

《硫酸铷》

(送审稿)

(行业标准编制说明)

《硫酸铷》编制组

主编单位：江西东鹏新材料有限责任公司

2024 年 6 月

目录

一、工作简况	1
1.1 任务来源	1
1.1.1 计划批准文件名称、文号及项目编号、项目名称、计划完成年限、项目名称更改说明、编制组成员（单位）	1
1.2.1 项目编制组单位变化情况	1
1.2 主要参加单位情况和工作成员及其所做工作	1
1.2.1 起草单位简介	1
1.2.2 其他主要成员单位简介（排名不分先后）	2
1.2.3 主要工作成员所负责的工作情况	4
1.3 主要工作过程	4
1.3.1 预研阶段	4
1.3.2 立项阶段	4
1.3.3 起草阶段	5
1.3.4 征求意见阶段	5
1.3.5 审查阶段	6
1.3.6 报批阶段	6
二、标准编制原则	6
三、标准主要内容的确定依据	6
3.1 本标准在内容制定时主要编制依据	6
3.2 标准主要技术指标确定依据	6
3.2.1 范围	6
3.2.2 产品分类	7
3.2.3 物相确定	7
3.2.4 化学成分	7
3.2.5 试验方法的确定	13
四、标准中涉及专利情况	21
五、预期达到的社会效益等情况	21
5.1 标准制定的必要性	21
5.1.1 铷作为战略性资源的地位及在新兴材料领域的作用日益凸显	21
5.1.2 硫酸铷标准制定对铷行业及经济的发展具有规范和促进作用	22
5.2 标准实施后预期产生的经济和社会效益显著	23
六、采用国际标准和国外先进标准情况	23
七、与现行有关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性国家标准的协调配套情况	23
八、重大分歧意见的处理经过和依据	24
九、标准性质的建议说明	24
十、贯彻标准的要求和措施建议	24
十一、废止现行有关标准的建议	24
十二、其他应予说明的事项	24
十三、参考资料	24

一、工作简况

1.1 任务来源

1.1.1 计划批准文件名称、文号及项目编号、项目名称、计划完成年限、项目名称更改说明、编制组成员（单位）

根据工信部《工业和信息化部办公厅关于印发 2023 年第一批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科【2023】18 号）文件精神，《硫酸铯》被列入 2023 年有色金属行业标准制定计划项目，计划编号：2023-0413T-YS，技术归口单位是全国有色金属标准化技术委员会，由江西东鹏新材料有限责任公司牵头起草制定，完成年限为 2025 年。

参加本标准起草的单位有江西东鹏新材料有限责任公司、江西春鹏锂业有限责任公司、江西赣锋锂业集团股份有限公司、志存锂业集团有限公司、新疆有色金属研究所有限公司、宜春银锂新能源有限责任公司、湖北百杰瑞新材料股份有限公司、国标（北京）检验认证有限公司、有研资源环境技术研究院（北京）有限公司、江西九岭锂业股份有限公司。

1.2.1 项目编制组单位变化情况

编制过程中项目编制组单位无变化。

1.2 主要参加单位情况和工作成员及其所做工作

1.2.1 起草单位简介

江西东鹏新材料有限责任公司成立于 2000 年 10 月。公司注册资本 5000 万元人民币，为中矿资源集团股份有限公司（中矿资源，002738.SZ）全资子公司。公司是高新技术企业、国家级专精特新“小巨人”企业，公司主要从事轻稀土金属铯盐、高纯碳酸锂、电池级碳酸锂、电池级氢氧化锂、电池级氟化锂等产品的研发生产、销售和进出口贸易业务，拥有国内大的铯盐生产线，拥有氟化锂产能 6000 吨，高纯碳酸 6000 吨，锂碳酸锂/单水氢氧化锂柔线生产线产能 6 万吨，首创透锂长石提锂技术。现拥有上海春鹏国际贸易有限公司、江西春鹏锂业有限责任公司两个全资子公司。公司是全球最大的铯盐生产供应商，拥有全球已探明规模化开采铯榴石矿山 90% 的矿石资源量，产品远销美国、欧洲、日本、韩国等国家和地区，是美国杜邦、德国巴斯夫、德国邦泰、丹麦托普索、日本岩谷等国际化工巨头的重要合作伙伴。通过多年的技术创新，公司取得了一系列的科研成果：研发高纯碘化铯、高纯硝酸铯、80%甲酸铯溶液、新型钎剂氟铝酸铯、高纯硝酸铯等 20 个省级重新产品。主持（参与）起草《单水氢氧化铯》《金属铯》《硝酸铯》《甲酸铯》《电池级单水氢氧化锂》等共 17 项国家/行业标准。拥有授权国家发明专利 13 项。承担国家重点研发项目、中央引导地方发展资金等省级以上项目多项，荣获省部级科技奖励十余项，拥有国内唯一一家省级铯综合研究平台《江西省铯资源综合利用及材料工程研究中心》。

在本标准的编制过程中，标准主编单位江西东鹏新材料有限责任公司能积极主动对产品相关生产企业进行调研并收集数据，结合国内硫酸铯实际生产情况和产品质量现状，制定出本标准征求意见稿。在本标准完善过程中，组织编制组成员单位进行各项数据收集整理，制定《硫酸铯》稿件，并带领编制组成员单

位认真细致修改标准文本，征求多家企业的修改意见，最终带领编制组完成标准的编制工作。

有色金属技术经济研究院是我国有色金属行业的标准研究权威单位，对本标准的技术内容和编制规范进行指导，积极配合主编单位协调各成员单位运行各项试验测试任务，并为本标准的科学性和先进性把关，在编制组中贡献突出。

1.2.2 其他主要成员单位简介（排名不分先后）

1.2.2.1 江西赣锋锂业集团股份有限公司

江西赣锋锂业集团股份有限公司成立于 2000 年 3 月，是中国锂行业首家 A+H 上市公司（A 股股票代码：002460；H 股股票代码 01772），世界领先的锂生态企业。公司业务贯穿上游锂资源开发、中游锂盐深加工及金属锂冶炼、下游锂电池制造及废旧电池综合回收利用等价值链的各重要环节，产品涵盖金属锂、碳酸锂、氢氧化锂、丁基锂、锂离子电池、锂电池材料等五大系列四十多种，被广泛应用于电动汽车、储能、3C 产品、化学品及制药等领域。企业锂矿资源遍布全球多个国家及地区，同时拥有“卤水提锂”、“矿石提锂”和“回收提锂”产业化技术，具备电池制造及回收能力，为电动车、电池、电子设备等厂商提供完整的原材料供应、电池定制、废旧电池循环利用方案。主持（参与）起草了多项锂铷铯矿产品及其新材料分析方法和产品标准。在标准的编制过程中，能积极主动配合主编单位开展大量的调研、试验、检测等各种工作，为标准编写提供了真实有效的实测数据和有力支撑。

1.2.2.2 新疆有色金属研究所有限公司

新疆有色金属研究所有限公司成立于 1958 年 10 月，先后隶属于国家重工业部、冶金工业部、中国有色金属工业总公司。2000 年 8 月作为国家经贸委 10 个国家局直属的 242 个转制科研院所之一下划地方，现为国家发改委《有色金属资源综合利用国家地方联合工程实验室（新疆）》自治区发改委《新疆维吾尔自治区有色金属资源综合利用工程实验室》自治区制造业创新中心《新疆有色（稀有）金属制造创新中心》累计完成国家 863 项目、国家科技支撑计划项目、国家 305 项目、新疆自治区高新技术攻关项目等在内的各类科研项目近 1000 余项，有 92 项获国家及省部级科技成果奖，编制并发布实施的国家标准共计 32 项，行业标准 27 项，企业标准 30 项，拥有有效的发明专利 20 项。在本标准的制定过程中积极参与，提供了科学可靠的产品属性所需要的大量数据和诸多可行性建议，并在本标准的文本、格式提出相应的建议。

1.2.2.3 志存锂业集团有限公司

志存锂业集团有限公司成立于江西宜春，具有“采矿—选矿—锂盐制备—锂渣综合利用”完整的锂电新材料产业链，从低品位云母提锂起步，拥有全球唯一大规模量产以锂云母“一步法提锂”制备电池级碳酸锂技术，获得“中国有色金属工业科学技术一等奖”，“江西省科学技术进步奖二等奖”。公司拥有“江西省低品位锂矿石高效利用工程技术研发中心”“江西省锂矿资源及其综合利用工程研究中心”“中南大学锂电联合研究中心”三大省级研发平台。志存提锂技术拥有原料多样化优势，拥有铷、铯等伴生矿种的提

炼技术，生产硫酸铷、硝酸铯等多种铷铯产品能够把矿产资源利用最大化。在标准的编制过程中，积极主动配合主编单位开展调研、试验、检测等各项工作，为标准修订的编写提供了真实有效的实测数据支撑，保障了标准的有序进行。

1.2.2.4 宜春银锂新能源有限责任公司

宜春银锂新能源有限责任公司是上市公司江特电机（SZ.002176）的全资子公司，成立于 2011 年，是利用锂云母、锂辉石制备高纯度碳酸锂、碳酸铷、碳酸铯、磷酸二氢锂等产品的高新技术企业。公司拥有 28 项发明专利，是碳酸锂、硫酸铷、硝酸铯等国家/行业标准起草单位，拥有国内先进的科研团队和分析检验中心。公司是硫酸盐焙烧工艺从锂云母提取锂盐的开拓者，多项独家技术处于行业领先水平，锂云母矿资源量在行业居前水平。在标准的制定过程中积极参与，提供了科学可靠的产品属性所需要的大量数据和诸多可行性建议，并在本标准的文本、格式提出相应的建议。

1.2.2.5 国标（北京）检验认证有限公司

国标（北京）检验认证有限公司，前身是北京有色金属研究总院分析测试技术研究所，是国家有色金属行业最知名的第三方检验机构之一。公司运营管理着国家有色金属及电子材料分析测试中心和国家有色金属质量监督检验中心，拥有一支基础理论扎实、实践经验丰富的研究和服务队伍，自 2004 年至今共承担了国家科技支撑计划、国家 863 计划、国家自然科学基金、军工配套等省部级科技项目 40 余项；曾获国家科技进步奖 6 项，国家发明奖 3 项，省部级科技进步一等奖 10 项，二、三等奖 107 项；近 5 年获得国家发明专利 20 余项；负责和参加起草制订分析方法国家标准、行业标准 300 余项；国家标准物质标准样品 120 个，在国内外科技期刊上发表论文 800 余篇，撰写论著 22 部。在本标准的制定过程中积极参与，提供了科学可靠的产品属性所需要的大量数据和诸多可行性建议，并在本标准的文本、格式提出相应的建议。

1.2.2.6 有研资源环境技术研究院（北京）有限公司

有研资源环境技术研究院（北京）有限公司主要从事有色金属选冶、功能新材料、生态环保领域和资源开发领域的科技创新研发，拥有高品质有色金属绿色特种冶金国家工程研究中心，被认定为国家级高新技术企业、国家专精特新小巨人企业。60 多年来，共承担国家、省部级科技开发项目 630 余项，有效授权发明专利 170 余项，获得省部级以上奖励 30 余项。在解决行业共性技术难题同时，可提供工程技术、产品和产、学、研、用系统解决方案。在本标准的制定过程中积极参与，提供了科学可靠的产品属性所需要的大量数据和诸多可行性建议，并在本标准的文本、格式提出相应的建议。

