

钒及其在黑色冶金 中的应用

[苏联] Н. П. 利亚基舍夫等 著

崔可忠等 译

科学技术文献出版社重庆分社

前 言

《钒及其在黑色冶金中的应用》一书总结了近十年来有关矿石提钒及钒在黑色冶金中的应用方面所完成的研究工作。本书介绍了钒及其与钢中其它元素的化合物的物理化学性能，钒氧化物渣系，含钒矿石及其选矿、加工、化学处理和制取 V_2O_5 的方法，钒对钢和合金性能的影响，含钒钢和合金的生产方法以及测定黑色冶金材料中钒含量的化学分析原理。

冶金部钒钛钢办公室根据我国科研和生产的需要，组织人力翻译了这本书，供全国有关企业、科研院、所和高等学校的科技人员参考。

由于我们翻译水平有限，可能有错漏处，敬请读者批评指正。冶金部钒钛钢办公室曾对此书的出版给予大力支持，在此表示诚挚的谢意。

冶金工业部攀枝花钢铁研究院

1987年7月

751001



绪 言

为了加速技术进步,苏共 26 大在第 11 个五年计划中提出的任务是:在利用科技成就的基础上,深入研究並推广用以提高金属和合金强度、耐热和耐寒性能的高效方法。从根本上改善质量並提高高效品种钢材的产量是进一步发展钢铁工业的主要方向^[1]。而研制新的、有更高使用性能的经济合金钢(包括含钒合金钢和合金)並将它应用于国民经济,是提高冶金生产质量和取得效果的最重要条件。

按其物理化学性能和在岩石圈中的蕴藏量,钒无论是在确定现代金属产品的级别,还是在确定将来提高金属质量的远景方向均是主要合金元素。虽然钒属于稀有元素,但它在地球壳中的含量(0.015%)和在全世界海洋中的含量(0.0003%)均高于工业中广泛使用的金属,如镍、锌和铜,只略低于铬。

钒的应用范围不断扩大,从 60 年代起,在工业生产中,首先是在钢铁工业中,钒的作用开始急剧增长。据预测,1990 年前钒的需求量年平均增长率将高于其它合金元素(钒 4.5%,镍 3.8%,铬和钼 3.5%,钨 3.4%)^[2]。

钒是稀有金属之一,据探明的储藏量能在实际为无限期内(据文献^[3]的资料,按现有需求规模,大约是 700 年*)

*例如,美国所作的计算就证实了钒的需求急剧增长的可能性,根据该计算,21 世纪初,美国建设热核电站可能需要 50—240 万吨金属钒^[4]。

足够满足工业生产的需要。钒的矿床虽然很多，并且分布在所有大陆上，但它在矿石中的品位都不高，因此钒通常是在生产铁、铀、磷和有色金属时作为副产品而提出的。

在工业发达的资本主义国家和发展中国家里，钒的地质储量估计为 5550 万吨（折算成五氧化二钒）；而可靠储量和可能储量仅为 500 万吨，其中， V_2O_5 [2]（万吨）：南非 385.0，澳大利亚 24.2，智利 24.2，美国 18.6，委内瑞拉 16.1，印度 16.1，芬兰 8.9，挪威 3.8，纳米比亚 1.6。

苏联在卡奇卡那尔矿区建立了巨大的钒产品生产基地，不仅能满足目前国民经济的需要，而且还为提高金属的质量而大大推广钒的应用。

金属钒主要用在原子能动力工程（放热元件的外壳，管道）和生产电子仪器。已研制出数十种钒基钛、铌、钽、钼和钨合金；以及用钛和钼，钛和铌，钛和钽，钛和钨、钛、铌和硅复合添加料的钒基合金并得到了应用[5]。这些合金主要用于原子能和航空、航天技术，化工机械制造和造船业。锆、钎、铅、铋、铬、镓、锡的钒基合金是非常有前途的结构材料和超导材料。

