



中国地质调查成果
CGS 2015-043

攀西钒钛磁铁矿 资源及综合利用技术

中国地质科学院矿产综合利用研究所
国土资源部钒钛磁铁矿综合利用重点实验室

编著



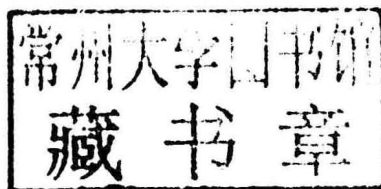
冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



中国地质调查“攀西钒钛磁铁矿铁钒钛分离技术研究”
(12120113087400) 项目资助

攀西钒钛磁铁矿 资源及综合利用技术

中国地质科学院矿产综合利用研究所 编著
国土资源部钒钛磁铁矿综合利用重点实验室



北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2015

内 容 提 要

攀西地区是我国钒钛磁铁矿床高度集中分布的成矿区,蕴藏着丰富的钒钛磁铁矿资源。本书概括地介绍了中国地质科学院矿产综合利用研究所多年来对攀西钒钛磁铁矿资源选冶综合利用技术的研究成果。

全书共分8章,主要阐述了攀西钒钛磁铁矿资源概况及其选矿工艺矿物学、冶金工艺矿物学研究,重点介绍了攀西钒钛磁铁矿选铁、选钛试验研究,红格钒钛磁铁矿综合利用选矿试验及产业化示范工程,攀西钒钛磁铁矿选厂流程工艺矿物学考察研究以及攀西钒钛磁铁矿冶金试验研究等成果。

本书内容丰富、资料翔实,具有较强的科学性和实用性,可供矿冶领域的生产、设计、科研、管理、教学人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

攀西钒钛磁铁矿资源及综合利用技术/中国地质科学院矿产综合利用研究所,国土资源部钒钛磁铁矿综合利用重点实验室编著. —北京:冶金工业出版社,2015.10

ISBN 978-7-5024-6930-6

I. ①攀… II. ①中… ②国… III. ①钒钛磁铁矿—铁矿资源—综合利用—研究—攀枝花市 IV. ①F426.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第141411号

出版人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 曾 媛 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6930-6

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京百善印刷厂印刷

2015年10月第1版,2015年10月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;20.5印张;496千字;316页

80.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

本书编委会

主 编 刘亚川

副主编 陈炳炎

委 员 (按姓氏笔画为序)

丁其光 刘亚川 李红玲 陈炳炎

董小骥 熊述清 戴新宇

前 言

在我国西南攀枝花地区基性、超基性岩体中储藏着丰富的钒钛磁铁矿资源，从南至北有攀枝花、白马、红格和西昌太和四大矿区及周边大小不等的小矿床（其中大型矿床8处，中型矿床6处，小型及矿点近30处），至2007年底探明钒钛磁铁矿资源储量达101亿吨，预测远景资源量达194.52亿吨以上，是我国特有的大宗支柱性矿产之一，发展前景很好。但与国外各类钒钛磁铁矿资源相比，攀枝花钒钛磁铁矿矿石不仅含铁品位偏低，而且作为炼铁原料，其中的 TiO_2 含量远超出一般高炉入炉原料的极限要求；作为提钛原料，则属于极贫的含钛原生矿资源。

攀西钒钛磁铁矿矿石共（伴）生元素多，矿石矿物组成复杂，分选难度大，而且我国钛铁砂矿和金红石资源不足，必须从钒钛磁铁矿同时回收利用铁、钒、钛的现实，给攀西钒钛磁铁矿的开发利用带来超乎寻常的困难。然而正是这些困难，促使人们通过长期艰苦的探索，研究掌握了以现代大型高炉冶炼高钛型钒钛磁铁矿的冶炼新技术为代表的一系列适合攀西钒钛磁铁矿的采、选、冶工艺成套技术，取得了一个又一个的综合利用新成果。经过40多年的不断探索和创新，以攀钢为代表的矿山企业在钒钛磁铁矿的开发利用技术工艺方面取得了巨大的成就，创立了世界上独树一帜的高钛型钒钛磁铁矿高炉冶炼新技术，并且拥有了从钒钛磁铁矿中回收钛精矿，生产钛白粉、高钛渣、四氯化钛、海绵钛和钛材系列技术和生产能力，从铁水中提取钒渣生产五氧化二钒、三氧化二钒，生产高钒铁、氯化钒等具有自主知识产权的技术，以及从钒钛磁铁矿中回收硫钴精矿、从钛白粉生产母液中提取钪的工艺技术等。现在攀西地区钒钛磁铁矿已成为我国最重要的钛资源基地和世界著名的钒产品生产基地，其中这里凝聚着从国家领导人到普通矿冶工作者几代人的艰苦奋斗的心血。

