铝及铝合金分析方法 元素含量的测定

X射线荧光光谱法

编 制 说 明

（审定稿）

 包头铝业有限公司

 2018年10月

编制说明

一、 工作简况

1、任务来源

任务来源于工信厅科〔2016〕58号,计划号： 2016-0259T-YS，行业标准《铝及铝合金分析方法 元素含量的测定 X射线荧光光谱法》的修订，2016年8月，全国有色金属标准化委员会于河北省邯郸市召开有色标准复审等工作会议，讨论YS/T 806-2012《铝及铝合金中稀土分析方法X-射线荧光光谱法测定镧、铈、镨、钕、钐含量》修订工作, 会上确定了YS/T 806-201X《铝及铝合金分析方法元素含量的测定X射线荧光光谱法》的起草思路。根据会议讨论决定，由包头铝业有限公司等单位负责YS/T 806-2012《铝及铝合金中稀土分析方法X-射线荧光光谱法测定镧、铈、镨、钕、钐含量》修订工作，归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。

2016年9月，全国有色金属标准工作会议在安徽省蚌埠市召开YS/T 806-2012《铝及铝合金中稀土分析方法X-射线荧光光谱法测定镧、铈、镨、钕、钐含量》标准工作任务落实会议，会议讨论决定，将YS/T 806-2012《铝及铝合金中稀土分析方法X-射线荧光光谱法测定镧、铈、镨、钕、钐含量》 测定范围进行扩限。 修订后，标准新增测量元素硅、铁、铜、镁、锰、锌、镓、镍、钛、铬、钒、铅、锡、锶、钙；新增硅、铁、铜、镁、锰、锌、镓、镍、钛、铬、钒、铅、锡、锶、钙测定范围。确定包头铝业有限公司为主要起草单位，中国铝业郑州有色金属研究院有限公司、中铝矿业有限公司、山东南山铝业股份有限公司协助起草。

2、项目编制工作组单位简介

**包头铝业有限公司**前身是包头铝厂，始建于1958年。截止2017年6月，包铝拥有年产电解铝135万吨，发电装机容量171万千瓦，炭素制品12万吨、高纯铝2万吨的生产能力，总资产184亿元，有500KA、400KA、240KA、200KA电解铝生产线五条、高纯铝生产线一条、炭素制品生产线一条、铝合金铸造生产线多条。主要产品有原铝液、普铝锭、A356合金、高纯铝、电工圆铝杆及铝电解用炭素制品。

包头铝业先后荣获“五一劳动奖状”、“全国先进集体”、“全国质量效益型先进企业”等荣誉，并被评为“中国最具竞争力的大企业集团”。2005年－2017年，包铝被中央文明委连续五次授予“全国文明单位”光荣称号，成为中铝旗下和中央、内蒙驻包大企业中唯一一家五次蝉联此项殊荣的企业。2016年，被包头市授予第一批“百年老店”称号。

包头铝业有限公司中心试验室（生产指挥保障中心）(以下简称试验室) 是包头铝业有限公司直接领导的二级技术实体。自2002年试验室第一次通过ISO/IEC17025体系认可，体系现行有效。主要承担包铝公司进厂原料、出厂铝及铝合金、炭素制品及生产工艺控制的质量检验。随着科学技术的发展,为满足市场竞争的需要，试验室拥有技术素质高、实践经验丰富的分析检验队伍。有荷兰X荧光仪、美国赛默飞世尔X荧光光谱仪、美国赛默飞世尔ARL直读光谱仪、德国OBLF直读光谱仪、美国ICP等离子光谱仪、德国X衍射仪、瑞士RD炭素材料分析仪、德国蔡司金相显微镜等具有国际先进水平的分析仪器、设备30余台。分析水平在同行业中处于领先地位,满足了对外贸易等有关各方面检测分析的要求。近年来，试验室发挥铝及铝合金、炭素分析检测的优势，先后完成多项科研及技改项目。并多次参与有关国家标准的制定、复验工作。同时，以较完善的检测手段为包头铝业有限公司 “BTL”牌重熔铝锭获得国家优质产品银质奖，自治区名牌；阳极糊获得部优产品；重熔用铝稀土合金锭获得国家级新产品称号等做出了贡献。

试验室自1993年以来一直被内蒙古进出口商品检验局认可为“进出口商品检验试验室”。承检范围是：铝、铝合金、炭素制品。试验室独立承担检验出口欧美及东南亚等国家和地区的炭素制品、普通铝锭、棒材、板材、铝杆、合金锭等多种产品，检验合格率 100%。同时协助其他进出口商品检验试验室检验炭素制品、铝及铝合金产品。

近年来，试验室作为公司的二级单位，先后通过ISO9001：2015质量体系、IATF16949：2016汽车行业、ISO14001：2015环境管理体系、OHSAS18001：2011职业健康安全管理体系认证。

近几年来，企业各项经济指标的不断优化，经济效益持续增长，随着新项目的陆续投产，企业迎来了发展的大好机遇，通过不断挖掘自身潜力，优化人力资源配置，创新人才培养，各类专业管理人才不断涌现，干部队伍趋于年轻化。同时，通过不断深化用工和薪酬制度改革，创新绩效考核机制，实施人才强企战略。目前，包头铝业拥有一支高学历、经验丰富、创新能力强的技术研发团队，科技队伍中拥有“享受国务院特殊津贴”专家1人，其他类型科技人才多人，其中具有正高级职称6人，高级职称62人，中级职称329人，其他类型科技人才多人。通过这些科技工作者的不懈努力，为企业的科研进步提供了强大的推动力。在未来的发展道路上，包铝人驰而不息，为打造“中铝最具成长性、最有竞争力的铝产业基地”努力奋斗。

**中国铝业郑州有色金属研究院有限公司**（原中国铝业郑州研究院）是中国轻金属专业领域唯一的大型科研机构，是我国铝镁工业新技术、新工艺、新材料和新装备的重大、关键和前瞻技术的研发基地，基础研究及原创性技术成果的孵化与转化基地。主要研究领域包括铝土矿综合利用、氧化铝、电解铝、铝用炭素以及轻金属材料。建有世界上最大的氧化铝试验基地、具有世界先进水平的国家大型铝电解工业试验基地、世界上唯一的铝土矿综合利用试验基地，拥有国内唯一的国家铝冶炼工程技术研究中心，中国铝业博士后科研工作站。建立了基础研究、技术开发、扩大试验、工业试验、工程化和产业化完整的铝工业科技创新体系。拥有铝土矿处理、氧化铝工艺、铝用炭素和电解铝工艺、镁冶炼工艺、化学品氧化铝和轻金属材料工艺、轻金属检测等技术领域的研究实验室，具有完善的铝、镁冶炼基础理论研究技术平台，包括TEM、SEM、EDS、XRD、XRF、IC等在内的大型仪器设备80余套。2004年通过了中国质量认证中心(CQC)质量、健康安全、环境三大体系认证。

依托研究院设立的国家轻金属质量监督检验中心（郑州轻金属研究院检测实验室）主要负责我国铝镁及其合金12类77种产品的质量监督检验、产品质量评价仲裁等工作，多年来一直为行业提供技术支持服务，承担了铝行业绝大部分分析检测等基础技术标准的具体起草工作，是国际标准化组织ISO/TC226（铝用原材料技术委员会）、ISO/TC79（轻金属及其合金）在国内的技术支持单位，是ISO/TC79/SC12（镁及铸造和变形镁合金技术委员会）的主席单位，是国家工业和信息化部确定的有色金属标准样品定点研制单位，是全国有色金属标准化技术委员会铝用炭素材料工作组长单位。

**中铝矿业有限公司**（以下简称中铝矿业）前身是始建于1958年我国第二个五年计划时期建设的郑州铝厂，1992年组建为中国长城铝业公司（以下简称长城铝业），2002年1月，原长城铝业氧化铝和电解铝板块资产重组上市，成立中国铝业河南分公司（以下简称河南分公司），存续部分仍称长城铝业。河南分公司矿山公司于2007年8月正式成立中铝矿业，2017年12月完成中铝矿业与河南分公司资产重组，成立新的中铝矿业有限公司。截至2017年底，重组后中铝矿业资产总值91.03亿元，主要产品有氧化铝及其多品种、碳阳极、金属镓及其深加工产品。具有年供矿400万吨，年产氧化铝200万吨、碳素制品12万吨、金属镓40吨，年自发电15亿千瓦时的生产能力。拥有铝土矿资源保有储量1.5亿吨。产品远销国内外多个国家和地区。生产指挥保障中心是中铝矿业有限公司的二级单位，系专职从事科技管理、技术开发、分析检测、高纯镓和超细氢氧化铝系列产品开发及生产的下属单位。主要任务是围绕公司生产经营和科技发展，研究开发新工艺、新技术、新产品，组织科技计划项目的实施，承担进厂原燃料、出厂产品和部分过程样品的质量检测，承担公司大型窑炉的热工测定，负责金属镓深加工及其衍生产品的开发及生产。