钛基钒合金，不论其生产规模，还是在下列领域中的作用，都占有主导地位：军用和民用飞机、直升飞机、火箭、宇宙飞船、舰船（包括潜水艇）、陆战武器和化学装备[5]。钒合金化的铌合金超过 70 种，还研制出了含钒的钽和钼基合金，含碳化钒的硬质合金具有工业价值等等。

在专题论文[4]中列出了工业应用钒及其化合物的其它领域（各种化学工业用的催化剂，以含五氧化二钒系为基的电子倍增器用的玻璃，玻璃胶合剂，彩色电视的荧光粉，铸

造和塑性铝合金，铁电晶体，半导体元件，石榴石铁氧体，电触点和其它电子元件）。

在用钒量最多的钢铁工业中，钒是一种不可缺少的合金元素，在种类和用途完全不同的钢和合金之中，钒的应用范围实际上是无限的。根据文献[6]的数据，当钢中无钒时，只有在钢中复合添加诸如钒、钼、锰、钛和钨等元素，钢才能保持与钒钢相同的机械性能和其它性能。

无论是苏联，还是其他国家都用钒炼制锰合金钢以建立具有高塑性、耐寒性，以及良好可焊性的实用高强度合金结构钢系列。这类钢最重要的用途之一是铺设包括极北地区条件下的高压输送天然气和石油用大口径主管道。复合合金化的含钒结构钢用于机械制造的各个部门。因此一些发达国家，如捷克斯洛伐克，钒钢的比例已超过总钢产量的30%[7]。含钒铬钼钢是动力工程（包括原子能装置）不可缺少的材料；钒可大大地改善无磁奥氏体钢、高强生铁、弹簧钢和耐磨钢等等的性能。

大部分工具钢，实际上包括现有的高速钢均含有籍以提高工具的硬度、强度和耐磨性的钒。在研制新型含钒模具钢和耐热轴承钢方面也取得了巨大的成就。

含钒磁性合金在发动机和导磁体，电话机的膜片，小型变压器的铁心中得到了应用。含1.5—2%V的50KΦ和50KΦA合金是标准的软磁材料。52KΦ5、52KΦ7、52KΦ9、52KΦ11、52KΦB、52KΦA（12.6—13.5%V）、12PH（1.2—1.7%V）等等属于塑性硬磁合金。

苏联中央黑色冶金科学研究所研制的ГФ5Д25和ГФ5Д22X3合金具有“机械形状记忆”性能，在马氏体状态下变

• II •

过形的合金，当其在高于马氏体转变温度下加热时又恢复变形前的形状。试验表明，可将所研制的合金推荐用于制造电子和热力自动装置仪器中的机械作用的热敏感元件，以代替传统的热双金属元件。ГФ5Д25 和 ГФ5Д22Х3 合金不仅比热双金属便宜三分之二，而且在性能方面也超过了热双金属，最大热敏感度比优质热双金属高 3—4 倍，此外，还可用它制造形状复杂的元件[6]。

黑色金属加入合金元素钒的上述用途说明，添加这一元素来提高金属的质量的可能性最大。

据 P·列勃霍尔茨的资料，1977 年五氧化二钒和高品位钒渣的产量（折算成钒，万吨）：南非 1.22，美国 0.38，西欧 0.32，日本 0.5。1978 年，南非的产量占世界钒原料总产量的 2/3，美国大约为 20%，芬兰为 10%。

1978 年底全世界所有资本主义国家钒的总生产能力为 5 万吨（五氧化二钒的含量），其中非洲国家占 50%，美国 30%，西欧国家 15%，日本 4%[9]。

从 1960 年到 1979 年，钒生产的年均增长率为 7.3%，而在同一时期内铝为 3.4%，钨为 1.3%。

目前，苏联处理钛磁铁矿的流程是全世界实际应用中最完善的流程之一。

1977 年资本主义国家对钒的需求大约为 14000 吨，其中美国约 5000 吨，日本 2900 吨，联邦德国 1900 吨，英国 700 吨；瑞典 620 吨，法国 500 吨，澳大利亚 350 吨，意大利 300 吨，加拿大 250 吨，其它国家 1200 吨。