早在20世纪50年代，在当时地质部系统矿产综合利用研究所的前辈就曾参与过钒钛磁铁矿的地质工作。70年代后，该所从北京内迁四川，集中全所精干力量成立了由不同专业技术人员配套的专项研究队伍（时称八二〇研究队），并投入到由全国科研院所、大专院校、工矿企业组成攀西钒钛磁铁矿开发利用

科技攻关的浩荡队伍中。在矿石物质组成、铁钛选矿、综合利用冶炼新流程、自动控制技术、科技信息等方面全方位开展了试验研究工作，为攀西钒钛磁铁矿的开发利用贡献力量。这些“攀西钒钛磁铁矿工艺矿物学研究”成果，揭示了矿石微观世界的奥秘，为铁钛选矿和新流程试验研究奠定了基础，成为研究者的案头必备资料。四大矿区的选铁、选钛成果，与其他院所和矿山企业的研究成果相互融合，共同把钒钛磁铁矿开发利用的水平一步步推向前进。当时具有开创性的氧化球团矿研究成果，现已在攀西地区广泛开花结果。红格矿综合利用新流程试验结果，为红格矿钛和铬综合回收提供了科学依据，展示了广阔前景。

进入 21 世纪以来，攀西钒钛磁铁矿日益受到国家的高度重视，被视为重要的战略资源。面临钢铁生产对铁精矿质量的高要求和钛业市场对钛精矿产量增长的需求，钒钛磁铁矿的铁、钛选矿技术方面出现了许多新的难题。在这样的挑战下，中国地质科学院矿产综合利用研究所将重点放在了提高钛资源的选矿回收率和深入四大矿区及周边的钒钛矿生产企业上，进行了系统的流程考察，与矿山企业共同努力，提高了铁精矿质量，大幅度提高了钛资源的利用率，为钒钛磁铁矿的高效合理利用做出新的贡献。

钒钛磁铁矿综合利用的科学研究是一个长期的任务，实现该宝贵资源的保护和高效利用任重道远。本书拟把中国地质科学院矿产综合利用研究所建所以来至 2014 年的部分主要研究成果，以尽量尊重原作精华的原则，进行适当地筛选、提炼、分类，以资源特点、工艺矿物学研究、选铁、选钛、新流程试验为基本线索进行总结，希望这些科技人员的心血结晶能在日后的矿产开发中起到抛砖引玉和承前启后的作用。

在本书编写过程中，得到了许多领导及专家的指导与帮助，中国地质科学院矿产综合利用研究所从事攀西钒钛磁铁矿资源及综合利用技术研究的工程技术人员为本书的编写提供了大量的写作素材和技术指导，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在疏漏和错误，敬请读者指正。

编著者

2015 年 3 月

目 录

1 攀西钒钛磁铁矿资源概况	1
1.1 矿产资源概况及分布规律	1
1.1.1 矿产资源概况	1
1.1.2 含矿岩体分布规律	5
1.2 不同矿区含矿岩体的地质特征	5
1.2.1 攀枝花矿区	5
1.2.2 红格矿区	7
1.2.3 白马矿区	8
1.2.4 太和矿区	10
参考文献	12
2 选矿工艺矿物学研究	13
2.1 矿石的物质成分	13
2.1.1 矿石类型的划分	13
2.1.2 四大矿区矿石化学成分	13
2.1.3 四大矿区矿物组成	15
2.2 矿石结构与构造	15
2.2.1 矿石结构	16
2.2.2 矿石构造	17
2.2.3 矿石结构、构造与工艺的关系	18
2.3 主要矿物特征	19
2.3.1 钛磁铁矿类矿物的主要特征	19
2.3.2 钛铁矿类矿物的主要特征	23
2.3.3 硫(砷)化物类矿物的主要特征	24
2.3.4 脉石矿物类矿物的主要特征	26
2.4 矿石矿物的工艺特征	27
2.4.1 矿物的工艺粒度	27
2.4.2 主要矿物的比重	29
2.4.3 矿物的磁性	29
2.4.4 磨矿产品的矿物解离特性	30
2.4.5 主要矿物的电学性质	31
参考文献	32

