

《钒钛磁铁矿矿物定量检测方法》
国家标准编制说明
(征求意见稿)

中国地质科学院矿产综合利用研究所
二〇二一年十一月六日

目 录

钒钛磁铁矿矿物定量检测方法 起草制订编制说明.....	1
一、任务来源和目的.....	1
二、项目制定单位基本情况.....	2
三、主要工作过程.....	9
四、国家标准编制原则和确定国家标准主要内容.....	11
4.1 制订原则.....	11
4.2 制订依据.....	11
5.1 国内外钒钛磁铁矿矿物定量检测方法标准概况.....	12
5.2 标准制订路线及特点.....	13
5.3 主要试验（或验证）的分析.....	13
5.3.1 第一次比对试验.....	14
5.3.2 第二次比对试验.....	22
5.3.2 第三次比对试验（筛析样）.....	28
5.4 与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性.....	37
5.5 预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况.....	37
六、标准水平和标准性质的建议说明.....	38
七、标准的实施建议.....	38

钒钛磁铁矿矿物定量检测方法

编制说明

一、任务来源和目的

经国家标准化管理委员会（以下简称：国标委）审查、批准国家标准《钒钛磁铁矿矿物定量检测方法》立项，标准项目归口管理委员会为CSTM/FC20 钒钛综合利用领域委员会，标准计划编号为 2020306 3-T-605，标准牵头单位为中国地质科学院矿产综合利用研究所。

钒钛磁铁矿是国家战略资源，钒钛磁铁矿中主要利用元素铁（Fe）、钛（Ti）和钒（V）赋存状态复杂，主要赋存在固溶体分离形成的复合矿物——钒钛磁铁矿和粒状钛铁矿中，该两种矿物分别为钒钛铁精矿和钛精矿的主要矿物，前者为钢铁生产原料，后者为海绵钛和钛白粉生产原料。复合型矿物内部结构异常复杂，超细磨方可使单晶矿物部分解离，从钒钛磁铁矿获高品位铁精矿和钛精矿的难度较大。故此，准确测量各矿区的复合型矿物的含量，是准确衡量各选厂理论品位和回收率的关键，也能更准确地反应出钒钛磁铁矿综合利用的特点。分析检测作为资源综合利用的重要支撑手段，进一步完善分析标准体系已迫在眉睫。中国攀枝花地区钒钛磁铁矿储量占全国的 95%以上，是中国最大的钒钛磁铁矿资源，有价组分的开发利用潜力巨大。

二、项目制定单位基本情况

中国地质科学院矿产综合利用研究所（简称：成都综合利用所）隶属中国地质调查局，为中国地质调查局直属中央公益性地质调查队伍。中国地质调查局为自然资源部直属的负责统一部署和组织实施国家基础性、公益性、战略性地质和矿产勘查工作的副部级事业单位。

成都综合利用所前身是 1953 年成立于北京的“地质部地矿司技术加工室”；1958 年更名为“地质部矿物原料研究所第七室”；1964 年经国家科委批准，正式成立“地质部矿产综合利用研究所”；1965 年研究所“三线”内迁至四川省峨眉县；1992 年研究所从峨眉迁至成都，峨眉保留作为中试基地；2000 年，经中央编办批准，更名为“中国地质科学院矿产综合利用研究所”；2005 年，国土资源部将成都综合利用所划归中国地质调查局直接管理。

建所 63 年以来，先后对国内外 1000 多个矿区矿产资源进行了综合利用试验研究，对国内 10 余个矿集区开展了综合地质调查评价，提交各类试验研究和调查评价报告 2000 余份，已有 130 余项科研成果获得国家、省部级奖励，50 余项技术获得国家发明专利。其中：国家科技进步一等奖 2 项，二等奖 1 项；中国专利发明创造金奖 1 项；部级科技成果特等奖 1 项，一等奖 11 项，二等奖 25 项等等。荣获原地质部功勋研

究所、全国文明单位、全国模范地勘单位等多项荣誉。

成都综合利用所业务领域：以稀土资源为核心，以“三稀”资源为重点，兼顾其他矿产资源，长期从事地质矿产调查、矿产综合利用、技术经济评价和科技成果转化产业开发工作。已发展形成了矿冶工程研究、资源与环境地质调查、分析测试三大业务体系。具有固体矿产勘查、地质实验测试（岩矿鉴定、岩矿测试、选冶试验）甲级资质，以及水文地质调查、工程地质调查、环境地质调查等相应资质，并通过 ISO9001 质量管理体系认证。

成都综合利用所拥有一支涵盖地质找矿、资源综合利用、综合评价等专业，层次布局合理的专业人才队伍。配置有 1700 余台（套）具有国际先进水平的科研试验装备和选冶中间试验装置，能承担从实验室试验到中间试验、半工业试验的各类科研任务。为我国建设以攀西钒钛磁铁矿、白云鄂博稀土铌铁多金属矿、金川铜镍矿三大共生矿为标志的大型资源基地的开发建设提供了可靠的技术支撑和战略性基础资料；使宜昌胶磷矿、广西下雷碳酸锰矿、内蒙古黄岗铁锡矿等复杂难选冶低品位新类型矿产从“难利用矿”变成了“可利用矿”；通过改善矿产资源的可利用性和开拓新资源，为我国的地质事业和矿产资源的保护和综合利用做出了显著的贡献。

鞍钢集团钒钛（钢铁）研究院（攀钢集团研究院有限公司）（以下简称“研究院”）是鞍钢集团三大研究院之一，是攀钢集团的核心研发机构，是中国具有影响力的以钒钛为主的综合性研究开发机构。其前身是1964年在辽宁鞍山建立的鞍山钢铁研究院，同年10月国家科委、国家计委决定内迁四川，更名为冶金工业部西南钢铁研究院；1972年更名为冶金工业部攀枝花钢铁研究院；1983年进入攀钢集团组成生产——科研联合体；2000年，作为国家242家科研院所之一转制为科技型企业；2013年变更为鞍钢集团钒钛（钢铁）研究院。

研究院以攀西钒钛磁铁矿综合开发利用及其产业链延伸为主线，以提高资源利用效率和产业结构层次、拓展钒钛应用领域为目标，围绕钒钛磁铁矿的冶金分离（铁、钒、钛、铬）、钒钛制备新技术、钒钛精细化工产品、钛及其特种材料、钒钛钢新材料、含钒铁道用钢、稀贵金属的回收利用、能源环保等方向领域，开展相关重点应用基础、重大前沿共性技术、关键瓶颈技术及工程转化等研发。研究院包括攀枝花、成都、北京三个研发基地。按照“一产业一研究所”、“一战略产品（工艺平台）一项目团队”的基本模式，下设钒技术研究所、钛化工技术研究所、钛金属技术研究所、汽车与家电用钢技术研究所、轨道交通用钢技术研究所、材料工程技术研究所、特钢技术研究所、矿冶技术研究所、环保