美国黑色冶金中钒的需求量占国内钒总产量的 90%；日本在钒资源的利用方面，黑色冶金所占的比例更大。美国

目 录

结 言

第一章 钒及其化合物的物理化学性质

1. 金属钒的性质 (1)
2. 钒与铁的相互作用 (5)
3. 钒与氧的相互作用 (7)
4. 钒与碳的相互作用 (12)
5. 钒与氮的相互作用 (16)
6. 钒与硅的相互作用 (18)
7. 钒与铝的相互作用 (21)
8. 钒与合金元素的相互作用 (22)
9. 钒与硫、磷和有色金属的相互作用 (26)
10. 含钒氧化物的渣系 (28)

第二章 含钒原料及其加工方法

1. 钒的矿物和矿石 (37)
2. 从钛磁铁矿中提取钒渣 (42)
3. 钒渣的加工 (49)
4. 其它种类的含钒原料的处理 (61)

第三章 含钒铁合金和中间合金

1. 对钒铁质量的要求 (72)
2. 铝热法冶炼钒合金 (77)
3. 硅热法冶炼钒铁和硅钒铁 (96)
4. 碳热法冶炼钒合金 (100)
5. 氮化钒合金 (105)

第四章 高强度结构钢

1. 低碳结构钢中的钒 (109)
2. 结构钢的化学成分和性能 (113)
3. 含钒低合金钢的生产工艺 (137)

第五章 机器制造用钢

1. 用途广泛的铬钒调质钢 (141)
2. 铁路运输用钢 (153)
3. 板簧——弹簧钢 (157)
4. 冷轧辊用钢 (161)
5. 耐热锅炉钢 (168)
6. 耐热钢和合金钢 (183)
7. 高度无磁性钢 (201)

第六章 工具钢和轴承钢

1. 切削工具用钢 (210)
2. 高速钢 (212)
3. 模具钢 (221)
4. 轴承钢 (231)

第七章 含钒生铁 (235)

第八章 原料、钢和合金中钒含量的测定

1. 钒的化学分析特性 (241)
2. 测定钒含量的安培分析法 (252)
3. 钒含量测定结果的准确性 (260)
4. 钒铁取样的准确度 (265)

参考文献 (268)

第一章 钒及其化合物的物理 化学性质

1、金属钒的性质

钒在门捷列夫元素周期表中的原子序数为 23 (第四长周期, 第 V 族), 原子量为 50.942 (质量数为 51 的同位素 99.75% 及质量数为 50 的同位素 0.25%)。同位素 V^{50} 具有微弱的放射性 (半衰期 $T_{1/2}=10^{14}$ 年)。曾制得下列人造放射性同位素, 其质量数为 47、48、49、52、53。其中最重要的 V^{48} 可作为示踪原子, 其半衰期 $T_{1/2}=16$ 天。 V^{3+} 的离子半径为 0.067nm, V^{4+} 的为 0.061nm, V^{5+} 的为 0.04nm。

钒为体心立方晶格, 晶格常数 $a=0.3024\text{nm}$ 。纯钒没有同素异晶转变, 即在熔化之前一直保持立方结构。室温下固态钒的密度为 6.12g/cm^3 , 液态钒为 5.43g/cm^3 , 钒的熔化温度 2190K, 熔化潜热 17.6KJ/mol , 升华潜热 514.0KJ/mol , 沸点 3625K, 蒸发潜热 458.9KJ/mol 。