3 冶金工艺矿物学研究	33
3.1 攀枝花钒钛烧结矿的矿相特征	33
3.1.1 烧结矿的矿物组成	33
3.1.2 烧结矿的生成特征	34
3.2 高炉钛渣的工艺特征	34
3.2.1 高炉钛渣的岩相特征	34
3.2.2 高炉渣中主要工艺矿物的特征	35
3.2.3 高炉渣中主要有益元素的分布	37
3.3 钒渣中的含钒工艺矿物	37
3.3.1 钛钒晶石的产出	37
3.3.2 钛钒晶石的矿物学特征	38
3.4 转炉钢渣的工艺矿物	38
3.4.1 钢渣的化学成分	38
3.4.2 钢渣的矿物组成及其特征	38
参考文献	39
4 攀西钒钛磁铁矿选铁试验研究	40
4.1 攀枝花矿区钒钛磁铁矿选铁试验研究	40
4.1.1 攀枝花钒钛磁铁矿表外矿选铁试验	40
4.1.2 攀枝花钒钛磁铁矿磁团聚重选工艺试验研究	41
4.1.3 攀枝花尚难利用矿选铁试验研究	46
4.1.4 攀枝花铁矿石近期铁矿石磨选性质研究	49
4.2 红格矿区选铁试验研究	56
4.2.1 红格矿区表内矿选铁试验研究	56
4.2.2 红格矿区表外矿选铁试验研究	77
4.3 白马矿区选铁试验研究	96
4.3.1 白马矿不同碎矿产品磨选性能试验研究	96
4.3.2 白马矿区表内矿选铁试验研究	99
4.3.3 白马矿区全区表内、外矿混合矿提高铁精矿品位试验方案的优化	102
4.3.4 磁团聚重选法试验研究	113
4.3.5 白马铁矿茆茆坪矿区风化矿选铁试验研究	119
4.3.6 白马矿区青杠坪钒钛磁铁矿选铁试验	124
4.4 太和矿区选铁试验研究	140
4.4.1 太和矿区钒钛磁铁矿选铁试验	140
4.4.2 西昌太和矿区表外矿初步可选性试验	142
4.4.3 太和钒钛磁铁矿表内、外矿混合样选矿试验研究	142
4.4.4 高效的磁铁矿选矿新方法——磁载体重选法	148
参考文献	150

5 攀西钒钛磁铁矿选钛试验研究	152
5.1 攀西地区钒钛磁铁矿四大矿区钛铁矿理论品位的研究	152
5.1.1 四大矿区钒钛磁铁矿的嵌布特征	152
5.1.2 四大矿区钛铁矿的性质	153
5.2 攀枝花矿区钒钛磁铁矿选钛研究	155
5.2.1 攀枝花选矿厂磁选尾矿选钛初步试验研究	155
5.2.2 强磁浮选攀枝花磁选尾矿钛铁矿实验室试验研究	157
5.2.3 攀枝花选钛厂圆锥选矿机粗精矿浮选钛铁试验研究	160
5.2.4 攀枝花细粒级钛铁矿最佳选矿工艺试验研究	165
5.2.5 攀枝花细(微细)粒级钛铁矿回收利用工艺技术研究	171
5.2.6 攀枝花尚难利用矿选钛试验研究	195
5.2.7 新型选钛捕收剂的研发及应用	204
5.3 红格矿区钒钛磁铁矿选钛试验成果	219
5.3.1 红格北矿区表内矿(T103)选铁尾矿综合回收研究	219
5.3.2 红格钒钛磁铁矿全矿区岩芯混合样综合回收研究	221
5.3.3 红格钒钛磁铁矿综合利用研究	223
5.3.4 龙蟒钛铁矿砂矿选钛试验研究	228
5.3.5 红格百草钒钛磁铁矿选钛试验研究	229
5.3.6 不同选钛药剂对红格钒钛磁铁矿综合回收半工业试验研究	236
5.4 白马矿区钒钛磁铁矿选钛试验研究成果	240
5.4.1 白马钒钛磁铁矿综合回收选钛试验研究	240
5.4.2 青杠坪腾家梁子钒钛磁铁矿选钛试验	242
5.4.3 青杠坪德胜公司钒钛磁铁矿选钛试验	245
5.4.4 新药剂 EMZ-510 浮选白马风化矿中钛铁矿试验	252
5.5 西昌太和矿区钒钛磁铁矿选钛试验成果	254
5.5.1 太和钒钛磁铁矿综合回收试验研究	254
5.5.2 太和铁矿选钛试验研究	256
5.6 攀西钒钛磁铁矿选钛工艺流程概述	257
参考文献	258
6 红格钒钛磁铁矿综合利用选矿试验及产业化示范工程	259
6.1 红格钒钛磁铁矿综合利用试验研究	259
6.1.1 矿石性质	259
6.1.2 铁钛分离的基本规律	260
6.1.3 选铁工艺试验研究	262
6.1.4 选钛工艺试验研究	265
6.2 红格钒钛磁铁矿综合利用产业化示范工程	268
6.2.1 产业化示范项目由来	268