技术研究所、分析测试中心、技术发展研究中心、科研保障中心、成果转化中心。

现有员工 1000 余人，其中科技人员 600 余人，包括外聘院士、知名教授、国家有突出贡献中青年专家、新世纪百千万工程国家级人选、国务院政府津贴专家等 50 余人；四川省有突出贡献专家、学术技术带头人及后备人选 30 余人；博士后科研工作站累计进站 19 人；博士、硕士研究生 310 余人；高级技术职称人员 240 余人。

研究院拥有以国家级技术中心、钒钛资源综合利用国家重点实验室、高速重载钢轨国家地方联合工程研究中心为核心的技术研发平台；拥有以国家钒钛质检中心、CNAS、CMA 为代表的分析检测平台；拥有以钒钛磁铁矿资源综合利用产业技术创新战略联盟、四川省院士工作站、博士后工作站为代表的智力共享平台；拥有以系列钒钛中试线为特色的工程转化及产业孵化平台。现有固定资产 8.67 亿元，仪器设备 4000 余台（套）。先后建成钛钢联合、重轨、矿冶、钛化工、钒技术、环保工程、钛铸造、增材制造、材料成型、材料焊接、材料热处理、理化测试、数值仿真等专业实验室，建成金属丝材和金属管材制备中心，建成 10 万 t/a 钒钛矿资源综合利用新工艺、1 万 t/a 高炉渣生产四氯化钛、5000t/a 高品质富钛料、300t/a 钛白新产品试制、沸腾氯化等特色中试

平台。与哈尔滨工业大学、天津大学、西南石油大学、西南交通大学、中国铁道科学院、长虹集团、美的集团、万控集团、五菱工业汽车有限公司等高校、科研院所和企业共建联合实验室。

建院以来，攻克了普通高炉冶炼高钛型钒钛磁铁矿的世界难题，使“呆矿”变成了经济资源，拉开了钒钛资源综合利用的序幕；开发出了雾化提钒、转炉提钒等成套装备技术，使我国从钒进口国一跃成为钒出口国，支撑攀钢发展成为世界第一大产钒企业；开创了钒钛磁铁矿中钛资源回收利用的先河，改变了世界钛资源的分布与结构，攀钢成为我国最大的钛原料基地。获得国家、省（部、行业协会级科技进步奖 352 项，其中国家级成果 25 项、省部级成果 327 项。拥有有效专利 1280 项，其中发明专利 1264 项、国际专利 77 项。近 5 年共发表核心期刊论文 348 篇、SCI/EI 收录论文 55 篇。

广东省科学院资源利用与稀土开发研究所，隶属于广东省科学院。2021 年 3 月，由原广东省科学院下属的资源综合利用研究所和稀有金属研究所合并组建而成。原广东省科学院资源综合利用研究所、广东省科学院稀有金属研究所分别由广州有色金属研究院选矿工程研究所、广州有色金属研究院稀有金属研究所为基础组建而成。广东省科学院资源利用与稀土开发研究所，为广东省科学院骨干科研机构之一，是公益二类

事业单位，距今有 87 年历史。研究所编制 260 人，现有职工 160 人，其中享受政府特殊津贴专家 3 人，教授级高级工程师和高级工程师 78 人，其中二级教授 5 人，博士、硕士 103 人，形成了一支人才结构合理、充满活力、创新潜力突出的中青年科研队伍。

依托本研究所建设了稀有金属分离与综合利用国家重点实验室、国家钛及稀有金属粉末冶金工程技术研究中心、广东省矿产资源开发及综合利用重点实验室、广东省稀土开发及应用研究重点实验室、广东省有色金属废料资源化利用与无害化处置工程技术研究中心。

全所房屋面积 2 万多平方米，其中实验室面积超过 1.6 万平方米；拥有一大批基础理论和应用研究所用的试验设备，价值 6000 多万元，设备数量 1000 多台套。

研究所面向国家及广东省资源利用和稀有金属开发重大需求，开展稀有金属及相关领域的基础研究、应用基础研究、应用技术研究及资源利用等基础性和关键共性技术研究，为矿产和二次资源利用提供技术支撑；开展有色金属污染防治、固体废弃物资源化利用、稀有金属及稀土功能材料、新能源材料及器件、矿物工艺学等研究，为企业提供硬脆材料加工用助剂研发中试及技术服务；承担稀有金属分离与资源综合利用创新平台建设；提供稀有金属领域的分析测试、技术咨询、科学传播、

人才培养等服务。近五年来，承担国家重点研发计划、国家支撑计划、国家自然科学基金等国家、省市纵向课题 223 项，企业横向课题 344 项；获省部级科技奖励 15 项，申请发明和实用新型专利 315 件，获得授权专利 112 件，发表期刊论文 353 篇，出版论著 2 部；科研经费总收入近 3 亿元；科技产品产值近 6 亿元。

编制组成员信息：

成员姓名 ★为工作组 组长	所在单位	专业方向	电话	邮箱
★ 李潇雨	中国地质科学院矿产综合利用研究所	工艺矿物学	13880495523	235890336@QQ.com
史志新	攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司	工艺矿物学	13982395337	shizhixin10@163.com
李波	广东省科学院资源利用与稀土开发研究所	工艺矿物学	15902074900	lib0801@163.com
朱志敏	中国地质科学院矿产综合利用研究所	矿床学	13408699356	zhu-zhimin@163.com
张裕书	中国地质科学院矿产综合利用研究所	矿物加工工程	18030548878	zys2621@126.com
陈超	中国地质科学院矿产综合利用研究所	矿物加工工程	18280101125	chenchao43420@126.com
汪波	布鲁克（北京）科技有限公司	岩石矿物材料	15013027066	402171499@qq.com

王越	中国地质科学院矿产综合利用研究所	工艺矿物学	18108040697	imumrwy@163.com
----	------------------	-------	-------------	-----------------

主要起草人及所做工作

起草人：李潇雨，承担标准的立项、论证，标准框架设立，调研方案的制定，编写标准的征求意见稿、送审稿及报批稿等工作；

起草人：史志新，承担标准的立项、论证，标准框架设立，调研方案的制定等工作；

起草人：李波，参与标准的立项、论证，标准框架设立，调研方案的制定及标准编写等工作；

起草人：朱志敏，参与标准的立项、论证，标准框架设立，调研方案的制定及标准编写等工作；

起草人：张裕书、参与标准的立项、论证，标准框架设立，调研方案的制定及标准编写等工作；

起草人：陈超，参与标准框架的设立，调研方案的制定和实施及标准编写等工作；

起草人：汪波，参与标准编写工作；

起草人：王越，参与标准编写工作；

三、主要工作过程

起草(草案、调研、研讨)阶段：2020年12月完成课题的申报、实施方案的编写，制定了具体、可行的技术路线，进行了相关资料的收集、分析，拟定了调研提纲。

2021年1月~3月，确定了标准编写的总体思路。在分析总结现行有关规范相关规定的基础上，草拟了《钒钛磁铁矿矿物定量检测方法》（下称矿物定量检测方法）中样品的采集、分析样品制备流程、仪器准