1.2.2.7 江西九岭锂业股份有限公司

江西九岭锂业股份有限公司成立于 2011 年，具备从采矿、选矿、冶炼与资源循环综合利用垂直一体化产业链布局，在宜春奉新、宜丰、丰城已有 9 万吨碳酸锂产能项目落地建成，是目前国内为数不多的集自有矿山，自有选厂、自有锂云母冶炼生产线生产电池级碳酸锂完整产业链的企业。公司致力于锂云母矿的

综合开发利用，已先后申请 111 项国家专利，其中，国家发明专利 56 项，国家实用新型专利 55 项，是全球首家万吨级利用铁锂云母矿制造碳酸锂的企业。江西九岭锂业股份有限公司在标准的制定过程中积极参与，提供了科学可靠的产品属性所需要的大量数据和诸多可行性建议，并在本标准的文本、格式提出相应的建议。

1.2.3 主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责见表 1。

表 1 主要起草人及工作职责

序号	起草人	工作职责
1	张江峰、罗红勇、彭文修	负责标准的工作指导、主持标准的编写、方案的制定、组织协调及标准技术内容的审核等。
2	陈凯、徐苗、李强、伍华东、吴建江	负责标准工作整体协调推进、数据收集、标准文件及编制说明的撰写。
3	邓红云、南东东、魏冬冬	负责标准的工作指导、主持标准条款的编写、标准技术内容的审核、把关等。
4	朱晶晶、张明、廖辉武	协助参与产品生产和使用情况的调研、对样品进行分析测试、技术参数确定等。
5	谢艳艳、屈伟、姚丽	负责提供标准中产品的指标数据，确定指标数据的统计和计算范围，对标准文本提出相应的修改建议、格式调整等。
6	段小勋、孟玉洁、张凤学	负责协助提供产品指标数据，对标准提出修改意见、对文本提出格式调整

1.3 主要工作过程

本标准由江西东鹏新材料有限责任公司负责起草制定，本校准的编制经过了以下几个阶段：

1.3.1 预研阶段

2021 年 12 月公司成立标准编制小组，对国内外硫酸铈生产及应用现状进行调研，了解国内外硫酸铈的技术水平、检测及应用情况，与国内部分生产企业技术人员深入讨论技术标准的具体技术要求，了解客户对硫酸铈产品指标或用途的情况。根据调研情况，整理并编制形成了行业标准《硫酸铈》项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料。

1.3.2 立项阶段

2022 年 3 月，向全国有色金属标准化技术委员会稀有金属分会（SAC/TC243/SC3）提交了行业标准《硫酸铈》项目建议书、标准草案及标准立项书等材料，

2022年11月3日在厦门市召开的全国有色金属标准工作年会会议上通过专家论证。

2023年4月17日,工业和信息化部印发了2023年第一批行业标准制修订和外文版项目计划(工信厅科【2023】18号),《硫酸铷》被列入2023年有色金属行业标准制定计划项目,计划编号:2023-0413T-YS,行业标准《硫酸铷》立项成功。

2023年5月,全国有色金属标准化技术委员会在云南大理组织召开了有色标准工作会议,会议对《硫酸铷》项目进行了任务落实。

1.3.3 起草阶段

(1) 2023年5月,江西东鹏新材料有限责任公司在接到《硫酸铷》标准修订任务后,成立了标准编制工作组,确认了各成员的工作任务和职责,制定了工作计划和进度安排。

(2) 2023年5月~2023年8月,标准编制工作组组织标准内容进行内部讨论,收集用户质量要求,结合企业生产及检测数据,调研国内硫酸铷产品使用的科研单位、生产企业的基本情况。

(3) 2023年8月~2023年10月,对收集和查阅的硫酸铷相关数据和技术资料进行分析,对比了各相关数据参数并对数据进行了整理与总结。

(4) 2023年10月~2023年11月根据硫酸铷的相关总结资料,并结合参与单位的讨论意见,形成了《硫酸铷》的征求意见稿。

1.3.4 征求意见阶段

(1) 本标准以召开专题会议、发送标准邮件、标委会网上公开挂网征求等多种形式和办法进行了广泛的征求意见。

(2) 2023年12月14日,由全国有色金属标准化技术委员会主持,在四川省成都市召开了有色金属标准工作会议,对江西东鹏新材料有限责任公司编制的《硫酸铷》标准稿件进行了讨论。与会专家和代表通过认真审查和广泛的、充分的讨论与交流,对标准征求意见稿提出了以下修改和建议:

- 1) 调整2中规范性引用文件的顺序,并增加相应的年代号及条款;
- 2) 对4文本“分类”中“2个牌号”表述应改为“三个牌号”;
- 3) 对5.1中化学成分表格格式进行修改,参考标准《高纯碳酸锂》的化学成分表格格式;
- 4) 对5.1中水分含量单独列出,并且对水分含量及有效数位进行修正;
- 5) 鉴于硫酸铷原料及生产工艺差异,建议调整5.1中K、Cs、Ca、Si、Pb部分指标大小;
- 6) 6.1中加入化学成分的分析方法,由几家参与或生产企业商讨后形成一致意见,最终确定产品的化学成分的统一分析方法,并加检测验证数据。

(3) 在征求意见阶段,共发函22份相关生产应用单位、贸易商、第三方检测机构、大专院校及科研院所,回函单位共22家。回函单位有建议或意见的单位共12家,没有回函的单位共0家(征求意见情况

详见《标准征求意见汇总处理表》。

(4) 本标准编制组依据成都标准讨论会各单位提出的意见和建议以及 2024 年 2 月 25 日组织相关参与单位召开对标准稿件的讨论会议得出的建议，继续对征求意见稿进行了修改和完善，形成了标准预审稿及其编制说明，并提交标委会对标准预审稿进行审查。

(5) 2024 年 03 月，全国有色金属标准化技术委员会在广东省珠海市组织召开了有色标准工作会议，对《硫酸铷》的预审稿和编制说明进行了仔细、认真的讨论，并提出了修改意见和建议，并得出修改方案，具体内容见意见汇总处理表。

1.3.5 审查阶段

2024 年。

1.3.6 报批阶段

二、标准编制原则

为满足市场供需双方公平受益，标准格式按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行编写。

本标准是以江西东鹏新材料有限责任公司为主要起草单位，参考国内外企业的生产技术水平及客户对硫酸铷质量指标要求的基础上编制而成，体现了国内外大多数企业的技术水平，有利于规范硫酸铷的市场，切实可行，具有可操作性，同时充分考虑相关生产企业、使用单位及检测机构等各方面的意见和建议，科学合理，满足相关法律法规要求。

三、标准主要内容的确定依据

3.1 本标准在内容制定时主要编制依据

- (1) 查阅相关标准和国内外客户的相关技术要求；
- (2) 根据国内硫酸铷生产厂家及使用企业的实际情况，力求做到标准的科学性、合理性及实用性；
- (3) 根据技术发展水平及测试数据确定技术指标取值范围；
- (4) 标准格式按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定格式和结构进行编写。

3.2 标准主要技术指标确定依据

3.2.1 范围

国内外从事硫酸铷生产或研发企业主要由江西东鹏新材料有限责任公司、新疆有色金属研究所、江西赣锋锂业集团股份有限公司、志存锂业集团有限公司等，本次调研单位为新疆有色金属研究所有限公司、江西赣锋锂业集团股份有限公司和志存锂业集团有限公司、宜春银锂新能源有限责任公司等。目前，硫酸铷主流工艺包含：硫酸铷的工业生产方法主要是萃取法。一般是以锂云母提锂后得到的铷矾或铷榴石提铷后的溶液为原料，通过萃取富集、硫酸反萃取制备硫酸铷溶液，再经过浓缩结晶、除杂、离心分离烘干得

到硫酸铷。或者经过萃取富集后用 CO₂ 反萃得到碳酸铷溶液，再经过浓缩结晶、除杂、离心分离提纯碳酸铷，然后用硫酸转型得到硫酸铷溶液，再浓缩结晶、除杂、离心分离、烘干得到硫酸铷产品。

本文件适用于各种方法生产的硫酸铷产品，不仅限于上述方法。

3.2.2 产品分类

本标准的制定立足于满足生产厂家和客户的实际情况，基于生产厂家及客户需求，参考 2023 年度国家重点研发计划“战略性矿产资源开发利用”重点专项指南中 5.2 条规定的考核指标要求，最终确定将硫酸铷的化学成分规定为 Rb₂SO₄-1、Rb₂SO₄-2、Rb₂SO₄-3 三个牌号，对应主成分分别为 99.5%、99.9%、99.99%。

3.2.3 物相确定

硫酸铷产品采用 X 射线衍射光谱进行定性检测，其标准 XRD 图谱见图 1，由样品的 XRD 图谱与标准卡片峰值强度对比可判定该产品主要物相是 Rb₂SO₄。

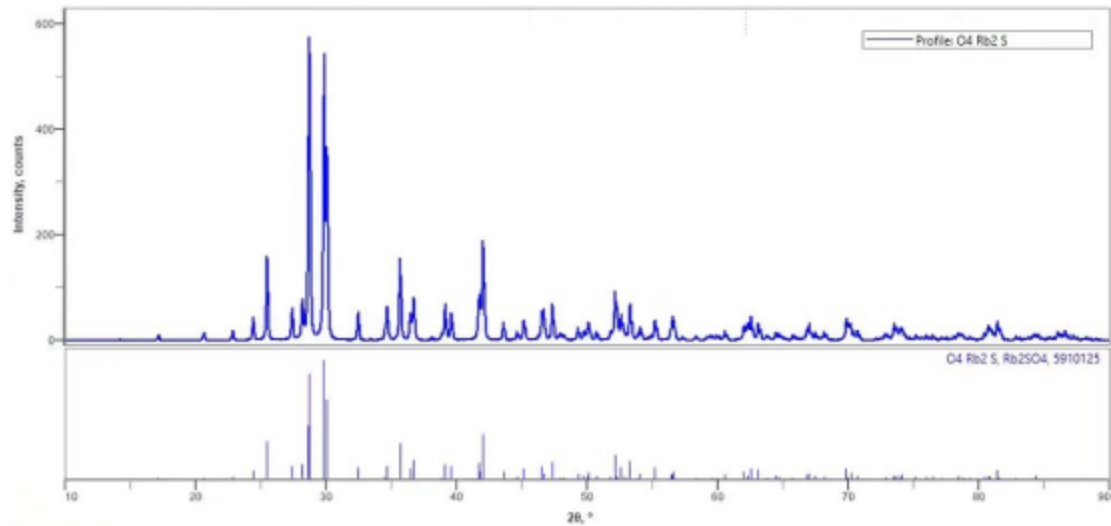


图 1 硫酸铷的标准衍射图谱

3.2.4 化学成分

3.2.4.1 产品指标调研情况汇总

根据调研情况及样品检测，市场上不同生产厂家生产的硫酸铷产品技术指标检测结果要求如表 2~4，其中包括 5 家单位反馈的 35 个产品的情况。

表 2 99.5%硫酸铷化学成分统计表 质量分数%

批号	Li	Na	K	Cs	Ca	Mg	Fe	Al	Si	Pb	Cl ⁻	主成分， 不小于
企业 3												
批次1	0.001	0.006	0.02	0.1	0.005	0.001	0.0005	0.001	0.002	0.0005	/	99.86
批次2	0.0080	0.0090	0.018	0.1310	0.0074	0.0037	0.0012	0.0008	0.0029	0.0006	/	99.82
批次3	0.0005	0.0060	0.013	0.0910	0.0062	0.0027	0.0007	0.0014	0.0034	0.0004	/	99.87
批次4	0.0005	0.0070	0.017	0.1590	0.0059	0.0025	0.0006	0.0013	0.0029	0.0005	/	99.80
批次5	0.0002	0.0050	0.019	0.1700	0.0075	0.0022	0.0009	0.0012	0.0026	0.0003	/	99.79