表 1 列出了 298—3000K 温度范围内金属钒的热容, 热焓变化及熵值; 表 2 列出了钒的蒸发热、蒸发吉布斯自由能的变化及蒸气压^[11]。

纯钒为非磁性的可塑金属, 呈蓝灰色。易拉拔成丝, 可轧成板及箔, 也容易研磨抛光。碳、氧、氢及氮等杂质显著降低金属钒的塑性, 并提高其硬度和脆性。

在室温下, 钒不与空气、水及碱发生作用, 对稀酸也是

表1 金属钒的热容 C_p , 热焓变化 $H_T^0 - H_{298}^0$ 及熵 S_T^0

T, K	$C_p, J/mol \cdot K$	$H_T^0 - H_{298}^0, J/mol$	$S_T^0, J/mol$
298	24.74	0	29.35
300	24.79	46	29.52
400	26.08	2596	36.76
500	26.92	6380	42.66
600	27.55	8000	47.65
700	28.05	10760	51.96
800	28.68	13610	55.73
900	29.52	16500	59.16
1000	30.56	19510	62.34
1100	31.61	22610	65.27
1200	32.78	25830	68.08
1300	34.00	29180	70.76
1400	35.29	32660	73.35
1500	36.59	36260	75.82
1600	37.89	40030	78.21
1700	39.18	43920	80.55
1800	40.53	47940	82.81
1900	41.78	52080	85.03
2000	42.96	56310	87.21
2100	44.00	60710	89.35
2200	39.77	82480	99.44
2300	39.77	86460	101.19
2400	39.77	90430	102.87
2500	39.77	94410	104.50
2600	39.77	98390	106.05
2700	39.77	102370	107.56
2800	39.77	106340	109.02
2900	39.77	110320	110.41
3000	39.77	114300	111.75

稳定的。钒对 10—30% 硫酸的耐蚀性超过金属钛 近 79 倍, 超过不锈钢 229 倍, 然而不如镍和钽。盐酸、硝酸、高溴酸及冷硫酸, 碱溶液及碱金属的氯化物溶液对钒不起作用, 但钒能快速溶解于热的硫酸、硝酸和氢氟酸中, 也可溶于氢氧

表2 钒的蒸发热 ΔH_T^0 , 蒸发吉布斯自由能变化
及蒸气压

T, K	ΔH_T^0 J/mol	ΔG_T^0 J/mol	p, Pa
298.15	514 770	469 000	$5.49 \cdot 10^{-78}$
400	514 770	453 320	$5.39 \cdot 10^{-55}$
500	514 560	438 060	$1.53 \cdot 10^{-41}$
600	514 350	422 810	$1.42 \cdot 10^{-32}$
700	513 930	407 550	$3.85 \cdot 10^{-26}$
800	513 510	392 290	$2.24 \cdot 10^{-21}$
900	513 100	377 240	$1.20 \cdot 10^{-17}$
1000	512 680	362 190	$1.15 \cdot 10^{-14}$
1100	512 050	347 160	$3.16 \cdot 10^{-12}$
1200	511 420	332 100	$3.32 \cdot 10^{-10}$
1300	510 590	317 260	$1.72 \cdot 10^{-8}$
1400	509 750	302 420	$5.02 \cdot 10^{-7}$
1500	508 700	287 580	$9.29 \cdot 10^{-6}$
1600	507 450	272 740	$1.20 \cdot 10^{-4}$
1700	505 990	258 110	$1.12 \cdot 10^{-3}$
1800	504 320	243 690	$8.15 \cdot 10^{-3}$
1900	502 650	229 270	$4.81 \cdot 10^{-1}$
2000	500 970	214 850	$2.35 \cdot 10^{-1}$
2100	499 090	200 640	$9.9 \cdot 10^{-1}$
2190	497 420	186 850	3.37
2190	476 310	186 850	3.37
2200	476 100	185 590	3.79
2400	472 970	159 470	$3.29 \cdot 10$
2600	470 040	133 340	$2.04 \cdot 10^2$
2800	467 110	107 630	$9.55 \cdot 10^2$
3000	464 400	82 140	$3.64 \cdot 10^3$
3200	461 680	56 640	$1.17 \cdot 10^4$
3400	459 170	31 560	$3.22 \cdot 10^4$
3600	456 870	6 480	$7.91 \cdot 10^4$
3652	456 250	0.000	$9.8 \cdot 10^4$
3800	454 780	-18.600	$1.76 \cdot 10^5$