6.2.2 产业化示范项目技术背景	268
6.2.3 红格钒钛磁铁矿选矿产业化示范工程开发设计	270
6.2.4 建成的红格钒钛磁铁矿综合利用选矿产业示范工程	272
6.3 红格钒钛磁铁矿综合利用高效分选技术优化	273
6.3.1 红格钒钛磁铁矿资源综合利用需要继续攻关解决的主要课题	273
6.3.2 优化研究的主要内容	274
6.3.3 红格钒钛磁铁矿表内、外混合矿技术成果创新及应用	279
参考文献	281
7 攀西钒钛磁铁矿选厂流程工艺矿物学考察研究	282
7.1 攀枝花选钛厂流程考察	282
7.1.1 选钛厂流程工艺矿物考察范围及研究内容	282
7.1.2 铁钛元素的分布规律及钒等成分的走向	283
7.1.3 铁、钛的精矿理论品位和理论回收率	284
7.1.4 选钛工艺流程样品分析	284
7.1.5 攀枝花选钛厂选钛工艺流程评述	288
7.1.6 流程考察建议	289
7.2 白马选矿厂全流程工艺矿物学考察	289
7.2.1 白马选矿厂全流程工艺矿物考察范围及研究内容	290
7.2.2 铁钛元素的分布规律及钒等成分的走向	291
7.2.3 铁、钛的精矿理论品位和理论回收率	292
7.2.4 白马钒钛磁铁矿原矿性质对选铁的影响	292
7.2.5 流程考察结论及建议	294
7.3 重钢太和铁矿选矿产品工艺考察	295
7.3.1 流程考察范围及研究内容	295
7.3.2 铁、钛、钒、钴、硫的元素平衡	296
7.3.3 选矿流程产品的矿物分析	297
7.3.4 流程考察结论	300
参考文献	300
8 攀西钒钛磁铁矿冶金试验研究	301
8.1 攀枝花钒铁精矿冶金试验研究	301
8.1.1 攀枝花式钒钛磁铁矿氧化球团升温还原膨胀机理研究	301
8.1.2 攀枝花铁精矿氧化球团试验研究	304
8.1.3 攀枝花铁精矿冷固球团造块试验研究	306
8.2 红格铁精矿冶金试验研究	306
8.2.1 红格矿区钒铁精矿钠化氧化焙烧—水浸—沉淀分离提取钒、铬 试验研究	307
8.2.2 红格矿区 T20 钒铁精矿综合回收钒、铬试验研究	307

8.2.3 红格全矿区综合样钒铁精矿综合回收钒铬试验研究	311
8.3 白马矿区钒铁精矿冶金试验研究	312
8.3.1 造球试验	313
8.3.2 球团钠化焙烧	313
8.3.3 浸出及浸出液净化	314
8.3.4 沉钒试验	314
8.3.5 铁、钛的综合利用	314
8.3.6 再磨再选样生产氧化球团试验研究	315
参考文献	315

1 攀西钒钛磁铁矿资源概况

1.1 矿产资源概况及分布规律

1.1.1 矿产资源概况

攀枝花连同西昌被称为攀西地区,与贵州的六盘水和金沙江下游川滇地区称为黄金三角,被国家列为重点开发地区,是开发大西南的战略重点。包括被誉为“钒钛之都”的攀枝花等攀西地区是我国钒钛磁铁矿床高度集中分布的成矿区,区内含钒钛磁铁矿的基性、超基性岩体均产于川滇南北构造带中段的安宁河构造带,安宁河构造带也是川滇南北构造带中构造活动最剧烈的部分。由于受深大断裂的控制,含矿岩体绝大多数产于安宁河构造带西侧与昔格达断裂带所限的狭长地带,有探明储量的大中型矿床 14 处,其中,大型以上 8 处(红格、白马、太和、攀枝花、安宁村、白草、中干沟、秀水河),中型 6 处(湾子田、中梁子、新街、普隆、马鞍山、巴洞)。

攀西地区铁矿储量在全国铁矿四大矿区(鞍本、攀西、冀北、五岚)中名列第二。近几年攀西地区探明铁矿储量还在不断增加,按照目前的开采水平,可开采上百年。

我国攀枝花—西昌地区,蕴藏着丰富的钒钛磁铁矿资源。现已探明的有攀枝花矿区、白马矿区、红格矿区及太和矿区等四大矿区构成的特大型矿床。截至 2006 年底,四大矿区及外围矿区矿石地质储量约 96.6 亿吨。钒钛磁铁矿除含铁外,还共生有钒、钛、铬、钴、镍等具有战略意义的金属,它们的含量大都达到综合利用的工业指标,回收价值很高,且蕴藏量十分巨大。其中钛(以二氧化钛计)的资源量为 5.93 亿吨,占全国钛资源量的 90%,表外矿中还有 2.95 亿吨储量。钒(以五氧化二钒计)的储量 1475 万吨,占全国已探明钒资源储量的 62%,表外矿中还有 557 万吨储量。目前,世界钒工业利用的钒资源主要来自钒钛磁铁矿,少量来自钒铀矿、磷铁矿以及石油渣。攀枝花钒资源在全球钒资源中占有重要地位。

