

CSTM 团体标准《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25 种元素含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》

编制说明

(立项阶段 征询意见阶段 审查阶段 报批阶段)

1、目的和意义

(1) 目的

海绵钛及钛合金是航空航天、远洋装备、化工等领域重要的材料之一，其中的化学元素对其等级评价和物理性能都有重要影响。根据国内现有的海绵钛、钛及钛合金中铁 (Fe)、硅 (Si)、锰 (Mn)、钼 (Mo)、硼 (B)、铝 (Al)、锡 (Sn)、铬 (Cr)、钒 (V)、锆 (Zr)、镁 (Mg)、铌 (Nb)、钯 (Pd)、镍 (Ni)、钽 (Ta)、钨 (W)、钕 (Nd)、钌 (Ru)、铜 (Cu)、铋 (Bi)、钴 (Co)、铪 (Hf)、铅 (Pb)、钇 (Y)、锌 (Zn) 元素检测的标准情况，有以下三种情况：一、测量标准分散度高，影响检测效率。目前海绵钛及钛合金中上述 25 种化学元素测量有 18 个测量方法，每个方法只能测一个或部分元素，无法对多元素同时测量，检测效率不能满足生产、研发和贸易快速检测的需求。二、部分元素（如 Si）测量方法已不满足新要求。根据海绵钛新国家标准（GB/T2524-2019）要求，质量等级为 0_A 海绵钛中 Si 元素要求≤0.01%，而在 GB/T4698.3-2017 和 YS/T 1262-2018 中 Si 的测定下限为 0.010%，已不能满足新标准检测要求。三、因目前测量标准分散，多元素测量增加的检测成本和实验废液不利于节能减排。因此制定《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25 种元素含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》团体标准，能进一步提升海绵钛及钛合金检测效率，达到节能减排，提质增效的目的，推动有关行业高质量发展。

此标准的制定能解决以下三方面问题：一、此标准能同时测量海绵钛及钛合金中常规元素和稀土元素，解决目前海绵钛及钛合金中各化学元素测量方法分散，检测效率不高的问题。二、采用微波消解处理试样，能有效减少 Si, B, Mg 等微量元素的损失，提高测量方法的准确度。三、能有效降低检测成本、减少实验废液排放。经初步统计，此标准方法与现用标准方法相比节约试剂成本

85%，废液减排 81%，检测时间缩短了约 92%。

(2) 意义

此标准的制定具有以下几方面的现实意义：

1) 满足高品质海绵钛及钛合金生产、质量控制以及新产品研发高效、快速的检测需求。我国正在大力发展航天航空、船舶以及军工事业，高品质海绵钛及钛材用量必然大幅增加，同时随着我国钛工业发展，在“十四五”期间海绵钛及钛材产量、质量以及进出口量都将发生巨大变化，急需建立海绵钛及钛合金中各中微量元素快速准确的检测方法，以适应行业发展的需要。

2) 为准确评定海绵钛及钛合金的等级提供准确高效的技术手段。钛含量是确定海绵钛等级和质量的重要指标，其钛含量在 99%以上，国内外均采用减差法：即总量扣除杂质的百分含量计算所得。因此，只有准确测量出各化学元素含量，才能准确确定海绵钛的等级。

3) 满足进出口检验的需要，促进钛产品贸易健康发展。从我国近几年进出口海绵钛及钛材情况看，出口贸易合同常常要求 CIQ 出具品质证，而进口贸易合同也时常以国标检验方法为准或只规定钛含量，由于检测方法滞后，不能快速、准确地对各化学元素含量分析，导致进口合同质量指标要求简单；在出口方面，由于检测方法滞后，出口质量不能达到外商合同要求（或额外杂质限量要求）或个别指标检测不准使得产品降等降级情况不断发生。此外进出口海绵钛加工或生产企业大多处于内地，到口岸运距较长，交通不便，较长时间的检测不利于进出口贸易发展。

4) 为促进钛材深加工产品开发及钛产业发展提供高效的检测技术支撑。我国钛资源丰富，占全球钛资源总量 35.2%，而攀西地区钛资源占全国 91%，并拥有全国最大的钛精矿和高钛渣生产企业，是全国海绵钛产能最大的区域，钛材深加工也处于发展势头。因此，也急需有相应的检测技术服务好钛产业的发展。

2、预期的社会效益和经济效益

该标准的建立为海绵钛及钛合金产品交易提供高效的检验支持和贸易仲裁解决办法，可加强海绵钛及钛合金中各化学元素含量测定方法的规范统一和标准化，在推动海绵钛及钛合金的生产、贸易和质量检验等方面都具有重要的技术和经济意义。

(1) 钛行业市场趋势分析

海绵钛及钛合金是钛产业领域重要的原材料，根据中国有色金属工业协会公布数据显示，2021年中国海绵钛表观需求量为13.3万吨，同比增长16.7%。在应用领域，2020年国内钛材在高端的航空航天、医疗和海洋工程等领域就出现了大幅增长的势头，分别增长了29.9%，107.5%和179.5%，这反映出国内对进口高端海绵钛及钛材的需求出现爆发式增长，随着钛及钛合金在航空航天、远洋装备、能源化工、医疗卫生等领域应用不断拓展以及现代科学技术地进步，研发周期缩短，对产品质量控制和分析测试结果的精度和效率也提出了更高要求，本团体标准正是从海绵钛及钛合金高效、准确检验检测的现实需求出发，契合市场需求，具有较好的应用市场和前景。

(2) 技术效益分析

1) 海绵钛及钛合金检测样品批次估算

海绵钛：2023年中国海绵钛产量为21.8万吨，海绵钛的单炉产量行业普遍主要在10吨，按照现行检测要求，2023年中国海绵钛生产环节至少需检测65400批次，海绵钛成品出厂检验需检测14533批次。进出口方面，2023年中国进口海绵钛共计5972吨，其中出口5838吨，进口134吨，按平均10吨一批计算，则进出口需检测样品597批次。

钛合金：2023年中国钛合金（钛材）产量为15.9万吨，大约需检测5300批次。进出口方面，2023年中国钛合金进出口总量为35156吨，其中进口7210吨，出口27946吨，按平均30吨一批估算，需检测样品1172批次。

从上可知，海绵钛及钛合金检测需求量大，亟需高效的检测方法。

2) 环保效益

现有钛合金检测标准测量海绵钛及钛合金中25种元素时，单批次样品约消耗酸50 mL~100 mL，产生实验废液约500 mL。本标准在实际应用中每批样品的酸消耗量约10 mL~15 mL，产生废液约95 mL，可节约80%~85%酸，废酸减排81%。根据上述2023年海绵钛和钛合金年检测批次数可计算得到，全年可减少废液排放35吨，可节约废水处理费用约17.5万元。

3) 成本效益

本标准能同时测量海绵钛和钛合金中25种元素，试样前处理时间成本、试剂材料成本极大降低。

4) 时间效益

本标准测量钛合金中 25 种元素平均每批样品时间约 4 小时，而采用目前国家标准方法测量钛合金中 25 种元素至少 48 小时，检测时间缩短了约 92%，极大地提高了检测效率。

5) 人力资源效益

采用此标准方法测量钛合金中 25 种元素，一人即能完成上述 25 种元素的测量。而对于目前国家标准方法完成钛合金中 25 种元素的测量，至少需要 6 人同时进行，单批次可节约人力资源 83%。

6) 社会效益

此标准的制定在促进海绵钛及钛合金深加工、产品贸易结算、产品质量监管等领域提供检测技术支撑。四川省攀西地区钛资源丰富，占有全国钛资源总量 90%以上，是全国海绵钛产能最大的区域，钛材深加工也处于发展阶段，根据攀枝花市国民经济和社会发展“十三五”纲要：要立足钒钛资源优势、技术优势，着力打造钒钛微合金钢、航空航天海洋工程用钛及钛合金等特色产业，打造世界级钒钛产业基地。因此，也急需有相应的检测技术标准服务支撑钛产业的高质量发展。

3、工作简况

(1) 标准编制工作基础

2021至2023年项目牵头单位（攀西钒钛检验检测院）承担并完成了四川省市场监督管理局科技计划项目《电感耦合等离子体发射光谱法测量海绵钛及钛合金中19种中微量元素含量的方法研究》，项目编号为SCSJ2021011。经过此项目研究，积累了大量实验数据，并形成了相应作业指导书《微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法测定钛及钛合金中19种元素作业指导书》，对此标准制定提供了坚实的基础。

四川省市场监督管理局科技计划项目

任务书

项目名称: 电感耦合等离子体发射光谱法测量海绵钛及钛合金中 19 种中微量元素含量的方法研究

领域类别: 市场监督管理

专业类别: 检验检测(质量)

项目主管单位: 攀枝花市市场监督管理局

项目承担单位: 攀西钒钛检验检测院

实施周期: 2021 年 1 月—2022 年 12 月

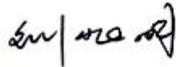
项目负责人: 李子敬

填表日期: 2021 年 5 月 11 日

十四、任务书签订各方签章

项目承担单位

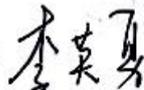
我单位已知悉《电感耦合等离子体发射光谱法测量海绵钛及钛合金中 19 种中微量元素含量的方法研究》项目获得立项,保证按照《四川省市场监督管理局科技计划项目管理办法》、《四川省市场监督管理局科研专项经费管理办法》规定组织项目实施,落实项目自筹或配套经费、工作条件和其它资源保障,做好项目执行和档案管理工作,确保项目研究按时保质完成。

负责人: 



项目主管单位科技管理部门

我单位已知悉《电感耦合等离子体发射光谱法测量海绵钛及钛合金中 19 种中微量元素含量的方法研究》项目获得立项,保证按照《四川省市场监督管理局科技计划项目管理办法》、《四川省市场监督管理局科研专项经费管理办法》规定组织项目实施,做好项目监督管理和档案管理工作,确保项目研究按时保质完成。

负责人: 



四川省市场监督管理局科技主管部门批复意见



微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法测定钛及钛合金中 19 种元素作业指导书

1 范围

本作业指导书规定了电感耦合等离子体原子发射光谱法测定钛及钛合金中 Fe、Si、Mn、Mo、B、Al、Sn、Cr、V、Zr、Mg、Nb、Pd、Ni、Ta、W、Ru、Cu、Nd 19 种元素含量的要求。

本作业指导书适用于待测元素浓度范围如表1所示的海绵钛及钛合金。

表1 本方法适用范围

元素	测量范围 w/%	检出限 (mg/L)	定量限 w/%	元素	测量范围 w/%	检出限 (mg/L)	定量限 w/%
Fe	0.005~5.0	0.027	0.005	Mg	0.001~1.0	0.005	0.001
Si	0.005~1.0	0.026	0.005	Nb	0.005~50.0	0.027	0.005
Mn	0.001~5.0	0.005	0.001	Pd	0.005~1.0	0.024	0.005
Mo	0.001~40.0	0.024	0.005	Ni	0.001~1.0	0.006	0.001
B	0.001~1.0	0.005	0.001	Ta	0.005~1.0	0.026	0.005
Al	0.001~20.0	0.026	0.005	W	0.005~1.0	0.025	0.005
Sn	0.005~20.0	0.025	0.005	Ru	0.005~1.0	0.026	0.005
Cr	0.005~20.0	0.026	0.005	Cu	0.005~5.0	0.024	0.005
V	0.005~40.0	0.025	0.005	Nd	0.005~1.0	0.025	0.005
Zr	0.005~20.0	0.024	0.005				

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本作业指导书的引用而成为本作业指导书的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本作业指导书。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本作业指导书。

JJG 768-2005 中华人民共和国国家计量检定规程 电感耦合等离子体发射光谱仪

GB/T 8170 数值修约规则

GB/T 1.1-2020 标准化工作导则

3 方法概要

采用微波消解制备试样溶液，将校准溶液和样品溶液引入电感耦合等离子体发射光谱仪上通过设定的仪器分析方法测定出校准溶液和样品溶液中各待测元素的发光强度，根据待测元素浓度与对应发光强度成正比，建立校准曲线，通过校准曲线计算出试样溶液中待测元素的浓度。

(2) 下达计划任务的完整名称、项目计划发布文件号 and 项目计划代号

经中国材料与试验标准化委员会（以下简称：CSTM 标准委员会）钒钛综合利用标准化领域委员会审查，CSTM 标准委员会 2025 年 5 月 23 日批准标准《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25 种元素含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》立项，标准立项编号为 CSTM LX 2000 01749—2025，标准项目归口管理委员会为 CSTM 钒钛综合利用标准化领域委员会（CSTM/FC20）。

CSTM 标准化委员会文件

（本页无正文）

材试标字〔2025〕123 号

签发人：王海舟

关于 CSTM 标准《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25 种元素含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》的立项公告

- 附件：1. 中国材料与试验标准项目建议书
- 2. 项目牵头单位联系方式
- 3. CSTM 标准化委员会秘书处联系方式

经中国材料与试验标准化委员会（以下简称：CSTM 标准化委员会）钒钛综合利用标准化领域委员会审查，CSTM 标准化委员会批准 CSTM 标准《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25 种元素含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》立项，标准项目归口管理委员会为 CSTM/FC20，该标准（中文版）立项编号为 CSTM LX 2000 01749—2025，标准（英文版）立项编号为 CSTM LX 2000 01749—2025 E，标准牵头单位为攀西钒钛检验检测院，特此公告。

如有单位或个人愿意参与该标准项目的工作，请与项目牵头单位联系。



(3) 标准起草单位、工作组成员及任务分工

该标准牵头单位为攀西钒钛检验检测院（国家钒钛制品质量检验检测中心），参与单位攀钢集团钒钛资源股份有限公司、攀枝花学院（国家钒钛检测重点实验室）、攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司、钒钛关键战略材料四川省重点实验室、攀钢集团（攀枝花）钛金属材料有限公司。工作组的构成以及分工见表 1。

表1 标准起草信息表

序号	起草单位	起草人	任务分工	联系方式

1	攀西钒钛检验检测院	李子敬	项目负责人	13882369910
2	攀西钒钛检验检测院	王勇	技术负责人	18782304254
3	攀西钒钛检验检测院	刘林	技术负责人	13518411123
4	攀钢集团钒钛资源股份有限公司	荣涛	标准编制、方案制定与实施	13982309364
5	攀枝花学院（国家钒钛检测重点实验室）	蒋志强	标准编制、方案制定与实施	18681218866
6	攀钢集团钒钛资源股份有限公司	周娟莉	标准编制、方案制定与实施	13982378734
7	攀枝花学院（钒钛关键战略材料四川省重点实验室）	李俊翰	标准编制、方案制定与实施	18982338393
8	攀西钒钛检验检测院	刘元清	标准编制、方案制定与实施	13550902239
9	攀西钒钛检验检测院	邵国庆	标准编制、方案制定与实施	18782373201
10	攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司	成勇	标准编制、方案制定与实施	18982379922
11	攀西钒钛检验检测院	仲利	标准文本及编制说明审查	13508239096
12	攀西钒钛检验检测院	陈静	标准文本及编制说明审查	18487223709
13	攀西钒钛检验检测院	朱义	标准文本及编制说明审查	15101679661
14	攀西钒钛检验检测院	罗贵玉	标准文本及编制说明审查	15611720328
15	攀西钒钛检验检测院	龙云翠	标准文本及编制说明审查	13880113048
16	攀西钒钛检验检测院	孙浩	标准文本及编制说明审查	13982350607
17	攀西钒钛检验检测院	张远琴	标准文本及编制说明审查	13698207242
18	攀西钒钛检验检测院	陈小毅	标准文本及编制说明审查	13982307362
19	攀西钒钛检验检测院	李国伟	精密度试验数据处理	15983558397
20	攀枝花学院	闫月娥	精密度试验	15196515463
21	攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司	成勇	精密度试验	18982379922
22	攀钢集团钒钛资源股份有限公司质量计量检测中心（1）	周娟莉	精密度试验	13982378734
23	攀钢集团（攀枝花）钛金属材料有限公司	郑欣	精密度试验	18081722280