备、矿物含量测定、数据校准以及技术要求等内容，起草形成标准第1稿（讨论稿初稿）。

2021年1月-2月，建立国家标准《矿物定量检测方法》工作组，召开第一次工作会议，将项目公示情况以及项目主要任务和目标进行说明，对项目工作进度和时间安排进行了详细介绍，并将初稿发至工作群中讨论和修改。

2021年4月，李潇雨、史志新、李波、张裕书、陈超、王越、朱志敏、汪波等在微信工作群内召开了第二次工作会议。会议就标准的内容修改、实验室对比试验等问题展开了热烈的讨论。听取了李波、史志新、汪波、陈超、王越等同志的意见，将于5月前完成修改后的讨论稿内容。

2021年3月-4月，完成第一轮比对试验，在第一轮试验的基础上，项目组确定了第二次比对试验的思路和设置，完成了对初稿的第一次修改工作。

2021年5-6月，完成了第二轮试验，试验结果符合标准的要求，在第二轮试验的基础上，对初稿进行了第二次修改工作。

2021年7-9月，完成了第三轮比对试验，此次试验的结果符合标准的要求，在第三轮试验的基础上，完成了修改稿的内容。

2021年9-10月，召开第三次工作会议，项目组各位专家们就标准

的内容提出了建议和补充，并就各章节细节进行修改和完善，在此基础上项目组完成了修改稿的编写，完善了标准审批稿。

征求意见阶段： 2021年11月，将标准征求意见稿和编制说明发送到 CSTM 标准委员会钒钛综合利用领域委员会审核发布后面向社会广泛征求意见。

审查阶段：

报批阶段：

四、国家标准编制原则和确定国家标准主要内容

4.1 制订原则

4.1.1 注重钒钛磁铁矿矿物定量检测方法、手段的先进性、应用推广和主流发展趋势，参考国内外先进标准，本着先进性、科学性、合理性和可操作性以及标准的目标、统一性、协调性、适用性、一致性和规范性的原则来进行本标准的制定工作。

4.1.2 在确定本标准主要评价指标时，综合考虑生产企业的能力，寻求最大的经济、社会效益，充分体现了标准在技术上的先进性和合理性。

4.1.3 充分考虑了满足国家法律法规、安全卫生以及环保法规的要求。

4.2 制订依据

4.2.1 根据中华人民共和国国家标准 GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》和 GB/T 20001.4-2001《标准编写规则，第4部分：试验方法标准》的要求和规定编写本标准的内容，参照 GBT 17359《微束分析 能谱法定量分析》、GB/T 15074《电子探针定量分析方法通则》、GB/T 17359《电子探针和扫描电镜 X 射线能谱仪定量分析通则》、GBT 17366《矿物岩石的电子探针分析试样的制备方法》、DZ/T 0130.16《地质矿产实验室测试质量管理规范》、DZJT 0275.1《岩矿鉴定技术规范》的内容编制，并且听取了国内有关部门及生产企业的意见。

4.2.2 本标准应具有科学性、先进性、系统性和可行性，同时标准要具有可操作性和重要的规范性。

五、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

5.1 国内外钒钛磁铁矿矿物定量检测方法标准概况

5.1.1 国内外对该技术研究情况简要说明：国外无相关的行业标准，国内相关行业标准主要为《微束分析 能谱法定量分析》（GBT 17359-2012）、《电子探针定量分析方法通则》（GB/T 15074-2008）、《电子探针和扫描电镜 X 射线能谱仪定量分析通则》（GBT

17366-1998)、《矿物岩石的电子探针分析试样的制备方法》(GB/T 17359-1998)、《地质矿产实验室测试质量管理规范》(DZ/T 0130.16)。这些标准主要针对一般矿物岩石的能谱或电子探针定量测试分析,对钒钛磁铁矿中的钛磁铁矿、钛铁矿等复合型矿物定量测试适用性较差。由于钒钛磁铁矿复合型矿物的特殊性,急需结合国内相关的标准规范,制定与之相适应的矿物定量测试方法标准。

5.1.2 项目与国际标准或国外先进标准采用程度的考虑:该标准项目尚无对应的国际标准或国外先进标准。本标准推广应用后可择机制定国际标准。

5.1.3 与国内相关标准间的关系:国内没有相关标准。

5.2 标准制订路线及特点

矿物参数自动定量分析系统(MLA/AMICS)是目前全球较为先进的一种矿物分析方法,该方法电子扫描电镜、能谱仪为硬件平台,引入全新的图形处理技术准确区分矿物颗粒边界,引入先进的谱图比对技术,保障了数据库建立和矿物识别,可用于定量方向矿石中矿物的种类、含量、颗粒尺寸、连生关系、共生关系、解离度等重要参数。为提高钒钛磁铁矿中矿物的检测准确率,降低检测误差,将矿物参数自动定量分析与其他传统分析方法结合,前期对比、后期校准,通过实验流程的规

范和实验条件优化，确定了钒钛磁铁矿矿物定量检测方法。

本方法具有快速高效，准确可靠的特点，符合国家倡导的绿色环保、节能减排的要求，能为钒钛磁铁矿开发利用提供快速高效绿色的分析技术支持，满足攀西国家战略资源创新开发试验区建设需要。

5.3 主要试验（或验证）的分析

参与此次比对试验的研究院所（实验室）分别是：

广东省科学院资源利用与稀土开发研究所（下文简称广州院）、攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司（下文简称攀研院）、中国地质科学院矿产综合利用研究所（下文简称成都综合所）。

仪器和参数：

广州院参与测试的仪器为 MLA，型号：MLA650

攀研院参与测试的仪器为 AMICS，型号：Sigma 500

成都综合所参与测试的仪器分别为 MLA 和 AMICS，其中 MLA 型号为 MLA250，AMICS 型号为 Sigma 500。

5.3.1 第一次比对试验

攀西地区是我国钒钛磁铁矿床高度集中分布的成矿区，主要的含矿岩体可分为 4 个区域，分别是攀枝花矿区、太和矿区、白马矿区和红格矿区。本次试验选取攀枝花矿区密地选矿厂和白马矿区白马选矿厂的钒

钛磁铁矿精矿样品作为测试的目标样品。

由成都综合所制片工作室统一制备测试样品：垂直观测面将样品切割成两个对切面，将两个对切面做为新的观测面进行包埋，最终完成了密地选矿厂和白马选矿厂样品的制备。

由三个实验室共同完成对 2 大矿区钒钛磁铁矿样品的测试，测试结果如下(放大倍数说明:MLA650 放大倍数 600 倍时扫描图尺寸 scan field size 为 497 μm ，sigma500 放大倍数 100 倍时扫描图尺寸 scan field size 为 1042 μm ，放大倍数是 200 时扫描图尺寸 scan field size 为 521 μm)：