批次6	0.0006	0.0060	0.015	0.1220	0.0098	0.0033	0.0011	0.0009	0.0021	0.0002	/	99.84
均值	0.0018	0.0065	0.0200	0.1288	0.007	0.0026	0.0008	0.0011	0.0027	0.0004	/	99.83
企业4												
批次1	0.0022	0.0090	0.0480	0.1590	0.0050	0.0020	0.0005	0.0050	0.0050	0.0005	0.0110	99.75
企业5												
批次1	0.0014	0.0081	0.0336	0.0980	0.0025	0.0025	0.0005	0.0015	0.0032	0.0003	0.0089	99.84
批次2	0.0022	0.0075	0.0230	0.0990	0.0048	0.0015	0.0003	0.0022	0.0023	0.0004	0.0163	99.84
批次3	0.0031	0.0086	0.0336	0.1160	0.0077	0.0023	0.0004	0.0021	0.0026	0.0008	0.0193	99.80
批次4	0.0032	0.0110	0.0528	0.0750	0.0027	0.0019	0.0005	0.0027	0.0043	0.0006	0.0120	99.83
批次5	0.0025	0.0068	0.0233	0.0810	0.0056	0.0018	0.0003	0.0016	0.0035	0.0007	0.0190	99.85
批次6	0.0018	0.0079	0.0439	0.0880	0.0038	0.0051	0.0005	0.0015	0.0052	0.0004	0.0119	99.83
批次7	0.0026	0.0084	0.0248	0.1210	0.0059	0.0021	0.0011	0.0019	0.0037	0.0003	0.0215	99.81
批次8	0.0048	0.0066	0.0246	0.0830	0.0039	0.0025	0.0004	0.0018	0.0032	0.0003	0.0178	99.85
批次9	0.0011	0.0072	0.0345	0.0890	0.0061	0.0018	0.0004	0.0033	0.0035	0.0004	0.0197	99.83
批次10	0.0019	0.0063	0.0438	0.0770	0.0052	0.0019	0.0013	0.0028	0.0033	0.0005	0.0185	99.84
批次11	0.0020	0.0055	0.0544	0.0780	0.0043	0.0023	0.0005	0.0015	0.0032	0.0004	0.0191	99.83
批次12	0.0017	0.0120	0.0249	0.0860	0.0052	0.0022	0.0005	0.0029	0.0045	0.0002	0.0159	99.84
均值	0.0020	0.0080	0.0348	0.0909	0.0048	0.0023	0.0006	0.0022	0.0035	0.0004	0.0167	99.83
拟设定值	0.005	0.01	0.05	0.2	0.01	0.005	0.001	0.003	0.005	0.001	0.02	99.5

表3 99.9%硫酸铷化学成分统计表

质量分数%

批号	Li	Na	K	Cs	Ca	Mg	Fe	Al	Si	Pb	Cl ⁻	主成分, 不小于
企业1												
批次1	0.0012	0.0020	0.0020	0.0140	0.0036	0.0008	0.0002	0.0005	0.0016	0.0002	/	99.97
批次2	0.0008	0.0049	0.0045	0.0262	0.0027	0.0004	0.0004	0.0003	0.0021	0.0005	/	99.96
批次3	0.0005	0.0031	0.0036	0.0180	0.0041	0.0005	0.0003	0.0008	0.0015	0.0003	/	99.97
均值	0.0008	0.0033	0.0034	0.0194	0.0035	0.0006	0.0003	0.0005	0.0017	0.0003	/	99.97
企业2												
批次1	0.0005	0.0030	0.0020	0.0180	0.0030	0.0006	0.0002	0.0006	0.0013	0.0001	/	99.97
批次2	0.0004	0.0024	0.0029	0.0210	0.0056	0.0010	0.0004	0.0011	0.0005	0.0001	/	99.97
均值	0.0005	0.0027	0.0025	0.0195	0.0043	0.0008	0.0003	0.0009	0.0009	0.0001	/	99.97
企业3												
批次1	0.0005	0.0051	0.0040	0.0210	0.0030	0.0005	0.0002	0.0005	0.0010	0.0005	/	99.96
批次2	0.0007	0.0033	0.0027	0.0190	0.0012	0.0004	0.0004	0.0009	0.0021	0.0002	/	99.97
批次3	0.0008	0.0027	0.0052	0.0110	0.0051	0.0013	0.0005	0.0003	0.0015	0.0002	/	99.97
批次4	0.0005	0.0031	0.0024	0.0170	0.0020	0.0007	0.0003	0.0002	0.0016	0.0002	/	99.97
批次5	0.0009	0.0022	0.0046	0.0310	0.0023	0.0011	0.0002	0.0002	0.0016	0.0003	/	99.96
批次6	0.0007	0.0049	0.0035	0.0190	0.0050	0.0003	0.0002	0.0006	0.0017	0.0002	/	99.96

均值	0.0007	0.0036	0.0037	0.0197	0.0031	0.0007	0.0003	0.0005	0.0016	0.0003	/	99.97
企业 4												
批次 1	0.0005	0.0030	0.0040	0.0251	0.0042	0.0005	0.0002	0.0005	0.0015	0.0005	0.0080	99.95
拟设定值	0.001	0.005	0.005	0.03	0.005	0.001	0.0005	0.001	0.002	0.0005	0.01	99.9

表 4 99.99%硫酸铷化学成分统计表

质量分数%

批号	Li	Na	K	Cs	Ca	Mg	Fe	Al	Si	Pb	Cl	主成分, 不小于
企业 1												
批次 1	0.0002	0.0004	0.0002	0.002	0.0006	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	/	99.996
批次 2	0.0002	0.0002	0.0005	0.003	0.0004	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	/	99.995
批次 3	0.0003	0.0003	0.0003	0.005	0.0008	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	/	99.993
均值	0.0002	0.0003	0.0003	0.0033	0.0006	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	/	99.995
企业 4												
批次 1	0.0003	0.0002	0.0004	0.0020	0.0006	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0008	99.995
拟设定值	0.0005	0.0005	0.0005	0.005	0.001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0005	0.0003	0.001	99.99

3.2.4.2 杂质元素含量、主成分及水分的确定

在现有技术条件下,硫酸铷的生产原材料主要是铯榴石矿和锂云母矿,标准制订小组广泛征求业内不同厂家对主含量、杂质元素及水分等含量允许的范围及实际生产水平(如表 2~4),针对该产品的用途,结合客户的具体要求制订本标准,对不同牌号的硫酸铷中主成份和杂质含量及水分进行了合理的规定,对国内 5 家主要硫酸铷生产厂商提供的 35 个产品进行数据统计分析情况如下:

(1) 关于杂质 Li 指标

对于 99.5%硫酸铷, Li 含量为 0.0002%-0.008%,最大值为 0.008%,均值为 0.0022, 95%的数据值均在 0.005%以下;对于 99.9%硫酸铷, Li 含量为 0.0004%-0.012%,最大值为 0.012%,均值为 0.0007%, 92%的数据值均在 0.001%以下;对于 99.99%硫酸铷, Li 含量为 0.0002%-0.0003%,最大值为 0.0003%,均值为 0.0003%, 100%的数据值均在 0.0005%以下。结合硫酸铷的不同生产工艺使用原料中铯榴石中锂低,锂云母沉锂后母液中锂含较高的特点,综合考量确定三个牌号 Rb_2SO_4-1 、 Rb_2SO_4-2 、 Rb_2SO_4-3 对应的 Li 含量分别为 0.005%、0.001%、0.0005%。

(2) 关于杂质 Na 指标

对于 99.5%硫酸铷, Na 含量为 0.005%-0.012%,最大值为 0.012%,均值为 0.0076%, 89%的数据值均在 0.01%以下;对于 99.9%硫酸铷, Na 含量为 0.002%-0.0051%,最大值为 0.0051%,均值为 0.0033, 92%的数据值均在 0.005%以下;对于 99.99%硫酸铷, Na 含量为 0.0002%-0.0004%,最大值为 0.0004%,均值为

0.0003%, 100%的数据值均在 0.0005%以下。考虑到 Na 较容易去除, 因此确定三个牌号 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-1}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-2}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-3}$ 对应的 Na 含量分别为 0.01%、0.005%、0.0005%。

(3) 关于杂质 K 指标

对于 99.5%硫酸铷, K 含量为 0.013%-0.0528%, 最大值为 0.0528%, 均值为 0.0347%, 89%的数据值均在 0.05%以下; 对于 99.9%硫酸铷, K 含量为 0.002%-0.0052%, 最大值为 0.0052%, 均值为 0.0035%, 92%的数据值均在 0.005%以下; 对于 99.99%硫酸铷, K 含量为 0.0002%-0.0005%, 最大值为 0.0005%, 均值为 0.0004%, 67%的数据值均在 0.0005%以下。由于在硫酸铷重结晶冷析提纯的过程中硫酸钾较容易进入硫酸铷中形成复盐, 造成 K 含量超标, 因此综合考量确定三个牌号 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-1}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-2}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-3}$ 对应的 K 含量分别为 0.05%、0.02%、0.0045%。

(4) 关于杂质 Cs 指标

对于 99.5%硫酸铷, Cs 含量为 0.075%-0.17%, 最大值为 0.17%, 均值为 0.1065%, 100%的数据值均在 0.2%以下; 对于 99.9%硫酸铷, Cs 含量为 0.011%-0.031%, 最大值为 0.031%, 均值为 0.02%, 92%的数据值均在 0.03%以下; 对于 99.99%硫酸铷, Cs 含量为 0.002%-0.005%, 最大值为 0.005%, 均值为 0.003%, 67%的数据值均在 0.005%以下。由于 Rb、Cs 的性质比较接近, 分离较为困难, 但其用途在很多领域可以通用, 客户要求相对较为宽松, 按照在能满足用户的基础上, 同时对生产企业不会造成过高的成本的原则下制订该指标。因此, 确定三个牌号 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-1}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-2}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-3}$ 对应的 Cs 含量分别为 0.2%、0.02%、0.0015%。