化钾之中。

金属钒的取得, 可以通过这样一些方法: 如用铝热法,

钙热法及碳热法从五氧化二钒制取；用镁热还原法从钒的氯化物制取；还可用熔盐电解法制取^[12]。文献^[13]介绍了把氧化物转化成中间氮化物，然后再在 $\geq 1800^{\circ}\text{C}$ 的温度下使之分解制取金属钒的方法。利用碳热法等离子电弧熔炼可得到含钒96%的金属。第三章将介绍铝热法制取钒的某些方法。

手册^[14]介绍了金属钒制品的品种。金属钒的杂质含量控制为（不大于），%：ВНМ-1 牌号：0.2Fe；0.2Al；0.2Si；0.01[N]；0.001[H]；0.03[O]；0.03C。ВНМ-2 牌号：0.3Fe；0.3Al；0.3Si；0.02[N]；0.001[H]；0.05[O]；0.04C。

用钒可生产出厚0.15—10mm，宽度大于50mm，长度大于100mm的带材。当延伸率大于20%时，金属的强度极限应不低于300MPa。还可生产出直径为3—50mm，长度大于100mm的棒材。钒丝的直径在0.5—3mm范围内。

还可供应钒基合金BB-8（6—4%W； $\leq 0.03\%[\text{O}]$ ；0.02%[N]；0.03%C；0.002%[H]；0.3%Si；0.3%Fe及0.3%Al）的冷轧板材，其厚度为0.4—4mm，宽度为160—200mm，长度大于500mm。

为获得超纯金属，可采用各种综合净化方法。按照B. M. 阿扎扎和B. П. 乔尔内的数据，电子熔炼法精炼电解钒BЭЛ-1可获得下述结果。

材料A的杂质含量， $\% \times 10^{-4}$

	C	[N]	[O]	Na	Al	Si	Mg	P	Cl
原 材 料	44	260	550	900	120	4.3	18	250	1000
第一次重熔后	180	57	160	1.2	11	4.5	0.2	0.25	1.4
第二次重熔后	180	60	180	0.8	0.9	4.8	0.07	0.2	0.9

材料B的杂质含量, $\% \times 10^{-4}$

	K	Ca	Cr	Fe	Cu	S	Ni	Ti	Zr	Nb	Ta	W
原 材 料	1550	2.9	870	13	1100	98	21	0.1	3	1	3	3
第一次重熔后	3.3	1.2	17	12	18	11	20	0.1	3	1	3	3
第次二重熔后	2	0.3	10	11	1.4	1.4	20	0.1	3	1	3	3

文献[15]叙述了碳热钒的电解净化过程, 它可获得纯度达 99.9% 的金属钒。利用类似的方法净化铝热钒(95%V), 可把大多数杂质的含量降低到 10^{-4} — $10^{-6}\%$ [16]。用真空无坩埚蒸馏法精炼[17], 可把符合黑色冶金技术条件 ЧМТУ05-31-661 要求的铝热钒精炼到满意的程度。无坩埚区域熔炼法可用于培育钒的单晶。

2、钒与铁的相互作用

Fe-V 系状态图示于图 1 [18]。该系的合金结晶时形成连续固溶体, 液相线与固相线在含钒 31% 处相交, 其最低点为 1468°C。

1150°C 时, 钒在 α 相中的最大溶解度为 1.8% (原子), 在 γ 相中为 1.39% (原子)。在这两个成分之间为 $\alpha + \gamma$ 两相区。 γ 相环状区的最低温度为 900°C, 最高温度为 1400°C。

只有当温度低于 1157°C 时, 才能形成单一的中间 σ 相区(VFe)[18]。700°C 时, 该区位于合钒 37—57% (原子) [35—55% (质量)] 之间; 1075°C 时, 位于 39—54.5% (原子) [37—52% (质量)] 之间。700°C 时, α 区与 $\alpha + \sigma$ 区的分界在

含钒量 24% 及 66% (原子) [22.5% 及 64% (质量)] 处 (图 1)。

VFe 化合物的结构与 σ -CrFe 相同, 属正方晶系, 晶格常数 $a=0.895\text{nm}$, $c=0.462\text{nm}$, $c/a=0.516$ 。