(1) 攀枝花矿区密地选矿厂钒钛磁铁矿定量检测结果：

攀枝花矿区密地选厂——钒钛磁铁矿定量检测结果对比					
广州院(放大倍数 600 倍, scan field size 为 497 μm)		攀研院(放大倍数 100 倍, scan field size 为 1042 μm)		成都综合所(放大倍数 200 倍, scan field size 为 521 μm)	
矿物名称	重量百分比%	矿物名称	重量百分比%	矿物名称	重量百分比%
钛磁铁矿	87.24	钛磁铁矿	78.43	钛磁铁矿	82.27
钛铁矿	2.92	钛铁矿	2.68	钛铁矿	3.06
榍石	0.62	榍石	1.96	榍石	2.67
钙钛矿	0.01	钙钛矿	0.02	其他脉石	0.05
磁黄铁矿	1.76	磁黄铁矿	2.65	磁黄铁矿	1.85
斜长石	1.09	中拉长石	1.56	长石	1.60
正长石	0.00	钙长石	0.41		
		钠长石	0.25		
云母	0.01	黑云母	0.29	云母	0.20

辉石	2.27	普通辉石	2.24	辉石	2.84
铁角闪石	0.83	角闪石	1.35	角闪石	0.04
钙铁榴石	0.06	钛辉石	0.44	石榴石	0.06
橄榄石	0.25	镁橄榄石	2.37	橄榄石	0.37
蛇纹石	0.03	铁橄榄石	0.09		
镁铝蛇纹石	0.73	阳起石	1.97	帘石	0.81
绿泥石	1.33	绿泥石	1.52	绿泥石	3.19
方解石	0.01	方解石	0.03	碳酸盐	0.01
尖晶石	0.51	尖晶石	1.31	尖晶石	0.44
三水铝石	0.03	氧化铝	0.13	三水铝石	0.03
硫镍钴矿	0.00	黄铜矿	0.14	赤褐铁矿	0.25
		白云石	0.01	磷灰石	0.01
		石英	0.05	石英	0.23
合计	99.69		99.90		99.98

密地钛磁铁矿客晶矿物定量检测分析结果：

含量% 矿物名称	样品编号		
	广州院	攀研院	成都综合所
镁铝尖晶石	0.51	1.31	0.44
....			

复合型矿物数据库数据处理结果：

攀枝花矿区密地选厂——钒钛磁铁矿定量检测结果对比		
广州院(放大倍数 600 倍, scan field size 为 497 μm)	攀研院(放大倍数 100 倍, scan field size 为 1042 μm)	成都综合所(放大倍数 200 倍, scan field size 为 521 μm)

矿物名称	重量百分比%	矿物名称	重量百分比%	矿物名称	重量百分比%
钛磁铁矿	87.75	钛磁铁矿	79.74	钛磁铁矿	82.71
钛铁矿	2.92	钛铁矿	2.68	钛铁矿	3.06
榍石	0.62	榍石	1.96	榍石	2.67
钙钛矿	0.01	钙钛矿	0.02	其他脉石	0.05
磁黄铁矿	1.76	磁黄铁矿	2.65	磁黄铁矿	1.85
斜长石	1.09	中拉长石	1.56	长石	1.60
正长石	0.00	钙长石	0.41		
		钠长石	0.25		
云母	0.01	黑云母	0.29	云母	0.20
辉石	2.27	普通辉石	2.24	辉石	2.84
铁角闪石	0.83	角闪石	1.35	角闪石	0.04
钙铁榴石	0.06	钛辉石	0.44	石榴石	0.06
橄榄石	0.25	镁橄榄石	2.37	橄榄石	0.37
蛇纹石	0.03	铁橄榄石	0.09		
镁铝蛇纹石	0.73	阳起石	1.97	帘石	0.81
绿泥石	1.33	绿泥石	1.52	绿泥石	3.19
方解石	0.01	方解石	0.03	碳酸盐	0.01
三水铝石	0.03	氧化铝	0.13	三水铝石	0.03
硫镍钴矿	0.00	黄铜矿	0.14	赤褐铁矿	0.25
		白云石	0.01	磷灰石	0.01
		石英	0.05	石英	0.23
合计	99.69	99.90		99.98	

(2) 白马矿区白马选矿厂钒钛磁铁矿定量检测结果:

白马矿区白马选矿厂——钒钛磁铁矿定量检测结果对比

广州院（放大倍数 600 倍， scan field size 为 497 μm）		攀研院（放大倍数 100 倍， scan field size 为 1042 μm）		成都综合所（放大倍数 200 倍， scan field size 为 521 μm）	
矿物名称	重量百分比%	矿物名称	重量百分比%	矿物名称	重量百分比%
钛磁铁矿	87.28	钛磁铁矿	81.56	钛磁铁矿	84.13
钛铁矿	2.10	钛铁矿	1.93	钛铁矿	2.52
榍石	0.00	榍石	0.09	榍石	0.19
钙钛矿	1.38	钙钛矿	0.03	其他脉石	0.03
磁黄铁矿	0.01	磁黄铁矿	1.51	磁黄铁矿	1.13
斜长石	2.16	中拉长石	1.95	长石	2.08
正长石	0.62	钙长石	0.21		
		钠长石	0.05		
云母	0.79	黑云母	0.15	云母	0.20
辉石	0.73	普通辉石	1.23	辉石	1.80
铁角闪石	1.26	角闪石	0.45	角闪石	0.03
钙铁榴石	0.96	钛辉石	0.33	石榴石	0.10
橄榄石	1.14	镁橄榄石	5.01	橄榄石	3.40
蛇纹石	0.03	铁橄榄石	0.05		
镁铝蛇纹石	0.08	阳起石	0.81	帘石	2.07
绿泥石	0.11	绿泥石	1.95	绿泥石	1.52
方解石	0.01	方解石	0.02	碳酸盐	0.01
尖晶石	1.10	尖晶石	1.59	尖晶石	0.63
三水铝石	0.01	氧化铝	0.32	三水铝石	0.03
		白云石		磷灰石	0.02
		石英	0.01	石英	0.01