**山东南山铝业股份有限公司**是南山集团重点骨干企业之一，始建于1993年，于1999年在上海证券交易所成功上市，拥有电力、氧化铝、电解铝、铝型材、轻合金及航空材料产业园（中厚板、锻造）等多家大型子公司和分公司，是全球唯一短距离拥有完整铝产业链的公司。公司本着科技兴企的思想，不断加大科技投入，提高企业的自主创新能力。公司先后与东北大学、中南大学、山东大学、北京工业大学等国内知名院校和科研院所建立长期稳定的产学研合作关系，在铝及铝合金领域不断探讨创新课题，进行技术交流和人才互换培训等多项工作。公司拥有国家级企业技术中心、国家铝合金压力加工工程技术研究中心、博士后科研工作站、山东省铝合金加工工程技术研究中心、山东省重点实验室。

公司中心实验室通过了CNAS认可，主要检测设备有德国OBLF公司光电直读光谱仪、Thermo Electron corporation全铝分析仪，德国布鲁克X-Ray荧光分析仪、衍射分析仪、美国热电的ICP、高频红外碳硫分析仪、美国LECO碳硫分析仪等各种仪器多台（套）。实验室现有固定资产约人民币4000多万，中心实验室专用面积约9720平方米，其中有恒温恒湿面积730平方米。为保证仪器设备的精度和完好率，根据检定周期，按量值溯源系统分别送检，仪器设备完好率始终保持在100%。

3、主要工作过程（征求意见过程）及主要工作内容

3.1**征求意见过程**

2016年9月21日～9月23日，全国有色金属标准工作会议在安徽省蚌埠市召开，共有170余名代表参加会议。9月22日上午，轻金属标委会第二组由席欢副秘书长主持对行业标准YS/T 806 《铝及铝合金分析方法 元素含量的测定 X-射线荧光光谱法》的修订进行任务落实，纪要如下：

1、由包头铝业有限公司负责，中铝郑州研究院、中铝矿业有限公司、南山铝业股份有限公司等单位组成编制组（以上排名不分先后，最后由主编单位按各单位参与度、贡献情况确定最终排名）。

2、本次修订主要由原测试镧、铈、镨、钕、钐基础上计划增加硅、铁、铜、镁、锰、锌、镓、镍、钛、铬、钒、铅、锡、锶、钙等元素的测定。测定元素及范围由各单位在实验基础上确定。

包头铝业有限公司接受任务后立即成立标准编制小组，确定工作方案，根据实验室试验数据加上搜集到的数据和资料，编辑完成了讨论稿。

3、2017年-2018年，将编辑完成的讨论稿分别发给中铝郑州轻金属研究院、中铝矿业、南山铝业等单位进行函审，并准备标样和实验样品开展方法验证。根据函审结果及各单位反馈意见、复验报告形成审定稿。

3.2**讨论会议情况**

历次工作会议都对标准提出了意见和建议，汇总如下：

1、标准封面格式（包括标准分类号、英文名称和发布单位字体及格式等）按GB/T 1.1-2009进行修改。

2、对表1“测定范围”中钒元素的测定范围进行修改，由“0.0001～0.060”改为“0.0015～0.060”

3、将标准中“3仪器和材料”改为“仪器设备”

4、对标准“8.2允许差”表3进行修改，删除质量分数第一段中的“＞”。

5、将“8.1重复性限”表2中“含量”改为“质量分数”，“重复性限（r）/%”改为“重复性限r/%”。

6、对实验报告上Ni和Pb元素2θ数据进行纠正，为编辑错误。

7、将8.1、8.2表2表3中元素符号改为汉字。

8、增加11试验报告部分。

9、《编制说明》中增加所有起草单位的简介；对“1任务来源”进行补充完善；“3 主要工作过程”进行详细修改完善；增加附录：实验报告、复验报告、复核报告。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

1、标准编制的原则

2016年9月全国有色金属标准工作会议在安徽省蚌埠市召开了任务落实会，包头铝业有限公司接受制修订YS/T 806-2012《铝及铝合金中稀土分析方法X-射线荧光光谱法测定镧、铈、镨、钕、钐含量》标准工作，自接受起草任务后，成立了本标准编制工作组负责收集检验数据、市场需求及客户要求等信息。初步确定了YS/T 806-201X《铝及铝合金分析方法元素含量的测定X射线荧光光谱法》标准起草所遵循的基本原则和编制依据：

1）查阅相关标准和国内外客户的相关检测要求；

2）本标准编制过程中，积极向相关的国际标准靠拢，做到标准的先进性；

3）根据铝及铝合金中元素含量检测的具体情况，力求做到标准所规定的方法简便、快速、精密度高；

4）完全按照GB/T 1.1和有色加工产品标准和国家标准编写示例的要求进行格式和结构编写；

2、确定标准主要内容的依据

查阅了相关资料，通过大量的试验确定了《铝及铝合金分析方法元素含量的测定X射线荧光光谱法》标准中试样加工（5.2）、X射线荧光光谱仪（3.1）的最佳测定条件，通过精密度试验及标准样品分析验证确定了方法的允许差（8.2）。

按照《标准草案》、《试验报告》、《复验报告》、《复核报告》等编制要求，《铝及铝合金分析方法元素含量的测定X射线荧光光谱法》起草项目组和复验、复核单位紧密结合，进行了下列试验：

2.1仪器与材料

2.1.1 波长色散型X射线荧光光谱仪：端口铑靶X射线管

2.1.2 试样加工设备：车床或铣床

2.1.3铸造铝合金标准样品(BYG2256C,抚顺铝厂标准样品研究所研制)

2.1.4纯铝标准样品（BYG0606,抚顺铝厂标准样品研究所研制）

2.1.5大K铝标准样品（抚顺铝厂标准样品研究所研制）

2.2 试样处理

2.2.1试样分析面用车床或铣床加工成光洁的表面。试样车削时可用无水乙醇冷却、润滑，不应用其他润滑剂。（有些单位还会用到砂带，氧化铝或者氧化锆砂带，碳化硅砂纸会引起硅元素的污染，氧化锆砂纸会引起锆污染，故不建议使用砂带）应保证试样能将样品杯孔径完全覆盖，试样的厚度应保证不被X射线击穿。

2.2 试验方法

在包含某种待测元素的样品中，照射一次X射线，就会产生待测元素的荧光X射线。荧光X射线的强度会随着待测元素含量的变化而改变，待测元素含量高，荧光X射线的强度就会变强。根据此原理，如果预先知道已知浓度样品的荧光X射线强度，就可以计算出样品中待测元素的含量。

2.3含量测定范围的选择

本标准规定了铝及铝合金中硅、铁、铜、镁、锰、锌、镓、镍、钛、铬、钒、铅、锶、锡、钙、镧、铈、镨、钕、钐含量的测定方法。

本标准适用于铝及铝合金中硅、铁、铜、镁、锰、锌、镓、镍、钛、铬、钒、铅、锶、锡、钙、镧、铈、镨、钕、钐含量的测定，测定范围见表1：

1. 测定范围

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 元素 | 质量分数/% | 元素 | 质量分数/% |
| 硅 | 0.010～8.60 | 钛 | 0.0025～0.20 |
| 铁 | 0.010～1.20 | 铬 | 0.0010～0.20 |
| 铜 | 0.0020～0.30 | 钒 | 0.0015～0.060 |
| 镁 | 0.0020～0.60 | 铅 | 0.0050～0.20 |
| 锰 | 0.0010～0.40 | 锡 | 0.0060～0.20 |
| 锌 | 0.0020～0.40 | 锶 | 0.0050～0.065 |
| 镓 | 0.0020～0.065 | 钙 | 0.0010～0.030 |
| 镍 | 0.0010～0.20 | 镧 | 0.020～0.250 |
| 镨 | 0.005～0.065 | 铈 | 0.050～0.600 |
| 钐 | 0.001～0.015 | 钕 | 0.020～0.250 |

2.4 测定条件选择

由于此次是对YS/T 806-2012的修订，镧、铈、镨、钕、钐分析方法原理和分析条件没有变化，仍然采用YS/T806-2012中的方法原理、分析步骤及各种测定条件；新增元素按照仪器使用说明给出的各种测试条件进行分析。