(5) 关于杂质 Ca 指标

对于 99.5%硫酸铷, Ca 含量为 0.0025%-0.0098%, 最大值为 0.0098%, 均值为 0.0053%, 100%的数据值均在 0.01%以下; 对于 99.9%硫酸铷 Ca 含量为 0.0012%-0.0056%, 最大值为 0.0056%, 均值为 0.0035%, 75%的数据值均在 0.005%以下; 对于 99.99%硫酸铷, Ca 含量为 0.0004%-0.0008%, 最大值为 0.0008%, 均值为 0.0006%, 100%的数据值均在 0.001%以下。Ca 在碱性环境下易于络合除去, 且有溶解极限, 该指标按客户需求及实际生产达到的标准制订。因此, 确定三个牌号 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-1}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-2}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-3}$ 对应的 Ca 含量分别为 0.01%、0.005%、0.0005%。

(6) 关于杂质 Mg 指标

对于 99.5%硫酸铷, Mg 含量为 0.001%-0.0037%, 最大值为 0.0037%, 均值为 0.0024%, 100%的数据值均在 0.005%以下; 对于 99.9%硫酸铷, Mg 含量为 0.0003%-0.0013%, 最大值为 0.0013%, 均值为 0.0007%, 75%的数据值均在 0.001%以下; 对于 99.99%硫酸铷, Mg 含量为 0.0001%-0.0002%, 最大值为 0.0002%, 均值为 0.0002%, 50%的数据值均在 0.0002%以下。Mg 在碱性环境下易于除去, 且铷的萃取分离过程中带入较少, 该指标按客户需求及实际生产达到的标准制订。因此, 确定三个牌号 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-1}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-2}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-3}$

对应的 Mg 含量分别为 0.005%、0.001%、0.0002%。

(7) 关于杂质 Fe 指标

对于 99.5%硫酸铷, Fe 含量为 0.0003%-0.0013%, 最大值为 0.0013%, 均值为 0.0006%, 79%的数据值均在 0.001%以下; 对于 99.9%硫酸铷, Fe 含量为 0.0002%-0.0005%, 最大值为 0.0005%, 均值为 0.0003%, 92%的数据值均在 0.0005%以下; 对于 99.99%硫酸铷, Fe 含量为 0.0001%-0.0001%, 最大值为 0.0001%, 均值为 0.0001%, 100%的数据值均在 0.0002%以下。因此, 确定三个牌号 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-1}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-2}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-3}$ 对应的 Fe 含量分别为 0.001%、0.0005%、0.0002%。

(8) 关于杂质 Al 指标

对于 99.5%硫酸铷, Al 含量为 0.0008%-0.0033%, 最大值为 0.0033%, 均值为 0.002%, 95%的数据值均在 0.003%以下; 对于 99.9%硫酸铷, Al 含量为 0.0002%-0.0011%, 最大值为 0.0011%, 均值为 0.0005%, 92%的数据值均在 0.001%以下; 对于 99.99%硫酸铷, Al 含量为 0.0001%-0.0001%, 最大值为 0.0001%, 均值为 0.0001%, 100%的数据值均在 0.0002%以下。因此, 确定三个牌号 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-1}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-2}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-3}$ 对应的 Al 含量分别为 0.003%、0.001%、0.0002%。

(9) 关于杂质 Si 指标

对于 99.5%硫酸铷, Si 含量为 0.002%-0.0052%, 最大值为 0.0052%, 均值为 0.0033%, 89%的数据值均在 0.005%以下; 对于 99.9%硫酸铷, Si 含量为 0.0005%-0.0021%, 最大值为 0.0021%, 均值为 0.0015%, 83%的数据值均在 0.002%以下; 对于 99.99%硫酸铷, Si 含量为 0.0001%-0.0003%, 最大值为 0.0003%, 均值为 0.0002%, 67%的数据值均在 0.0005%以下。由于硅在硫酸铷前段碱性环境中易溶, 但经过萃取过程分离较为干净, 因此确定三个牌号 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-1}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-2}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-3}$ 对应的 Si 含量分别为 0.005%、0.0025%、0.0005%。

(10) 关于杂质 Pb 指标

对于 99.5%硫酸铷, Pb 含量为 0.0002%-0.0008%, 最大值为 0.0008%, 均值为 0.0004%, 100%的数据值均在 0.001%以下; 对于 99.9%硫酸铷, Pb 含量为 0.0001%-0.0005%, 最大值为 0.0005%, 均值为 0.0003%, 83%的数据值均在 0.0005%以下; 对于 99.99%硫酸铷, Pb 含量为 0.0001%-0.0002%, 最大值为 0.0002%, 均值为 0.0001%, 100%的数据值均在 0.0003%以下。原料中铅含量低, 且萃取分离带入较少, 重结晶过程易去除, 因此确定三个牌号 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-1}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-2}$ 、 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-3}$ 对应的 Pb 含量分别为 0.001%、0.0005%、0.0002%。

(11) 关于杂质 Cl 指标

对于 99.5%硫酸铷, Cl 含量为 0.0089%-0.0215%, 最大值为 0.0215%, 均值为 0.0162%, 95%的数据值均在 0.02%以下; 对于 99.9%硫酸铷, Cl 含量为 0.008%, 最大值为 0.008%, 均值为 0.008%, 100%的数据值均在 0.01%以下, 该值由客户要求及生产厂家共同协商确定; 对于 99.99%硫酸铷, Cl 含量为 0.0008%, 最大值为 0.0008%, 均值为 0.0008%, 100%的数据值均在 0.001%以下。因此, 确定三个牌号 $\text{Rb}_2\text{SO}_4\text{-1}$ 、

Rb₂SO₄-2、Rb₂SO₄-3 对应的 Cl 含量分别为 0.02%、0.01%、0.001%。

(12) 关于主成分指标

对于 99.5%硫酸铷，主成分%值为 99.75-99.87，最大值为 99.87%，均值为 99.83%，100%的数据值均在 99.5%以上；对于 99.9%硫酸铷，主成分%值为 99.95-99.97%，最大值为 99.97%，均值为 99.96%，100%的数据值均在 99.9%以上；对于 99.99%硫酸铷，主成分%值为 99.993%-9.996%，最大值为 99.996%，均值为 99.995%，100%的数据值均在 99.99%以上。参考客户需求，并结合 2023 年度国家十四五重点研发计划“战略性矿产资源开发利用”重点专项指南中 5.2 条规定的铷盐考核指标要求，因此确定三个牌号 Rb₂SO₄-1、Rb₂SO₄-2、Rb₂SO₄-3 对应的主成分分别为 99.5%、99.9%、99.99%。

最后，本标准对产品化学成分做出以下如表 5 所示规定：

表 5 化学成分 质量分数/%

牌号		Rb ₂ SO ₄ -1	Rb ₂ SO ₄ -2	Rb ₂ SO ₄ -3
主成分，不小于	Rb ₂ SO ₄ 含量	99.50	99.90	99.99
杂质含量，不大于	Li	0.0050	0.0010	0.0005
	Na	0.0100	0.0050	0.0005
	K	0.0500	0.0020	0.0045
	Cs	0.2000	0.0200	0.0015
	Ca	0.0100	0.0050	0.0005
	Mg	0.0050	0.0010	0.0002
	Fe	0.0010	0.0005	0.0002
	Al	0.0030	0.0010	0.0002
	Si	0.0050	0.0025	0.0005
	Pb	0.0010	0.0005	0.0002
	Cl	0.0200	0.0100	0.0010
注：硫酸铷（质量分数）为 100%减去表中杂质实测值总和的余量。				

(13) 水分的确定

水分含量是影响硫酸铷质量的重要指标，结合国内硫酸铷的实际生产水平及 5 家单位提供的 29 批样品的水分含量统计数据分析得出，结果如表 6，3 个牌号的产品水分含量在 0.13%~0.2%之间，最大值为 0.2%均值为 0.15%，因此，综合确定三个牌号 Rb₂SO₄-1、Rb₂SO₄-2、Rb₂SO₄-3 对应的水分分别为 0.2%、0.2%、0.2%。产品的水分含量应符合表 7 的规定。

表 6 硫酸铷含水量统计表

水分，质量分数（不大于，%）						
牌号	企业 1	企业 2	企业 3	企业 4	企业 5	均值
Rb ₂ SO ₄ -1	/	/	0.14	0.13	0.15	0.14
Rb ₂ SO ₄ -2	0.14	0.13	0.16	0.20	/	0.16
Rb ₂ SO ₄ -3	0.15	/	/	0.15	/	0.15

表 7 产品水分

产品牌号	Rb ₂ SO ₄ -1	Rb ₂ SO ₄ -2	Rb ₂ SO ₄ -3
水分, 不大于%	0.20	0.20	0.20

3.2.4.3 产品外观

产品外观为白色晶体, 无肉眼可见夹杂物。硫酸铷产品外观依据来自于对相关应用和生产企业的调研, 并广泛征求了使用用户的意见作为建立本技术标准的依据。

3.2.5 试验方法的确定

产品中的杂质元素含量及水分的测试, 结合生产厂商、第三方检测机构建议及客户的测试要求, 产品中的锂、钠、钾、钙、镁、铁、铝、硅、铅用电感耦合等离子体发射光谱仪测定; 铷用原子吸收光谱仪测定; 氯离子的测定参照 GB/T 11064.10-2013 中规定的氯化银浊度法进行。仲裁分析方法由供需双方共同协商确定。

3.2.5.1 产品中杂质元素的测定

对于产品中杂质元素的测定, 共收集了来自 4 家不同生厂的 25 份硫酸铷样品, 召集 9 家检测单位分别对 25 份样品进行了分析检测, 样品中锂、钠、钾、铷、钙、镁、铁、铝、硅、铅等元素利用电感耦合等离子体发射光谱仪法进行检测, 其结果如表 8~10 所示; 样品中的铷用原子吸收光谱仪法测定, 其结果如表 11 所示。经对各个牌号取样进行分析检测, 通过对分析结果的均值、方差及相对标准偏差等数据统计分析, 发现各个单位的检测数据差异较小, 因此确定该方法切实可行。