24	攀钢集团钒钛资源股份有限公司质量 计量检测中心（2）	穆小玲	精密度试验	13550957653
25	攀枝花卓越钒业科技股份有限公司	谢丽	精密度试验	13183498576
26	攀枝花市柱宇钒钛有限公司	高思奎	精密度试验	18982379833

（3）制定标准的主要工作过程：

1）标准立项阶段：

2025年1月，攀西钒钛检验检测院提出编制《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25种元素含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》团体标准的立项申请，经中国材料与试验标准化委员会（以下简称：CSTM 标准委员会）钒钛综合利用标准化领域委员会于2025年1月23日组织7名专家团对项目进行立项审查并上报CSTM标准委员会审核。2025年5月23日CSTM标准委员会批准立项。

中国材料与试验标准化委员会 钒钛综合利用标准化领域委员会

CSTM标准《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25种元素含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》 立项评估会会议纪要

2025年1月23日，中国材料与试验标准化委员会钒钛综合利用标准化领域委员会组织召开了《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25种元素含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》团体标准立项评估会。会议成立了由7位专家组成的评估专家组（名单见附件1），对拟立项标准进行了评估。

会上，评估专家组听取了标准申报单位对申报标准的情况介绍，包括标准制定的必要性和可行性、现行有关国内外标准情况、项目涉及专利情况、项目的应用前景、项目工作组构成以及标准草案等。

经过审查，《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25种元素含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》团体标准通过立项。经过讨论，评估专家组对标准的技术内容提出了建议和意见，具体见附件。

会议要求标准编制组按照会议提出的意见尽快完善草案，设计共同试验方案。

2）标准编制阶段：

在《微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法测定钛及钛合金中19种元素作业指导书》的基础上，结合行业标准《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》YS/T 1262-2018，2025年2-4月，标准牵头单位按照《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25种元素含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》标准草案，完成了方法验证等系列实验（标准草案中25种元素是根据作业指导书中19种元素增加了行业标准YS/T 1262-2018中Bi、Pb、Co、Zn、Y、Hf 6种元素）。

2025年5月标准编制工作组根据《海绵钛及钛合金25种元素测量电感耦合

(2) 试验结果与讨论

1) 工作曲线溶液配制

工作曲线溶液 I 的配制：根据试料基体中钛含量，称取质量相同的 6 份金属钛，按试料步骤消解后，分别移入编号为 0#至 5#的 6 支 100 mL 聚乙烯容量瓶中。用移液器分别向 0#至 4#容量瓶中加入 25 种元素混合标准溶液（20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ）0 mL、1.00 mL、2.50 mL、10.00 mL、40.00 mL，向 5#容量瓶中分别加入 25 种单元素标准溶液（1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ）各 2.00 mL，用水稀释至刻度，混匀。此工作曲线溶液中 25 种元素的质量浓度分别为 0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、0.20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、0.50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、2.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、8.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、20.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

工作曲线溶液 II 的配制：根据试料基体中钛含量，称取质量相同的 1 份金属钛，按试料步骤消解后，移入 100 mL 聚乙烯容量瓶中，以水稀释至刻度，混匀，再分别移取 10 mL 加入到 6 支 100 mL 聚乙烯容量瓶中，按表 A.2 中各元素的质量浓度，用移液器加入铁、锰、钼、铝、锡、铬、钒、锆、铌、铜、钪单元素标准溶液（1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ），并向每支容量瓶中补加 10 mL 盐酸（1+2），以水稀释至刻度、混匀。

表 A.2 各元素的质量浓度

单位为 $\mu\text{g}/\text{mL}$

序号	Fe,Mn,Cu,Hf	Mo,V	Al,Sn,Cr,Zr	Nb
STD 0	0	0	0	0
STD 1	1.0	2.0	2.0	2.0
STD 2	2.0	5.0	5.0	5.0
STD 3	4.0	20.0	10.0	20.0
STD 4	6.0	40.0	20.0	50.0
STD 5	10.0	80.0	40.0	100.0

2) 溶样方法选择

目前使用电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-AES）测定钛及钛合金时，样品溶解方法主要采用酸溶法，常用的酸溶体系有用于测定非稀土元素的 HCl-HF-HNO₃ 体系（因 F⁻与稀土（Nd³⁺）形成难溶于 HCl 和 HNO₃ 的 NdF₃，使 Nd 测定结果偏低，因此不适用于稀土元素的测定）和测量稀土元素的 H₂SO₄-HNO₃ 体系。由于此标准需同时测定钛及钛合金中 25 种元素（大部分非稀土元素和部分稀土元素），根据 NdF₃ 易溶于 HClO₄ 的特点，实验对比了 3 种不

同溶样方式，见表 A.3。

从实验现象可以看出：方案 1，因 H_2SO_4 与 Ti 反应生成紫色的低价 Ti，溶液不透明，不便于观察样品溶解情况，而且 H_2SO_4 黏度较大，影响雾化效率。方案 2，将试样及溶剂放入烧杯中通过水浴方式加热溶解，这种方式优点在于消解时间短，便于时时观察；不足之处在于钛及钛合金在 $\text{HCl-HF-HNO}_3\text{-HClO}_4$ 体系中反应速率快，反应剧烈时部分钛屑会被冲到杯壁，造成试样溶解不完全。方案 3，实验采用 $\text{HCl-HF-HNO}_3\text{-HClO}_4$ 体系并采用微波消解溶解试样，微波消解仪工作条件见表 A.4。微波加热封闭消解罐中的消解液在高温增压条件下使样品快速溶解的湿法消化，在密闭体系进行微波消解还可防止挥发性元素及微量元素的损失，最大限度减少外界污染。在方案 3 的 $\text{HCl-HF-HNO}_3\text{-HClO}_4$ 体系中，HCl 和 HF 主要用于钛合金试样溶解，二者浓度及加入量对试样溶解至前重要，因此实验采用二因子四水平正交试验：10.0 mL HCl (1+1)、15.0 mL HCl (1+2)、20.0 mL HCl (1+3)、25.0 mL HCl (1+4)，1.0 mL HF (1+1)、3.0 mL HF (1+2)、5.0 mL HF (1+3)、7.0 mL HF (1+4)。实验发现采用 15.0 mL HCl (1+2) 和 5.0 mL HF(1+3) 溶解钛合金试样时，试样溶解完全且罐壁无钛屑飞溅。 HNO_3 主要用于氧化部分低价钛 (Ti^{3+} 紫色) 使试样溶液清亮透明，向 HCl 和 HF 溶解后样品溶液中逐渐加入 HNO_3 (1+1)，发现加 2.0 mL 后，溶液紫色完全消失，变成清亮透明溶液，说明溶液中低价钛完全被氧化为无色的高价钛 (Ti^{4+} 无色)。 HClO_4 主要用于溶解试样中 NdF_3 ，为确定 HClO_4 的用量，实验溶解五份纯钛 ($w_{\text{Nd}} < 0.001\%$)，每份中加均入 30 mg/L Nd 标准溶液(相当于试样中含 1.5%Nd，钛合金中规定 Nd 最大含量为 1.2%)，除 HClO_4 外其他试剂及用量按方案 3 加入，最后加入 0、0.50、1.00、1.50，2.00 mL 的 HClO_4 ，按方案 3 消解后，转移到 100 mL 容量瓶中，使用 ICP-AES 测量上述 5 份溶液中 Nd，发现 0.50 mL HClO_4 能完全溶解 NdF_3 。综上所述，实验采用 15.0 mL HCl(1+2)-5.0 mL HF(1+3)-2.0 mL HNO_3 (1+1)-0.50 mL HClO_4 为酸溶试剂结合微波消解溶解样品。因此本文选择方案 3 处理钛合金试样。

表 A.3 样品溶解方式

溶样方式	溶样方法	实验过程	实验现象
常压法	方案 1	将 0.20 g 试样置于 200 mL 烧杯中，加入 20 mL H_2SO_4 (1+1)，加热溶解后加入 1.0 mL HNO_3 ，继续加热至溶液清亮。	溶液呈深紫色（不透明），实验过程中不便于观察试样是否溶解完全。样品溶解 30~40 min。

	方案 2	将 0.20 g 试样置于 200 mL 聚四氟乙烯烧杯中，加入 15.0 mL HCl (1+2)、5.0 mL HF(1+3)，待反应平稳后加入 1.0 mL HNO ₃ 及 0.50 mL HClO ₄ ，适当水浴 (70 °C) 加热至清亮。	试样与酸溶剂反应速率快，有少量样品悬挂杯壁。样品溶解 5~10 min。
微波法	方案 3	将 0.20 g 试样，置于微波消解罐中，加入 15.0 mL HCl (1+2)、5.0 mL HF(1+3)、2.0 mL HNO ₃ (1+1)、0.50 mL HClO ₄ ，将消解罐放入微波消解仪中，按表 4 条件消解试样后，取出转移到 100 mL 聚四氟乙烯容量瓶中，用水定容混匀备用	样品溶解完全，溶液清亮。

表 A.4 微波消解仪工作条件

阶段	目标温度/°C	升温时间/min	保持时间/min	风扇级别
1	60	1	5	1
2	120	8	10	1
3 ^a	—	—	—	3

^a 目标温度为室温。

3) 消解方式的选择

目前在烧杯中溶解样品时，消解时间短，便于观察，但温度不易控制，易挥发元素和微量元素容易损失。试验以 YS/T 1262-2018 中采用的 30 mL 50% (体积分数，下同) 盐酸溶液+2 mL 氢氟酸+2 mL 硝酸为消解酸体系，比较了两种消解方式 (开放式烧杯中消解与微波消解) 消解同一样品后，上述易挥发元素和微量元素 (Si、B、Ni、Cu) 的测定值及其相对标准偏差 (RSD)，结果见表 A.5。

表 A.5 消解方式对部分元素测定结果的影响 (n=10)

元素	开放式烧杯中消解		微波消解	
	测定值 w/%	RSD/%	测定值 w/%	RSD/%
Si	0.012	9.2	0.014	3.8
B	0.008 4	7.2	0.008 5	1.5
Ni	0.005 9	6.0	0.006 1	2.5
Cu	0.005 2	7.6	0.005 5	2.4

结果显示，采用微波消解时，元素测定值的 RSD 均小于 4.0%，重复性较好。因此，试验选择微波消解法作为样品消解方式。

4) 基体效应的消除

为考察基体钛对各待测元素的影响，固定溶液中各待测元素浓度，通过改变基体的浓度，观察各元素发射光谱强度的变化情况。实验过程如下：称取 1.00 g 高纯钛放入 500 mL 聚四氟乙烯烧杯中，加入 60 mL HCl (1+2)、20 mL HF(1+3)、

5 mL HNO₃ (1+1)进行溶解后, 定容至 100 mL (基体溶液 3, 此溶液中钛的质量浓度为 10000 mg/L)。取 5 支 100 mL 容量瓶, 使每种元素质量浓度分别 5.0 mg/L, 并加入钛基体溶液 3 (0、5.0、10.0、20.0、30.0 mL), 混匀后上机测量。实验数据见表 A.6, 通过表 A.6 统计结果可以看出: 在上述浓度范围内, 基体钛对上述 25 种元素的影响可分为 3 类: (1) 影响很小甚至可以忽略, 如 Mo、Ni、Y、Co; (2) 使待测元素结果偏低, 即基体减弱型, 如 Fe、Ta、W、Mn、B、Al、Sn、Cr、V、Zr、Nb、Pd、Ru、Nd、Cu、Pb、Hf; (3) 使待测元素结果偏高, 即基体增强型, 如 Si、Mg、Bi、Zn。综上所述, 可以通过在标准溶液系列中加入与试液相近的钛基体溶液, 以消除基体效应的影响。

表 A.6 基体钛对各待测元素的影响

元素	发射强度/cps				
	0	500 mg/L Ti	1000 mg/L Ti	2000 mg/L Ti	3000 mg/L Ti
Fe	6254	6068	5946	5822	5708
Si	2856	2922	3018	3153	3234
Mn	38752	38535	38378	38169	37994
Mo	3665	3702	3628	3649	3682
B	2462	2376	2308	2166	2042
Al	5812	5733	5649	5577	5412
Sn	2165	2016	1982	1855	1782
Cr	6852	6722	6683	6555	6428
V	4925	4846	4755	4684	4593
Zr	2895	2764	2713	2629	2588
Mg	26924	27156	27208	27313	27482
Nb	2691	2588	2507	2431	2362
Pd	4362	4282	4201	4143	4066
Ni	4625	4652	4688	4635	4644
Ta	3956	3889	3806	3729	3657
W	2829	2766	2687	2593	2508
Ru	3418	3357	3282	3209	3152
Nd	4182	4076	3958	3882	3791
Cu	7429	7367	7285	7179	7066
Bi	1966	2073	2159	2308	2481
Co	2895	2915	2872	2958	3150
Hf	2982	2889	2812	2768	2692
Pb	3515	3485	3427	3364	3208
Y	4985	5021	5165	4899	5127
Zn	5572	5647	5712	5784	5866

5) 各元素分析谱线选择及干扰情况

光谱干扰是 ICP-AES 测定元素含量时重要的干扰因素之一。为避免基体及共存元素对待测元素的光谱干扰，选择合适的分析谱线尤为重要。在建立分析方法时，根据仪器推荐分析波长列表，每个待测元素初步选择 3~4 条灵敏度较高的谱线，通过对标准溶液和试样溶液进行光谱扫描，对扫描图谱采用适当背景校正技术扣除背景后，对每种待测元素所选择的谱线进行对比分析，确定各元素分析谱线见表 A.7。

表 A.7 各元素推荐波长

元素	波长/nm	元素	波长/nm	元素	波长/nm
Fe	259.940	Si	212.412	Mn	260.568
Mo	204.597	B	208.889	Al	394.401
Sn	189.927	Cr	267.716	V	309.311
Zr	343.823	Mg	280.271	Ta	240.063
Pd	340.458	Ni	231.604	Cu	327.393
W	207.912	Ru	240.272	Co	238.892
Nd	406.109	Bi	190.171	Y	360.073
Hf	232.247	Pb	220.353	-	-
Zn	213.857	Nb	269.706	-	-