2.5仪器测量参数

将仪器的各项参数调整到分析元素的最佳值，各元素的分析线和仪器的测量条件见表2

表2-1合金试样测量条件

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Channel | Type | Line | X-tal | Collimator | Detector | kV | mA | Angle（2T） | Offset Bg1(2T) | offset Bg2(2T) | PHD1LL |
| Fe | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 60 | 66 | 57.5296 | -0.5034 | 　 | 38 |
| Cu | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 60 | 66 | 45.0266 | -0.5606 | 　 | 39 |
| Mn | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 57 | 70 | 65.9988 | 0.6506 | 　 | 36 |
| Mg | Gonio | KA | PX1 | 700μm | Flow | 40 | 90 | 22.7532 | -0.6378 | 0.9638 | 26 |
| Zn | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Scint | 60 | 66 | 41.7684 | -0.576 | 　 | 22 |
| Ti | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 42 | 95 | 86.158 | -0.747 | 　 | 34 |
| Cr | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 57 | 70 | 69.3782 | 0.6906 | 　 | 37 |
| Ni | Gonio | LA | LiF200 | 300μm | Flow | 60 | 66 | 49.362 | -0.5592 | 　 | 37 |
| Pb | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Scint | 60 | 66 | 28.6652 | -0.5322 | 　 | 21 |
| Sn | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Scint | 60 | 66 | 14.0138 | -0.4868 | 　 | 29 |
| Sr | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Scint | 60 | 66 | 25.1324 | -0.5376 | 　 | 25 |
| Ca | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 40 | 90 | 113.1578 | 0.5498 | 　 | 36 |
| Si | Gonio | KA | PE 002 | 300μm | Flow | 40 | 90 | 109.0548 | -0.5482 | 　 | 29 |

表2-2普铝试样测量条件

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Channel | Type | Line | X-tal | Collimator | Detector | kV | mA | Angle（2T） | Offset Bg1(2T)  | Offset Bg2(2T) | PHD1LL |
| Mg | Gonio | KA | PX1 | 700μm | Flow | 40 | 90 | 22.9586  | 0.5530  | 0.4806  | 29 |
| Si | Gonio | KA | PE 002 | 300μm | Flow | 40 | 90 | 108.4824  | 0.0182  | 　 | 35 |
| Ti | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 40 | 90 | 86.1762  | 0.5982  | 　 | 36 |
| Fe | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 60 | 66 | 57.5324  | 0.6638  | 　 | 37 |
| Cu | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 60 | 66 | 45.0300  | -0.4322  | 　 | 38 |
| Ga | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Scint | 60 | 66 | 38.8866  | 0.5404  | 　 | 23 |
| Mn | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 57 | 70 | 62.9788  | -0.4946  | 　 | 37 |
| Zn | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Scint | 60 | 66 | 41.7702  | -0.4982  | 　 | 22 |
| Ni | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 60 | 66 | 49.3574  | -0.4264  | 0.5020  | 20 |
| Cr | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 57 | 70 | 69.3748  | -0.5776  | 　 | 37 |
| V | Gonio | KA | LiF200 | 300μm | Flow | 47 | 85 | 76.9842  | -0.6112  | 　 | 37 |

2.6样品分析结果

2.6.1标样的准确度试验结果

2.6.1.1铝合金标样的准确度实验结果见表3

2.6.1.2普铝标样的准确度实验结果见表4

|  |
| --- |
| 表3 |
| 杂质元素 | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# | 6# |
| XRF | 标准值 | XRF | 标准值 | XRF | 标准值 | XRF | 标准值 | XRF | 标准值 | XRF | 标准值 |
| **Si** | 4.47 | 4.49 | 5.34 | 5.32 | 6.16 | 6.15  | 6.99 | 6.94 | 7.76 | 7.7 | 8.57 | 8.52 |
| **Fe** | 0.589  | 0.59 | 0.447  | 0.45  | 0.316  | 0.31  | 0.13  | 0.14 | 0.106 | 0.1 | 0.059 | 0.054 |
| **Cu** | 0.279  | 0.28 | 0.200  | 0.20  | 0.099  | 0.10  | 0.049  | 0.047 | 0.0094 | 0.01 | 0.0054 | 0.0052 |
| **Mn** | 0.394  | 0.39 | 0.251  | 0.25  | 0.106  | 0.11  | 0.052  | 0.052 | 0.0105 | 0.01 | 0.0055 | 0.0055 |
| **Mg** | 0.560  | 0.56 | 0.440  | 0.45  | 0.390  | 0.38  | 0.30  | 0.29 | 0.19 | 0.19 | 0.1 | 0.10  |
| **Zn** | 0.385  | 0.38 | 0.247  | 0.25  | 0.097  | 0.10  | 0.051  | 0.051 | 0.0129 | 0.012 | 0.0050  | 0.0049 |
| **Ti** | 0.201  | 0.20  | 0.154  | 0.15  | 0.117  | 0.12  | 0.052  | 0.052 | 0.0072 | 0.0068 | 0.0056 | 0.0053 |
| **Cr** | 0.192  | 0.19  | 0.139  | 0.14  | 0.098  | 0.10  | 0.048 | 0.050  | 0.0108 | 0.01 | 0.0049 | 0.0048 |
| **Ni** | 0.186  | 0.19  | 0.140  | 0.14  | 0.103  | 0.10  | 0.049  | 0.047 | 0.0074 | 0.0084 | 0.0044 | 0.0042 |
| **Pb** | 0.262  | 0.19 | 0.140  | 0.14  | 0.105  | 0.10  | 0.052 | 0.050  | 0.0088 | 0.01 | 0.0056 | 0.0052 |
| **Sn** | 0.201  | 0.20  | 0.144  | 0.14  | 0.108  | 0.10  | 0.054 | 0.049 | 0.0084 | 0.01 | 0.0062 | 0.0062 |
| **Sr** | 0.036  | —— | 0.064  | 0.063 | 0.042  | 0.042 | 0.0195 | 0.020  | 0.0113 | 0.011 | 0.0059 | 0.0058 |
| **Ca** | 0.0023 | 0.0015 | 0.0053 | 0.0052 | 0.0112 | 0.0088 | 0.0111 | 0.013 | 0.017 | 0.018 | 0.0343 | 0.03 |
| 表4 |
| 杂质元素 | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# | 6# |
| XRF | 标准值 | XRF | 标准值 | XRF | 标准值 | XRF | 标准值 | XRF | 标准值 | XRF | 标准值 |
| **Si** | 0.011  | 0.011  | 0.129  | 0.130  | 0.213  | 0.210  | 0.427  | 0.426  | 0.823  | 0.820  | 1.17  | 1.16  |
| **Fe** | 0.011  | 0.010  | 0.079  | 0.081  | 0.221  | 0.220  | 0.443  | 0.443  | 0.846  | 0.846  | 1.21  | 1.20  |
| **Cu** | 0.0025  | 0.0026  | 0.0062  | 0.0060  | 0.015  | 0.014  | 0.025  | 0.025  | 0.042  | 0.041  | 0.061  | 0.060  |
| **Mg** | 0.0022  | 0.0023  | 0.0074  | 0.0070  | 0.014  | 0.014  | 0.027  | 0.027  | 0.042  | 0.042  | 0.062  | 0.062  |
| **Mn** | 0.0017  | 0.0019  | 0.0064  | 0.0062  | 0.015  | 0.015  | 0.027  | 0.027  | 0.046  | 0.045  | 0.064  | 0.066  |
| **Zn** | 0.0022  | 0.0023  | 0.0065  | 0.0066  | 0.014  | 0.014  | 0.027  | 0.026  | 0.043  | 0.043  | 0.063  | 0.062  |
| **Ga** | 0.0022  | 0.0022  | 0.0064  | 0.0063  | 0.014  | 0.014  | 0.027  | 0.026  | 0.042  | 0.042  | 0.062  | 0.062  |
| **Ti** | 0.0022  | 0.0022  | 0.0064  | 0.0061  | 0.014  | 0.013  | 0.027  | 0.026  | 0.042  | 0.042  | 0.062  | 0.062  |
| **Ni** | 0.0012  | 0.0011  | 0.0033  | 0.0031  | 0.0074  | 0.0073  | 0.014  | 0.013  | 0.022  | 0.021  | 0.031  | 0.031  |
| **Cr** | 0.0011  | 0.0011  | 0.0032  | 0.0032  | 0.0070  | 0.0070  | 0.014  | 0.013  | 0.022  | 0.021  | 0.032  | 0.031  |
| **V** | 0.0004  | 0.0003  | 0.0018  | 0.0017  | 0.0047  | 0.0047  | 0.013  | 0.013  | 0.032  | 0.032  | 0.055  | 0.054  |