在 Fe-V 系, 可看到偏离理想溶液的负偏差 (图 2)。钒和铁的活度系数可用下列方程表示^[19]:

$$\lg Y_V = -1.02 N_{Fe}^2 + 0.24 \quad (0 \leq N_V \leq 0.20) \quad (1)$$

$$\lg Y_{Fe} = -0.11 N_V^2 - 0.31 \quad (0 \leq N_{Fe} \leq 0.20) \quad (2)$$

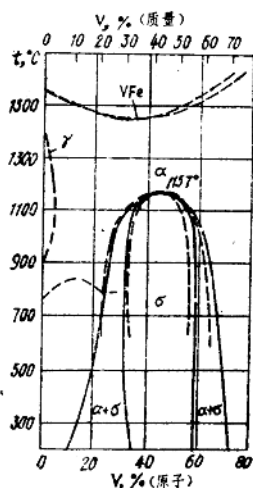


图 1 Fe-V 状态图^[18]

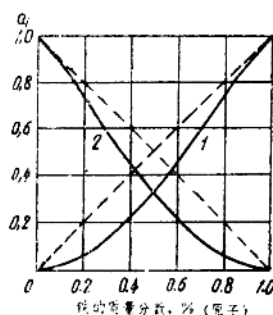


图 2 Fe-V 系中的 Fe(1) 及 V(2) 的活度 a_i (标准态: $x_i=1$ 时, $a_i=1$; 纯液态金属)

在 1350—1550°C 的温度范围内, 钒 ($\leq 1.1\%$) 在铁中的扩散系数 $D_0 = (6.45 \pm 1.08) \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ ^[20]; 1600°C 时, $D_0 = (4.41 \pm 0.5) \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ (0—1.42% V)。钒与铁

的混合热为 $80-100\text{KJ/mol}$ [20]。

3、钒与氧的相互作用

V-O_2 系极为复杂，有许多氧化物相，其晶格中含有不同价态的钒原子。按照资料[21]，可以认为，确已查明的氧化钒有五种，即 VO 、 V_2O_3 、 V_5O_6 、 VO_2 及 V_2O_5 。但在其它文献中还可碰到更多的钒的氧化物。

在 $200-750^\circ\text{C}$ 的温度范围内，钒与 V_2O_5 平衡时，氧在钒中的浓度 $C_o(\%)$ 可表示为：

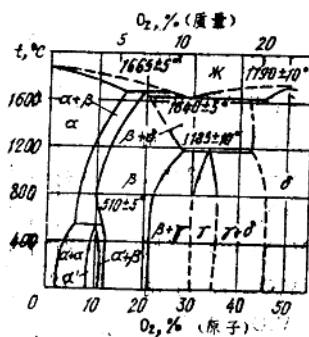


图3 V-VO 系状态图[22] (L—液相)

$$\lg C_o = 0.705 - 515/T \quad (3)$$

图3示出了V-VO系状态图[22]。1665℃时，氧在钒中的最大溶解度约17%（原子）。氧在钒中的溶解热焓为 422.4KJ/mol ，溶解熵为 $102.6\text{KJ/}^\circ\text{C} \cdot \text{mol}$ 。如图3所示，

α' 相相当于 V_5O , γ 相相当于 V_2O , δ 相相当于 VO , 其单相区在 $VO_{0.85}-VO_{1.24}$ 之间。

一氧化钒按 $NaCl$ 型面心立方晶格结晶。晶格常数随含氧量增加而变大, 当其符合化学计量成份时, $a=0.4093nm$ 。在 $1680-1950K$ 范围内, 固体 VO 的蒸气压 p (Pa) 可用下式表示[11]。