6、试验或验证结果

(1) 工作曲线、检出限和方法测定下限

按照仪器工作条件，测定基质匹配的多元素混合标准溶液 I 或溶液 II，以待测元素质量浓度为横坐标，以对应元素发光强度为纵坐标绘制工作曲线，各元素标准曲线的线性相关系数均大于 0.999。在仪器最佳工作条件下对空白溶液连续测定 11 次，计算测定值的标准偏差 (s)，以 3 倍的标准偏差 (SD) 确定方法的检出限 (MDL)，以 4 倍检出限确定方法的测定下限。各元素线性回归方程、检出限及测定下限等信息见表 A.8。

表 A.8 各元素线性回归方程、检出限及测定下限

元素	线性范围 ρ / ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	线性回归方程	相关系数	检出限 ρ / ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	测定下限/ %
Fe	0~20.0 (I)	$y=748x+173$	0.9995	0.025	0.005
	0~10.0 (II)	$y=334x-69$	0.9998	0.027	0.005
Si	0~20.0 (I)	$y=286x+97$	0.9992	0.026	0.005
Mn	0~20.0 (I)	$y=1183x+131$	0.9994	0.005	0.001
	0~10.0 (II)	$y=519x-103$	0.9998	0.005	0.001
Mo	0~20.0 (I)	$y=682x+109$	0.9991	0.025	0.005

	0~80.0 (II)	$y=1304x-187$	0.9996	0.024	0.005
B	0~20.0 (I)	$y=227x-44$	0.9984	0.004	0.001
Al	0~20.0 (I)	$y=429x-182$	0.9996	0.026	0.005
	0~40.0 (II)	$y=918x-119$	0.9998	0.025	0.005
Sn	0~20.0 (I)	$y=381x-122$	0.9986	0.026	0.005
	0~40.0 (II)	$y=1319x+208$	0.9994	0.024	0.005
Cr	0~20.0 (I)	$y=381x-112$	0.9993	0.025	0.005
	0~40.0 (II)	$y=739x-161$	0.9996	0.026	0.005
V	0~20.0 (I)	$y=409x+94$	0.9998	0.026	0.005
	0~80.0 (II)	$y=1246x+294$	0.9997	0.024	0.005
Zr	0~20.0 (I)	$y=392x-129$	0.9992	0.025	0.005
	0~40.0 (II)	$y=682x+73$	0.9998	0.027	0.005
Mg	0~20.0 (I)	$y=618x-132$	0.9991	0.006	0.001
Nb	0~20.0 (I)	$y=294x-117$	0.9993	0.027	0.005
	0~100.0 (II)	$y=792x+198$	0.9997	0.025	0.005
Pd	0~20.0 (I)	$y=357x-84$	0.9984	0.024	0.005
Ni	0~20.0 (I)	$y=662x+69$	0.9996	0.005	0.001
Ta	0~20.0 (I)	$y=291x-28$	0.9986	0.026	0.005
W	0~20.0 (I)	$y=183x-126$	0.9992	0.024	0.005
Ru	0~20.0 (I)	$y=273x+51$	0.9993	0.025	0.005
Cu	0~20.0 (I)	$y=1091x-181$	0.9986	0.024	0.005
	0~10.0 (II)	$y=476x-73$	0.9992	0.026	0.005
Nd	0~20.0 (I)	$y=427x-118$	0.9992	0.025	0.005
Bi	0~20.0 (I)	$y=216x-62$	0.9991	0.050	0.010
Co	0~20.0 (I)	$y=273x+51$	0.9993	0.025	0.005
Hf	0~20.0 (I)	$y=129x+102$	0.9991	0.024	0.005
Pb	0~20.0 (I)	$y=318x-113$	0.9992	0.049	0.010
Y	0~20.0 (I)	$y=339x-62$	0.9994	0.0024	0.0005
Zn	0~20.0 (I)	$y=648x+29$	0.9995	0.006	0.001

(2) 准确度试验

按照试验方法测定 3 种钛合金标准样品 IARM345A、IARM300B、IARM178C 中元素含量，由于部分元素缺少认定值，因此在表中未列出，测定结果见表 A.9。

表 A.9 准确度试验结果

元素	IARM 345A			IARM 300B			IARM 178C		
	认定值 w/%	测定值 w/%		认定值 w/%	测定值 w/%		认定值 w/%	测定值 w/%	
		本方	标准方		本方	标准方		本方	标准方

		法	法		法	法		法	法
Fe	0.121±0.003	0.122	0.120	0.175±0.005	0.173	0.172	0.66±0.02	0.65	0.65
Si	0.013±0.02	0.012	0.011	0.016±0.002	0.017	0.014	0.047±0.003	0.048	0.044
Mn	0.0009±0.0003	0.0011	<0.005	0.006±0.003	0.005	0.004	(0.002)	0.002	<0.005
Mo	4.09±0.02	4.08	4.08	-	-	-	0.012±0.001	0.012	0.011
B	(0.001)	0.0012	0.0011	-	-	-	-	-	-
Al	5.12±0.03	5.10	5.13	6.09±0.05	6.07	6.05	5.44±0.01	5.44	5.43
Sn	1.99±0.01	1.98	1.98	0.004±0.002	0.004	0.003	1.97±0.01	1.97	1.97
Cr	3.89±0.02	3.91	3.90	0.017±0.001	0.017	0.016	0.014±0.001	0.014	0.013
V	0.005±0.001	0.005	0.004	0.004±0.002	0.004	0.002	5.43±0.03	5.42	5.42
Zr	1.90±0.01	1.90	1.89	0.013±0.008	0.011	0.012	0.004±0.001	0.005	0.003
Nb	-	-	-	6.84±0.03	6.85	6.81	(0.01)	0.011	<0.10
Ni	0.015±0.001	0.015	0.014	0.012±0.001	0.013	0.011	0.013±0.001	0.013	0.012
Ta	-	-	-	0.005±0.002	0.006	0.003	-	-	-
Cu	0.002±0.001	0.002	0.001	0.014±0.008	0.015	0.009	0.62±0.01	0.62	0.61

(3) 加标回收试验

按照实验方法测定某钛合金样品中 25 种化学元素含量，并进行加标回收试验，结果见表 A.10。

表 A.10 钛合金样品中 25 种元素的加标回收试验结果

元素	本底值 mg/L	加标量 mg/L	测定总量 mg/L	回收率 %
Fe	3.24	5.0	8.15	98
Si	2.42	5.0	7.21	96
Mn	-	2.0	1.92	96
Mo	17.6	5.0	22.7	102
B	-	2.0	2.04	102
Al	106	20.0	125	95
Sn	67.5	20.0	86.9	97
Cr	-	2.0	1.92	96
V	-	2.0	1.94	97
Zr	57.6	20.0	77.9	102
Mg	-	2.0	1.92	96
Nb	7.66	5.0	12.4	95
Pd	-	2.0	2.05	102
Ni	-	2.0	1.90	95
Ta	6.67	5.0	11.5	97
W	-	2.0	1.91	96

Ru	-	2.0	1.90	95
Cu	-	2.0	1.94	97
Nd	-	2.0	1.90	95
Bi	-	2.0	1.90	95
Co	-	2.0	1.93	96
Hf	-	2.0	1.90	95
Pb	-	2.0	1.90	95
Y	-	2.0	1.94	97
Zn	-	2.0	1.93	96

(4) 精密度试验及数据处理

参与精密度的实验室见表 A.11，按照标准草案中试验方法对提供的样品进行测试。每个实验室对 6 个水平的样品在重复性条件下进行 3 次测定。将收到的精密度协同试验数据按 GB/T 6379.2-2004《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第 2 部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法》，计算各水平的实验室单元平均值和单元标准差。对各水平试验数据首先用曼德尔统计量 h 和 k 进行一致性和离群性检验，结合 Cochran 法检验和 Grubbs 法检验，确定是否有离群值，随后将实验室测量值进行统计计算，并计算其重复性限 r 和再现性限 R ，最终确定的 r ， R （具体执行过程由计算机软件按上述法则迭代计算）。原始数据及处理见附件 1。

表A.11 精密度协同实验室名称及编号

实验室编号	实验室名称
1	攀西钒钛检验检测院
2	攀枝花学院
3	攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司
4	攀钢集团钒钛资源股份有限公司质量计量检测中心（1）
5	攀钢集团（攀枝花）钛金属材料有限公司
6	攀钢集团钒钛资源股份有限公司质量计量检测中心（2）
7	攀枝花卓越钒业科技股份有限公司
8	攀枝花市柱宇钒钛有限公司

7、与国内外同类标准水平的对比情况

国内外海绵钛及钛合金检测标准方法有国家标准（GB/T4698.1-29 系列）、行业标准（YS/T 1262-2018）、进出口检验标准（SN/T 3910-2014）、美国材料协会标准四大类，各标准对比见表 A.11。

表 A. 11 海绵钛及钛合金检测标准对比

方法	酸体系	消解方式	测定元素	备注
----	-----	------	------	----

GB/T 4698.2—2011	50 mL 50%硝酸溶液+10 mL 50%氢氟酸溶液	烧杯中溶解	Fe	ICP-AES 单元素测定
	20 mL 50%硫酸溶液+4 mL 50%氢氟酸溶液			
	40 mL 25%硫酸溶液			
GB/T698.4—2017	5~10 mL 50%盐酸溶液+1 mL 氢氟酸+0.5 mL 硝酸	烧杯中溶解	Mn	ICP-AES 单元素测定
GB/T4698.5—2017			Mo	
GB/T4698.6—2019			B	
GB/T 4698.8—2017			Al	
GB/T 4698.10—2020			Cr	
GB/T 4698.12—2017			V	
GB/T 4698.13—2017			Zr	
GB/T 4698.22—2017			Nb	
GB/T 4698.23—2017			Pd	
GB/T 4698.24—2017			Ni	
GB/T 4698.27—2017	15 mL 50%硫酸溶液+1 mL 硝酸	烧杯中溶解	Nd	ICP-AES 单元素测定
GB/T 4698.28—2017	10 mL 50%盐酸溶液+2 mL 50%氢氟酸溶液+1 mL 50%硝酸溶液	消解罐中溶解	Ru	ICP-AES 单元素测定
GB/T 4698.29—2024	固体直接测量	无需消解	Al、C、Cr、Cu、Fe、Mn、Mo、Ni、Si、Sn、V、Zr	光电直读光谱法
SN/T 3910—2014	10 mL 50%盐酸溶液+2 mL 50%氢氟酸溶液+2 mL 硝酸	烧杯中溶解	Mn、Cr、Ni、Al、Mo、Sn、V、Cu	不能测定 Si、B 等元素
YS/T 1262—2018	30 mL 50%盐酸溶液+2 mL 氢氟酸+2 mL 硝酸	烧杯中溶解	Al、B、Bi、Co、Cr、Cu、Fe、Ha、Mg、Mn、Mo、Nb、Ni、Pb、Pd、	溶解温度不宜超 70℃，满足同时测定 24 元素

			Ru、Si、Sn、Ta、 V、W、Y、Zn、 Zr	
ASTM E2994-21	固体直接测量	无需消解	Al、Cr、Cu、Fe、 Mn、Mo、Ni、Si、 Sn、V、Zr	火花直读/ 辉光直读测 11种元素
ASTM E2371-21	盐酸+氢氟酸+硝酸	消解罐	Al、B、Co、Cr、 Cu、Fe、Mn、Mo、 Ni、Nb、Pd、Ru、 Si、Ta、Sn、W、 V、Y、Zr	ICP-AES测 定19种元 素，不能测 定Nd稀土 元素
本标准	8 mL 50%盐酸溶液 +3 mL 50%氢氟酸 溶液+1 mL 50%硝 酸溶液+0.5 mL 高 氯酸	微波消解	Fe、Si、Mn、Mo、 B、Al、Sn、Cr、 V、Zr、Mg、Nb、 Pd、Ni、Ta、W、 Nd、Ru、Cu、Bi、 Co、Ha、Pb、Y、 Zn	酸消耗量 少，可同时 测定25元 素，含稀土 元素Nd

从上表 A.11 对比可看出，目前电感耦合等离子发射光谱法（ICP-AES）测量海绵钛及钛合金中化学元素时，常用的消解酸体系主要有盐酸-氢氟酸-硝酸、硫酸-硝酸和硫酸-氢氟酸-硝酸等混合溶液。采用盐酸-氢氟酸-硝酸混合溶液为消解酸体系适用于测定 Mn、Mo、B、Al、Cr、V、Zr、Nb、Pd、Ni 等元素的样品前处理，但如果样品中含有 Nd 等稀土元素，F⁻与 Nd³⁺形成难溶于盐酸和硝酸的氟化钕，因此该消解酸体系不适用于测定稀土元素的样品前处理。而在消解酸体系中加入硫酸，虽然可用于测定稀土元素的样品前处理，但硫酸与钛反应使溶液呈紫黑色，不便于观察样品是否溶解完全，且硫酸黏度较大，影响雾化效率，因此不宜采用。根据硝酸可以氧化部分低价钛和氟化钕易溶于高氯酸的特点，试验选择盐酸-氢氟酸-硝酸-高氯酸混合溶液为消解酸体系。

此外，表 A.11 中标准方法采用的样品前处理方法中消解酸体系的酸消耗量在 50~100 mL，产生的试验废液约 500 mL，而本方法的酸消耗量在 10~15 mL（节约了 85%），产生废液约 95 mL（减排 81%）。该方法不仅节约了样品前处理时间和材料成本，也极大减少了试验废液。

8、与有关的现行法律、法规和标准的关系

符合有关的现行法律、法规和规章制度；与同类标准和标准体系中其他标准的协调一致；不与国家有关产业政策相抵触。

9、知识产权情况说明

本标准不涉及专利。

10、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中未出现重大分歧意见。

11、贯彻标准的要求和措施建议

发布后数月实施，最长不超过6个月。

12、替代或废止现行相关标准的建议

无。

13、其它应予说明的事项

无。

14、编制说明附件

附件 1：精密度试验报告。

CSTM 团体标准《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25 种元素含量的测定
微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》编制工作组

2025 年 7 月 10 日

附件 1

海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25 种元素含量的
测定微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法

精密度协同试验报告

编制人：标准编制工作组

时间：2025 年 7 月 10 日

目录

一、精密度协作试验方案.....	2 错误! 未定义书签。
二、精密度试验结果及统计分析.....	31
2.1 FE 含量测定的精密度试验.....	27
2.2 SI 含量测定的精密度试验.....	30
2.3 MN 含量测定的精密度试验.....	33
2.4 MO 含量测定的精密度试验.....	36
2.5 B 含量测定的精密度试验.....	38
2.6 AL 含量测定的精密度试验.....	41
2.7 SN 含量测定的精密度试验.....	44
2.8 CR 含量测定的精密度试验.....	47
2.9 V 含量测定的精密度试验.....	50
2.10 ZR 含量测定的精密度试验.....	53
2.11 MG 含量测定的精密度试验.....	56
2.12 NB 含量测定的精密度试验.....	59
2.13 PD 含量测定的精密度试验.....	61
2.14 NI 含量测定的精密度试验.....	65
2.15 TA 含量测定的精密度试验.....	67
2.16 W 含量测定的精密度试验.....	70
2.17 ND 含量测定的精密度试验.....	77
2.18 RU 含量测定的精密度试验.....	77
2.19 CU 含量测定的精密度试验.....	80
2.20 BI 含量测定的精密度试验.....	83
2.21 PB 含量测定的精密度试验.....	85
2.22 CO 含量测定的精密度试验.....	89
2.23 HF 含量测定的精密度试验.....	92
2.24 ZN 含量测定的精密度试验.....	95
2.25 Y 含量测定的精密度试验.....	97
三、方法精密度表达.....	100