2.6.2精密度试验

对6个普铝样品（BYG0606），6个常见合金标样(A356),2个大K铝标样按试验方法分别测试11次，汇总数据，计算其平均值及标准偏差，测量结果和精密度均令人满意。实验中未选用硅含量处于中间含量的样品，但根据低含量及高含量的测试结果可以得出中间含量样品同样可以使用该方法。见表5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  | 表5 |  |  |  |  |  |  |  |
| 　 | si | fe | cu | mn | mg | zn | ti | cr | ni | pb | sn | sr | ca |
| 356-1 | 4.490  | 0.590  | 0.280  | 0.390  | 0.560  | 0.380  | 0.201  | 0.190  | 0.192  | 0.190  | 0.200  | 0.0370  | 0.0015  |
| 　 | 4.491  | 0.590  | 0.280  | 0.390  | 0.560  | 0.383  | 0.200  | 0.190  | 0.192  | 0.190  | 0.201  | 0.0372  | 0.0016  |
| 　 | 4.490  | 0.591  | 0.278  | 0.392  | 0.560  | 0.382  | 0.202  | 0.193  | 0.189  | 0.188  | 0.202  | 0.0364  | 0.0017  |
| 　 | 4.490  | 0.592  | 0.279  | 0.391  | 0.560  | 0.380  | 0.199  | 0.192  | 0.188  | 0.192  | 0.200  | 0.0369  | 0.0015  |
| 　 | 4.492  | 0.590  | 0.279  | 0.388  | 0.563  | 0.376  | 0.200  | 0.188  | 0.187  | 0.192  | 0.200  | 0.0380  | 0.0015  |
| 　 | 4.489  | 0.590  | 0.280  | 0.389  | 0.562  | 0.378  | 0.201  | 0.189  | 0.190  | 0.189  | 0.199  | 0.0364  | 0.0014  |
| 　 | 4.488  | 0.588  | 0.281  | 0.388  | 0.558  | 0.380  | 0.200  | 0.190  | 0.190  | 0.191  | 0.198  | 0.0363  | 0.0015  |
| 　 | 4.490  | 0.588  | 0.280  | 0.390  | 0.557  | 0.380  | 0.201  | 0.192  | 0.190  | 0.189  | 0.198  | 0.0364  | 0.0015  |
| 　 | 4.490  | 0.590  | 0.282  | 0.390  | 0.560  | 0.381  | 0.198  | 0.193  | 0.190  | 0.190  | 0.204  | 0.0362  | 0.0014  |
| 　 | 4.491  | 0.588  | 0.280  | 0.391  | 0.559  | 0.377  | 0.198  | 0.192  | 0.191  | 0.190  | 0.197  | 0.0377  | 0.0017  |
| 　 | 4.490  | 0.590  | 0.280  | 0.392  | 0.562  | 0.381  | 0.203  | 0.193  | 0.189  | 0.191  | 0.201  | 0.0372  | 0.0018  |
| 平均值 | 4.490  | 0.590  | 0.280  | 0.390  | 0.560  | 0.380  | 0.200  | 0.191  | 0.190  | 0.190  | 0.200  | 0.0369  | 0.0016  |
| 最小值 | 4.488  | 0.588  | 0.278  | 0.388  | 0.557  | 0.376  | 0.198  | 0.188  | 0.187  | 0.188  | 0.197  | 0.0362  | 0.0014  |
| 最大值 | 4.492  | 0.592  | 0.282  | 0.392  | 0.563  | 0.383  | 0.203  | 0.193  | 0.192  | 0.192  | 0.204  | 0.0380  | 0.0018  |
| SD | 0.0010  | 0.0012  | 0.0010  | 0.0013  | 0.0017  | 0.0020  | 0.0014  | 0.0016  | 0.0016  | 0.0012  | 0.0019  | 0.0006  | 0.0001  |
| RSD | 0.0222% | 0.2057% | 0.3603% | 0.3361% | 0.2993% | 0.5244% | 0.7214% | 0.8361% | 0.8380% | 0.6269% | 0.9682% | 1.5589% | 7.9325% |
| 356-2 | 5.320  | 0.450  | 0.201  | 0.251  | 0.450  | 0.250  | 0.150  | 0.139  | 0.141  | 0.140  | 0.141  | 0.0630  | 0.0052  |
| 　 | 5.321  | 0.450  | 0.198  | 0.249  | 0.449  | 0.247  | 0.152  | 0.139  | 0.141  | 0.140  | 0.140  | 0.0632  | 0.0053  |
| 　 | 5.322  | 0.447  | 0.199  | 0.250  | 0.448  | 0.249  | 0.153  | 0.139  | 0.139  | 0.142  | 0.141  | 0.0633  | 0.0052  |
| 　 | 5.320  | 0.447  | 0.200  | 0.250  | 0.451  | 0.251  | 0.151  | 0.140  | 0.140  | 0.140  | 0.138  | 0.0630  | 0.0054  |
| 　 | 5.318  | 0.452  | 0.200  | 0.250  | 0.450  | 0.252  | 0.150  | 0.140  | 0.140  | 0.142  | 0.139  | 0.0628  | 0.0050  |
| 　 | 5.317  | 0.451  | 0.201  | 0.248  | 0.452  | 0.250  | 0.149  | 0.141  | 0.140  | 0.138  | 0.138  | 0.0628  | 0.0051  |
| 　 | 5.322  | 0.450  | 0.199  | 0.249  | 0.450  | 0.250  | 0.148  | 0.142  | 0.141  | 0.139  | 0.141  | 0.0632  | 0.0052  |
| 　 | 5.320  | 0.452  | 0.201  | 0.250  | 0.450  | 0.251  | 0.150  | 0.141  | 0.139  | 0.141  | 0.142  | 0.0631  | 0.0050  |
| 　 | 5.321  | 0.450  | 0.200  | 0.250  | 0.448  | 0.249  | 0.150  | 0.139  | 0.140  | 0.138  | 0.143  | 0.0630  | 0.0050  |
| 　 | 5.318  | 0.451  | 0.201  | 0.252  | 0.449  | 0.248  | 0.150  | 0.140  | 0.141  | 0.141  | 0.142  | 0.0629  | 0.0052  |
| 　 | 5.321  | 0.449  | 0.201  | 0.252  | 0.452  | 0.249  | 0.150  | 0.139  | 0.140  | 0.142  | 0.140  | 0.0628  | 0.0050  |
| 平均值 | 5.320  | 0.450  | 0.200  | 0.250  | 0.450  | 0.250  | 0.150  | 0.140  | 0.140  | 0.140  | 0.141  | 0.0630  | 0.0051  |
| 最小值 | 5.317  | 0.447  | 0.198  | 0.248  | 0.448  | 0.247  | 0.148  | 0.139  | 0.139  | 0.138  | 0.138  | 0.0628  | 0.0050  |
| 最大值 | 5.322  | 0.452  | 0.201  | 0.252  | 0.452  | 0.252  | 0.153  | 0.142  | 0.141  | 0.142  | 0.143  | 0.0633  | 0.0054  |
| SD | 0.0016  | 0.0016  | 0.0010  | 0.0011  | 0.0013  | 0.0014  | 0.0012  | 0.0011  | 0.0006  | 0.0015  | 0.0016  | 0.0002  | 0.0001  |
| RSD | 0.0300% | 0.3603% | 0.4836% | 0.4340% | 0.2914% | 0.5693% | 0.8183% | 0.7961% | 0.4523% | 1.0446% | 1.1585% | 0.2660% | 2.5358% |
| 356-3 | 6.150  | 0.312  | 0.100  | 0.106  | 0.383  | 0.102  | 0.120  | 0.098  | 0.102  | 0.100  | 0.098  | 0.0423  | 0.0088  |
| 　 | 6.150  | 0.313  | 0.099  | 0.110  | 0.384  | 0.101  | 0.122  | 0.102  | 0.101  | 0.098  | 0.098  | 0.0420  | 0.0089  |
| 　 | 6.152  | 0.310  | 0.100  | 0.112  | 0.382  | 0.098  | 0.123  | 0.101  | 0.098  | 0.099  | 0.097  | 0.0418  | 0.0087  |
| 　 | 6.153  | 0.313  | 0.099  | 0.111  | 0.380  | 0.097  | 0.116  | 0.098  | 0.098  | 0.102  | 0.102  | 0.0416  | 0.0085  |
| 　 | 6.148  | 0.312  | 0.100  | 0.108  | 0.380  | 0.098  | 0.117  | 0.102  | 0.096  | 0.103  | 0.100  | 0.0425  | 0.0088  |
| 　 | 6.149  | 0.308  | 0.099  | 0.108  | 0.379  | 0.103  | 0.120  | 0.103  | 0.102  | 0.102  | 0.100  | 0.0426  | 0.0089  |
| 　 | 6.150  | 0.309  | 0.100  | 0.106  | 0.376  | 0.100  | 0.120  | 0.096  | 0.100  | 0.100  | 0.103  | 0.0420  | 0.0086  |
| 　 | 6.151  | 0.308  | 0.102  | 0.109  | 0.377  | 0.101  | 0.121  | 0.097  | 0.100  | 0.101  | 0.102  | 0.0416  | 0.0090  |
| 　 | 6.150  | 0.312  | 0.101  | 0.110  | 0.375  | 0.098  | 0.118  | 0.100  | 0.102  | 0.102  | 0.101  | 0.0415  | 0.0090  |
| 　 | 6.149  | 0.313  | 0.098  | 0.110  | 0.380  | 0.097  | 0.122  | 0.102  | 0.099  | 0.099  | 0.098  | 0.0416  | 0.0087  |
| 　 | 6.148  | 0.310  | 0.097  | 0.112  | 0.379  | 0.098  | 0.118  | 0.098  | 0.097  | 0.098  | 0.099  | 0.0420  | 0.0088  |
| 平均值 | 6.150  | 0.311  | 0.099  | 0.109  | 0.380  | 0.099  | 0.120  | 0.100  | 0.100  | 0.100  | 0.100  | 0.0420  | 0.0088  |
| 最小值 | 6.148  | 0.308  | 0.097  | 0.106  | 0.375  | 0.097  | 0.116  | 0.096  | 0.096  | 0.098  | 0.097  | 0.0415  | 0.0112  |
| 最大值 | 6.153  | 0.313  | 0.102  | 0.112  | 0.384  | 0.103  | 0.123  | 0.103  | 0.102  | 0.103  | 0.103  | 0.0426  | 0.0090  |
| SD | 0.0015  | 0.0019  | 0.0012  | 0.0020  | 0.0027  | 0.0020  | 0.0021  | 0.0024  | 0.0021  | 0.0017  | 0.0018  | 0.0004  | 0.0001  |
| RSD | 0.0240% | 0.6049% | 1.2546% | 1.8341% | 0.7049% | 2.0638% | 1.7586% | 2.3671% | 2.0721% | 1.6604% | 1.8497% | 0.8646% | 1.6910% |