合计	99.76	99.25	99.90
----	-------	-------	-------

白马钛磁铁矿客晶矿物定量检测分析结果

含量% 矿物名称	样品编号			
		广州院	攀研院	成都综合所
	镁铝尖晶石	1.10	1.59	0.63
			

复合型矿物数据库数据处理结果：

白马矿区白马选矿厂——钒钛磁铁矿定量检测结果对比					
广州院（放大倍数 600 倍， scan field size 为 497 μm）		攀研院（放大倍数 100 倍， scan field size 为 1042 μm）		成都综合所（放大倍数 200 倍， scan field size 为 521 μm）	
矿物名称	重量百分比%	矿物名称	重量百分比%	矿物名称	重量百分比%
钛磁铁矿	88.38	钛磁铁矿	83.15	钛磁铁矿	84.76
钛铁矿	2.10	钛铁矿	1.93	钛铁矿	2.52
榍石	0.00	榍石	0.09	榍石	0.19
钙钛矿	1.38	钙钛矿	0.03	其他脉石	0.03
磁黄铁矿	0.01	磁黄铁矿	1.51	磁黄铁矿	1.13
斜长石	2.16	中拉长石	1.95	长石	2.08
正长石	0.62	钙长石	0.21		
		钠长石	0.05		
云母	0.79	黑云母	0.15	云母	0.20
辉石	0.73	普通辉石	1.23	辉石	1.80

铁角闪石	1.26	角闪石	0.45	角闪石	0.03
钙铁榴石	0.96	钛辉石	0.33	石榴石	0.10
橄榄石	1.14	镁橄榄石	5.01	橄榄石	3.40
蛇纹石	0.03	铁橄榄石	0.05		
镁铝蛇纹石	0.08	阳起石	0.81	帘石	2.07
绿泥石	0.11	绿泥石	1.95	绿泥石	1.52
方解石	0.01	方解石	0.02	碳酸盐	0.01
三水铝石	0.01	氧化铝	0.32	三水铝石	0.03
		白云石		磷灰石	0.02
		石英	0.01	石英	0.01
合计	99.76		99.25		99.90

按照标准再现性的规定，在不同的实验室，由不同的操作者使用不同的设备，按相同的测试方法，对同一被测对象相互独立进行测试获得的两次独立测试结果的相对偏差：测量矿物颗粒数量不小于 20000 时，钛磁铁矿、钛铁矿矿物相对体积含量 $At% > 10\%$ 时，相对误差 $< 5\%$ ；钛磁铁矿、钛铁矿矿物相对体积含量 $5\% \leq At\% \leq 10\%$ 时，相对误差 $< 7\%$ ；钛磁铁矿、钛铁矿矿物相对体积含量 $1\% \leq At\% \leq 5\%$ 时，相对误差 $< 15\%$ ；钛磁铁矿、钛铁矿矿物相对体积含量 $0.5\% \leq At\% \leq 1\%$ 时，相对误差 $< 20\%$ ；钛磁铁矿、钛铁矿矿物相对体积含量 $0.1\% \leq At\% \leq 0.5\%$ 时，相对误差 $< 50\%$ 。

相对误差计算公式： $|x_1 - x_2| \leq (x_1 + x_2) \div 2 \times E\%$ （E 为相对误差）

从两个矿区钒钛磁铁矿精矿的测试结果可以看出，对密地选矿厂的样品测试，以钒钛磁铁矿含量测定结果为攀研院与广州院和成都综合所的测试结果相差均较大，均无法满足相对误差的要求。而对白马选矿厂的样品测试中，攀研院与成都综合所的测试结果可以满足相对误差的要求。而广州院和成都综合所以对两个矿区的两次测量结果均可满足再现性的要求。

经分析，本次测量结果存在超过标准规定的相对误差，可能是由以下几点原因造成：

(1) 三大实验室的测试参数设置相差较大，广州院采用的是 600 倍的放大倍数而 **scan field size** 为 497 μm ，成都综合所则采用的是 200 倍的放大倍数而 **scan field size** 为 521 μm ，两者扫描图尺寸参数接近，但攀研院实验室采用了 100 倍放大倍数而 **scan field size** 为 1042 μm ，与广州院和成都所的扫描图尺寸有一定差距。

(2) 采集的总帧数相差也较大，广州院采集了 400 帧，攀研院采集了 500 帧，成都综合所采集了 800 帧。

(3) 由于第一次试验比对样品未进行筛分，样品中颗粒的粒度相差较大。由于矿物参数自动定量分析系统工作原理是将平面的二维信息采集（矿物颗粒面积百分比）和分析统计，最终通过软件运算呈现为三

维的数据分析结果（矿物颗粒体积百分比），其统计方法本身存在一定误差，而当颗粒粒度相差较大时，将会加大统计的误差值。

故三大实验室采用不同的放大倍数（较大差异的 scan field size）进行的测量试验，增加了未进行筛析分级测量所引起的误差，这可能是导致出现再现性误差较大的原因。

5.3.2 第二次比对试验

第二次比对试验决定选取密地选矿厂钒钛磁铁矿样品，由同一实验室（成都综合所）、同一操作者，按相同的测试方法，在短时间内对同一被测对象相互独立进行测试，观察其测量结果的重复性。

鉴于第一次试验结果，不同放大倍数测量的误差较大，将由同一实验室（成都综合所）、同一操作者，对同一样品，按不同的放大倍数，相同的采集范围进行测量，观察其测量结果是否存在误差。

攀枝花矿区密地选矿厂——综合样化验数据：

攀枝花矿区密地选矿厂钒钛磁铁矿样品化学分析数据

成分	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl
含量（%）	0.080	2.726	4.018	3.674		2.019	0.086
成分	CaO	Sc	TiO ₂	V ₂ O ₅	MnO	Fe ₂ O ₃	ZnO
含量（%）	1.212		13.139	0.498	0.366	76.012	0.052
成分	SrO	CuO	ZnO	Co			
含量（%）	0.006	0.024	0.052	0.158			

密地选厂钒钛磁铁矿样品电子探针分析数据（通过电子探针数据，

校准 AMICS 和 MLA 矿物数据库）：

（1）钛磁铁矿电子探针分析数据：

矿物名称	编号	Na2O	K2O	Al2O3	SiO2	MgO	CaO	Fe Ka	P Ka	F Ka	Mn Ka	Ti Ka	Total
		At%	At%	At%	At%	At%	At%	At%	At%	At%	At%	At%	At%
钛磁铁矿	1	4.94	0.01	73.69	0.03	0.04	0.34	0.35	0.01	2.70	13.37	0.01	95.49
	2	2.27	0.04	65.94	3.07	0.09	0.41	0.61	0.30	1.60	18.54	0.02	92.87
	3	3.56	0.01	73.60	0.03	0.03	0.36	0.55	0.04	0.85	16.62	0.01	95.64
	4	0.23	0.00	73.78	0.67	0.06	0.30	0.73	2.20	0.08	20.44	0.01	98.51
	5	2.94	0.00	74.15	0.05	0.04	0.35	0.47	0.02	2.32	15.14	0.01	95.49
	6	3.84	0.01	72.29	0.02	0.03	0.38	0.38	0.03	2.39	15.06	0.01	94.45
	7	2.27	0.00	79.59	0.06	0.01	0.42	0.48	0.00	1.66	12.82	0.02	97.32
	8	3.40	0.00	76.86	0.06	0.03	0.41	0.43	0.01	1.82	13.70	0.04	96.76
	9	5.48	0.00	77.47	0.10	0.01	0.37	0.34	0.02	0.76	11.50	0.06	96.13
	10	3.18	0.00	74.69	0.05	0.04	0.37	0.55	0.00	2.69	16.74	0.00	98.30
	11	2.82	0.01	76.26	0.05	0.03	0.35	0.49	0.01	2.01	15.77	0.03	97.82
	12	2.16	0.00	75.51	0.09	0.02	0.43	0.49	0.04	2.45	15.56	0.03	96.77