海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25 种元素含量的测定微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法精密度协作试验方案

尊敬的各协作单位领导及同仁：

您们好！感谢繁忙工作之余抽时间参与我们的精密度协作实验工作，对你们的支持与协助，表示成分感谢！现将精密度协作实验的要求做如下说明：

（1）本次精密度实验共 6 个水平，要求每个实验按照《T/CSTM XXXXX-202X 海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 25 种元素含量的测定微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法》标准征求意见稿进行实验，对每一个水平进行 3 次独立重复实验。

（2）报出数据的修约：当测量结果 $\geq 1\%$ 时，修约到小数点后两位（如 x.xx%）；当测量结果 $< 1\%$ 时，报出数据保留三位有效数字（如 0.xxx%或 0.0xxx%），平均值的有效位数比测量值多一位，结果填入附件 1：《精密度实验原始数据统计表》。

（3）水平样品的方案如下

水平 1：称取 1#样品 0.200g，按照标准进行样品消解后，转移到 100mL 容量瓶中（控制溶液体积 30mL 以内），用适当量程的移液器按表 1 加入相应元素的标准溶液后定容到 100mL（注：加入元素标液浓度小于 100mg/L 时，从该元素储备液为 1000mg/L 中移取；当加入元素标液浓度大于 100mg/L 时从该元素储备液为 10000mg/L 中移取，以下水平 2 到水平 6 均如此）。根据标准方法测量各元素的含量，此样品溶液中待测元素加入浓度及对应含量的参考值见表 1。

表 1. 水平 1 各元素标准加入浓度及参考值

1#样品	Fe	Mn	Hf	Cu	Si	B	Co	Zn	Mg
加入标液的浓度 mg/L	60	0.4	0.4	0.4	0.5	16	0.5	16	0.5
参考值/%	3.12	0.021	0.020	0.022	0.031	0.800	0.025	0.800	0.025
1#样品	Pd	Ni	Ta	W	Ru	Nd	Pb	Y	Bi

加入标液的浓度 mg/L	0	0.5	16	2	2	2	2	2	2
参考值/%	0.130	0.0263	0.800	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
1#样品	Al	Sn	Cr	Zr	Mo	V	Nb	/	/
加入标液的浓度 mg/L	8	120	2	0.5	20	20	600	/	/
参考值/%	0.415	6.01	0.102	0.0278	1.00	1.00	30.01	/	/

水平 2: 称取 2#样品 0.200g, 按照标准进行样品消解后, 转移到 100mL 容量瓶中 (控制溶液体积 30mL 以内), 用适当量程的移液器按表 2 加入相应元素的标准溶液后定容到 100mL。根据标准方法测量各元素的含量, 此样品溶液中待测元素加入浓度及对应含量的参考值见表 2。

表 2. 水平 2 各元素标准加入浓度及参考值

2#样品	Fe	Mn	Hf	Cu	Si	B	Co	Zn	Mg
加入标液的浓度 mg/L	15	0	4	4	4	1	1	1	1
参考值/%	0.814	1.61	0.200	0.202	0.211	0.050	0.050	0.050	0.050
2#样品	Pd	Ni	Ta	W	Ru	Nd	Pb	Y	Bi
加入标液的浓度 mg/L	0.5	1	1	1	16	1	16	1	16
参考值/%	0.025	0.063	0.050	0.050	0.800	0.050	0.800	0.050	0.800
2#样品	Al	Sn	Cr	Zr	Mo	V	Nb	/	/
加入标液的浓度 mg/L	0	8	8	160	600	4	4	/	/
参考值/%	2.02	0.402	0.412	8.00	30.00	0.205	0.200	/	/

水平 3: 称取 3#样品 0.200g, 按照标准进行样品消解后, 转移到 100mL 容量瓶中 (控制溶液体积 30mL 以内), 用适当量程的移液器按表 3 加入相应元素的标准溶液后定容到 100mL。根据标准方法测量各元素的含量, 此样品溶液中待测元素加入浓度及对应含量的参考值见表 3。

表 3. 水平 3 各元素标准加入浓度及参考值

1#样品	Fe	Mn	Hf	Cu	Si	B	Co	Zn	Mg
加入标液的浓度 mg/L	0	0.8	0.8	0.8	2	2	2	2	2

参考值/%	0.095	0.040	0.040	0.043	0.112	0.100	0.100	0.100	0.100
1#样品	Pd	Ni	Ta	W	Ru	Nd	Pb	Y	Bi
加入标液的浓度 mg/L	1	0	2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
参考值/%	0.052	0.880	0.100	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
1#样品	Al	Sn	Cr	Zr	Mo	V	Nb	/	/
加入标液的浓度 mg/L	2	2	300	2	0	600	1	/	/
参考值/%	0.113	0.104	15.01	0.102	0.288	30.01	0.054	/	/

水平 4：称取 4#样品 0.200g，按照标准进行样品消解后，转移到 100mL 容量瓶中（控制溶液体积 30mL 以内），用适当量程的移液器按表 4 加入相应元素的标准溶液后定容到 100mL。根据标准方法测量各元素的含量，此样品溶液中待测元素加入浓度及对应含量的参考值见表 4。

表 4. 水平 4 各元素标准加入浓度及参考值

1#样品	Fe	Mn	Hf	Cu	Si	B	Co	Zn	Mg
加入标液的浓度 mg/L	0	60	60	10	0	4	4	4	4
参考值/%	0.033	3.00	3.00	0.503	0.086	0.201	0.201	0.200	0.200
1#样品	Pd	Ni	Ta	W	Ru	Nd	Pb	Y	Bi
加入标液的浓度 mg/L	4	8	4	4	4	4	4	4	4
参考值/%	0.204	0.411	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1#样品	Al	Sn	Cr	Zr	Mo	V	Nb	/	/
加入标液的浓度 mg/L	200	0	40	0	0	0	200	/	/
参考值/%	16.02	2.02	2.01	3.99	1.96	0.02	10.00	/	/

水平 5：称取 5#样品 0.200g，按照标准进行样品消解后，转移到 100mL 容量瓶中（控制溶液体积 30mL 以内），用适当量程的移液器按表 5 加入相应元素的标准溶液后定容到 100mL。根据标准方法测量各元素的含量，此样品溶液中待测元素加入浓度及对应含量的参考值见表 5。

表 5. 水平 5 各元素标准加入浓度及参考值

1#样品	Fe	Mn	Hf	Cu	Si	B	Co	Zn	Mg
加入标液的浓度 mg/L	0	10	20	20	8	8	8	8	8
参考值/%	0.280	0.502	1.00	1.00	0.406	0.400	0.401	0.400	0.402
1#样品	Pd	Ni	Ta	W	Ru	Nd	Pb	Y	Bi
加入标液的浓度 mg/L	8	4	8	8	8	8	8	8	8
参考值/%	0.400	0.207	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
1#样品	Al	Sn	Cr	Zr	Mo	V	Nb	/	/
加入标液的浓度 mg/L	0.5	0	160	300	200	40	20	/	/
参考值/%	0.028	0.023	8.01	15.00	10.01	2.00	1.00	/	/

水平 6：称取 6#样品 0.200g，按照标准进行样品消解后，转移到 100mL 容量瓶中（控制溶液体积 30mL 以内），用适当量程的移液器按表 6 加入相应元素的标准溶液后定容到 100mL。根据标准方法测量各元素的含量，此样品溶液中待测元素加入浓度及对应含量的参考值见表 6。

表 6. 水平 6 各元素标准加入浓度及参考值

1#样品	Fe	Mn	Hf	Cu	Si	B	Co	Zn	Mg
加入标液的浓度 mg/L	0	4	10	60	16	0.5	16	0.5	16
参考值/%	1.98	0.202	0.500	3.01	0.818	0.025	0.800	0.025	0.800
1#样品	Pd	Ni	Ta	W	Ru	Nd	Pb	Y	Bi
加入标液的浓度 mg/L	16	2	0.5	16	1	16	1	16	1
参考值/%	0.800	0.109	0.025	0.800	0.050	0.800	0.050	0.800	0.050
1#样品	Al	Sn	Cr	Zr	Mo	V	Nb	/	/
加入标液的浓度 mg/L	60	300	0	8	1	0	40	/	/
参考值/%	6.31	15.00	0.016	0.400	0.053	9.75	2.00	/	/

备注：由于海绵钛及钛合金牌号多且每个牌号元素只有 25 种元素中的部分元素，很难找到同时包含本测量方法所列举的 25 种元素的样品，因此精密度试验中采用在 1#到 6#钛合金标准样品中加入不同浓度的待测元素，通过测量原始样品和加标后的样品溶液中上述 25 种元素的数据作为最终试验精密度数据样本。

(4)样品的含量仅作为参考，请按实际测量结果报出。

(5)精密度试验后的数据统计表（附表1），请于2025年5月20日前发送至王勇的电子邮箱 414089420@qq.com。

(6)如实验中遇到认为存在问题的地方，请及时和标准制订单位联系，联系人：王勇，18782304254。

攀西钒钛检验检测院

2025年3月3日

附件1:

精密度实验原始数据统计表

水平	Fe 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Si 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Mn 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Mo 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				

水平	B 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Al 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Sn 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Cr 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	V 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Zr 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Mg 含量/%			平均结果/%

1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Nb 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Pd 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Ni 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Ta 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	W 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Nd 含量/%			平均结果/%
1#水平				

2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Ru 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Cu 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Bi 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Pb 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Co 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Hf 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				

3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Zn 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				
水平	Y 含量/%			平均结果/%
1#水平				
2#水平				
3#水平				
4#水平				
5#水平				
6#水平				

二、精密度试验结果及统计分析

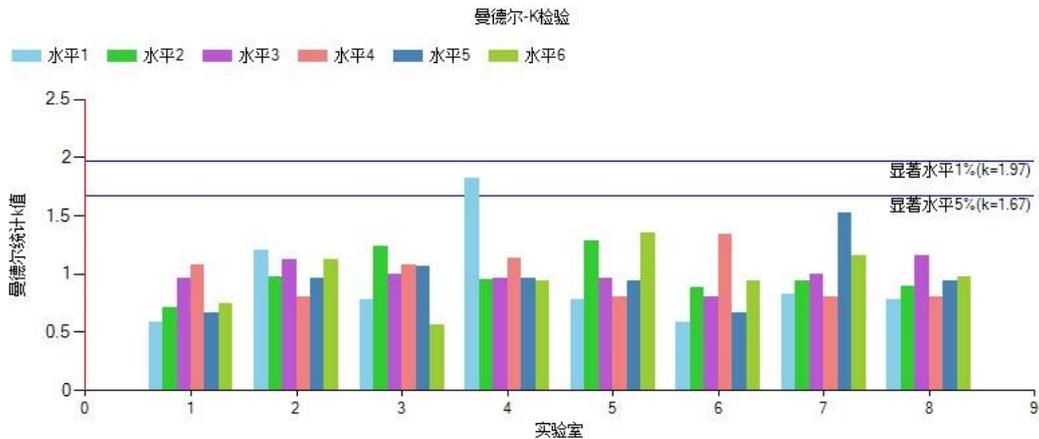
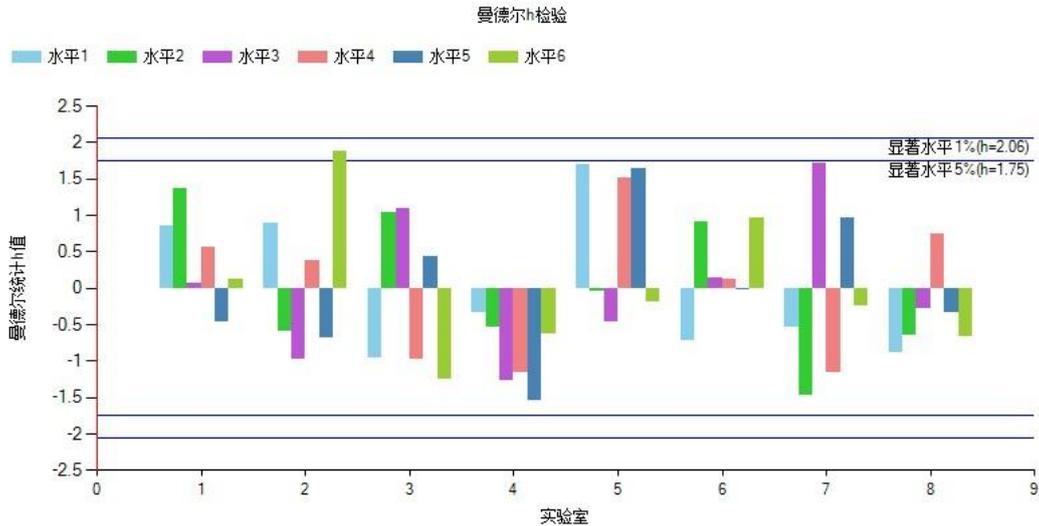
2.1 Fe 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	3.10	0.818	0.097	0.035	0.283	1.94
	3.04	0.814	0.091	0.033	0.278	1.92
	3.07	0.826	0.094	0.031	0.281	1.96
2	3.02	0.788	0.086	0.032	0.275	2.08
	3.06	0.792	0.082	0.034	0.282	2.02
	3.14	0.776	0.079	0.031	0.277	2.05
3	2.89	0.812	0.106	0.027	0.292	1.84
	2.86	0.804	0.102	0.025	0.288	1.87
	2.94	0.825	0.108	0.029	0.296	1.85
4	2.88	0.779	0.076	0.024	0.264	1.92
	2.93	0.785	0.082	0.028	0.266	1.89
	3.06	0.795	0.079	0.027	0.271	1.87
5	3.11	0.795	0.088	0.038	0.307	1.95
	3.19	0.784	0.091	0.035	0.304	1.88
	3.15	0.806	0.085	0.037	0.311	1.93
6	2.92	0.811	0.095	0.034	0.289	2.02
	2.89	0.819	0.092	0.029	0.284	1.97
	2.95	0.804	0.097	0.031	0.286	1.99
7	2.95	0.770	0.115	0.026	0.294	1.95
	2.89	0.762	0.109	0.028	0.305	1.89

	2.97	0.778	0.113	0.025	0.297	1.91
8	2.86	0.791	0.094	0.034	0.282	1.87
	2.94	0.786	0.087	0.032	0.286	1.88
	2.91	0.776	0.089	0.035	0.279	1.92

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 1 水平 1 为离群值经分析予以保留；实验室 4 水平 1 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平 1 实验室 4 最大值未见异常 0.417
- 水平 2 实验室 5 最大值未见异常 0.2075
- 水平 3 实验室 8 最大值未见异常 0.1668
- 水平 4 实验室 6 最大值未见异常 0.2260
- 水平 5 实验室 7 最大值未见异常 0.2916
- 水平 6 实验室 5 最大值未见异常 0.227

(4) 格拉布斯检验

水平 1 Max 实验室=5 检验值=1.692 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=0.956 结果:未见异常