| 356-4 | 6.940  | 0.140  | 0.0470  | 0.0525  | 0.295  | 0.0512  | 0.0522  | 0.0503  | 0.0473  | 0.0500  | 0.0490  | 0.0199  | 0.0132  |
| 　 | 6.948  | 0.142  | 0.0472  | 0.0523  | 0.294  | 0.0508  | 0.0519  | 0.0505  | 0.0475  | 0.0506  | 0.0492  | 0.0203  | 0.0133  |
| 　 | 6.940  | 0.143  | 0.0475  | 0.0520  | 0.291  | 0.0508  | 0.0523  | 0.0498  | 0.0475  | 0.0502  | 0.0495  | 0.0204  | 0.0133  |
| 　 | 6.942  | 0.140  | 0.0473  | 0.0522  | 0.292  | 0.0509  | 0.0521  | 0.0499  | 0.0470  | 0.0498  | 0.0496  | 0.0198  | 0.0132  |
| 　 | 6.938  | 0.139  | 0.0468  | 0.0518  | 0.288  | 0.0511  | 0.0520  | 0.0502  | 0.0472  | 0.0497  | 0.0488  | 0.0197  | 0.0130  |
| 　 | 6.938  | 0.138  | 0.0467  | 0.0517  | 0.287  | 0.0512  | 0.0521  | 0.0506  | 0.0468  | 0.0496  | 0.0487  | 0.0200  | 0.0130  |
| 　 | 6.940  | 0.140  | 0.0472  | 0.0520  | 0.289  | 0.0512  | 0.0526  | 0.0497  | 0.0466  | 0.0502  | 0.0489  | 0.0204  | 0.0128  |
| 　 | 6.940  | 0.141  | 0.0474  | 0.0523  | 0.290  | 0.0513  | 0.0518  | 0.0499  | 0.0468  | 0.0500  | 0.0492  | 0.0202  | 0.0127  |
| 　 | 6.939  | 0.143  | 0.0468  | 0.0524  | 0.290  | 0.0512  | 0.0514  | 0.0500  | 0.0470  | 0.0501  | 0.0494  | 0.0201  | 0.0129  |
| 　 | 6.945  | 0.142  | 0.0468  | 0.0517  | 0.288  | 0.0512  | 0.0519  | 0.0504  | 0.0470  | 0.0498  | 0.0488  | 0.0198  | 0.0128  |
| 　 | 6.944  | 0.138  | 0.0471  | 0.0516  | 0.289  | 0.0513  | 0.0524  | 0.0497  | 0.0471  | 0.0499  | 0.0492  | 0.0197  | 0.0127  |
| 平均值 | 6.941  | 0.141  | 0.0471  | 0.0520  | 0.290  | 0.0511  | 0.0521  | 0.0501  | 0.0471  | 0.0500  | 0.0491  | 0.0200  | 0.0130  |
| 最小值 | 6.938  | 0.138  | 0.0467  | 0.0516  | 0.287  | 0.0508  | 0.0514  | 0.0497  | 0.0466  | 0.0496  | 0.0487  | 0.0197  | 0.0127  |
| 最大值 | 6.948  | 0.143  | 0.0475  | 0.0525  | 0.295  | 0.0513  | 0.0526  | 0.0506  | 0.0475  | 0.0506  | 0.0496  | 0.0204  | 0.0133  |
| SD | 0.0030  | 0.0017  | 0.0003  | 0.0003  | 0.0024  | 0.0002  | 0.0003  | 0.0003  | 0.0003  | 0.0003  | 0.0003  | 0.0003  | 0.0002  |
| RSD | 0.0435% | 1.2273% | 0.5517% | 0.5756% | 0.8322% | 0.3486% | 0.5921% | 0.6165% | 0.5807% | 0.5358% | 0.5876% | 1.2791% | 1.6882% |
| 356-5 | 7.708  | 0.100  | 0.0098  | 0.0098  | 0.190  | 0.0124  | 0.0069  | 0.0103  | 0.0084  | 0.0100  | 0.0102  | 0.0113  | 0.0183  |
| 　 | 7.705  | 0.105  | 0.0096  | 0.0099  | 0.188  | 0.0125  | 0.0072  | 0.0103  | 0.0086  | 0.0103  | 0.0103  | 0.0108  | 0.0183  |
| 　 | 7.712  | 0.103  | 0.0100  | 0.0100  | 0.192  | 0.0120  | 0.0069  | 0.0104  | 0.0087  | 0.0102  | 0.0102  | 0.0106  | 0.0178  |
| 　 | 7.698  | 0.102  | 0.0105  | 0.0106  | 0.191  | 0.0122  | 0.0072  | 0.0100  | 0.0085  | 0.0098  | 0.0099  | 0.0110  | 0.0177  |
| 　 | 7.689  | 0.101  | 0.0104  | 0.0102  | 0.185  | 0.0120  | 0.0071  | 0.0098  | 0.0082  | 0.0099  | 0.0098  | 0.0102  | 0.0179  |
| 　 | 7.705  | 0.099  | 0.0100  | 0.0100  | 0.191  | 0.0121  | 0.0067  | 0.0099  | 0.0080  | 0.0102  | 0.0099  | 0.0107  | 0.0182  |
| 　 | 7.706  | 0.098  | 0.0102  | 0.0105  | 0.186  | 0.0118  | 0.0065  | 0.0102  | 0.0081  | 0.0100  | 0.0100  | 0.0107  | 0.0181  |
| 　 | 7.711  | 0.097  | 0.0097  | 0.0104  | 0.185  | 0.0119  | 0.0067  | 0.0100  | 0.0081  | 0.0098  | 0.0100  | 0.0112  | 0.0180  |
| 　 | 7.710  | 0.104  | 0.0103  | 0.0102  | 0.190  | 0.0124  | 0.0068  | 0.0104  | 0.0084  | 0.0097  | 0.0101  | 0.0109  | 0.0180  |
| 　 | 7.706  | 0.102  | 0.0102  | 0.0100  | 0.188  | 0.0124  | 0.0067  | 0.0104  | 0.0085  | 0.0097  | 0.0105  | 0.0112  | 0.0179  |
| 　 | 7.707  | 0.103  | 0.0097  | 0.0105  | 0.189  | 0.0123  | 0.0072  | 0.0102  | 0.0080  | 0.0101  | 0.0097  | 0.0109  | 0.0177  |
| 平均值 | 7.705  | 0.101  | 0.0100  | 0.0102  | 0.189  | 0.0122  | 0.0069  | 0.0102  | 0.0083  | 0.0100  | 0.0101  | 0.0109  | 0.0180  |
| 最小值 | 7.689  | 0.097  | 0.0096  | 0.0098  | 0.185  | 0.0118  | 0.0065  | 0.0098  | 0.0080  | 0.0097  | 0.0097  | 0.0102  | 0.0177  |
| 最大值 | 7.712  | 0.105  | 0.0105  | 0.0106  | 0.192  | 0.0125  | 0.0072  | 0.0104  | 0.0087  | 0.0103  | 0.0105  | 0.0113  | 0.0183  |
| SD | 0.0062  | 0.0024  | 0.0003  | 0.0003  | 0.0023  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0003  | 0.0002  |
| RSD | 0.0811% | 2.3852% | 2.9211% | 2.5607% | 1.2437% | 1.8462% | 3.3848% | 2.0142% | 2.8457% | 2.0096% | 2.2184% | 2.7830% | 1.1478% |
| 356-6 | 8.523  | 0.0540  | 0.0053  | 0.0056  | 0.100  | 0.0051  | 0.0055  | 0.0050  | 0.0043  | 0.0055  | 0.0065  | 0.0061  | 0.0303  |
| 　 | 8.524  | 0.0538  | 0.0054  | 0.0056  | 0.106  | 0.0048  | 0.0055  | 0.0051  | 0.0044  | 0.0054  | 0.0062  | 0.0062  | 0.0304  |
| 　 | 8.524  | 0.0537  | 0.0055  | 0.0055  | 0.105  | 0.0052  | 0.0056  | 0.0050  | 0.0040  | 0.0050  | 0.0058  | 0.0059  | 0.0302  |
| 　 | 8.519  | 0.0541  | 0.0052  | 0.0052  | 0.104  | 0.0048  | 0.0052  | 0.0049  | 0.0040  | 0.0055  | 0.0059  | 0.0057  | 0.0303  |
| 　 | 8.518  | 0.0542  | 0.0050  | 0.0053  | 0.102  | 0.0049  | 0.0052  | 0.0048  | 0.0041  | 0.0055  | 0.0060  | 0.0056  | 0.0298  |
| 　 | 8.517  | 0.0543  | 0.0051  | 0.0057  | 0.101  | 0.0050  | 0.0053  | 0.0046  | 0.0044  | 0.0052  | 0.0062  | 0.0058  | 0.0298  |
| 　 | 8.520  | 0.0540  | 0.0049  | 0.0053  | 0.098  | 0.0050  | 0.0054  | 0.0048  | 0.0042  | 0.0052  | 0.0065  | 0.0059  | 0.0296  |
| 　 | 8.523  | 0.0539  | 0.0050  | 0.0055  | 0.099  | 0.0051  | 0.0057  | 0.0049  | 0.0045  | 0.0053  | 0.0062  | 0.0060  | 0.0301  |
| 　 | 8.525  | 0.0542  | 0.0052  | 0.0053  | 0.102  | 0.0049  | 0.0055  | 0.0048  | 0.0042  | 0.0050  | 0.0065  | 0.0061  | 0.0298  |
| 　 | 8.524  | 0.0541  | 0.0052  | 0.0055  | 0.103  | 0.0050  | 0.0051  | 0.0050  | 0.0045  | 0.0051  | 0.0061  | 0.0058  | 0.0299  |
| 　 | 8.519  | 0.0540  | 0.0051  | 0.0054  | 0.105  | 0.0051  | 0.0052  | 0.0050  | 0.0042  | 0.0055  | 0.0064  | 0.0059  | 0.0301  |
| 平均值 | 8.521  | 0.0540  | 0.0052  | 0.0054  | 0.102  | 0.0050  | 0.0054  | 0.0049  | 0.0043  | 0.0053  | 0.0062  | 0.0059  | 0.0300  |
| 最小值 | 8.517  | 0.0537  | 0.0049  | 0.0052  | 0.098  | 0.0048  | 0.0051  | 0.0046  | 0.0040  | 0.0050  | 0.0058  | 0.0056  | 0.0296  |
| 最大值 | 8.525  | 0.0543  | 0.0055  | 0.0057  | 0.106  | 0.0052  | 0.0057  | 0.0051  | 0.0045  | 0.0055  | 0.0065  | 0.0062  | 0.0304  |
| SD | 0.0027  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0001  | 0.0025  | 0.0001  | 0.0002  | 0.0001  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  |
| RSD | 0.0322% | 0.3166% | 3.3067% | 2.7533% | 2.4343% | 2.4842% | 3.4370% | 2.7518% | 4.0542% | 3.6449% | 3.7898% | 2.9271% | 0.8291% |