（2）尖晶石电子探针分析数据：

编号	Data	Na2O	K2O	MnO	SiO2	MgO	CaO	FeO	TiO2	Al2O3	Total
		At%	At%	At%	At%	At%	At%	At%	At%	At%	At%
1	尖晶石-1	0.07	0.00	0.10	0.08	18.37	0.00	15.57	0.46	64.03	98.68
2	尖晶石-12	0.02	0.00	0.71	0.04	2.32	0.01	73.56	16.53	2.06	95.23

3	尖晶石-11	0.06	0.01	0.98	0.04	4.22	0.02	40.60	53.59	0.02	99.54
4	尖晶石-10	0.07	0.00	0.32	0.04	1.78	0.02	79.40	9.41	3.09	94.14
5	尖晶石-9	0.07	0.01	0.46	0.03	2.44	0.01	71.86	17.33	2.38	94.57
6	尖晶石-8	0.03	0.00	0.37	0.03	1.38	0.03	74.56	14.05	3.79	94.24
7	尖晶石-7	0.01	0.01	0.81	0.02	1.87	0.01	74.15	15.44	2.52	94.84
8	尖晶石-6	0.10	0.02	0.54	0.07	2.19	0.05	73.00	16.55	1.85	94.37
9	尖晶石-5	0.02	0.00	0.38	0.02	1.64	0.01	77.90	10.30	3.45	93.70
10	尖晶石-4	0.11	0.04	0.07	0.08	20.47	0.02	11.86	0.46	66.05	99.16
11	尖晶石-3	0.04	0.01	0.11	0.11	18.41	0.01	15.91	0.52	64.25	99.36
12	尖晶石-2	0.17	0.12	0.14	0.17	17.59	0.12	17.98	1.26	61.89	99.44
平均值	Average	0.06	0.02	0.42	0.06	7.72	0.03	52.20	12.99	22.95	96.44

(1) 由同一实验室（成都综合所）、同一操作者，按相同的测试方法，在短时间内（间隔 2 小时）对同一被测对象相互独立进行测试，从测试结果可以看出，两次钒钛磁铁矿的定量测量试验满足标准规定的重复性的要求。测试结果如下：

密地综合样-200 倍下测试结果		密地综合样-200 倍下测试结果（间隔 2 小时）	
矿物	重量百分比	矿物名称	重量百分比%
钛铁矿	2.86	钛铁矿	2.7
钛磁铁矿	85.15	钛磁铁矿	85.27
金红石	0	金红石	0
钙铁钛矿	0	钙铁钛矿	0
磁黄铁矿	1.44	磁黄铁矿	1.35
云母	0.21	云母	0.2
榍石	2.09	榍石	2.17
辉石	2.8	辉石	2.33
角闪石	0.03	角闪石	0.04
橄榄石	0.24	橄榄石	0.37
石榴石	0.05	石榴石	0.06
帘石	0.68	帘石	0.81
长石	0.88	长石	0.98
石英	0.20	石英	0.23
绿泥石	2.83	绿泥石	2.99
尖晶石	0.39	尖晶石	0.44
三水铝石	0.01	三水铝石	0.03
磷灰石	0.01	磷灰石	0.01
碳酸盐	0.01	碳酸盐	0.01

钛磁铁矿客晶矿物定量检测分析结果

样品编号	密地综合样	密地综合样-200
	-200 倍下测	倍下测试结果
含量%	试结果	(间隔 2 小时)
矿物名称		

镁铝尖晶石	0.39	0.44
....		

复合型矿物数据库数据处理结果：

密地综合样-200 倍下测试结果		密地综合样-200 倍下测试结果（间隔 2 小时）	
矿物	重量百分比	矿物名称	重量百分比%
钛铁矿	2.86	钛铁矿	2.7
钛磁铁矿	85.54	钛磁铁矿	85.71
金红石	0	金红石	0
钙铁钛矿	0	钙铁钛矿	0
磁黄铁矿	1.44	磁黄铁矿	1.35
云母	0.21	云母	0.2
榍石	2.09	榍石	2.17
辉石	2.8	辉石	2.33
角闪石	0.03	角闪石	0.04
橄榄石	0.24	橄榄石	0.37
石榴石	0.05	石榴石	0.06
帘石	0.68	帘石	0.81
长石	0.88	长石	0.98
石英	0.20	石英	0.23
绿泥石	2.83	绿泥石	2.99
三水铝石	0.01	三水铝石	0.03
磷灰石	0.01	磷灰石	0.01
碳酸盐	0.01	碳酸盐	0.01

(2) 由同一实验室（成都综合所）、同一操作者，对同一样品，按不同的放大倍数进行测量，观察其测量结果是否存在误差，测试结果

如下表所示。

从测试结果可以看出，在不同放大倍数下，测量结果存在一定的误差，但其误差仍可满足标准中重复性的要求——在放大倍数增加时，应适当增加采集的帧数，可有效降低测量的误差。

成都综合所，攀枝花矿区密地选矿厂综合样测试结果：

密地综合样-200 倍下 采集 400 帧测试结果		密地综合样-400 倍下 采集 1000 帧测试结果	
矿物	重量百分比	矿物	重量百分比
钛铁矿	2.86	钛铁矿	2.97
钛磁铁矿	85.15	钛磁铁矿	83.86
金红石	0	金红石	0
钙铁钛矿	0	钙铁钛矿	0
磁黄铁矿	1.45	磁黄铁矿	1.39
黄铜矿	0	黄铜矿	0
钛辉石	0	钛辉石	0
榍石	2.09	榍石	2.58
辉石	2.8	辉石	3.7
角闪石	0	角闪石	0
橄榄石	0.24	橄榄石	0.39
石榴石	0	石榴石	0.01
帘石	0.68	帘石	0.65
长石	0.88	长石	0.92
石英	0	石英	0.01
云母	0.02	云母	0.17

绿泥石	2.83	绿泥石	2.93
三水铝石	0	三水铝石	0
尖晶石	0.39	尖晶石	0.41
磷灰石	0	磷灰石	0

钛磁铁矿客晶矿物定量检测分析结果

含量% 矿物名称	样品编号	密地综合样-200 倍下 采集 400 帧测试结果	密地综合样-400 倍下 采集 1000 帧测试结果
	镁铝尖晶石	0.39	0.41
....			