水平 2 Max 实验室=1 检验值=1.3616 结果:未见异常 Min 实验室=7 检验值=1.4768 结果:未见异常

水平 3 Max 实验室=7 检验值=1.7114 结果:未见异常 Min 实验室=4 检验值=1.2724 结果:未见异常

水平 4 Max 实验室=5 检验值=1.5134 结果:未见异常 Min 实验室=7 检验值=1.1656 结果:未见异常

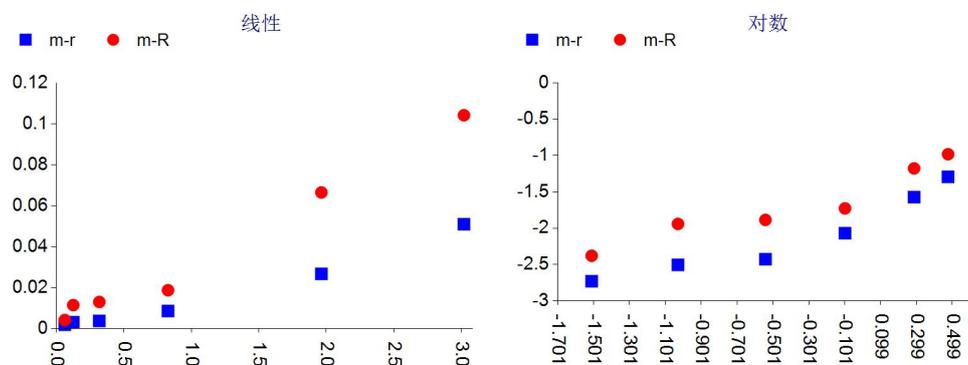
水平 5 Max 实验室=5 检验值=1.6447 结果:未见异常 Min 实验室=4 检验值=1.5477 结果:未见异常

水平 6 Max 实验室=2 检验值=1.879 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.258 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=2.988	8	0.051	0.091	0.104
m2=0.7956	8	0.0085	0.0167	0.0187
m3=0.0932	8	0.0031	0.0110	0.0114
m4=0.0308	8	0.0019	0.0037	0.0042
m5=0.2865	8	0.0037	0.0124	0.0130
m6=1.932	8	0.027	0.061	0.066

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.069m$ 误差 $e=3.75555846326863$
 $r=0.004+0.035m$ 误差 $e=49.824096141922$
 $lgr=-1.371+0.6981gm$ 误差 $e=0.982666823920983$

-----R计算-----
 $R=0.185m$ 误差 $e=5.59757342429301$
 $R=0.014+0.083m$ 误差 $e=43.0274106162517$
 $lgR=-0.976+0.6421gm$ 误差 $e=0.81046806648253$

按照误差值最小选择得到如下结果:

$$\lg r = -1.371 + 0.6981 \lg m$$

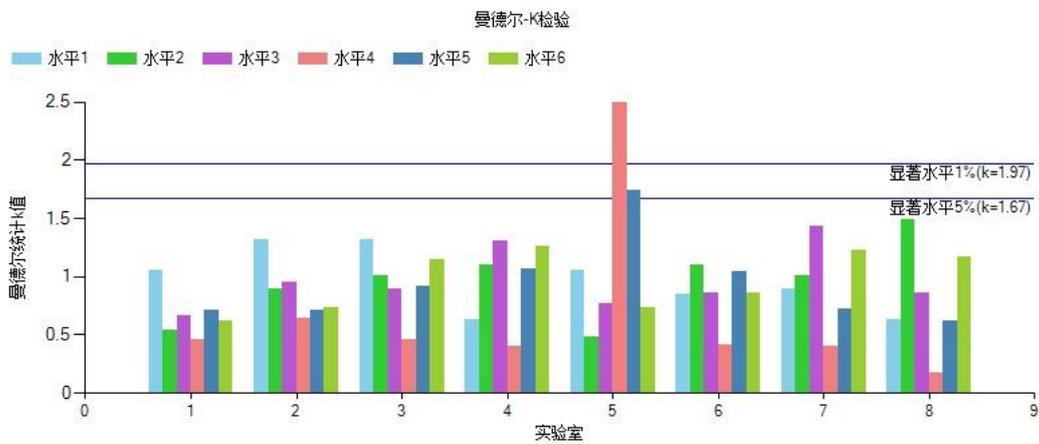
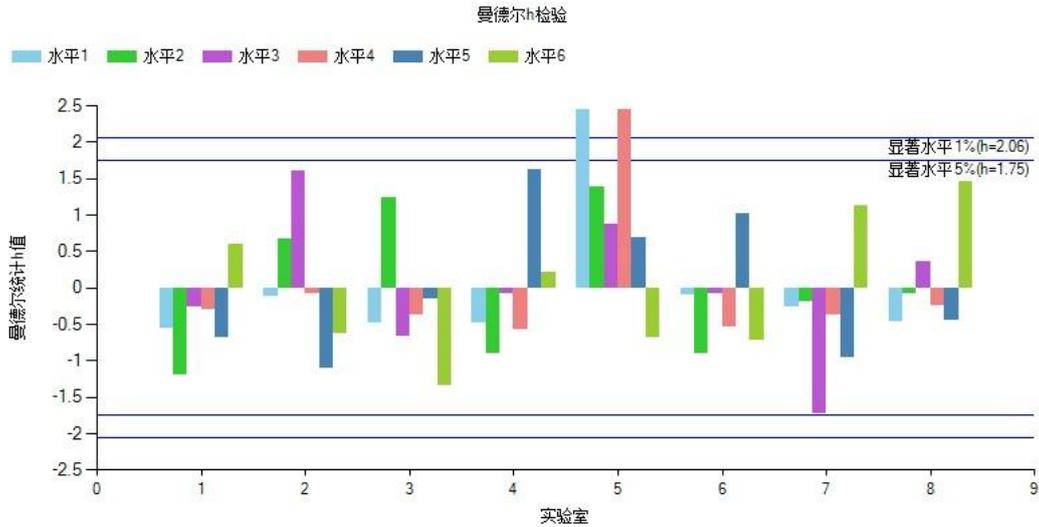
$$\lg R = -0.976 + 0.6421 \lg m$$

2.2 Si 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.024	0.192	0.106	0.077	0.392	0.806
	0.026	0.188	0.102	0.081	0.382	0.811
	0.021	0.197	0.109	0.085	0.388	0.816
2	0.031	0.212	0.116	0.082	0.376	0.782
	0.033	0.223	0.122	0.089	0.386	0.794
	0.037	0.209	0.112	0.093	0.381	0.788
3	0.028	0.219	0.098	0.083	0.396	0.764
	0.022	0.231	0.105	0.078	0.389	0.782
	0.026	0.215	0.107	0.075	0.402	0.777
4	0.024	0.189	0.109	0.072	0.416	0.792
	0.025	0.192	0.099	0.069	0.422	0.808
	0.027	0.206	0.112	0.076	0.431	0.811
5	0.089	0.227	0.116	0.179	0.419	0.786
	0.092	0.219	0.108	0.183	0.412	0.793
	0.094	0.224	0.113	0.142	0.395	0.781
6	0.036	0.186	0.107	0.076	0.411	0.779
	0.032	0.197	0.111	0.069	0.422	0.786
	0.034	0.204	0.102	0.074	0.408	0.793
7	0.031	0.195	0.098	0.079	0.389	0.821
	0.028	0.207	0.089	0.082	0.379	0.811
	0.032	0.211	0.104	0.075	0.382	0.831
8	0.024	0.192	0.114	0.084	0.394	0.836
	0.027	0.216	0.109	0.081	0.386	0.817
	0.026	0.209	0.105	0.083	0.393	0.828

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 5 水平 1 为离群值经分析予以保留;实验室 5 水平 4 为离群值经分析予以保留;实验室 5 水平 4 为离群值经分析予以保留;实验室 5 水平 5 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平 1 实验室 3 最大值未见异常 0.2153
 - 水平 2 实验室 8 最大值未见异常 0.2772
 - 水平 3 实验室 7 最大值未见异常 0.2576
 - 水平 4 实验室 5 最大值为离群值**0.8321
 - 水平 5 实验室 5 最大值未见异常 0.3783
 - 水平 6 实验室 4 最大值未见异常 0.1975。
- 经分析实验室 5 水平 2 为离群值经分析予以删除。

(4) 格拉布斯检验

-----第 1 次单侧检验-----

水平 1	P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
水平 2	P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708
水平 3	P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
水平 4	P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
水平 5	P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平 6 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平 1 Max 实验室=5 检验值=2.4365 结果:离群值 Min 实验室=1 检验值=0.5494 结果:未见异常

水平 2 Max 实验室=3 检验值=1.3313 结果:未见异常 Min 实验室=1 检验值=1.1201 结果:未见异常

水平 3 Max 实验室=2 检验值=1.6114 结果:未见异常 Min 实验室=7 检验值=1.7345 结果:未见异常

水平 4 Max 实验室=5 检验值=2.4433 结果:离群值 Min 实验室=4 检验值=0.5660 结果:未见异常

水平 5 Max 实验室=4 检验值=1.6259 结果:未见异常 Min 实验室=2 检验值=1.1016 结果:未见异常

水平 6 Max 实验室=8 检验值=1.4493 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.3497 结果:未见异常

经分析:实验室5水平1为离群值经分析予以删除;实验室5水平4为离群值经分析予以删除。

-----第2次单侧检验-----

水平1 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708

水平2 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708

水平3 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平4 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708

水平5 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平6 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平1 Max实验室=6检验值=1.3728结果:未见异常 Min实验室=1检验值=0.7482 结果:未见异常

水平2 Max实验室=3检验值=1.3313结果:未见异常 Min实验室=1检验值=1.1201 结果:未见异常

水平3 Max实验室=2检验值=1.6114结果:未见异常 Min实验室=7检验值=1.7345 结果:未见异常

水平4 Max实验室=2检验值=1.2701结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.2974 结果:未见异常

水平5 Max实验室=4检验值=1.6259结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.1016 结果:未见异常

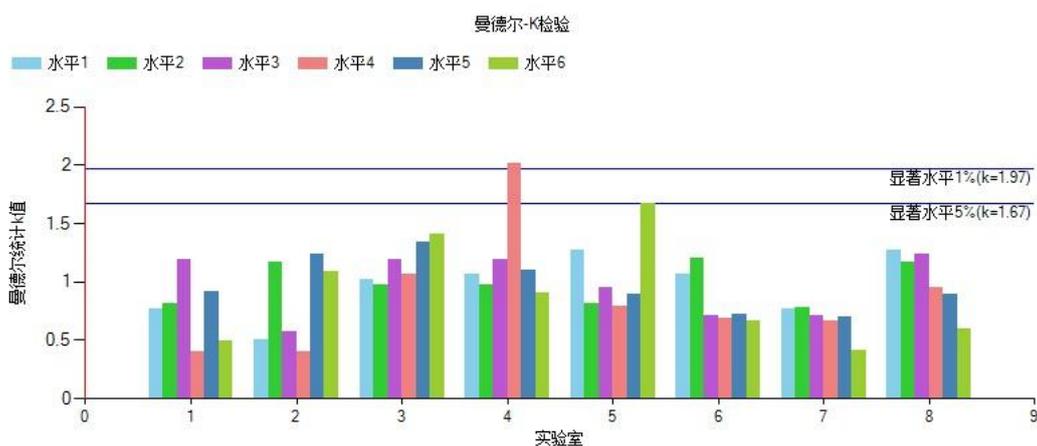
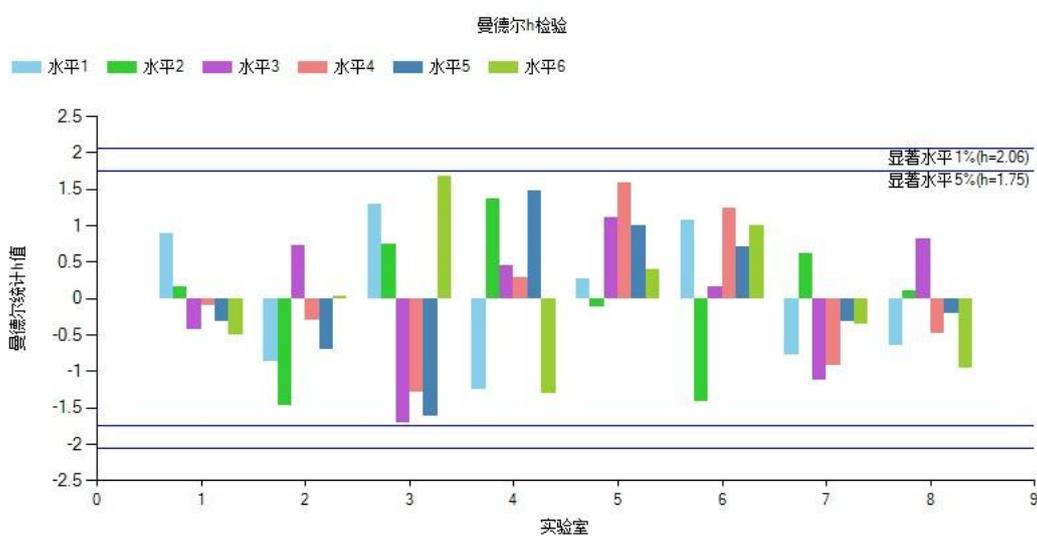
水平6 Max实验室=8检验值=1.4493结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.3497 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0283	7	0.0023	0.0041	0.0047
m2=0.2043	7	0.0087	0.0096	0.0130
m3=0.1072	8	0.0052	0.0051	0.0073
m4=0.0792	7	0.0038	0.0050	0.0063
m5=0.3980	8	0.0071	0.0148	0.0164

	0.021	1.58	0.042	3.28	0.533	0.204
	0.023	1.59	0.044	3.25	0.524	0.212
6	0.021	1.55	0.042	3.18	0.517	0.216
	0.025	1.49	0.039	3.22	0.524	0.208
	0.024	1.53	0.041	3.17	0.519	0.212
7	0.019	1.64	0.038	2.81	0.494	0.189
	0.017	1.62	0.035	2.79	0.487	0.194
	0.016	1.66	0.036	2.84	0.491	0.191
8	0.018	1.58	0.042	2.88	0.489	0.179
	0.015	1.61	0.046	2.93	0.498	0.186
	0.020	1.64	0.041	2.86	0.494	0.181

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 5 水平 6 为歧离值经分析予以保留；实验室 4 水平 4 为离群值经分析予以保留；

(3) 科克伦检验

水平 1 实验室 8 最大值未见异常 0.2028

水平 2 实验室 6 最大值未见异常 0.182

水平 3 实验室 8 最大值未见异常 0.1907

水平 4 实验室 4 最大值未见异常 0.510
 水平 5 实验室 3 最大值未见异常 0.2239
 水平 6 实验室 5 最大值未见异常 0.3490。

(4) 格拉布斯检验

水平 1 Max 实验室=3 检验值=1.2881 结果:未见异常 Min 实验室=4 检验值=1.2574 结果:未见异常;

水平 2 Max 实验室=4 检验值=1.371 结果:未见异常 Min 实验室=2 检验值=1.462 结果:未见异常;

水平 3 Max 实验室=5 检验值=1.1088 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.7031 结果:未见异常;

水平 4 Max 实验室=5 检验值=1.586 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.292 结果:未见异常;