表 8 牌号为 99.5%硫酸铷样品检测结果统计

元素	结果													S	RSD%
	检测单位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均值		
Li	a	39.25	38.56	35.12	32.13	31.26	33.42	39.41	38.28	36.54	32.12	30.11	35.11	3.47	9.87
	b	37.85	37.59	37.82	38.39	36.92	38.4	37.81	37.79	39.04	37.12	39.53	38.02	0.77	2.03
	c	35.29	35.3	35.28	35.3	35.28	35.28	35.3	35.3	35.29	35.3	35.29	35.29	0.01	0.02
	d	35.57	35.55	35.57	35.56	35.54	35.61	35.55	35.58	35.6	35.64	35.53	35.57	0.03	0.09
	e	35.51	35.5	35.51	35.5	35.51	35.51	35.52	35.49	35.47	35.54	35.51	35.51	0.02	0.05
	f	35.68	35.66	35.61	35.48	35.52	35.54	35.56	35.55	35.72	35.64	35.7	35.61	0.08	0.23
	g	39.66	40.12	38.99	39.65	39.87	40.16	41.01	39.96	39.18	40.19	39.06	39.80	0.59	1.49
	h	36.89	36.45	37.02	35.99	36.78	36.57	36.41	36.82	36.79	35.66	36.63	36.55	0.41	1.12
Na	a	62.6	62.5	62.6	62.4	62.4	62.5	62.5	62.6	62.6	62.9	63.1	62.61	0.21	0.34
	b	65.93	66.2	65.83	66.17	66.05	66.21	66.05	65.93	65.99	65.96	65.93	66.02	0.13	0.19

	c	60.9	61	61	60.9	60.9	60.9	61	61	60.9	60.9	61	60.95	0.05	0.09
	d	69.51	69.55	69.54	69.49	69.51	69.53	69.5	69.55	69.55	69.53	69.54	69.53	0.02	0.03
	e	69	67.8	69	69.6	67.52	69.2	68.8	67.58	68.8	69	67.78	68.55	0.74	1.07
	f	64.1	64.02	64	64.03	63.94	64.14	64	63.97	63.96	64.03	63.96	64.01	0.06	0.10
	g	66.62	67.21	65.60	65.79	68.21	66.82	66.40	67.39	66.61	68.23	66.60	66.86	0.85	1.27
	h	67.25	68.13	65.65	66.49	69.11	70.03	66.16	65.17	71.03	67.18	69.22	67.8	1.89	2.79
K	a	305	302	302	302	303	304	302	301	302	303	303	302.6	1.12	0.37
	b	292.4	287	290.2	289.1	291.9	294.7	294.5	292.5	293.5	294.8	289.5	291.8	2.58	0.88
	c	316	317	317	317	316	316	316	316	316	317	317	316.5	0.52	0.17
	d	299	306	303	293	304	291	306	294	303	300	290	299.0	6.02	2.01
	e	298	300	296	298	298	297	295	296	296	296	297	297.0	1.41	0.48
	f	334	336	337	337	336	338	339	334	340	340	341	337.5	2.38	0.71
	g	334.4	343.2	334	346.8	346.2	338.4	358	371.8	346.2	349.4	335	345.8	11.3	3.28
	h	320	320	310	320	320	330	320	320	310	320	320	319.1	5.39	1.69
Cs	a	1152.6	1152.3	1152.6	1152.5	1153	1155.1	1154.9	1154.7	1153.8	1152.7	1151.8	1153.3	1.15	0.10
	b	1138.5	1138.1	1138.2	1137.8	1137.2	1136.8	1136.8	1136.8	1136.7	1137.1	1137.8	1137.4	0.66	0.06
	c	1086.5	999.1	1098.6	1106.6	1157.1	1088.7	1025.5	1099.1	1123.2	1096.1	1087.5	1088	43	3.95
	d	1177.8	1179.1	1178.3	1178.7	1177.6	1177.4	1178.2	1177.6	1177.8	1177.5	1178	1178.0	0.53	0.05
	e	1064	1067	1067	1064	1064	1067	1065	1063	1066	1063	1065	1065.0	1.55	0.15
	f	1137	1138	1140	1142	1147	1152	1144	1140	1145	1143	1146	1143	4.37	0.38
	g	1130	1004	1006	1007	1101	1002	1005	1006	1006	1005	1004	1025	45.2	4.4
	h	1120	1176	1115	1024	1106	1136	1024	1072	1066	1099	1056	1090	47.2	4.33
Ca	a	60.10	60.20	60.20	60.30	60.10	60.20	60.20	60.00	60.20	60.00	61.30	60.25	0.36	0.60
	b	58.85	58.25	59.50	58.25	58.10	58.21	58.69	59.13	59.13	58.13	58.13	58.58	0.50	0.86
	c	58.00	57.90	58.10	58.10	57.90	57.90	58.00	58.00	58.00	58.00	57.90	57.98	0.08	0.13
	d	56.90	56.90	56.90	56.90	56.90	56.90	56.90	56.90	56.90	56.90	56.80	56.89	0.03	0.05
	e	60.00	60.10	60.00	60.50	59.90	60.30	60.00	60.50	60.30	59.80	60.10	60.14	0.23	0.39
	f	59.82	60.24	59.78	60.29	60.48	59.64	59.58	59.24	58.78	59.47	59.54	59.71	0.49	0.82
	g	61.21	60.81	61.00	60.59	60.81	61.01	60.40	60.79	60.61	60.81	61.00	60.82	0.23	0.38
	h	58.46	59.68	58.66	58.98	60.12	60.12	61.15	59.14	58.78	60.17	59.88	59.56	0.82	1.38
Mg	a	30.61	31.11	30.65	32.03	31.88	30.78	31.15	31.58	31.88	30.99	31.15	31.26	0.51	1.63
	b	29.98	29.97	30.02	29.98	29.96	29.96	29.92	30.04	30.03	29.99	30.01	29.99	0.04	0.12
	c	29.95	29.95	29.96	29.96	29.96	29.95	29.95	29.95	29.96	29.96	29.96	29.96	0.01	0.02
	d	29.88	29.87	29.86	29.89	29.87	29.88	29.88	29.87	29.87	29.86	29.86	29.87	0.01	0.03
	e	30.02	30.04	30.02	30.07	30.02	30.05	30.07	30.07	30.03	30.02	30.03	30.04	0.02	0.07
	f	29.88	29.93	29.87	29.89	29.95	29.87	29.91	29.87	29.86	29.89	29.88	29.89	0.03	0.09
	g	33.11	34.02	33.64	35.05	34.45	34.88	34.91	33.25	34.41	34.84	33.66	34.20	0.70	2.05
	h	32.15	33.02	32.54	33.61	32.78	32.89	33.18	32.86	32.91	33.02	32.87	32.89	0.36	1.10
Fe	a	6	6.2	6.6	6.7	6.1	6	6.1	6.1	6.8	6.1	6.2	6.26	0.29	4.64
	b	5.87	5.94	5.98	5.83	6.01	6.47	6.82	6.31	6.08	6.02	6.21	6.14	0.30	4.82
	c	5.82	5.84	5.79	6.01	6.08	6.05	5.99	5.98	6.01	6.02	5.97	5.96	0.10	1.64
	d	6.58	6.62	6.55	6.66	6.62	6.58	6.65	6.56	6.55	6.62	6.6	6.60	0.04	0.58
	e	5.91	5.98	5.96	6.09	5.95	6.06	6	5.93	6.02	6	6	5.99	0.05	0.89

	f	6.23	6.03	5.93	5.96	5.99	5.86	5.91	5.84	5.93	5.9	6.08	5.97	0.11	1.87
	g	6.13	5.95	5.89	6.09	5.99	6.11	5.97	6.08	6.12	6.11	6.1	6.05	0.08	1.37
	h	5.56	5.61	5.71	5.55	5.54	5.49	5.67	5.62	5.68	5.55	5.62	5.60	0.07	1.22
Al	a	23.11	22.98	22.85	22.98	22.96	23.09	22.98	23.16	23.14	23.11	23.17	23.05	0.10	0.45
	b	22.63	22.31	22.17	22.76	22.56	23.26	23.44	22.21	22.26	22.44	22.17	22.56	0.44	1.93
	c	24.56	24.57	24.61	24.53	24.59	24.67	24.51	25.03	25.07	24.58	24.52	24.66	0.20	0.81
	d	22.57	22.53	22.56	22.58	22.60	22.56	22.62	22.54	22.53	22.60	22.51	22.56	0.03	0.15
	e	22.98	23.00	23.20	23.20	23.00	23.10	23.02	22.94	23.03	23.10	23.01	23.05	0.09	0.38
	f	22.24	22.24	22.28	22.24	22.25	22.22	22.25	22.18	22.21	22.23	22.21	22.23	0.03	0.12
	g	23.60	24.00	23.80	23.60	23.60	23.80	23.80	24.00	24.00	23.80	23.60	23.78	0.17	0.70
	h	25.11	25.23	24.95	24.89	24.99	25.13	25.21	25.24	25.19	24.89	25.14	25.09	0.13	0.54
Si	a	15.9	14.7	15.6	15.3	15.4	15.1	15	15.1	14.9	15.3	14.7	15.18	0.37	2.43
	b	15.72	14.38	14.38	15.3	14.43	14.81	14.81	15.08	16.39	15.3	15.06	15.06	0.61	4.08
	c	14.56	14.64	14.68	14.7	14.59	14.68	14.65	14.67	14.66	14.65	14.69	14.65	0.04	0.29
	d	15.1	14.8	15.2	15.1	14.7	14.7	15.2	15.6	14.8	15.4	14.4	15.00	0.35	2.35
	e	15.2	15.8	15.8	15.5	13.6	14	14.2	13.8	14.5	14.6	13.8	14.62	0.83	5.66
	f	15.01	14.63	14.48	13.68	13.46	15	14.75	15.14	15.38	15.83	15.57	14.81	0.73	4.95
	g	15.59	14.58	15.03	14.81	15.20	13.99	14.01	15.22	15.59	15.19	15.22	14.95	0.55	3.70
	h	16.3	17.5	17.6	17.2	15.7	15.9	16.2	14.3	16.9	16.4	15.9	16.35	0.95	5.79
Pb	a	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	/	/	/
	b	2	2.13	2.19	1.99	2.13	2.33	2.15	2.16	2.18	2.14	2.08	2.13	0.09	4.35
	c	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	/	/	/
	d	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.10	0.00	0.00
	e	2.2	2.25	1.97	2.2	1.98	2.02	2	1.95	2.12	2.1	2.18	2.09	0.11	5.20
	f	1.9	1.86	1.88	1.79	1.91	1.86	1.83	1.85	1.86	1.87	1.89	1.86	0.03	1.80
	g	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	/	/	/
	h	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	/	/	/
Pb	a	5.96	5.94	5.98	6.01	6.02	6.07	6.06	6.05	5.99	6.13	6.15	6.03	0.07	1.11
	b	6.09	6.07	5.98	5.97	6.11	5.99	5.96	5.99	6.08	6.07	6.05	6.03	0.05	0.91
	c	5.88	5.76	5.71	5.73	5.79	5.72	5.69	5.7	5.68	5.72	5.71	5.74	0.06	1.00
	d	6.1	6.2	6.3	5.8	6.1	5.7	6.4	5.9	6.2	6.3	5.8	6.07	0.24	3.90
	e	5.61	6.12	5.91	5.89	5.87	5.92	5.88	5.62	5.79	5.86	5.83	5.85	0.14	2.41
	f	6.12	6.13	6.18	5.99	6.09	6.11	6.08	6.17	6.13	6.14	6.09	6.11	0.05	0.84
	g	5.53	5.49	5.57	5.51	5.53	5.50	5.52	5.61	5.62	5.58	5.55	5.55	0.04	0.79
	h	5.39	5.38	5.41	5.46	5.45	5.38	5.39	5.4	5.42	5.47	5.46	5.42	0.03	0.64