复合型矿物数据库数据处理结果：

密地综合样-200 倍下 采集 400 帧测试结果		密地综合样-400 倍下 采集 1000 帧测试结果	
矿物	重量百分比	矿物	重量百分比
钛铁矿	2.86	钛铁矿	2.97
钛磁铁矿	85.54	钛磁铁矿	84.27
金红石	0	金红石	0
钙铁钛矿	0	钙铁钛矿	0
磁黄铁矿	1.45	磁黄铁矿	1.39
黄铜矿	0	黄铜矿	0
钛辉石	0	钛辉石	0
榍石	2.09	榍石	2.58
辉石	2.8	辉石	3.7
角闪石	0	角闪石	0

橄榄石	0.24	橄榄石	0.39
石榴石	0	石榴石	0.01
帘石	0.68	帘石	0.65
长石	0.88	长石	0.92
石英	0	石英	0.01
云母	0.02	云母	0.17
绿泥石	2.83	绿泥石	2.93
三水铝石	0	三水铝石	0
磷灰石	0	磷灰石	0

5.3.2 第三次比对试验（筛析样）

第三次比对试验决定选取密地选矿厂钒钛磁铁矿样品,按5个筛级,制备筛析样,由三个实验室、不同的操作者使用不同的设备,按相同的测试方法,对密地矿区钒钛磁铁矿筛析样品进行相互独立的测试,观察其测量结果的再现性。

密地筛析样的筛级和产率如下表所示:

攀枝花矿区密地选矿厂——筛析样产率:

目级	粒径 (um)	重量 (g)	产率 (%)
100.00	+150	29.98	30.37
140.00	-150~+106	38.28	38.78
200.00	-106~+74	19.97	20.23
325.00	-74~+45	7.21	7.30

325.00	-45	3.28	3.32
--------	-----	------	------

密地筛析样的测量结果如下：

(1) 广州院筛析样测试结果：

广州院						
矿物名称	筛级 (mm)					
	+0.15	-0.15+0.106	-0.106+0.75	-0.075+0.045	-0.045	合计
钛磁铁矿	87.06	91.22	91.91	91.1	91.17	90.08
钛铁矿	4.03	2.42	1.69	1.81	1.5	2.68
榍石	1.52	1.29	1.29	1.25	1.23	1.36
钙钛矿	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01
磁黄铁矿	1.09	1.57	2.15	2.34	2.56	1.63
硫镍钴矿	0	0	0	0.01	0	0
斜长石	1.35	0.57	0.31	0.2	0.23	0.71
正长石	0	0	0	0	0	0
云母	0.01	0	0	0	0	0.01
黑云母	0.53	0.31	0.27	0.34	0.32	0.37
辉石	1.69	0.61	0.43	0.41	0.42	0.88
铁角闪石	0.78	0.56	0.37	0.33	0.31	0.56
钙铁榴石	0.08	0.07	0.07	0.1	0.07	0.07
橄榄石	0.21	0.12	0.06	0.07	0.07	0.13
绿泥石	1.25	0.86	0.83	1.17	1.34	1.01
方解石	0	0	0	0	0.01	0
尖晶石	0.36	0.37	0.46	0.59	0.7	0.41
三水铝石	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
合计	99.99	100.01	99.87	99.76	99.98	99.94

钛磁铁矿客晶矿物定量检测分析结果

含量% 矿物名称	样品					
	+0.15 (mm)	-0.15+0.106 (mm)	-0.106+0.75 (mm)	-0.075+0.045 (mm)	-0.045 (mm)	合计
镁铝尖晶石	0.36	0.37	0.46	0.59	0.7	0.41
....						

复合型矿物数据库数据处理结果：

广州院						
矿物名称	筛级 (mm)					
	+0.15	-0.15+0.106	-0.106+0.75	-0.075+0.045	-0.045	合计
钛磁铁矿	87.42	91.59	92.37	91.69	91.87	90.49
钛铁矿	4.03	2.42	1.69	1.81	1.5	2.68
榍石	1.52	1.29	1.29	1.25	1.23	1.36
钙钛矿	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01
磁黄铁矿	1.09	1.57	2.15	2.34	2.56	1.63
硫镍钴矿	0	0	0	0.01	0	0
斜长石	1.35	0.57	0.31	0.2	0.23	0.71
正长石	0	0	0	0	0	0
云母	0.01	0	0	0	0	0.01
黑云母	0.53	0.31	0.27	0.34	0.32	0.37
辉石	1.69	0.61	0.43	0.41	0.42	0.88
铁角闪石	0.78	0.56	0.37	0.33	0.31	0.56
钙铁榴石	0.08	0.07	0.07	0.1	0.07	0.07

橄榄石	0.21	0.12	0.06	0.07	0.07	0.13
绿泥石	1.25	0.86	0.83	1.17	1.34	1.01
方解石	0	0	0	0	0.01	0
三水铝石	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
合计	99.99	100.01	99.87	99.76	99.98	99.94

(2) 成都综合所筛析样测试结果:

成都综合所						
矿物名称	筛级 (mm)					合计
	+0.15	-0.15+0.106	-0.106+0.075	-0.075+0.045	-0.045	
钛磁铁矿	87.94	91.59	92.99	91.34	90.94	90.72
钛铁矿	3.63	2.31	1.23	1.80	1.83	2.46
磁黄铁矿	0.95	1.70	2.05	2.36	2.87	1.64
榍石	1.47	1.22	1.14	1.52	1.62	1.31
绿泥石	1.50	1.05	0.81	1.30	1.08	1.16
辉石	1.97	0.80	0.38	0.60	0.57	1.05
长石	1.27	0.57	0.20	0.22	0.19	0.69
帘石	0.57	0.29	0.22	0.30	0.21	0.36
尖晶石	0.24	0.19	0.24	0.31	0.41	0.29
橄榄石	0.26	0.17	0.06	0.18	0.17	0.18
石榴石	0.01	0.04	0.01	0.02	0.04	0.07
黄铁矿	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03
云母	0	0.01	0	0.01	0.01	0.00
角闪石	0	0.00	0	0.01	0.01	0.00
磷灰石	0	0.00	0	0	0	0.00
碳酸盐	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01

其他脉石	0	0.01	0	0.01	0.02	0.01
合计	100.00	99.96	100.00	99.97	99.96	99.98

钛磁铁矿客晶矿物定量检测分析结果

样品 含量% 矿物 名称	+0.15 (mm)	-0.15+0.106 (mm)	-0.106+0.75 (mm)	-0.075+0.045 (mm)	-0.045 (mm)	合计
	镁铝尖 晶石	0.24	0.19	0.24	0.31	0.41
....						