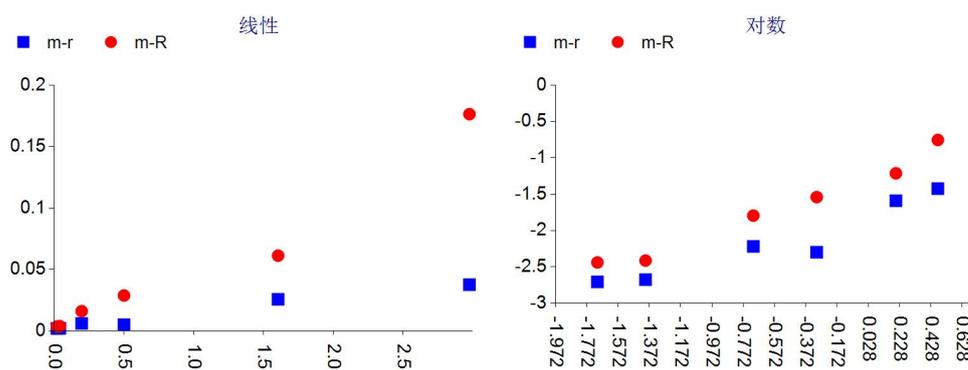
水平 5 Max 实验室=4 检验值=1.4665 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.6199 结果:未见异常;

水平 6 Max 实验室=3 检验值=1.6825 结果:未见异常 Min 实验室=4 检验值=1.3057 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

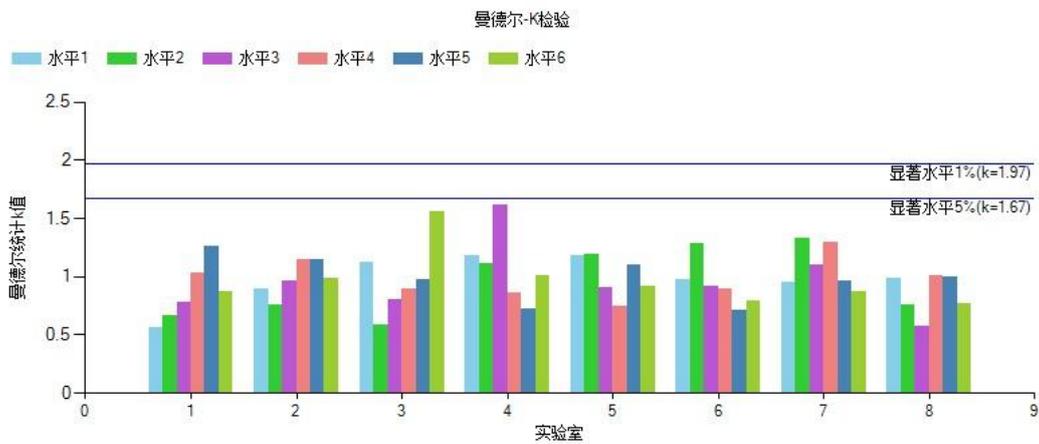
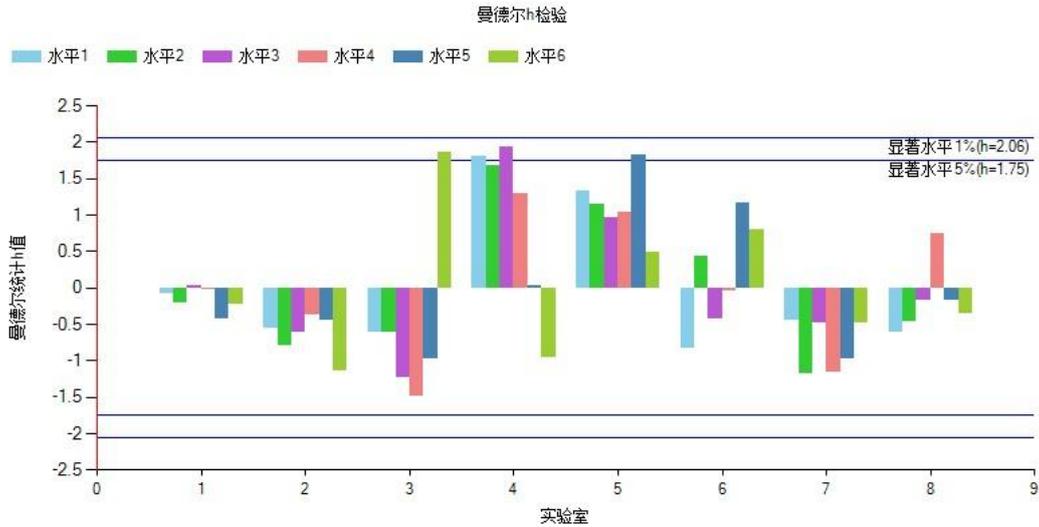
水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0198	8	0.0020	0.0031	0.0036
m2=1.604	8	0.026	0.056	0.061
m3=0.0402	8	0.0021	0.0032	0.0039
m4=2.975	8	0.038	0.172	0.176
m5=0.4999	8	0.0050	0.0284	0.0288
m6=0.1966	8	0.0060	0.0149	0.0160

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.1031m$ 误差 $e=13.0257843952863$
 $r=0.0050+0.0358m$ 误差 $e=61.6120337248329$
 $lgr=-1.3662+0.59421gm$ 误差 $e=1.22422760835993$
 -----R计算-----



检验结果：实验室4水平1为歧离值经分析予以保留;实验室4水平3为歧离值经分析予以保留;实验室5水平5为歧离值经分析予以保留;实验室3水平6为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

水平1实验室5最大值未见异常0.1740

水平2实验室7最大值未见异常0.219

水平3实验室4最大值未见异常0.3271

水平4实验室7最大值未见异常0.210

水平5实验室1最大值未见异常0.198

水平6实验室3最大值未见异常0.3025。

(4) 格拉布斯检验

水平1 Max实验室=4检验值=1.8067结果:未见异常 Min实验室=6检验值=0.8244 结果:未见异常

水平2 Max实验室=4检验值=1.683结果:未见异常 Min实验室=7检验值=1.186 结果:未见异常

水平3 Max实验室=4检验值=1.9367结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.2282 结果:未见异常

水平4 Max实验室=4检验值=1.300结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.493 结果:未见异常

异常

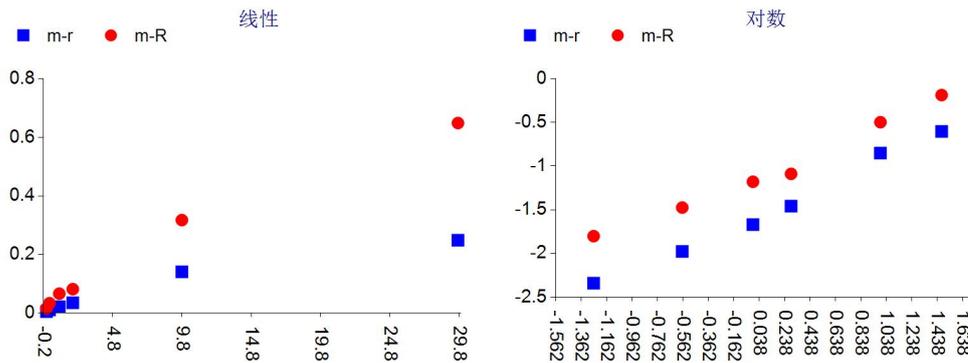
水平5 Max实验室=5检验值=1.820结果:未见异常 Min实验室=7检验值=0.977 结果:未见异常

水平6 Max实验室=3检验值=1.8661结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.1380 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.9782	8	0.0214	0.0625	0.0660
m2=29.761	8	0.248	0.599	0.648
m3=0.2720	8	0.0105	0.0318	0.0335
m4=1.951	8	0.035	0.074	0.081
m5=9.829	8	0.141	0.284	0.317
m6=0.0547	8	0.0046	0.0151	0.0158

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.0860m$ 误差 $e=9.64813034197531$
 $r=0.0145+0.0364m$ 误差 $e=4.33028725345815$
 $\lg r=-1.1378+0.65691gm$ 误差 $e=0.122929232010026$

-----R计算-----
 $R=0.2681m$ 误差 $e=17.746757873004$
 $R=0.0576+0.0827m$ 误差 $e=1.04997854822394$
 $\lg R=-0.6832+0.59591gm$ 误差 $e=0.193060039194471$

按照误差值最小选择得到如下结果:

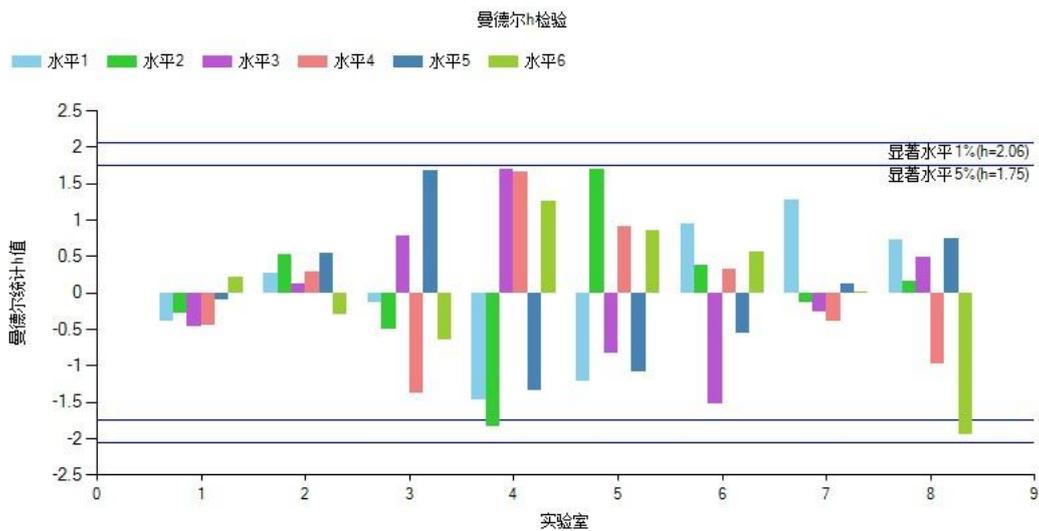
$\lg r=-1.1378+0.65691gm$
 $\lg R=-0.6832+0.59591gm$

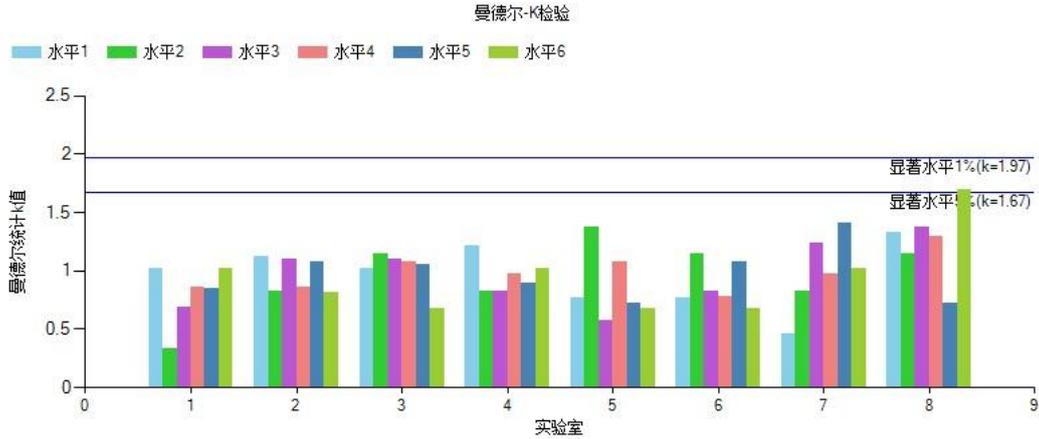
2.5 B 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.782	0.048	0.094	0.188	0.389	0.025
	0.791	0.049	0.091	0.196	0.394	0.024
	0.788	0.048	0.096	0.191	0.396	0.022
2	0.825	0.055	0.106	0.215	0.402	0.021
	0.818	0.052	0.102	0.207	0.411	0.019
	0.828	0.054	0.098	0.211	0.408	0.021
3	0.796	0.049	0.115	0.172	0.427	0.018
	0.805	0.045	0.107	0.168	0.436	0.019
	0.802	0.046	0.112	0.162	0.431	0.017
4	0.732	0.038	0.124	0.242	0.368	0.029
	0.726	0.036	0.121	0.251	0.362	0.032
	0.721	0.039	0.127	0.247	0.369	0.031
5	0.737	0.059	0.088	0.228	0.375	0.027
	0.741	0.062	0.091	0.232	0.369	0.029
	0.744	0.064	0.087	0.222	0.371	0.028
6	0.865	0.052	0.076	0.211	0.388	0.025
	0.858	0.055	0.082	0.209	0.382	0.027
	0.862	0.051	0.079	0.216	0.379	0.026
7	0.878	0.051	0.092	0.198	0.392	0.024
	0.882	0.048	0.101	0.189	0.404	0.022
	0.881	0.049	0.097	0.193	0.397	0.021
8	0.844	0.053	0.107	0.172	0.414	0.009
	0.856	0.052	0.102	0.177	0.408	0.012
	0.849	0.049	0.112	0.184	0.412	0.007

(2) 曼德尔检验





检验结果：实验室 4 水平 2 为歧离值经分析予以保留;实验室 8 水平 6 为歧离值经分析予以保留;实验室 8 水平 6 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平1实验室8最大值未见异常0.2202
- 水平2实验室5最大值未见异常0.2351
- 水平3实验室8最大值未见异常0.2360
- 水平4实验室8最大值未见异常0.2100
- 水平5实验室7最大值未见异常0.2480
- 水平6实验室8最大值未见异常0.3584。

(4) 格拉布斯检验

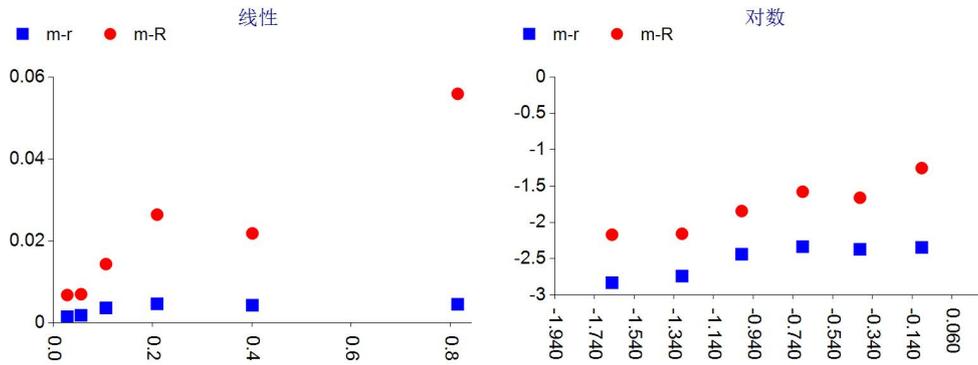
- 水平1 Max实验室=7检验值=1.2817结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.4788 结果:未见异常
- 水平2 Max实验室=5检验值=1.6917结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.8312 结果:未见异常
- 水平3 Max实验室=4检验值=1.6909结果:未见异常 Min实验室=6检验值=1.5196 结果:未见异常
- 水平4 Max实验室=4检验值=1.6579结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.3805 结果:未见异常
- 水平5 Max实验室=3检验值=1.6774结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.3397 结果:未见异常
- 水平6 Max实验室=4检验值=1.2637结果:未见异常 Min实验室=8检验值=1.9510 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.8088	8	0.0045	0.0557	0.0559
m2=0.0502	8	0.0018	0.0067	0.0070
m3=0.1003	8	0.0036	0.0139	0.0143
m4=0.2034	8	0.0046	0.0260	0.0264
m5=0.3952	8	0.0043	0.0214	0.0218

m6=0.0223	8	0.0015	0.0066	0.0068
-----------	---	--------	--------	--------

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.0830m$ 误差 $e=22.0690912786745$
 $r=0.0059+0.0149m$ 误差 $e=11.6359867309552$
 $\lg r=-1.7723+0.33921gm$ 误差 $e=0.230578924161549$