攀枝花、白马、红格、太和四大矿区钒钛磁铁矿的储量占攀西地区钒钛磁铁矿总储量的 96%,而这四大矿区中,除太和矿区外,其他都分布在攀枝花地域内。这些矿区矿产埋藏浅,剥离量小,都可露天开采,而且距成昆铁路近,交通方便。矿区附近还蕴藏有丰富的熔剂石灰石和白云石,硬质耐火黏土储量也十分可观,这些冶金辅助原料可以就近供给以满足冶金工业的需要。

经过多年的开发,攀西钒钛磁铁矿消耗资源储量 67796.45 万吨,现有保有资源储量 8731512.05 万吨,攀西钒钛磁铁矿保有资源储量见表 1-1。

攀西钒钛磁铁矿中,攀枝花、红格、白马三大矿区及潘家田白草铁矿、中干沟铁矿均位于攀枝花市区域内,区内铁矿石 TiO_2 、 V_2O_5 储量见表 1-2。

攀枝花矿区是攀西地区钒钛磁铁矿四大矿区之一,是四大矿区中最先开发利用的矿区,主要以兰尖铁矿(兰家火山矿和尖包包矿)、朱家包包铁矿为主,其次还包括倒马卡、公山和纳拉箐矿段。矿区的铁矿石和 TiO_2 、 V_2O_5 储量及至 2004 年保有储量见表 1-3。

表 1-1 攀西钒钛磁铁矿矿石保有资源储量 (千吨)

矿 区	保有储量	保有基础 储量	保有 资源量 合计	保有资源 储量	可回收 资源量	消耗 资源储量
马鞍山铁矿	0	0	15702.4	15702.4		5565.5
盐边县中梁子铁矿	0	0	37260.7	37260.7		0
红格北矿区	0	391744	1200071.4	1591815.4		30604.6
红格铜山矿区	0	474.8	560118.3	560593.1		3331.7
红格马松林矿区	0	0	177547.9	177547.9		1895.3
红格路枯矿区	0	0	1207002.3	1207002.3		791.3
盐边县红格湾子田矿区	0	0	97640	97640		0
中干沟矿区	0	0	239775	239775		0
倒马坎铁矿	0	16869.46	204860.27	221729.73		2665.3
公山铁矿区	0	0	35363.36	35363.36		0
纳拉箐铁矿区	0	0	20435.31	20435.31		0
朱家包包、兰家火山、尖包包矿区	0	85974.6	615341.49	701316.09		528718.29
白马铁矿茈茈坪、田家村矿区	0	569936.2	511315	1081251.2		13953.9
白马铁矿青杠坪矿区	0	0	410133.4	410133.4		4599.2
白马铁矿马槟榔矿区	0	0	166014	166014		0
新街铁矿区	0	0	41495.7	41495.7		0
潘家田铁矿区	0	0	352357.97	352357.97		32528.01
安宁村铁矿区	0	9266.1	174863	184129.1		14170.7
白马铁矿夏家坪矿区	0	0	44592.22	44592.22		39.68
攀得铁矿区	0	0	409.6	409.6		258.7
盐边县红格箐尾铁矿区	0	0	9738.57	9738.57		0
西昌市太和矿区	138613.96	165647.66	1133217.61	1298865.27	599006.38	22251.55
德昌县巴洞铁矿区	0	0	3834.89	3834.89		679.1
会理县白草铁矿区	0	11412.03	103468.31	114880.34		6265.33
会理县秀水河铁矿区	0	47076.57	44982.28	92058.85		9646.29
会理县茨竹箐铁矿区	0	0	25570.1	25570.1		0
合 计	138613.96	1298401.42	7433111.08	8731512.05	599006.38	677964.45

注：资料来源为四川省地矿局 106 地质队提供的储量核查结果（截至 2006 年）。

表 1-2 攀枝花市钒钛磁铁矿资源储量 (万吨)

产地名称	探明资源储量 (A + B + C 储量, D 资源)	预测资源 储量总量	规 模	备 注
攀枝花铁矿	储量 68803	320437	大型	伴生钛 11142
	资源 27488			伴生钒 281
白马铁矿	储量 73431	405259	大型	伴生钛 4754
	资源 45869			伴生钒 294