|  |
| --- |
| 　 |
| 　 | Si | Fe | Cu | Mg | Mn | Zn | Ga | Ti | Ni | Cr | V |
| 0606-1 | 0.0112  | 0.0103  | 0.0026 | 0.0023 | 0.0019 | 0.0026 | 0.002 | 0.0017 | 0.0011 | 0.0015 | 0.0004 |
| 　 | 0.0113  | 0.0102  | 0.0025 | 0.0023 | 0.0018 | 0.002 | 0.0021 | 0.0021 | 0.0014 | 0.001 | 0.0004 |
| 　 | 0.0114  | 0.0103  | 0.0024 | 0.0025 | 0.0016 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0011 | 0.001 | 0.0004 |
| 　 | 0.0110  | 0.0102  | 0.0023 | 0.0024 | 0.0021 | 0.0021 | 0.0027 | 0.0022 | 0.0014 | 0.0009 | 0.0003 |
| 　 | 0.0110  | 0.0100  | 0.0026 | 0.0025 | 0.0021 | 0.0022 | 0.0025 | 0.0022 | 0.0011 | 0.001 | 0.0003 |
| 　 | 0.0109  | 0.0099  | 0.0028 | 0.0025 | 0.0019 | 0.0023 | 0.0021 | 0.0025 | 0.0013 | 0.0012 | 0.0003 |
| 　 | 0.0108  | 0.0098  | 0.0026 | 0.0022 | 0.0018 | 0.0026 | 0.0027 | 0.0023 | 0.001 | 0.001 | 0.0005 |
| 　 | 0.0107  | 0.0101  | 0.0029 | 0.0022 | 0.0018 | 0.0025 | 0.0021 | 0.0022 | 0.0011 | 0.0014 | 0.0005 |
| 　 | 0.0108  | 0.0100  | 0.0028 | 0.0025 | 0.0017 | 0.0025 | 0.0023 | 0.0021 | 0.0011 | 0.0013 | 0.0003 |
| 　 | 0.0112  | 0.0100  | 0.0025 | 0.0023 | 0.0018 | 0.0028 | 0.0026 | 0.0019 | 0.0009 | 0.001 | 0.0005 |
| 　 | 0.0109  | 0.0102  | 0.0024 | 0.0023 | 0.0019 | 0.0021 | 0.002 | 0.0018 | 0.0009 | 0.001 | 0.0004 |
| 最大值 | 0.0114  | 0.0103 | 0.0029 | 0.0025 | 0.0021 | 0.0028 | 0.0027 | 0.0025 | 0.0014 | 0.0015 | 0.0005 |
| 最小值 | 0.0107  | 0.0098 | 0.0023 | 0.0022 | 0.0016 | 0.002 | 0.002 | 0.0017 | 0.0009 | 0.0009 | 0.0003 |
| 平均值 | 0.0110  | 0.0101  | 0.0026  | 0.0024  | 0.0019  | 0.0024  | 0.0023  | 0.0021  | 0.0011  | 0.0011  | 0.0004  |
| SD | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0001  | 0.0001  | 0.0002  | 0.0003  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0001  |
| RSD% | 1.9664% | 1.5500% | 6.9715% | 4.8650% | 7.7507% | 10.2557% | 11.4554% | 11.5130% | 14.6942% | 16.9761% | 20.2739% |
| 0606-2 | 0.1300  | 0.0812  | 0.0062 | 0.0069 | 0.0061 | 0.0064 | 0.0062 | 0.0061 | 0.0031 | 0.0028 | 0.002 |
| 　 | 0.1298  | 0.0810  | 0.0061 | 0.0068 | 0.0063 | 0.0067 | 0.0065 | 0.0059 | 0.0031 | 0.0036 | 0.0021 |
| 　 | 0.1303  | 0.0813  | 0.006 | 0.0069 | 0.0062 | 0.0068 | 0.0064 | 0.0062 | 0.0033 | 0.0031 | 0.0018 |
| 　 | 0.1305  | 0.0808  | 0.0059 | 0.0072 | 0.006 | 0.0068 | 0.0064 | 0.006 | 0.0031 | 0.0028 | 0.0017 |
| 　 | 0.1299  | 0.0813  | 0.0062 | 0.0071 | 0.0064 | 0.0064 | 0.0063 | 0.0064 | 0.003 | 0.003 | 0.0016 |
| 　 | 0.1288  | 0.0809  | 0.006 | 0.007 | 0.0063 | 0.0068 | 0.0065 | 0.0063 | 0.0029 | 0.0035 | 0.0017 |
| 　 | 0.1310  | 0.0812  | 0.0062 | 0.007 | 0.0064 | 0.0064 | 0.0062 | 0.0061 | 0.003 | 0.003 | 0.0014 |
| 　 | 0.1309  | 0.0810  | 0.006 | 0.0071 | 0.0061 | 0.0063 | 0.0061 | 0.0061 | 0.0031 | 0.0036 | 0.0015 |
| 　 | 0.1297  | 0.0815  | 0.0061 | 0.0067 | 0.0062 | 0.0063 | 0.0064 | 0.0062 | 0.0031 | 0.0033 | 0.0017 |
| 　 | 0.1302  | 0.0815  | 0.0059 | 0.0067 | 0.0061 | 0.0066 | 0.0063 | 0.0063 | 0.0032 | 0.0033 | 0.0016 |
| 　 | 0.1300  | 0.0804  | 0.0058 | 0.0072 | 0.0062 | 0.0066 | 0.0063 | 0.006 | 0.0031 | 0.0029 | 0.0018 |
| 最大值 | 0.1310  | 0.0815  | 0.0062 | 0.0072 | 0.0064 | 0.0068 | 0.0065 | 0.0064 | 0.0033 | 0.0036 | 0.0021 |
| 最小值 | 0.1288  | 0.0804  | 0.0058 | 0.0067 | 0.006 | 0.0063 | 0.0061 | 0.0059 | 0.0029 | 0.0028 | 0.0014 |
| 平均值 | 0.1301  | 0.0811  | 0.0060  | 0.0070  | 0.0062  | 0.0066  | 0.0063  | 0.0061  | 0.0031  | 0.0032  | 0.0017  |
| SD | 0.0006  | 0.0003  | 0.0001  | 0.0002  | 0.0001  | 0.0002  | 0.0001  | 0.0002  | 0.0001  | 0.0003  | 0.0002  |
| RSD% | 0.4650% | 0.4015% | 2.2560% | 2.5907% | 2.0943% | 3.0789% | 2.0105% | 2.4531% | 3.3792% | 9.5695% | 11.8759% |
| 0606-3 | 0.2109  | 0.2192  | 0.0141  | 0.0142  | 0.0149  | 0.0142  | 0.0142  | 0.0132  | 0.0079  | 0.0072  | 0.0048  |
| 　 | 0.2108  | 0.2201  | 0.0142  | 0.0142  | 0.0148  | 0.0140  | 0.0143  | 0.0133  | 0.0070  | 0.0070  | 0.0049  |
| 　 | 0.2107  | 0.2200  | 0.0142  | 0.0143  | 0.0152  | 0.0142  | 0.0140  | 0.0129  | 0.0069  | 0.0068  | 0.0047  |
| 　 | 0.2096  | 0.2198  | 0.0140  | 0.0138  | 0.0153  | 0.0141  | 0.0143  | 0.0128  | 0.0072  | 0.0068  | 0.0048  |
| 　 | 0.2098  | 0.2190  | 0.0139  | 0.0139  | 0.0151  | 0.0139  | 0.0139  | 0.0130  | 0.0073  | 0.0068  | 0.0047  |
| 　 | 0.2096  | 0.2189  | 0.0138  | 0.0140  | 0.0150  | 0.0138  | 0.0138  | 0.0131  | 0.0075  | 0.0069  | 0.0046  |
| 　 | 0.2100  | 0.2188  | 0.0138  | 0.0140  | 0.0150  | 0.0143  | 0.0138  | 0.0130  | 0.0074  | 0.0073  | 0.0047  |
| 　 | 0.2101  | 0.2196  | 0.0137  | 0.0141  | 0.0148  | 0.0138  | 0.0140  | 0.0132  | 0.0070  | 0.0071  | 0.0045  |
| 　 | 0.2102  | 0.2213  | 0.0136  | 0.0141  | 0.0149  | 0.0137  | 0.0141  | 0.0128  | 0.0077  | 0.0069  | 0.0048  |
| 　 | 0.2104  | 0.2216  | 0.0140  | 0.0139  | 0.0152  | 0.0140  | 0.0138  | 0.0129  | 0.0073  | 0.0072  | 0.0046  |
| 　 | 0.2103  | 0.2220  | 0.0142  | 0.0138  | 0.0152  | 0.0142  | 0.0142  | 0.0130  | 0.0069  | 0.0072  | 0.0048  |
| 最大值 | 0.2109  | 0.2220  | 0.0142  | 0.0143  | 0.0153  | 0.0143  | 0.0143  | 0.0133  | 0.0079  | 0.0073  | 0.0049  |
| 最小值 | 0.2096  | 0.2188  | 0.0136  | 0.0138  | 0.0148  | 0.0137  | 0.0138  | 0.0128  | 0.0069  | 0.0068  | 0.0045  |
| 平均值 | 0.2102  | 0.2200  | 0.0140  | 0.0140  | 0.0150  | 0.0140  | 0.0140  | 0.0130  | 0.0073  | 0.0070  | 0.0047  |
| SD | 0.0004  | 0.0011  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0003  | 0.0002  | 0.0001  |
| RSD% | 0.2067% | 0.4892% | 1.4450% | 1.1411% | 1.1082% | 1.3541% | 1.3336% | 1.2176% | 4.2958% | 2.5646% | 2.3598% |
| 0606-4 | 0.4265  | 0.4432  | 0.0250  | 0.0275  | 0.0270  | 0.0263  | 0.0263  | 0.0261  | 0.0129  | 0.0133  | 0.0131  |
| 　 | 0.4266  | 0.4435  | 0.0251  | 0.0276  | 0.0280  | 0.0262  | 0.0264  | 0.0263  | 0.0129  | 0.0132  | 0.0128  |
| 　 | 0.4259  | 0.4432  | 0.0252  | 0.0274  | 0.0280  | 0.0261  | 0.0261  | 0.0260  | 0.0132  | 0.0132  | 0.0130  |
| 　 | 0.4258  | 0.4428  | 0.0248  | 0.0269  | 0.0290  | 0.0260  | 0.0260  | 0.0258  | 0.0130  | 0.0130  | 0.0130  |
| 　 | 0.4260  | 0.4429  | 0.0249  | 0.0270  | 0.0260  | 0.0260  | 0.0260  | 0.0259  | 0.0129  | 0.0129  | 0.0132  |
| 　 | 0.4263  | 0.4430  | 0.0250  | 0.0271  | 0.0270  | 0.0258  | 0.0259  | 0.0258  | 0.0133  | 0.0128  | 0.0133  |
| 　 | 0.4264  | 0.4430  | 0.0252  | 0.0268  | 0.0280  | 0.0257  | 0.0258  | 0.0263  | 0.0131  | 0.0128  | 0.0133  |
| 　 | 0.4257  | 0.4433  | 0.0250  | 0.0269  | 0.0280  | 0.0259  | 0.0261  | 0.0264  | 0.0132  | 0.0129  | 0.0128  |
| 　 | 0.4259  | 0.4427  | 0.0254  | 0.0269  | 0.0270  | 0.0261  | 0.0258  | 0.0260  | 0.0133  | 0.0130  | 0.0129  |
| 　 | 0.4258  | 0.4429  | 0.0249  | 0.0270  | 0.0270  | 0.0263  | 0.0258  | 0.0261  | 0.0128  | 0.0131  | 0.0131  |
| 　 | 0.4260  | 0.4431  | 0.0248  | 0.0270  | 0.0250  | 0.0262  | 0.0259  | 0.0258  | 0.0128  | 0.0131  | 0.0130  |
| 最大值 | 0.4266  | 0.4435  | 0.0254  | 0.0276  | 0.0290  | 0.0263  | 0.0264  | 0.0264  | 0.0133  | 0.0133  | 0.0133  |
| 最小值 | 0.4257  | 0.4427  | 0.0248  | 0.0268  | 0.0250  | 0.0257  | 0.0258  | 0.0258  | 0.0128  | 0.0128  | 0.0128  |
| 平均值 | 0.4261  | 0.4431  | 0.0250  | 0.0271  | 0.0273  | 0.0261  | 0.0260  | 0.0260  | 0.0130  | 0.0130  | 0.0130  |
| SD | 0.0003  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0003  | 0.0011  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  |
| RSD% | 0.0699% | 0.0503% | 0.7043% | 0.9571% | 3.8586% | 0.7202% | 0.7415% | 0.7913% | 1.3982% | 1.2287% | 1.2812% |
| 0606-5 | 0.8209  | 0.8462  | 0.0412  | 0.0423  | 0.0453  | 0.0430  | 0.0420  | 0.0421  | 0.0212  | 0.0210  | 0.0322  |
| 　 | 0.8203  | 0.8463  | 0.0413  | 0.0424  | 0.0452  | 0.0432  | 0.0421  | 0.0422  | 0.0213  | 0.0213  | 0.0323  |
| 　 | 0.8210  | 0.8465  | 0.0410  | 0.0419  | 0.0451  | 0.0433  | 0.0422  | 0.0420  | 0.0210  | 0.0216  | 0.0320  |
| 　 | 0.8196  | 0.8467  | 0.0409  | 0.0418  | 0.0450  | 0.0428  | 0.0423  | 0.0420  | 0.0214  | 0.0214  | 0.0320  |
| 　 | 0.8195  | 0.8458  | 0.0408  | 0.0418  | 0.0448  | 0.0428  | 0.0422  | 0.0418  | 0.0208  | 0.0208  | 0.0320  |
| 　 | 0.8200  | 0.8459  | 0.0411  | 0.0420  | 0.0447  | 0.0429  | 0.0419  | 0.0417  | 0.0209  | 0.0208  | 0.0318  |
| 　 | 0.8206  | 0.8460  | 0.0412  | 0.0421  | 0.0449  | 0.0431  | 0.0418  | 0.0418  | 0.0208  | 0.0209  | 0.0318  |
| 　 | 0.8213  | 0.8460  | 0.0411  | 0.0420  | 0.0451  | 0.0432  | 0.0423  | 0.0418  | 0.0207  | 0.0213  | 0.0319  |
| 　 | 0.8196  | 0.8457  | 0.0408  | 0.0420  | 0.0452  | 0.0431  | 0.0422  | 0.0418  | 0.0210  | 0.0210  | 0.0318  |
| 　 | 0.8195  | 0.8456  | 0.0409  | 0.0421  | 0.0448  | 0.0428  | 0.0420  | 0.0423  | 0.0211  | 0.0211  | 0.0318  |
| 　 | 0.8197  | 0.8462  | 0.0409  | 0.0422  | 0.0450  | 0.0429  | 0.0420  | 0.0422  | 0.0211  | 0.0210  | 0.0319  |
| 最大值 | 0.8213  | 0.8467  | 0.0413  | 0.0424  | 0.0453  | 0.0433  | 0.0423  | 0.0423  | 0.0214  | 0.0216  | 0.0323  |
| 最小值 | 0.8195  | 0.8456  | 0.0408  | 0.0418  | 0.0447  | 0.0428  | 0.0418  | 0.0417  | 0.0207  | 0.0208  | 0.0318  |
| 平均值 | 0.8202  | 0.8461  | 0.0410  | 0.0421  | 0.0450  | 0.0430  | 0.0421  | 0.0420  | 0.0210  | 0.0211  | 0.0320  |
| SD | 0.0006  | 0.0003  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  |
| RSD% | 0.0780% | 0.0380% | 0.4002% | 0.4345% | 0.4070% | 0.4022% | 0.3716% | 0.4666% | 0.9953% | 1.1684% | 0.5057% |
| 0606-6 | 1.160  | 1.120  | 0.0588  | 0.0621  | 0.0660  | 0.0623  | 0.0620  | 0.0621  | 0.0312  | 0.0312  | 0.0545  |
| 　 | 1.155  | 1.123  | 0.0595  | 0.0623  | 0.0664  | 0.0624  | 0.0621  | 0.0622  | 0.0310  | 0.0311  | 0.0548  |
| 　 | 1.158  | 1.124  | 0.0590  | 0.0618  | 0.0663  | 0.0620  | 0.0623  | 0.0623  | 0.0311  | 0.0308  | 0.0548  |
| 　 | 1.168  | 1.120  | 0.0600  | 0.0618  | 0.0658  | 0.0618  | 0.0615  | 0.0617  | 0.0313  | 0.0308  | 0.0543  |
| 　 | 1.163  | 1.119  | 0.0610  | 0.0619  | 0.0655  | 0.0619  | 0.0623  | 0.0617  | 0.0310  | 0.0312  | 0.0542  |
| 　 | 1.165  | 1.118  | 0.0610  | 0.0620  | 0.0657  | 0.0615  | 0.0622  | 0.0618  | 0.0308  | 0.0310  | 0.0542  |
| 　 | 1.158  | 1.118  | 0.0608  | 0.0622  | 0.0663  | 0.0622  | 0.0621  | 0.0618  | 0.0309  | 0.0310  | 0.0538  |
| 　 | 1.155  | 1.119  | 0.0598  | 0.0623  | 0.0663  | 0.0620  | 0.0618  | 0.0620  | 0.0308  | 0.0312  | 0.0538  |
| 　 | 1.164  | 1.120  | 0.0598  | 0.0622  | 0.0665  | 0.0621  | 0.0619  | 0.0620  | 0.0311  | 0.0313  | 0.0539  |
| 　 | 1.160  | 1.124  | 0.0598  | 0.0621  | 0.0660  | 0.0617  | 0.0617  | 0.0622  | 0.0312  | 0.0314  | 0.0537  |
| 　 | 1.160  | 1.123  | 0.0605  | 0.0618  | 0.0662  | 0.0617  | 0.0621  | 0.0623  | 0.0314  | 0.0309  | 0.0535  |
| 最大值 | 1.168  | 1.124 | 0.061 | 0.0623 | 0.0665 | 0.0624 | 0.0623 | 0.0623 | 0.0314 | 0.0314 | 0.0548 |
| 最小值 | 1.155  | 1.118 | 0.0588 | 0.0618 | 0.0655 | 0.0615 | 0.0615 | 0.0617 | 0.0308 | 0.0308 | 0.0535 |
| 平均值 | 1.1605  | 1.1207  | 0.0600  | 0.0620  | 0.0661  | 0.0620  | 0.0620  | 0.0620  | 0.0311  | 0.0311  | 0.0541  |
| SD | 0.0039  | 0.0022  | 0.0007  | 0.0002  | 0.0003  | 0.0003  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0002  | 0.0004  |
| RSD% | 0.3375% | 0.1980% | 1.1997% | 0.3024% | 0.4583% | 0.4257% | 0.3890% | 0.3537% | 0.5996% | 0.6107% | 0.7728% |