-----R计算-----
 $R=0.3917m$ 误差 $e=3.6951544350959$
 $R=0.0152+0.1857m$ 误差 $e=171.487948618095$
 $\lg R=-0.8281+0.58601gm$ 误差 $e=0.365843983979948$

按照误差值最小选择得到如下结果:

$\lg r=-1.7723+0.33921gm$
 $\lg R=-0.8281+0.58601gm$

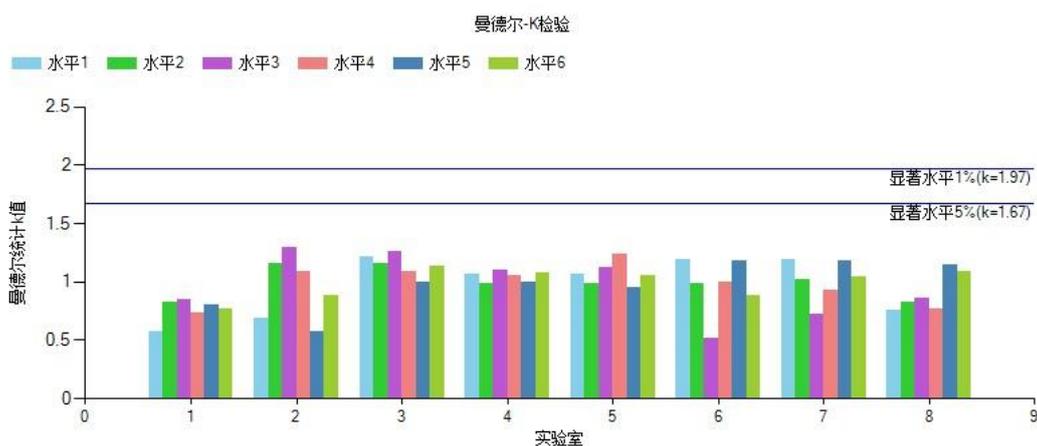
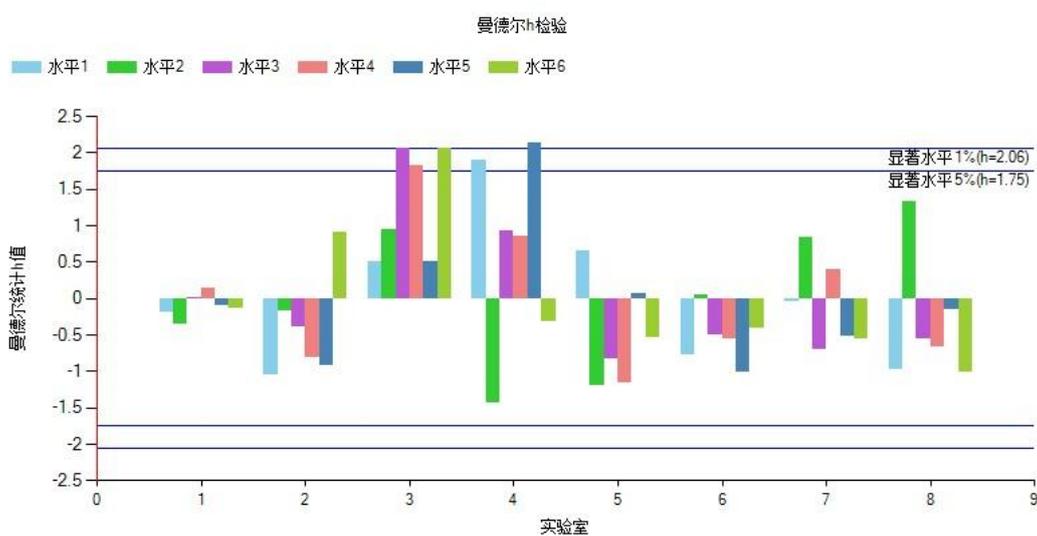
2.6 AI含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.399	1.98	0.095	15.92	0.026	6.13
	0.408	2.03	0.108	15.83	0.022	6.17
	0.402	2.01	0.102	16.06	0.025	6.25
2	0.381	1.99	0.082	15.61	0.021	6.29
	0.386	2.06	0.101	15.42	0.018	6.37
	0.392	2.02	0.097	15.76	0.019	6.43
3	0.408	2.15	0.155	16.72	0.031	6.47
	0.414	2.11	0.136	16.38	0.026	6.56
	0.427	2.08	0.142	16.53	0.027	6.65
4	0.452	1.89	0.129	16.37	0.036	6.07
	0.435	1.92	0.112	16.04	0.041	6.15
	0.443	1.95	0.121	16.18	0.037	6.24
5	0.428	1.97	0.082	15.67	0.023	6.18

	0.411	1.91	0.094	15.28	0.028	6.02
	0.419	1.94	0.077	15.46	0.025	6.14
6	0.392	2.07	0.095	15.72	0.016	6.07
	0.382	2.01	0.087	15.83	0.022	6.13
	0.401	2.04	0.091	15.52	0.018	6.21
7	0.415	2.13	0.088	16.17	0.019	6.13
	0.406	2.07	0.081	15.88	0.025	6.18
	0.396	2.11	0.092	16.04	0.021	6.02
8	0.382	2.17	0.097	15.64	0.027	5.94
	0.387	2.12	0.084	15.53	0.021	6.11
	0.394	2.14	0.089	15.77	0.024	6.05

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室4水平1为歧离值经分析予以保留;实验室3水平3为离群值经分析予以保留;实验室3水平4为歧离值经分析予以保留;实验室4水平5为离群值经分析予以保留;实验室3水平6为离群值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

水平1实验室3最大值未见异常0.1858

水平2实验室3最大值未见异常0.166

水平3实验室2最大值未见异常0.2104

水平4实验室5最大值未见异常0.193

水平5实验室7最大值未见异常0.1758

水平6实验室3最大值未见异常0.162。

(4) 格拉布斯检验

-----第1次单侧检验-----

水平1 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平2 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平3 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平4 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平5 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平6 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平1 Max实验室=4检验值=1.8984结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.0551 结果:未见异常

水平2 Max实验室=8检验值=1.325结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.439 结果:未见异常

水平3 Max实验室=3检验值=2.0600结果:未见异常 Min实验室=5检验值=0.8304 结果:未见异常

水平4 Max实验室=3检验值=1.820结果:未见异常 Min实验室=5检验值=1.166 结果:未见异常

水平5 Max实验室=4检验值=2.1368结果:歧离值 Min实验室=6检验值=1.0143 结果:未见异常

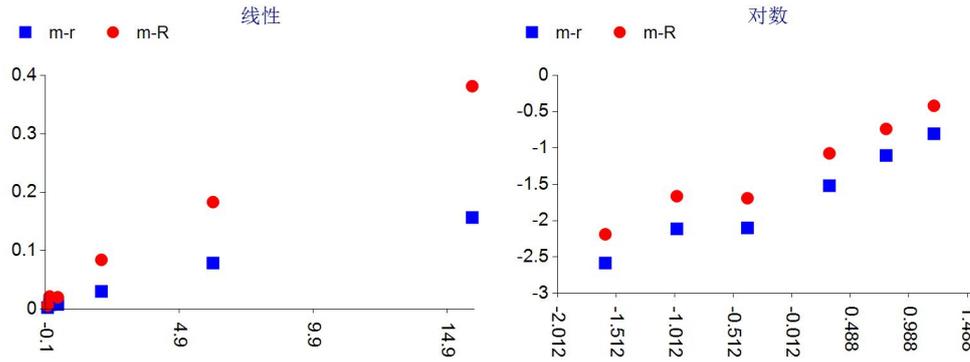
水平6 Max实验室=3检验值=2.061结果:未见异常 Min实验室=8检验值=1.012 结果:未见异常。

实验室4水平5为歧离值经分析予以保留。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.4067	8	0.0080	0.0187	0.0204
m2=2.036	8	0.030	0.079	0.084
m3=0.1015	8	0.0077	0.0203	0.0217
m4=15.889	8	0.157	0.348	0.381
m5=0.0249	8	0.0026	0.0059	0.0065
m6=6.206	8	0.079	0.165	0.183

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.1110m$ 误差 $e=18.0169606338085$
 $r=0.0111+0.0325m$ 误差 $e=13.550509453925$
 $\lg r=-1.1856+0.61811\lg m$ 误差 $e=0.615864761220686$

-----R计算-----
 $R=0.2890m$ 误差 $e=21.0899829898418$
 $R=0.0308+0.0807m$ 误差 $e=13.2904153816207$
 $\lg R=-0.7790+0.60631\lg m$ 误差 $e=0.612930611593243$

按照误差值最小选择得到如下结果:

$\lg r=-1.1856+0.61811\lg m$
 $\lg R=-0.7790+0.60631\lg m$

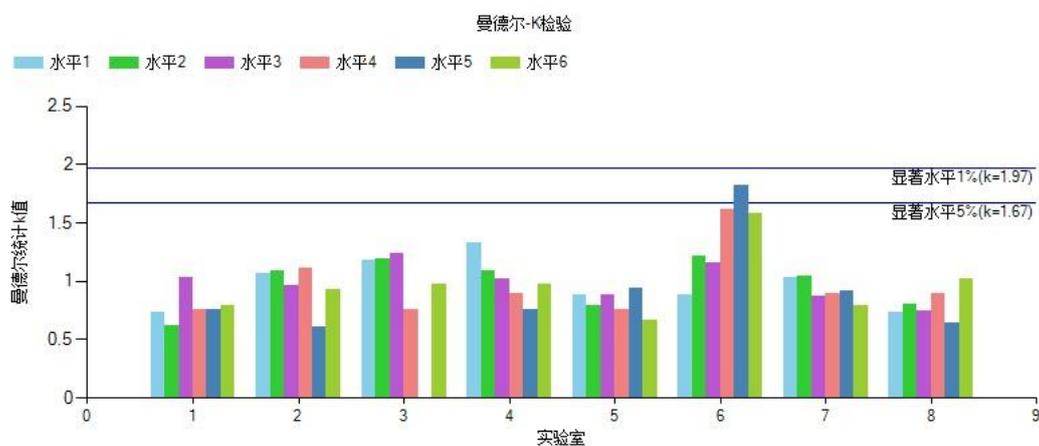
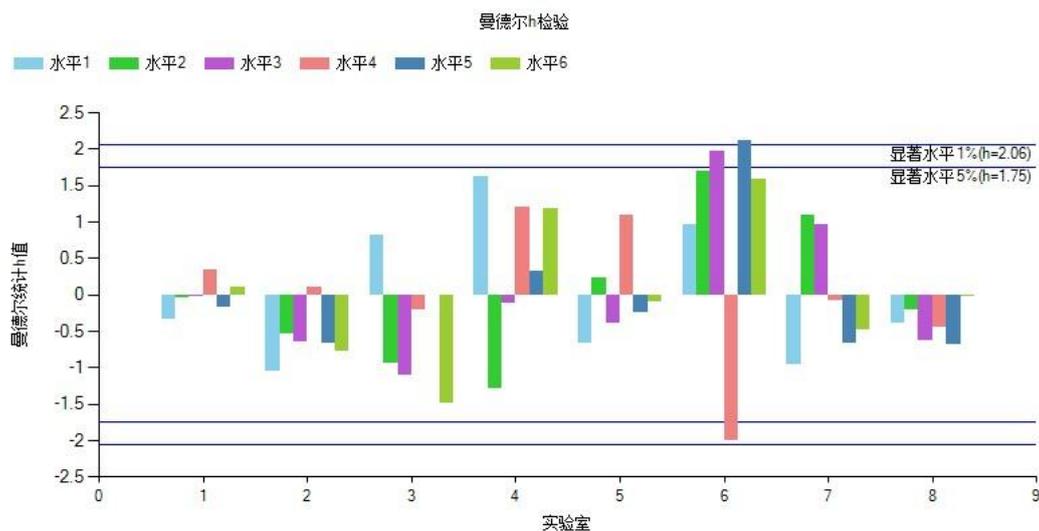
2.7 Sn 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	5.98	0.389	0.089	1.98	0.028	14.86
	5.93	0.394	0.094	2.02	0.023	15.04
	5.95	0.381	0.103	1.99	0.025	14.93
2	5.89	0.365	0.079	1.95	0.016	14.67
	5.82	0.388	0.084	2.01	0.014	14.88
	5.87	0.373	0.092	1.97	0.018	14.75
3	6.14	0.354	0.069	1.96	-0.008	14.52
	6.06	0.379	0.078	1.97	-0.014	14.74
	6.11	0.363	0.086	1.93	-0.011	14.61
4	6.25	0.369	0.087	2.09	0.037	15.28
	6.16	0.346	0.101	2.07	0.032	15.06
	6.21	0.355	0.093	2.04	0.034	15.14
5	5.94	0.394	0.096	2.04	0.027	14.82
	5.88	0.387	0.084	2.08	0.021	14.97
	5.91	0.404	0.088	2.05	0.023	14.92
6	6.15	0.445	0.128	1.85	0.068	15.42

	6.09	0.432	0.135	1.76	0.073	15.06
	6.12	0.419	0.119	1.81	0.061	15.24
7	5.84	0.427	0.117	1.94	0.016	14.73
	5.87	0.418	0.111	1.99	0.019	14.91
	5.91	0.405	0.105	1.96	0.013	14.84
8	5.97	0.376	0.091	1.96	0.018	14.79
	5.92	0.393	0.084	1.91	0.014	14.94
	5.95	0.382	0.081	1.93	0.015	15.02

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 6 水平 3 为歧离值经分析予以保留;实验室 6 水平 4 为歧离值经分析予以保留;实验室 6 水平 5 为离群值经分析予以保留;实验室 6 水平 5 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

水平1实验室4最大值未见异常0.220

水平2实验室6最大值未见异常0.1848

水平3实验室3最大值未见异常0.1909

水平4实验室6最大值未见异常0.327

水平5实验室6最大值未见异常0.4767

水平6实验室6最大值未见异常0.311。

(4) 格拉布斯检验

水平1 Max实验室=4检验值=1.630结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.059 结果:未见异常

水平2 Max实验室=6检验值=1.6974结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.2811 结果:未见异常

水平3 Max实验室=6检验值=1.9652结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.1073 结果:未见异常