$$\lg p = (-26820/T) + 13.0 \quad (4)$$

图 4 示出了 $V-O_2$ 系状态图中高氧含量[65.5—71.5% 原子 O_2]的部分。

文献 [23] 讨论了部分 $V_2O_3-V_2O_5$ 系的相组成。 V_2O_3 相的单相区很窄, 为 $V_2O_{2.88}-V_2O_{3.3}$, 并具有和刚玉($\alpha-Al_2O_3$) 相类似的结构, 晶格常数 $a=0.4952nm$, $c=1.4002nm$ 。 V_3O_5 相按单斜晶系结晶, 晶格常数 $a=0.9983nm$, $b=0.5041nm$, $c=0.9835nm$, $\beta=138^\circ48'$ 。在 $V_3O_5-VO_2$ 区域内有许多同系相 V_nO_{2n-1} , 可用下列成份表示: V_4O_7 , V_6O_9 , V_8O_{11} , V_7O_{13} , V_8O_{15} , 这些相无单相区, 都具有金红石型结构, 并有排列有序的空位。

VO_2 相有两种变体: 低于 $70^\circ C$, 为单斜晶系, 晶格常数 $a=0.5743nm$, $b=0.4517nm$, $c=0.5375nm$, $\beta=122^\circ37'$; 高于 $70^\circ C$, 为正方晶系, 晶格常数 $a=0.4530nm$, $c=$

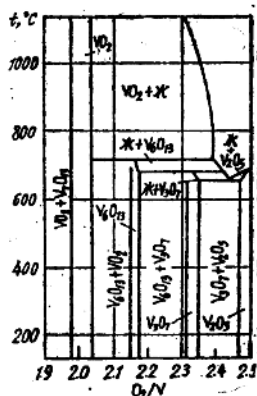


图 4 O_2-V 系状态图的高氧含量部分[22]
(ж——液相)

0.2869nm。

V_6O_{13} 相系单斜晶系，晶格常数 $a=1.190\text{nm}$ ， $b=0.3671\text{nm}$ ， $c=1.0122\text{nm}$ ， $\beta=100^\circ 53'$ 。 V_3O_7 相在低于 660°C 时，是稳定的；高于 660°C ，则分解为 V_2O_5 及 V_6O_{13} 。

研究得最多的是五氧化二钒。 V_2O_5 按斜方晶系结晶，晶格常数 $a=1.1519\text{nm}$ ， $b=0.3664\text{nm}$ ， $c=0.4373\text{nm}$ 。因制取方法不同，五氧化二钒的颜色也不同——呈红色，黄色或棕色。

在 $298-943\text{K}$ 温度范围内，固态 V_2O_5 的热容与温度的关系可以下式计算：

$$C_p(V_2O_5) = 194.85 - 16.33 \cdot 10^{-3}T - 55.35 \cdot 10^5 T^{-2} \text{J/mol} \cdot ^\circ\text{C} \quad (5)$$

液态 V_2O_5 的热容为 $190.9\text{J/mol} \cdot ^\circ\text{C}$

在 $700-1200^\circ\text{C}$ 温度范围内，液态 V_2O_5 的蒸气压 $P(\text{Pa})$ 为：

$$\lg P = (-7051.24/T) + 7.80 \quad (6)$$

根据 V_2O_5 在 13—30 分钟内的失重，所测定的 V_2O_5 的分解率如下： 1000°C 时为 0.2%， 1130°C 时等于 3.2%。化学分析查明，上述两种情况下的 V_2O_5 量分别为 0.5% 及 8.0%。 V_2O_5 分解时，初级产物是 V_3O_7 ，然后是 V_6O_{13} ，它们分别在温度高于 $660-680^\circ\text{C}$ 及 $700-710^\circ\text{C}$ 时发生分解。这已为钒氧化物的氧化和还原过程的研究结果所证实。在 V_2O_5 及 V_2O_4 之间，发生有中间相 V_6O_{13} 存在。

V_2O_5 的熔点是 675°C ，熔化时体积增加约 30%，在空气中，熔点附近的粘度值等于 $0.79\text{Pa} \cdot \text{S}$ 。

表 3 列出了最重要的钒氧化物生成热效应 ΔH_f° 及吉布