表 9 牌号为 99.9%硫酸铷样品检测结果统计

元 素	结 果													S	RSD%
	检 测 单 位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平 均 值		
Li	a	6.3	6.2	6.3	6.5	6.4	6.6	6.4	6.2	6.2	6.4	6.5	6.36	0.14	2.14

	b	6.51	7.79	7.38	6.83	7.55	8.77	7.52	7.31	7.04	7.42	7.51	7.42	0.58	7.77
	c	6.4	6.5	6.45	6.45	6.45	6.45	6.5	6.5	6.5	6.4	6.4	6.45	0.04	0.64
	d	6.1	6.1	6.2	6.1	6.1	6	6.1	6.2	6	6	6.2	6.10	0.08	1.27
	e	4.23	4.13	3.9	4.3	4.14	4.4	4.55	3.8	4.13	4.19	4.02	4.16	0.21	5.12
	f	6.47	6.59	6.59	6.62	6.62	6.68	6.57	6.67	6.68	6.65	6.66	6.62	0.06	0.94
	g	7.12	5.98	7.06	7.15	7.2	6.19	6.58	7.09	7.11	6.83	6.79	6.83	0.41	6.07
	h	6.82	6.91	7.01	6.87	7.08	6.93	6.91	7.05	6.99	6.86	6.88	6.94	0.08	1.21
Na	a	39.2	38.6	38.8	38.6	38.3	38.9	38	39.1	39.1	39.5	38.6	38.79	0.43	1.11
	b	36.5	35.84	36.64	36.51	36.09	36.44	36.78	36.54	36.49	36.12	36.37	36.39	0.27	0.75
	c	35	35.1	35.05	35.25	35.2	35.15	35.2	35.3	35.45	35.35	35.35	35.22	0.14	0.39
	d	37	37.7	37.5	38	37.8	37.9	37.4	37.6	37.3	38.1	37.3	37.60	0.34	0.90
	e	38.40	39.10	37.80	38.00	38.50	37.90	37.70	38.20	38.20	38.10	38.60	38.23	0.41	1.06
	f	39.82	39.91	39.93	39.94	39.86	39.94	39.90	40.05	39.94	39.86	39.94	39.92	0.06	0.15
	g	40.58	38.57	39.25	38.81	40.40	38.99	39.02	41.03	38.59	38.19	41.64	39.55	1.15	2.92
	h	37.63	34.65	35.65	34.66	35.78	33.99	38.56	35.15	35.13	35.36	35.45	35.64	1.33	3.74
K	a	180.7	179.7	178.7	174.4	177.7	181.3	173.2	175	172.8	175.4	181.5	177.31	3.28	1.85
	b	160.8	158.5	160.1	161.3	164.6	160.8	161.3	161.3	163.3	165	161.8	161.71	1.92	1.19
	c	167.4	167.5	167.6	167.2	167.4	167.8	167.1	167.1	167.1	167.1	167.2	167.32	0.24	0.14
	d	163	162.7	163.2	162.9	163.2	162.8	163.1	162.9	163.6	162.4	163.2	163.00	0.32	0.19
	e	159.4	160.5	161.3	162.1	159.2	161.5	160.6	162.4	159.3	160.5	159.2	160.55	1.18	0.73
	f	168	168.8	169.2	169.4	169.1	169.3	169.1	170.1	170.1	170.2	170.3	169.42	0.71	0.42
	g	166.5	170.3	168.2	168.7	169.0	171.5	164.1	171.7	169.3	166.9	171.1	168.86	2.35	1.39
	h	189.5	184.1	193.2	190.1	188.5	189.9	190	185.3	188.9	189.8	184	188.48	2.86	1.52
Cs	a	132.00	130.20	130.20	129.80	132.70	129.80	129.90	129.00	129.20	134.10	137.80	131.34	2.67	2.03
	b	114.80	115.20	115.10	115.10	114.80	115.20	115.10	115.10	116.60	116.90	115.50	115.40	0.70	0.60
	c	122.50	122.50	122.50	122.70	122.90	123.00	122.80	122.60	122.50	122.60	122.80	122.67	0.18	0.15
	d	126.60	126.80	127.20	126.40	127.60	126.40	127.40	126.60	127.60	128.00	126.40	127.00	0.58	0.46
	e	124.00	130.00	127.00	128.00	127.00	128.00	127.00	128.00	127.00	126.00	127.00	127.18	1.47	1.16
	f	128.4	130.9	131.6	131.9	132.2	130.7	131.9	133.4	132.1	132.7	130.2	131.45	1.36	1.03
	g	129.70	133.14	132.94	133.14	134.80	130.99	134.57	135.19	133.78	134.05	134.70	133.36	1.69	1.27
	h	131.2	130.5	128.9	133.1	126.9	131.1	130.2	128.4	130.9	131.3	130.2	130.25	1.67	1.28
Ca	a	26.90	25.80	26.90	26.00	25.50	26.70	25.20	25.90	25.80	26.10	25.70	26.05	0.56	2.16
	b	25.30	25.10	25.30	25.40	25.00	26.60	26.40	24.80	25.50	26.60	26.60	25.69	0.71	2.76
	c	26.30	26.30	26.70	27.00	27.00	26.60	26.70	26.90	27.30	26.40	26.20	26.67	0.35	1.32
	d	27	26.4	27.5	26.5	27.5	26.5	27.7	27.4	27.5	26.6	26.4	27.00	0.53	1.95
	e	29.00	32.90	30.80	30.70	29.10	32.20	31.30	31.20	31.40	32.70	32.00	31.21	1.28	4.11
	f	27.30	25.50	25.10	25.80	25.40	25.60	27.20	25.70	26.00	25.60	26.00	25.93	0.70	2.71
	g	27.98	28.96	27.06	29.02	28.00	29.98	26.02	27.04	25.98	26.98	27.04	27.64	1.27	4.61
	h	31.80	34.70	36.10	35.90	35.00	36.50	33.30	44.20	35.60	33.90	34.90	35.63	3.15	8.85
Mg	a	5.65	5.54	5.89	5.72	5.66	5.54	5.53	5.61	5.6	5.59	5.58	5.63	0.10	1.85
	b	5.86	5.88	5.84	5.97	5.89	6.00	5.91	5.86	5.93	5.92	5.98	5.91	0.05	0.90
	c	5.85	5.90	5.85	5.90	5.85	5.85	5.85	5.85	5.90	5.85	5.90	5.87	0.03	0.43
	d	5.78	5.79	5.77	5.76	5.79	5.78	5.78	5.77	5.78	5.79	5.78	5.78	0.01	0.16

	e	6.43	6.56	6.46	6.42	6.42	6.60	6.44	6.57	6.49	6.59	6.47	6.50	0.07	1.09
	f	5.91	5.82	5.66	5.68	5.67	5.71	5.88	5.75	5.75	5.74	5.76	5.76	0.08	1.43
	g	7.10	6.88	6.94	6.87	6.89	6.78	6.81	6.83	6.85	6.88	6.79	6.87	0.09	1.29
	h	6.65	6.78	6.71	6.72	6.69	6.71	6.70	6.73	6.68	6.79	6.75	6.72	0.04	0.62
Fe	a	2.26	2.31	2.36	2.34	2.19	2.18	2.22	2.19	2.26	2.31	2.34	2.27	0.07	2.95
	b	2.25	2.15	2.22	2.61	2.51	2.57	2.17	2.19	2.35	2.34	2.33	2.34	0.16	6.97
	c	2.56	2.48	2.49	2.53	2.51	2.53	2.49	2.52	2.67	2.66	2.55	2.54	0.06	2.54
	d	1.78	1.8	1.81	1.76	1.82	1.83	1.79	1.81	1.76	1.81	1.78	1.80	0.02	1.30
	e	3.04	2.96	2.93	3.05	2.97	3.1	3.18	2.92	3.29	3.15	3.25	3.08	0.13	4.18
	f	1.92	1.77	1.82	1.7	1.7	1.7	1.94	1.84	1.7	1.84	1.7	1.78	0.09	5.19
	g	2.72	2.81	2.69	2.75	2.76	2.83	2.79	2.81	2.75	2.77	2.79	2.77	0.04	1.51
	h	2.32	2.41	2.41	2.35	2.33	2.37	2.23	2.45	2.35	2.36	2.13	2.34	0.09	3.83
Al	a	4.01	3.98	3.89	3.91	3.96	3.94	3.99	3.93	3.92	3.88	3.89	3.94	0.04	1.11
	b	3.46	3.52	3.46	3.3	3.78	3.36	3.3	3.3	3.35	3.31	3.3	3.40	0.15	4.34
	c	4.25	4.19	4.23	4.18	4.26	4.25	4.27	4.16	4.25	4.18	4.21	4.22	0.04	0.91
	d	3.32	3.36	3.41	3.4	3.38	3.39	3.39	3.37	3.35	3.42	3.31	3.37	0.04	1.04
	e	3.44	3.65	3.58	3.27	3.17	3.15	3.22	3.35	3.49	3.46	3.14	3.36	0.18	5.35
	f	3.36	3.36	3.33	3.34	3.36	3.33	3.38	3.32	3.33	3.34	3.32	3.34	0.02	0.58
	g	3.89	4.11	4.02	4.03	3.99	4.01	4.02	3.97	3.95	3.96	3.94	3.99	0.06	1.45
	h	3.66	3.56	3.67	3.59	3.62	3.63	3.65	3.71	3.59	3.64	3.62	3.63	0.04	1.16
Si	a	40.5	40.4	40.3	40.6	40.4	40.4	40.4	40.3	40.3	40.3	40.3	40.38	0.10	0.24
	b	41.24	40.3	40.95	40.74	39.85	41.3	40.04	41.73	40.08	41.37	40.37	40.72	0.63	1.56
	c	40.06	40.09	39.86	40.07	39.99	40.05	41.01	40.11	39.98	40.12	40.13	40.13	0.30	0.75
	d	40.8	41.3	40.4	40.9	40.8	41.4	40.8	41.4	41.2	40.8	41.2	41.00	0.32	0.78
	e	41.8	41.7	41.6	42.3	41.8	42	42	42	41.8	42	41.8	41.89	0.19	0.46
	f	41.14	40.96	40.74	40.74	40.72	40.64	40.67	40.57	40.66	40.54	40.58	40.72	0.18	0.44
	g	40.88	39.64	39.20	39.96	42.84	39.48	41.40	42.76	41.04	41.88	39.40	40.77	1.34	3.28
	h	42.4	42	44.6	47.5	43.1	44.8	43.2	45.6	44.9	43.6	44.1	44.16	1.57	3.54