表续 1-2

产地名称	探明资源储量 (A + B + C 储量, D 资源)	预测资源 储量总量	规 模	备 注
红格铁矿	储量 114644	629416	大型	伴生钛 19746
	资源 69455			伴生钒 449
白草—潘家田	储量 13065	155115	大型	伴生钛 6293
	资源 37185			伴生钒 135
中干沟铁矿	储量 6442	39876	大型	伴生钛 1936
	资源 9610			伴生钒 40
弯子田		9764	中型	伴生钛 619
	资源 5058			伴生钒 12
新 街		4149	中型	伴生钛 286
	资源 3024			伴生钒 10
马鞍山		13827	中型	伴生钛 190
	资源 1334			钒 4
中梁子		39560	中型	伴生钛 175
	资源 1250			钒 4
萝卜地		2600	矿点	伴生钒 0.2
	资源 86			
白沙坡		16900	含矿岩体	
猛良坝		8300	含矿岩体	
小米地		5000	含矿岩体	
米易坝头上		4500	含矿岩体	
米易榕树湾		4000	含矿岩体	
攀枝花大老包		3700	含矿岩体	
攀枝花猛新		2000	含矿岩体	
攀枝花新桥		1800	含矿岩体	
米易万坡		1600	含矿岩体	
米易黄草		700	含矿岩体	
米易蜂岩子		400	含矿岩体	
合 计	储量 276385	1668903		伴生钛 45141
	资源 200359			钒 1229.2

表 1-3 攀枝花矿区钒钛磁铁矿全矿区铁矿石、TiO₂、V₂O₅储量

矿区	储量 级别	地勘或储委批准储量					设计利 用储量 /万吨	2004 年末保有储量					
		表内矿		表外矿				表内矿			表外矿		
		铁矿石 /万吨	V ₂ O ₅ /t	铁矿石 /万吨	TiO ₂ /千吨	V ₂ O ₅ /t		铁矿石 /万吨	TiO ₂ /万吨	V ₂ O ₅ /t	铁矿石 /万吨	TiO ₂ /千吨	V ₂ O ₅ /t
朱矿	B 级	5657.7	178636	680.3	7872	10656		9696.9	4926.0	290907	3853.4	4110.4	104366
	C 级	28176.1	739598	7479.7	40008	110994		887.3	450.7	29187	95566	10672.8	224171
	B + C	33833.8	918234	8160.0	47880	121650	18584.27	10584.2	5376.7	320094	13410.0	14783.2	328537
	D 级	6278.9	162745	15032.6	19199	206211	12205.36	12644.6	18155.5	189670	17452.5	17753.6	341085

续表 1-3

矿区	储量 级别	地勘或储委批准储量					设计利 用储量 /万吨	2004 年末保有储量					
		表内矿		表外矿				表内矿			表外矿		
		铁矿石 /万吨	V ₂ O ₅ /t	铁矿石 /万吨	TiO ₂ /千吨	V ₂ O ₅ /t		铁矿石 /万吨	TiO ₂ /万吨	V ₂ O ₅ /t	铁矿石 /万吨	TiO ₂ /千吨	V ₂ O ₅ /t
兰山	A 级	4761.9	166288	408.4	5974	6506		9480.0	427.7	293872	934.0	429.4	30489
	B 级	3060.9	94949	372.3	3776	5930							
	C 级	18612.6	554325	2897.4	22787	43908		906.0	404.8	26926	1465.9	653.7	44028
	A + B + C	26435.4	815562	3678.1	32537	65344	25920.80	10386	4680.7	320798	2399.9	1083.1	74517
	D 级	7880.1	232946	8245.4	15350	114298	3595.76	6561.6	12524	103873	6554.7	7661.8	137578
尖山	B 级	1167.1	41820	59.2	1429	997		910.0	408.4	35103	48.4	231	1802
	C 级	5027.1	170474	114.5	2447	2014		55.6	24.0	1965	886.9	396.7	28926
	B + C	6194.2	212294	173.7	3876	3011	3352.1	965.6	432.4	37068	935.3	419.8	30729
	D 级	3975.2	136902	1207.8	8450	19806	2842.1	453.6	1426.2	8635	3169.8	3466.1	98459
开采矿 山合计	A + B + C	6643.4	1946090	12461.8	84293	197800	47857.26	21935.8	10489.8	677960	16745.2	16286.1	433783
	D 级	18134.2	532593	19918.5	42999	340315	18643.22	19659.8	32105.7	302178	27177.0	28881.5	577122
倒马 坎	B 级	2516.5	81952	247.2	2945	4065							
	C 级	8392.6	253305	2876.6	13769	38915							
	B + C	10909.1	335257	3123.8	9203	42980							
	D 级	7069.3	199409	2743.7	1636	38383							
公山	C 级	1289.1	34984	52.8	3641	812							
	D 级	2247.7	75616	1125.8	766	15316							
纳拉 箐	C 级	666.5	21132	93.1	1410	1490							
	D 级	710.7	20116	863.3	17039	13076							
未采矿 山合计	B + C	12864.7	391373	3269.7	14254	45282							
	D 级	10027.7	295141	4732.8	101332	66775							
全矿区 合计	A + B + C	79328.1	2337463	15731.5	89627	243082							
	D 级	28161.9	827734	24651.3		407090							

