用板、带、型钢等品种,按每年 2 000 万吨钢含钒钢计算(0.05% wt V),需消耗 10 000 t 金属钒,折合 V_2O_5 约 17 800 t。

(4) 其它钢铁产品领域,包括非调质钢、无缝管、合金结构钢、钢轨、弹簧钢等,预计将消耗 5 000 ~ 6 000 t 金属钒,折合 V_2O_5 约 8 900 ~ 11 000 t。

钛合金是钒应用的第二大领域。随着我国航空工业的发展,钛合金的市场需求将快速增长,必将同步带动钒在该领域消费的增长,预计到 2015 年我国钛工业钒消耗将达到 3 000 ~ 5 000 t,折合 V_2O_5 约 5 300 ~ 8 900 t。

钒在我国化工行业的消费将保持平稳发展的态势,约 2 000 ~ 3 000 t,折合 V_2O_5 约 3 500 ~ 5 300 t。长远来看,其它一些新领域,包括钒电池、钒颜料、氧化钒薄膜等已引起了广泛的重视,具有极大的市场潜力,为钒资源利用产业的发展提供了良好的机遇。以钒电池储能技术为例,2015 年我国风电规划容量 1 亿千瓦,若按照风电场容量 10% 配套储能电池,储能规模就可达到 100 MW 左右,储能容量在 300 MWh 左右。按照钒电池 10 kg/kWh 耗钒量计算^[7],

仅风能领域对 V_2O_5 的需求即可达到 3 000 t 左右。

4 结 论

(1)我国钒资源丰富,但浪费严重,应加大资源整合,优化资源配置,对共伴生稀有金属、目前难以有效回收利用的钒钛磁铁矿矿产资源,作为国家重要战略资源储备,暂时实行封闭保护。

(2)我国资源综合利用的水平较低、能耗高、污染严重,需要积极推动复杂难处理钒资源的高效综合利用、氧化钒清洁生产工艺等技术的研发,同时加速淘汰落后的工艺装备。

(3)钒产品的利用前景广阔,应加强钒电池、航空级钒铝合金等高档钒产品关键技术的开发,培育新兴市场,扩大钒应用领域,促进消费结构升级,拉动钒产业向更高层次发展。

参考文献:

- [1] United State Geological Survey. Minerals Commodities Summary, Vanadium[R]. United State;Feb. 2014.
- [2] 孙朝晖. 钒新技术及钒产业发展前景分析[J]. 钢铁钒钛. 2012,33(1):1-7.
- [3] 唐光荣,刘靖,欧德宇. 中国钒产业发展影响因素及趋势预测分析[J]. 攀枝花学院学报. 2012,29(5):98-104.
- [4] 王秋霞,马化龙. 我国钒资源和 V_2O_5 研究、生产的现状及前景[J]. 矿产保护与利用. 2009(5):47-50.
- [5] 张建廷,陈碧. 攀西钒钛磁铁矿主要元素赋存状态及回收利用[J]. 矿产保护与利用. 2008(5):38-41.
- [6] 刘景槐,谭爱华. 我国石煤钒矿提钒现状综述[J]. 湖南有色金属. 2010,26(5):11-13.
- [7] 崔艳华,孟凡明. 钒电池储能系统的发展现状及其应用前景[J]. 电源技术. 2005,29(11):776-779.