表 10 牌号为 99.99%硫酸铷样品检测结果统计

元素	结果													S	RSD%
	检测单位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均值		
Li	a	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	b	1.65	1.35	1.47	1.49	1.12	1.18	1.23	1.08	1.09	1.11	1.1	1.26	0.20	15.73
	c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	/	/	/
	d	0.64	0.73	0.72	0.64	0.73	0.65	0.68	0.74	0.71	0.68	0.75	0.70	0.04	5.88
	e	0.66	0.67	0.66	0.64	0.64	0.68	0.68	0.66	0.66	0.66	0.67	0.66	0.01	2.01
	f	0.54	0.57	0.48	0.47	0.53	0.44	0.42	0.41	0.41	0.38	0.37	0.46	0.07	14.74
	g	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	h	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	i	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
Na	a	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/

	b	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	/	/	/
	d	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	e	1.42	1.39	1.55	1.95	1.51	2.04	1.65	1.83	1.58	1.68	1.9	1.68	0.22	13.05
	f	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	g	1.00	0.60	0.40	0.41	0.79	0.40	1.60	1.00	0.79	0.60	0.81	0.76	0.36	46.55
	h	0.76	1.01	1.06	1.09	0.98	0.99	0.89	0.79	0.88	0.86	1.12	0.95	0.12	12.70
	i	1.44	1.47	1.46	1.48	1.03	1.03	1.03	1.73	1.73	1.73	1.73	1.44	0.29	20.14
K	a	28.4	31.1	27.6	28.6	31.4	31.6	29.4	30.6	31.1	33	31.4	30.38	1.65	5.44
	b	29.8	27.3	31	29.3	29.8	29.5	29.2	30.1	29	29.1	28.8	29.35	0.92	3.13
	c	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.50	0.00	0.00
	d	29.6	30.3	30.4	30.6	29.7	30.5	30.4	30.4	29.5	30.3	29.4	30.10	0.45	1.49
	e	31.5	31.2	31.2	31.1	31	31.2	30.9	31.7	31.1	31.5	31.6	31.27	0.26	0.83
	f	38.9	38.7	39.3	39.1	38.9	39.1	39	38.9	39.3	39.2	39.3	39.06	0.20	0.52
	g	30.03	29.40	30.20	30.69	30.74	31.77	32.03	31.17	28.94	29.43	30.89	30.48	0.99	3.24
	h	30.5	34.1	31	35.7	29.6	33.3	34.6	35.2	31.7	30.8	31.9	32.58	2.09	6.41
	i	32.3	32.3	32.3	32.3	33.7	33.7	33.7	31.2	31.2	31.2	31.2	32.28	1.04	3.21
Cs	a	10.5	10.5	10.5	11.0	10.0	10.5	10.5	10.5	11.0	10.5	11.0	10.59	0.30	2.85
	b	9.22	9.57	9.58	9.58	9.57	9.57	9.22	9.37	9.57	9.5	9.5	9.48	0.14	1.49
	c	10.1	10.2	10.2	10.1	10.2	10.2	10.1	10.2	10.1	10.1	10.2	10.15	0.05	0.51
	d	8.98	8.99	8.98	8.97	8.98	8.99	8.97	8.99	8.98	8.97	8.95	8.98	0.01	0.13
	e	8.79	8.96	8.96	8.96	8.93	8.89	8.96	9.12	9.05	9.09	8.92	8.97	0.09	1.04
	f	10.10	10.00	9.96	10.01	9.97	9.86	10.36	9.97	9.87	10.13	10.01	10.02	0.14	1.38
	g	8.90	9.02	9.01	9.39	9.00	9.18	9.22	9.04	9.24	9.25	9.20	9.13	0.15	1.60
	h	8.90	9.02	9.01	9.39	9.00	9.18	9.22	9.04	9.24	9.25	9.20	9.13	0.15	1.59
	i	10.65	10.65	10.65	10.65	10.51	10.51	10.51	10.76	10.76	10.76	10.74	10.65	0.10	0.95
Ca	a	1.98	1.97	2.03	2.08	1.99	2.11	2.05	2.13	1.99	2.07	2.12	2.05	0.06	2.89
	b	2.79	2.64	2.75	2.71	2.71	2.83	2.82	2.62	2.72	3.04	2.78	2.76	0.11	4.10
	c	2.26	2.26	2.25	2.27	2.28	2.28	2.28	2.29	2.27	2.28	2.26	2.27	0.01	0.54
	d	2.36	2.37	2.35	2.37	2.36	2.35	2.38	2.37	2.35	2.36	2.34	2.36	0.01	0.50
	e	2.65	2.92	2.83	2.86	2.97	2.89	2.88	2.92	2.94	2.88	2.97	2.88	0.09	3.08
	f	2.17	1.99	1.97	2.37	2.26	2.55	2.14	2.16	2.2	2.02	2.03	2.17	0.18	8.10
	g	3.71	4.01	3.97	3.24	3.56	3.16	3.75	3.12	3.51	3.26	3.37	3.51	0.31	8.96
	h	2.65	2.71	2.61	2.59	2.57	2.60	2.64	2.59	2.66	2.58	2.59	2.62	0.04	1.63
	i	2.58	2.57	2.58	2.57	2.56	2.56	2.58	2.59	2.57	2.6	2.58	2.58	0.01	0.47
Mg	a	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	b	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	/	/	/
	d	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	e	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	f	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	g	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	/	/	/
	h	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1.27	0.47	36.70

	i	0.15	0.16	0.16	0.15	0.15	0.16	0.14	0.14	0.16	0.15	0.16	0.15	0.01	5.15
Fe	a	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	b	0.08	0.2	0.26	0.34	0.37	0.81	0.19	0.11	0.29	0.73	0.79	0.38	0.27	71.33
	c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	/	/	/
	d	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10	0.00	0.00
	e	0.17	0.13	0.13	0.15	0.13	0.12	0.13	0.15	0.13	0.14	0.14	0.14	0.01	10.14
	f	ND	0.02	0.13	ND	ND	ND	0.02	0.06	ND	ND	ND	/	/	/
	g	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	/	/	/
	h	1.03	1.06	1.09	1.01	1.04	1.03	1.06	1.03	1.02	1.05	1.03	1.04	0.02	2.17
	i	0.2	0.19	0.22	0.2	0.2	0.19	0.19	0.19	0.2	0.2	0.2	0.20	0.01	4.41
Al	a	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	b	0	0	0.11	0	0	0.89	0.31	0.03	0	0.02	0	/	/	/
	c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	/	/	/
	d	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10	0.00	0.00
	e	0.16	0.19	0.21	0.21	0.21	0.22	0.2	0.2	0.19	0.18	0.18	0.20	0.02	8.97
	f	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	/	/	/
	g	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	/	/	/
	h	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	i	0.37	0.36	0.36	0.35	0.37	0.36	0.36	0.38	0.38	0.39	0.39	0.37	0.01	3.63
Si	a	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	b	1.11	1.18	1.21	1.51	1.42	1.31	1.66	1.28	1.21	1.24	1.54	1.33	0.17	13.07
	c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	/	/	/
	d	0.59	0.6	0.56	0.59	0.62	0.59	0.63	0.62	0.59	0.59	0.56	0.59	0.02	3.79
	e	1.23	1.51	1.57	1.31	1.4	1.26	1.54	1.3	1.24	1.47	1.3	1.38	0.13	9.23
	f	1.17	1.24	1.43	1.35	1.3	1.27	1.2	1.25	1.49	1.4	1.44	1.32	0.11	8.07
	g	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	/	/	/
	h	1.56	1.12	1.43	1.35	1.39	1.51	1.45	1.42	1.39	1.48	1.5	1.42	0.12	8.20
	i	1.69	1.68	1.68	1.68	1.98	1.97	1.97	1.48	1.48	1.48	1.49	1.69	0.20	12.04
Pb	a	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	b	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	/	/	/
	c	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	d	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	e	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	/	/	/
	f	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	/	/	/
	g	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	h	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/
	i	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	/	/	/

3.2.5.2 产品中氯离子的测定

样品中的氯离子参照 GB/T 11064.10-2013 中规定的氯化银浊度法进行分析检测。经对各个牌号取样进行分析检测，结果如表 11 所示，通过对分析结果的均值、方差及相对标准偏差等数据统计分析，发现各个

单位的检测数据差异较小，因此确定该检测方法可行。

表 11 硫酸铷样品中氯离子含量检测结果统计

样品	结果													S	RSD%
	检测单位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均值		
99.99%	a	4.5	3.9	4.5	3.9	4.9	5.1	4.7	3.9	4.4	5	4.5	4.48	0.44	9.72
	b	5.23	5.3	5.5	5.69	5.37	4.77	4.72	4.8	4.79	5.23	5.5	5.17	0.35	6.69
	c	4.5	4.6	4.8	4.4	4.6	4.5	4.8	4.6	4.5	4.3	4.8	4.58	0.17	3.63
	d	5.5	5.7	5.6	5.7	5.5	5.6	5.5	5.7	5.7	5.6	5.5	5.60	0.09	1.60
	e	4.8	5.3	5	5.3	5.1	6.5	5.8	5.8	5.9	5.5	5.4	5.49	0.48	8.79
	f	4.5	5.2	4.9	5.2	4.6	4.5	4.4	4.8	5.1	5.3	5.3	4.89	0.35	7.11
	g	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	/	/	/
	h	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	/	/	/
	i	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	/	/	/
99.9%	a	73.0	72.9	73.4	73.2	73.7	73.9	74.7	74.4	73.1	73.6	73.2	73.6	0.6	0.8
	b	71.0	71.9	68.0	72.1	67.6	68.4	68.3	70.7	69.4	71.1	68.5	69.7	1.7	2.4
	c	70.3	70.1	70.3	70.2	70.3	70.3	70.2	70.3	70.3	70.2	70.3	70.3	0.1	0.1
	d	68.6	68.8	68.5	68.9	68.5	68.8	68.6	68.7	68.8	68.9	68.6	68.7	0.1	0.2
	e	78.0	80.0	80.0	75.0	79.0	76.0	74.0	77.0	78.0	75.0	79.0	77.4	2.1	2.7
	f	72.0	74.0	71.0	73.0	72.0	72.0	72.0	73.0	72.0	72.0	71.0	72.2	0.9	1.2
	g	74.1	73.4	74.6	75.2	73.6	75.7	74.1	73.8	73.3	74.1	74.1	74.2	0.7	1.0
	h	70.1	70.3	73.2	75.3	71.2	70.5	72.0	71.5	72.8	72.1	71.7	71.9	1.5	2.1
99.5%	a	167.0	167.8	168.8	167.2	168.3	168.2	167.4	169.0	167.6	168.3	167.8	167.9	0.6	0.4
	b	169.7	167.6	170.1	168.4	166.3	166.1	167.9	168.9	164.0	166.0	168.7	167.6	1.8	1.1
	c	173.1	173.2	173.3	173.1	173.2	173.2	173.2	173.2	173.1	173.2	173.2	173.2	0.1	0.0
	d	180.0	179.3	179.4	179.5	180.9	180.6	178.6	179.6	179.9	181.4	180.8	180.0	0.8	0.5
	e	181.0	183.0	186.0	185.0	185.0	182.0	182.0	180.0	179.0	183.0	183.0	182.6	2.2	1.2
	f	171.0	170.0	170.0	168.0	168.0	170.0	168.0	169.0	170.0	170.0	170.0	169.5	1.0	0.6
	g	172.2	170.4	169.8	169.6	169.4	170.7	169.9	169.8	172.5	170.8	169.7	170.4	1.0	0.6
	h	173.3	172.6	175.1	172.5	173.8	177.6	175.3	174.7	173.1	172.5	173.6	174.0	1.6	0.9

3.2.5.3 产品中水分的测定

经过 8 家单位按 GB/T 6284 的规定对各个牌号样品进行产品水分的测定，分析结果见表 12，通过对水分的分析结果的均值、方差及相对标准偏差等数据统计分析，发现各个单位的检测数据差异较小，说明该水分的分析方法可行。

表 12 硫酸铷样品水分检测数据 (%)