|  |
| --- |
| 大K铝Si元素 |
| 1# | 1.254  | 2# | 2.009  | 3# | 3.008  |
| 　 | 1.253  | 　 | 2.008  | 　 | 3.012  |
| 　 | 1.250  | 　 | 1.998  | 　 | 3.013  |
| 　 | 1.250  | 　 | 1.998  | 　 | 2.999  |
| 　 | 1.248  | 　 | 2.006  | 　 | 2.998  |
| 　 | 1.249  | 　 | 2.013  | 　 | 2.997  |
| 　 | 1.251  | 　 | 2.014  | 　 | 2.998  |
| 　 | 1.250  | 　 | 1.999  | 　 | 3.000  |
| 　 | 1.252  | 　 | 2.000  | 　 | 3.012  |
| 　 | 1.248  | 　 | 1.997  | 　 | 3.004  |
| 　 | 1.248  | 　 | 1.997  | 　 | 3.006  |
| 平均值 | 1.250  | 　 | 2.004  | 　 | 3.004  |
| 最大值 | 1.254  | 　 | 2.014  | 　 | 3.013  |
| 最小值 | 1.248  | 　 | 1.997  | 　 | 2.997  |
| SD | 0.001958 | 　 | 0.006287 | 　 | 0.005956 |
| RSD | 0.1566% | 　 | 0.3138% | 　 | 0.1982% |