复合型矿物数据库数据处理结果：

成都综合所						
矿物名称	筛级 (mm)					合计
	+0.15	-0.15+0.106	-0.106+0.75	-0.075+0.045	-0.045	
钛磁铁矿	88.18	91.78	93.23	91.65	91.35	91.01
钛铁矿	3.63	2.31	1.23	1.80	1.83	2.46
磁黄铁矿	0.95	1.70	2.05	2.36	2.87	1.64
榍石	1.47	1.22	1.14	1.52	1.62	1.31
绿泥石	1.50	1.05	0.81	1.30	1.08	1.16
辉石	1.97	0.80	0.38	0.60	0.57	1.05
长石	1.27	0.57	0.20	0.22	0.19	0.69
帘石	0.57	0.29	0.22	0.30	0.21	0.36
橄榄石	0.26	0.17	0.06	0.18	0.17	0.18
石榴石	0.01	0.04	0.01	0.02	0.04	0.07

黄铁矿	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03
云母	0	0.01	0	0.01	0.01	0.00
角闪石	0	0.00	0	0.01	0.01	0.00
磷灰石	0	0.00	0	0		0.00
碳酸盐	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01
其他脉石	0	0.01	0	0.01	0.02	0.01
合计	100.00	99.96	100.00	99.97	99.96	99.98

(2) 攀研院筛析样测试结果:

攀研院						
矿物名称	筛级 (mm)					
	+0.15	-0.15+0.106	-0.106+0.075	-0.075+0.045	-0.045	合计
钛磁铁矿	87.4	91.19	92.37	90.34	90.5	90.19
钛铁矿	3.86	2.51	1.27	1.98	1.95	2.61
磁黄铁矿	0.9	1.71	2.1	2.46	2.96	1.64
榍石	1.5	1.22	1.14	1.52	1.62	1.32
绿泥石	1.52	1.05	0.81	1.3	1.08	1.16
辉石	1.97	0.8	0.38	0.6	0.57	1.05
长石	1.27	0.57	0.2	0.22	0.19	0.67
帘石	0.63	0.29	0.22	0.3	0.21	0.38
尖晶石	0.34	0.29	0.32	0.41	0.48	0.33
橄榄石	0.26	0.17	0.06	0.18	0.17	0.18
石榴石	0.01	0.04	0.01	0.02	0.04	0.02
黄铁矿	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03
云母	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01

角闪石	0	0	0	0.01	0.01	0.00
磷灰石	0	0	0	0	0	0.00
碳酸盐	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01
其他脉石	0	0.01	0	0.01	0.02	0.01
合计	99.86	99.87	99.57	99.35	99.80	99.61

钛磁铁矿客晶矿物定量检测分析结果

含量% 矿物名称	样品					
	+0.15 (mm)	-0.15+0.106 (mm)	-0.106+0.75 (mm)	-0.075+0.045 (mm)	-0.045 (mm)	合计
镁铝尖晶石	0.34	0.29	0.32	0.41	0.48	0.33
....						

复合型矿物数据库数据处理结果：

攀研院						
矿物名称	筛级 (mm)					
	+0.15	-0.15+0.106	-0.106+0.75	-0.075+0.045	-0.045	合计
钛磁铁矿	87.74	91.48	92.69	90.75	90.98	90.52
钛铁矿	3.86	2.51	1.27	1.98	1.95	2.61
磁黄铁矿	0.9	1.71	2.1	2.46	2.96	1.64
榍石	1.5	1.22	1.14	1.52	1.62	1.32
绿泥石	1.52	1.05	0.81	1.3	1.08	1.16
辉石	1.97	0.8	0.38	0.6	0.57	1.05
长石	1.27	0.57	0.2	0.22	0.19	0.67
帘石	0.63	0.29	0.22	0.3	0.21	0.38

橄榄石	0.26	0.17	0.06	0.18	0.17	0.18
石榴石	0.01	0.04	0.01	0.02	0.04	0.02
黄铁矿	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03
云母	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
角闪石	0	0	0	0.01	0.01	0.00
磷灰石	0	0	0	0	0	0.00
碳酸盐	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01
其他脉石	0	0.01	0	0.01	0.02	0.01
合计	99.86	99.87	99.57	99.35	99.80	99.61

从上述分析结果可以看出，第三次比对试验中，三大实验室对筛析样的测量结果均满足标准对再现性的要求。

第三次比对试验中，三大实验室对不同筛级样品采用了相近的扫描图尺寸 **scan field size** 和采集帧数：

(1) 广州院对+150 μm 样品采集放大倍数设置为 200 倍，**scan field size** 为 1.59mm，采集帧数为 500 帧； -150~+106 μm 样品采集放大倍数设置为 300 倍，**scan field size** 为 994 μm ，采集帧数为 500 帧；而 -106~+75 μm 样品采集放大倍数设置为 400 倍，**scan field size** 为 746 μm ，采集帧数为 500 帧； -75~+45 μm 采集放大倍数设置为 600 倍，**scan field size** 为 497 μm ，采集帧数为 500 帧； -45 μm 样品采集放大倍数设置为 800 倍，**scan field size** 为 373 μm ，采集帧数为 800 帧；

(2) 成都综合所和攀研院对+150 μm 、-150~+106 μm 样品采集放大倍数设置为 100 倍，scan field size 为 1042 μm ，采集帧数为 500 帧，而-106~+75 μm 、-75~+45 μm 样品采集放大倍数设置为 200 倍，scan field size 为 521 μm ，采集帧数为 800，对-45 μm 样品采集放大倍数设置为 400 倍，scan field size 为 260 μm ，采集帧数为 1000 帧；

说明筛析样粒度均一，有利于测量时的参数设置（放大倍数和采集帧数），并且随着筛析样测量的颗粒总数的增加，也可有效的降低测量误差。

5.4 与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

5.5 预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

钒钛磁铁矿矿物分析检测标准体系作为资源综合利用的重要支撑手段，进一步完善分析标准体系已迫在眉睫。实施本标准，可准确测量各矿区的复合型矿物的含量，是准确衡量各选厂理论品位和回收率的关键，也能更准确地反应出钒钛磁铁矿综合利用的特点。

从国家战略要求，本标准符合攀西国家战略资源创新开发试验区建设需要，能助力钒钛资源及共伴生稀贵元素的综合利用；符合《国家标

标准化体系建设发展规划（2016-2020年）》中重点领域--材料—“完善钢铁、有色金属、石化、化工、建材、黄金、稀土等原材料工业标准新型功能材料、先进结构材料等标准研制”的要求，对完善和加快传统材料及新型材料的开发利用有重要支撑作用。

六、 标准水平和标准性质的建议说明

建议本标准的性质为推荐性团体标准，本标准技术内容达到国内先进水平。

七、 标准的实施建议

适用于钒钛磁铁矿矿物定量检测，可为准确、合理衡量各生产企业的回收率和理论品位提供科学依据。