样品	检测单位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均值	S	RSD%
99.5%	a	0.15	0.13	0.15	0.16	0.13	0.15	0.15	0.14	0.13	0.15	0.16	0.15	0.01	7.8
	b	0.15	0.14	0.15	0.16	0.13	0.14	0.15	0.16	0.13	0.16	0.13	0.15	0.01	8.3
	c	0.14	0.15	0.14	0.13	0.16	0.16	0.15	0.15	0.16	0.13	0.14	0.15	0.01	7.7
	d	0.15	0.14	0.15	0.16	0.15	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.01	4.9
	e	0.16	0.15	0.16	0.16	0.16	0.15	0.17	0.15	0.16	0.17	0.15	0.16	0.01	4.7
	f	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.13	0.14	0.15	0.16	0.15	0.01	6.6
	g	0.17	0.16	0.13	0.15	0.15	0.14	0.13	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.01	8.4
	h	0.15	0.13	0.14	0.15	0.16	0.15	0.14	0.15	0.16	0.13	0.14	0.15	0.01	7.1
99.9%	a	0.13	0.16	0.15	0.16	0.14	0.15	0.14	0.15	0.16	0.15	0.13	0.15	0.01	7.5
	b	0.13	0.14	0.15	0.14	0.15	0.16	0.13	0.14	0.15	0.16	0.13	0.14	0.01	7.8
	c	0.15	0.16	0.15	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.14	0.16	0.15	0.15	0.01	5.1
	d	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.13	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.01	7.5
	e	0.17	0.15	0.16	0.15	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.18	0.16	0.16	0.01	6.8
	f	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.14	0.15	0.01	5.3
	g	0.15	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.15	0.18	0.17	0.15	0.13	0.15	0.01	8.9
	h	0.15	0.15	0.15	0.15	0.17	0.15	0.13	0.14	0.15	0.16	0.16	0.15	0.01	6.9
99.99%	a	0.13	0.14	0.14	0.13	0.14	0.15	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.13	0.01	6.1
	b	0.14	0.13	0.14	0.13	0.14	0.15	0.13	0.13	0.14	0.15	0.13	0.14	0.01	5.7
	c	0.15	0.13	0.16	0.15	0.14	0.13	0.14	0.15	0.13	0.15	0.14	0.14	0.01	7.1
	d	0.13	0.14	0.14	0.13	0.14	0.15	0.14	0.15	0.13	0.13	0.14	0.14	0.01	5.4
	e	0.13	0.13	0.14	0.15	0.13	0.15	0.14	0.13	0.14	0.15	0.13	0.14	0.01	6.3
	f	0.13	0.15	0.14	0.13	0.14	0.15	0.13	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.01	5.5
	g	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.01	3.9
	h	0.15	0.13	0.14	0.13	0.14	0.15	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.01	5.7

3.2.5.3 产品外观检测

产品外观质量采用目视检测法进行检测。

四、标准中涉及专利情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益等情况

5.1 标准制定的必要性

5.1.1 铷作为战略性资源的地位及在新兴材料领域的作用日益凸显

铷铯产业属于前沿性新兴材料领域。新材料行业作为新兴产业重要组成已纳入“十三五”国家战略性新兴产业发展规划，并列入国家重点专项规划，成为引领产业转型升级重要指引。例如：铷铯磁流体发电技术项目是国家 863 科研项目。铷铯新兴材料除了民用发电外，主要应用于军事在深海和深空领域供电系统以及其他高新技术领域中，应用领域的拓展对铷铯工业界有极大的吸引力，一旦铷铯在这些高新技术领

域应用得到成功，铷铯的用量激增，因此铷铯相关产业极具发展前景。

另外，为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“战略性矿产资源开发利用”重点专项将铷铯定为战略性资源，其中 5.2 条中“低品位共伴生铷铯超常富集与高质利用技术（典型应用示范类）”提出高纯铷铯及其化合物制备关键技术，指标规定要制定相应的 4N 及以上的铷铯盐产品，且其中重点提到 3N、4N 级硫酸铷的制备，本标准的制定符合相关政策需求、贴合实际，可大力助推铷铯等战略性资源及相关新兴材料行业的高速发展。

5.1.2 硫酸铷标准制定对铷行业及经济的发展具有规范和促进作用

硫酸铷是一种无机化合物，在光学、电子、化学、医学等多个领域有广泛应用。硫酸铷在光学领域中的应用是其最为突出的方面之一。由于其具有独特的光学性质，硫酸铷被广泛用于制造各种光学器件和元件。例如，它可以作为光学玻璃的重要原料，用于制造高质量的光学透镜、棱镜、反射镜等。此外，硫酸铷还可以用于制造光学滤波器、激光器等先进的光学设备，为光学技术的发展做出了重要贡献。硫酸铷在电子领域中也具有广泛的应用。它可以作为电子元件的材料，如电容器、电阻器等。硫酸铷的介电性能优异，使得它在电子元件的制造中具有重要作用。此外，硫酸铷还可以用于制造电子显示屏、太阳能电池等先进的电子产品，为电子行业的发展提供了有力支持。作为一种无机化合物，硫酸铷在化学领域中也具有广泛的应用。它可以作为催化剂、反应介质等，用于各种化学反应的进行。硫酸铷的催化性能优异，可以促进化学反应的进行，提高反应速率和产物的纯度。此外，硫酸铷还可以用于制备其他化合物，如硫酸铯、硫酸铊等，为化学研究提供了重要的原料。硫酸铷在医学领域中也有一定的应用。它可以作为某些药物的原料，如用于制造放射性药物。硫酸铷具有放射性，可以用于放射性示踪技术，帮助医学研究人员了解生物体内的代谢过程和生理机制。此外，硫酸铷还可以用于制造某些医疗器械和设备，如放射性治疗机等，为医学治疗提供了有效的手段。除了以上几个领域外，硫酸铷还在其他一些领域中得到应用。例如，它可以作为分析试剂，用于化学分析和环境监测。硫酸铷具有灵敏度高、选择性好等优点，可以用于检测痕量元素和化合物，为环境保护和科学研究提供了重要的工具。此外，硫酸铷还可以用于制造某些特殊材料，如光学晶体、磁性材料等，为材料科学的发展做出了贡献。随着新能源、新材料等高新技术行业的快速发展，相关科研人员对铷及其化合物研究的不断深入，其应用领域得到大幅拓宽。近年来国内外对硫酸铷的用量呈现出增长的态势，硫酸铷的用量将会有新的突破，产品具有非常广阔的市场前景。

目前，国内没有关于硫酸铷产品的行业标准，对其进行规范化、标准化有利于其应用的拓宽及发展。本标准适用于以各种方法生产的硫酸铷，所得到的硫酸铷产品主要用于电子器件、催化剂、能源、微型高能电池，在晶体闪烁计数器等领域有着不可替代的作用，也是制取金属铷和各种铷盐的原料，并且根据用户要求，规定了硫酸铷的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存及随行文件和订货单内容。制定的标准充分考虑企业、使用单位各方面的意见和建议，切实可行，具有可操作性。同时，

也体现了与国际先进水平接轨，对国内生产企业及相关行业的技术进步将产生积极的推动作用。制定硫酸铷标准后的产品标准各项内容科学合理，具可操作性，可促进铷盐等战略性新型材料行业中应用水平的提升，规范铷盐市场，同时对提高产品质量，促进铷盐生产行业技术进步具有重要意义，必将产生巨大的经济效益和社会效益。因此，急需在国内制定该产品的行业标准。

5.2 标准实施后预期产生的经济和社会效益显著

铷独特的物理化学性质，使它在很多领域中有着不可替代的用途，尤其是在新能源、航空航天技术和国防工业等领域，铷发挥出越来越大的作用。近年来我国铷精矿产量和需求量均保持增长趋势，数据显示，2021年我国铷精矿产量达0.99万吨，需求量达3.03万吨。近几年来，我国铷矿行业市场需求总体稳定增长，供给方面受到环保限产、供给侧改革等因素影响，行业竞争格局明显改善，行业市场价格总体呈现出稳定的上升态势。2020年，上半年受疫情影响，行业市场需求有所放缓，价格有一定幅度的下降，但下半年市场需求持续复苏，而与铷矿相关的主要矿产品的需求回落，产需没有增长，行业供给能力有所收缩，推动了价格上升。据统计，2021年我国铷精矿行业市场规模为2.29亿元，2022年市场规模达到2.6亿元。江西东鹏新材料有限责任公司江西省铷铯工程研究中心对硫酸铷产品进行了重点研究，研发出了成熟的硫酸铷生产工艺及产线，生产出了可达到国内外客户所需性能的产品，并在销售中成功打开了国内外市场。2022年，硫酸铷产品国内销售额达4000万元以上，2023年全年销量额持续突破。打破了国外企业在该行业的垄断格局，既降低了国内外用户的采购成本，又创造了良好的经济效益，同时带动一部分人就业，产生良好的经济和社会效益。

硫酸铷行业的发展往往受到资金的制约，再加上较高的技术制约，国内产业规模较小，生产量有限，市场主要以进口为主，国内外市场缺口较大行业发展前景较好，硫酸铷标准的制定将为本标准的制定将为生产、使用、贸易三方提供最基本的技术依据，依据本标准，要求生产方正确采用原材料，合理调整生产工艺，完善检测手段，为用户生产出更满意的产品，让使用方合理、高效、低耗地使用本产品，也可进一步规范硫酸铷产品质量，为硫酸铷的规范化生产和销售提供参考依据，有利于铷产业的规模化、行业化发展，社会效益显著。

本标准规定的技术指标体现了硫酸铷行业发展的最新水平，技术指标符合市场发展，检测方法科学可靠。本标准是结合用户要求，按本标准生产的硫酸铷，经使用单位检验和使用，可以满足用户单位的使用要求。并经生产单位实践验证，本标准的各项技术指标合理，并具有一定的先进性。随着科学技术的不断进步和发展，硫酸铷的应用范围还将不断扩大和深化。未来，我们有理由相信，硫酸铷标准实施后将会在更多领域中发挥重要作用，为人类社会的发展和科技的进步做出更大的贡献。

六、采用国际标准和国外先进标准情况

无。

七、与现行有关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性国家标准的协调配套情况

本标准内容所引用的标准全部是现行有效的标准，是本文件的一部分，引用这些标准后，使本标准的

要求与现行的相关法律、法规、规章及相关标准的关系不矛盾、不冲突。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议该标准为推荐性有色金属行业产品标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

- 1、本标准反映了硫酸铷使用行业的需求，可积极向厂家及国内外用户推荐采用本标准。
- 2、建议本标准批准发布 6 个月后实施。

十一、废止现行有关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

本校准在申报、立项和起草过程中得到了全国有色金属标准化技术委员会和其他相关单位的支持、指导和帮助，在此特表示真诚的感谢！标准起草过程也是我们不断学习提高的过程，由于条件所限，未能尽善尽美，在很多方面未做到深入细致的打磨推敲，可能存在不少需要改善的地方。请各位与会专家代表多指点，好的方法、经验和建议我们一定采纳学习，以更好的完善本标准。

十三、参考资料

GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》

GB/T 20001.10-2014《标准编写规则 第 10 部分：产品标准》

江西东鹏新材料有限责任公司标准编制组
2024 年 6 月