三、标准水平分析（采用国际标准和国外先进标准的程度（IDT、MOD或NEQ）、国际、国外同类标准水平的对比分析）

没有查到国际标准和国外先进标准。本标准的主要技术指标达到了国际先进水平。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准所规定的内容，完全满足国家法规要求。

五、标准中如涉及专利，应有明确的知识产权说明

无

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无

七、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准为推荐性行业标准。

八、贯彻标准的要求和措施建议

没有特殊要求。

九、废止现行有关标准的建议

本标准实施后为代替YS/T 806-2012。

十、其他应予说明的事项

无

十一、预期效果

近些年来，我国有色金属的发展日新月异，产量和质量都得到了极大的提高，其中铝作为主要的有色金属占有及其重要的地位，电解铝的产量已突破4000万吨，牢牢占据世界首位。随着我国经济的快速发展，各种牌号的铝合金产品不断涌现，铝合金的用途也日益广泛，广泛应用于建筑、食品、医药、航空航天、高铁轻轨等方方面面，其质量和分析检测方法也越来越受到多方面的关注。所以就必须有更加科学、准确、快速、更加适用的分析检测方法标准进行技术支撑，以满足各种产品化学成分分析检测。

YS/T806-201X 《铝及铝合金分析方法元素含量的测定X射线荧光光谱法》是我国铝及铝合金化学成分分析测定的另一种检测标准，是我国铝行业仪器分析的标准之一，也是目前我国唯一一种使用X射线荧光光谱法检测铝及铝合金项目最全、技术水平最高的分析方法标准。随着中国铝工业的发展，新技术、新工艺的应用，新产品的开发，出口铝锭随之增多，作为铝及铝合金化学元素含量的分析检测方法尤为重要。

# 本次修订对YS/T806-2012 《铝及铝合金中稀土分析方法X-射线荧光光谱法测定镧、铈、镨、钕、钐含量 》做了修改、补充和完善，增加了新的测定元素和测定范围。无论是在方法的适用性、前瞻性、可操作性上都有了很大的提高和扩充。新标准达到与世界先进分析技术水平接轨，全面反映了我国目前铝及铝合金检测技术水平，有利于促进国内铝生产企业进一步完善分析检测手段，进一步提升产品质量，提升我国在军工、航空航天、食品、医药等领域的技术水平。能够满足中国铝工业的实际使用和未来发展的需求，为中国铝工业的发展提供了基础性的技术支撑。

YS/T 806-201X行业标准起草项目组

 2018年10月

附 录：

1、《实验报告》，见报批材料PTF文档：《YS/T806铝及铝合金分析方法元素含量的测定X射线荧光光谱法实验报告》；

2、《复验报告一》，见报批材料PTF文档：《YS/T806铝及铝合金分析方法元素含量的测定X射线荧光光谱法实验报告-复验报告》；

3、《复验报告二》，见报批材料PTF文档：《YS/T806铝及铝合金分析方法元素含量的测定X射线荧光光谱法实验报告-复验报告》。