注：1. 朱矿、兰山的储量系国家储委 1964 年第 295 号文批准，尖山通过补充勘探后，1976 年省储委第 116 号意见书审批恢复原地的储量。倒马坎、公山、纳拉箐的储量系地勘储量，但是 TiO₂ 储量以储委意见作了相应处理。

2. 国家储委第 295 号文件将 TiO₂ 储量全部定为表外矿，1995 年储量核定时，省储委将表内铁矿石中 40% 的 TiO₂ 定为表内 TiO₂ 储量。

3. 1995 年储量核定将Ⅳ、Ⅴ矿带的贫矿（20%~22.99%）降为表外矿，使表外矿储量增加 4359.4 万吨。

从表 1-3 可以看出，至 2004 年，攀枝花矿区开采矿山的保有储量表内矿仅有 19659.8 万吨，其中 TiO₂ 储量 32105.7 万吨，V₂O₅ 储量 302178t。攀枝花矿区大部分资源储量已消耗，按现在开采规模，尚可稳产 18 年左右，如果生产规模扩大，则服务年限将更短。

1.1.2 含矿岩体分布规律

攀西地区含钒钛磁铁矿的基性、超基性岩体,由于严格受深大断裂的控制,绝大多数均产于安宁河断裂带西侧与昔格达断裂带所限的狭长地带,此带由北向南包括太和、巴洞、白马、安宁村、白草、马鞍山、中干沟等较大的含矿岩体以及一些较小的含矿岩体。另有少部分含矿岩体,以攀枝花为代表,出现在雅砻江断裂带与云南永胜、宁蒗交接复合部位。

不少岩体与底板或顶板围岩呈“整合”状接触,属顺层侵入体。在太和矿体中,尚见有大量薄层状围岩的俘虏体,其产状与岩体的流状或层状一致。这些相互关系说明,不仅断裂对岩体的产出起着控制作用,而且围岩的褶皱构造及层面间隙对岩体的产出形态也具有明显的控制作用。

含矿岩体的规模一般长度为1~24km,宽度0.4~0.5km,面积约0.4~50km²,较大的矿体经勘探证实延深600~1000km以上并未见薄。

岩体侵入时代能够直接见到的相互关系是,含钒钛磁铁的基性超基性岩体往往侵入到上震旦系灯影组,少数岩体与前震旦系上部的浅变质岩呈侵入接触。对攀枝花、红格、白马、太和等主要矿体测得绝对年龄值为3.34~3.75亿年,故属华力西期的产物。矿体的围岩上部是上震旦系灯影组的白云质灰岩,而白马矿体的围岩是前震旦系上部的大理岩和板岩。

岩体类型及其分异特征:按岩石组合特征或划分为基性超基性岩体、基性岩体与超基性岩体三种类型。基性超基性岩体以白马、红格、白草、安宁村等岩体为代表。在岩体内,由于岩浆分异作用形成一系列基性岩与超基性岩。基性岩主要是辉长岩;超基性岩包括橄辉岩、橄榄岩、辉石岩、辉橄岩、纯橄榄岩等。岩体自下而上总的变化趋势是基性程度逐渐降低,在这类岩体中,钒钛磁铁矿多数分布在超基性岩内,并且铬、镍、铜等伴生组分的含量较高。基性岩体以攀枝花、太和、巴洞等岩体为代表,其主体是各种形式的辉长岩、包括富磷灰石的辉长岩等。岩体自下而上也具有基性程度逐渐降低的趋势。钒钛磁铁矿主要产于岩体之中下部。超基性岩体存在两种情况:一种是某些基性超基性岩体可能属多期次侵入的复合岩体;另一种情况是因剥蚀只见有超基性岩。该岩体含矿性的差异较大。

岩石化学特征最突出的特点是富铁、钛,二氧化硅不饱和及含氧化钙高,经岩石化学计算,超基性岩的镁铁比(M/F)为1.4~2.5,基性岩中辉长岩M/F值为0.6~1.2,橄榄辉长岩和橄长岩M/F值为0.8~1.9,故含矿母岩应属铁质、富铁质超基性岩与铁质基性岩。含二氧化钛通常可达1.43%~4.90%,显然高于一般值。基性岩含氧化钙为7.75%~16.95%,多数大于12%,与我国和世界辉长岩的平均值8.27%、10.98%相比较,攀西地区辉长岩含氧化钙高出较多。

1.2 不同矿区含矿岩体的地质特征

1.2.1 攀枝花矿区

攀枝花矿区的含矿岩体北东走向,倾向北西的单斜层状侵入体,大致“整合”地侵入在震旦系灯影组白云质灰岩中,如图1-1和图1-2所示。灯影组白云质灰岩,构成岩体的底板围岩,接触带已发生明显的大理岩化、镁橄榄石化和蛇纹石化等。岩体上部与上叠系

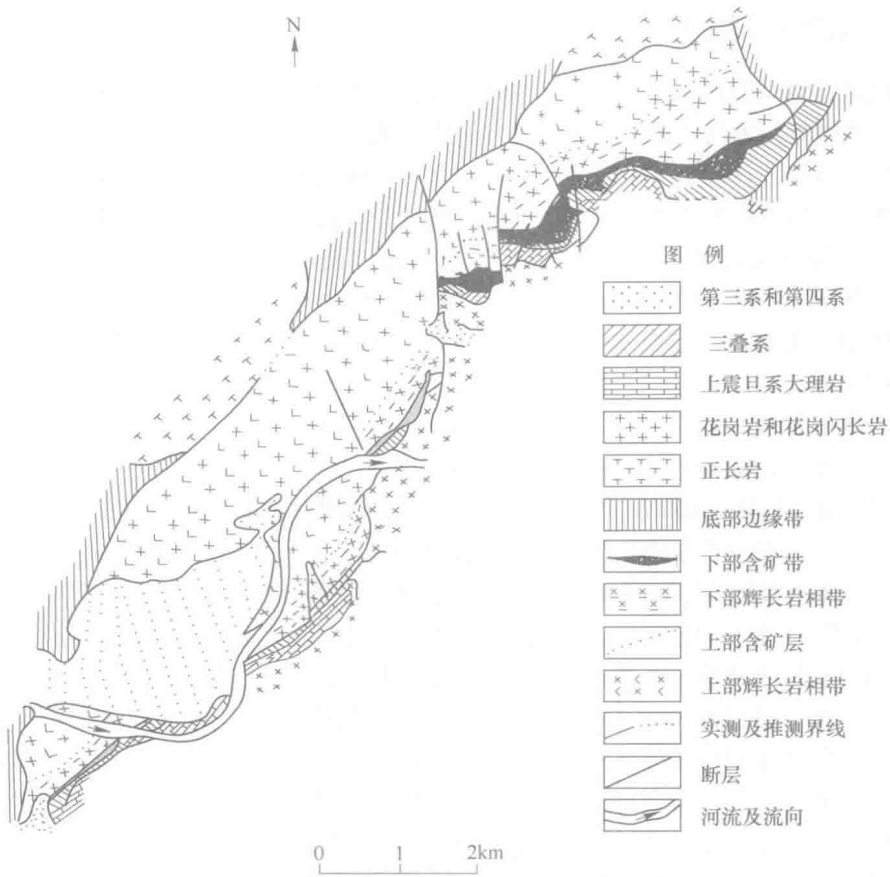


图 1-1 攀枝矿矿区含矿岩体地质略图

地层和部分正长岩呈断层接触。此断层走向与岩体走向基本一致，但倾向相反。岩体的产状要素：走向北东 45° ，沿走向延伸达 19km，宽度为 1~3km，面积约 38km^2 ；倾向北西，倾角 $30^\circ \sim 70^\circ$ ；岩体厚度 2km 左右。绝大部分矿体赋存在岩体下部的岩相带内。经钻探证实，岩体及矿体沿倾斜方向延伸近 1000m 未见变薄。

该矿段由东北向西南依次划分朱家包包、兰家火山、尖包包、倒马坎、公山、纳拉箐等六个矿段。目前仅对前三个矿段开采利用。

矿区内流状与层状构造发育，其产状大体上与岩体底板的产状一致。后期断裂有三组，一组为走向北东的逆断层；二组为走向南北的平移断层；三组是走向北西的横切断层。其中南北向平移断层把岩体和矿体分割错断，上述六个矿段的划分就是以此组断层为界的。

矿体自上而下按岩石特征和含矿性的差异，可划分为五个岩相带与含矿带。整个攀枝花岗岩体虽然以基性岩占绝对优势，但岩体的分异现象却清晰可见：

(1) 岩石的组成，除底部边缘带之外，其他岩石系明显组成两个旋回的层状构造，即：由下部含矿带与下部辉长岩相组成第一旋回；由上部含矿带与上部辉长岩相带组成第二旋回。每一旋回的底部均能见到薄层超基性岩，并且，每一旋回均显示出向上斜长石增多，向下铁钛氧化物与铁镁矿物逐渐聚集增多的趋势。