水平4 Max实验室=4检验值=1.205结果:未见异常 Min实验室=6检验值=2.001 结果:未见异常

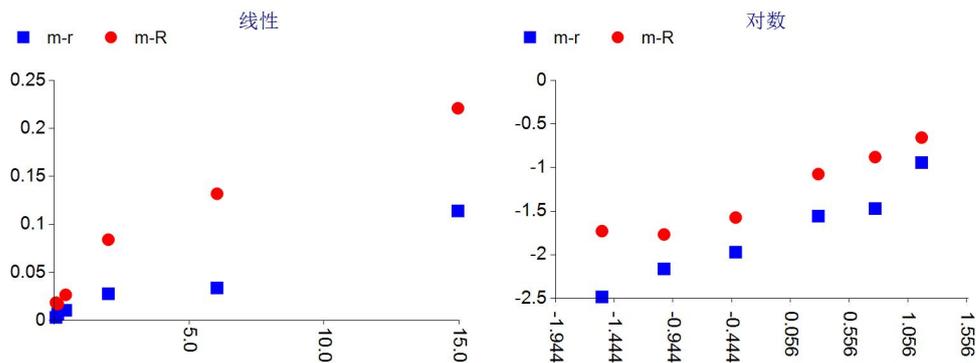
水平5 Max实验室=6检验值=1.9712结果:未见异常 Min实验室=8检验值=0.5738 结果:未见异常

水平6 Max实验室=6检验值=1.585结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.495 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=5.997	8	0.034	0.128	0.132
m2=0.3891	8	0.0107	0.0245	0.0267
m3=0.0956	8	0.0069	0.0156	0.0171
m4=1.969	8	0.028	0.079	0.084
m5=0.0283	7	0.0033	0.0184	0.0187
m6=14.922	8	0.114	0.189	0.221

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.113m$ 误差 $e=60.6964026617384$
 $r=0.015+0.022m$ 误差 $e=2.29689453419559$
 $lgr=-1.255+0.512lgm$ 误差 $e=0.350509444373944$

-----R计算-----
 $R=0.461m$ 误差 $e=154.62372370155$

R=0.051+0.056m

误差e=0.296311016581593

lgR=-0.780+0.4331gm

误差e=0.415083455673338

按照误差值最小选择得到如下结果:

lgr=-1.255+0.5121gm

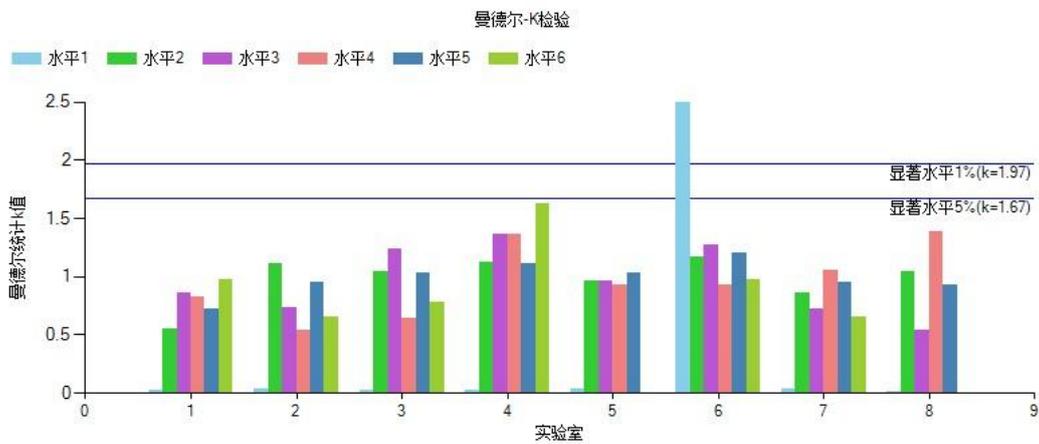
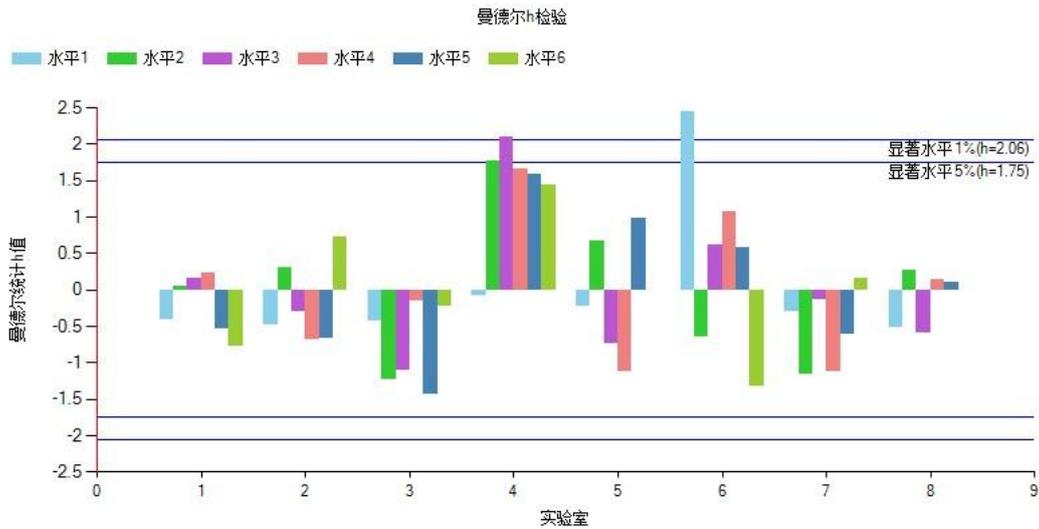
R=0.051+0.056m

2.8 Cr 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.096	0.398	14.92	1.94	7.86	0.014
	0.093	0.407	14.88	2.02	7.89	0.017
	0.088	0.402	15.02	1.97	7.95	0.015
2	0.081	0.415	14.79	1.86	7.94	0.019
	0.086	0.397	14.91	1.91	7.88	0.018
	0.092	0.405	14.83	1.87	7.82	0.017
3	0.095	0.377	14.58	1.97	7.69	0.015
	0.086	0.394	14.78	1.91	7.76	0.017
	0.091	0.385	14.64	1.93	7.82	0.017
4	0.125	0.435	15.27	2.19	8.31	0.022
	0.116	0.417	15.49	2.06	8.17	0.019
	0.121	0.424	15.33	2.14	8.23	0.017
5	0.104	0.417	14.74	1.79	8.08	-0.011
	0.115	0.402	14.83	1.83	8.21	-0.014
	0.107	0.413	14.67	1.88	8.14	-0.012
6	0.079	0.392	15.14	2.11	8.16	0.014
	0.088	0.384	14.93	2.02	8.01	0.016
	0.830	0.403	15.06	2.07	8.06	0.013
7	0.096	0.379	14.82	1.89	7.83	0.017
	0.107	0.387	14.94	1.82	7.95	0.018
	0.102	0.393	14.88	1.79	7.89	0.016
8	0.082	0.414	14.73	1.95	7.98	-0.128
	0.087	0.397	14.82	2.04	8.07	-0.103
	0.083	0.405	14.78	1.91	7.96	-0.075

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 4 水平 2 为歧离值经分析予以保留；实验室 4 水平 3 为离群值经分析予以保留；实验室 6 水平 1 为离群值经分析予以保留；实验室 6 水平 1 为离群值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

第1检验结果.....

水平1实验室6最大值为离群值**0.9992

水平2实验室6最大值未见异常0.1707

水平3实验室4最大值未见异常0.233

水平4实验室8最大值未见异常0.240

水平5实验室6最大值未见异常0.181

水平6实验室4最大值未见异常0.4405。

实验室6水平1为离群值经分析予以删除。

第2检验结果.....

水平1实验室5最大值未见异常0.2079

水平2实验室6最大值未见异常0.1707

水平3实验室4最大值未见异常0.233

水平4实验室8最大值未见异常0.240

水平5实验室6最大值未见异常0.181

水平6实验室4最大值未见异常0.4405.

(4) 格拉布斯检验

水平1 Max实验室=4检验值=1.6161结果:未见异常 Min实验室=8检验值=0.8988 结果:未见异常

水平2 Max实验室=4检验值=1.7639结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.2305 结果:未见异常

水平3 Max实验室=4检验值=2.090结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.104 结果:未见异常

水平4 Max实验室=4检验值=1.661结果:未见异常 Min实验室=7检验值=1.126 结果:未见异常

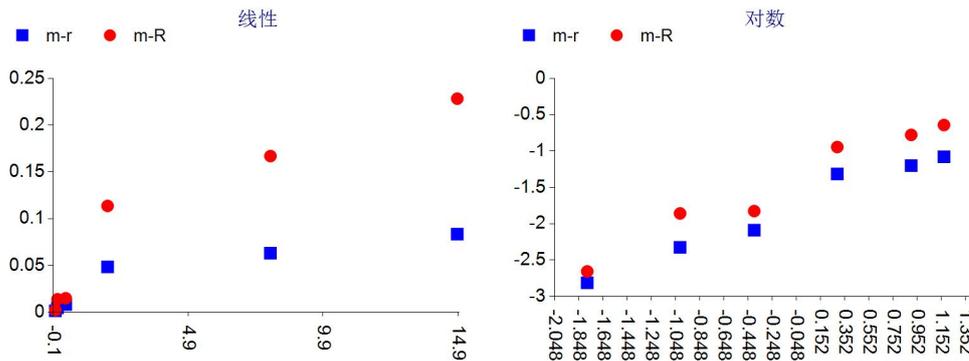
水平5 Max实验室=4检验值=1.581结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.441 结果:未见异常

水平6 Max实验室=4检验值=1.0049结果:未见异常 Min实验室=6检验值=1.3652 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0978	7	0.0047	0.0130	0.0139
m2=0.4017	8	0.0081	0.0125	0.0149
m3=14.908	8	0.083	0.213	0.228
m4=1.953	8	0.048	0.103	0.114
m5=7.986	8	0.063	0.155	0.167
m6=0.0167	6	0.0015	0.0016	0.0022

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
r=0.0928m 误差e=35.4160163899606
r=0.0062+0.0352m 误差e=56.1208985717833
lgr=-1.2733+0.6112lgm 误差e=0.324475500893654
-----R计算-----
R=0.1891m 误差e=17.8030708555468

R=0.0125+0.0884m

误差e=182.841157759713

lgR=-0.9113+0.6782lgm

误差e=0.714993083095387

按照误差值最小选择得到如下结果:

lgr=-1.2733+0.6112lgm

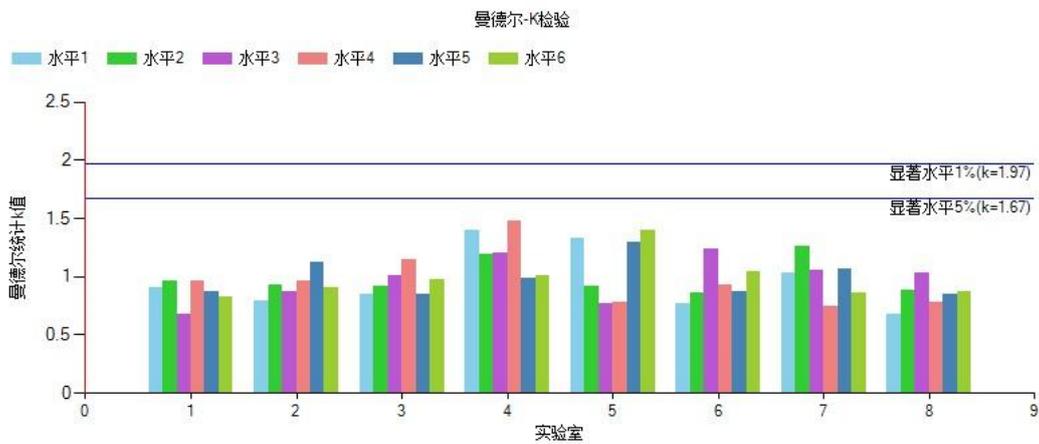
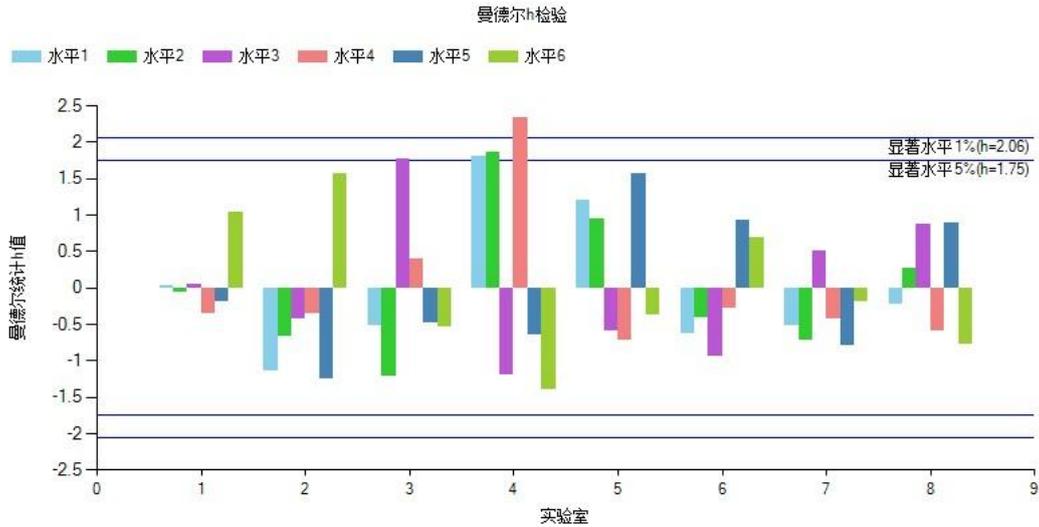
lgR=-0.9113+0.6782lgm

2.9 V 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.962	0.192	29.72	0.018	1.98	9.88
	0.984	0.188	29.88	0.019	1.92	9.92
	0.996	0.205	29.92	0.023	1.94	10.03
2	0.924	0.179	29.54	0.017	1.89	10.14
	0.917	0.168	29.81	0.022	1.81	9.97
	0.946	0.185	29.66	0.021	1.86	10.06
3	0.941	0.152	30.62	0.029	1.95	9.51
	0.955	0.169	30.31	0.035	1.89	9.69
	0.973	0.161	30.44	0.031	1.92	9.63
4	1.09	0.263	29.18	0.058	1.94	9.33
	1.04	0.241	29.53	0.066	1.91	9.52
	1.05	0.253	29.47	0.061	1.87	9.43
5	1.06	0.234	29.49	0.016	2.14	9.79
	1.03	0.217	29.61	0.012	2.05	9.53
	1.01	0.225	29.73	0.015	2.11	9.62
6	0.951	0.194	29.27	0.024	2.07	9.98
	0.938	0.179	29.64	0.019	2.05	9.79
	0.967	0.182	29.55	0.021	2.01	9.84
7	0.977	0.165	30.15	0.019	1.92	9.61
	0.938	0.188	29.83	0.021	1.85	9.77
	0.955	0.174	30.04	0.017	1.91	9.67
8	0.959	0.214	30.32	0.017	2.07	9.54
	0.984	0.203	30.07	0.014	2.01	9.49
	0.967	0.198	30.02	0.018	2.04	9.65

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 4 水平 1 为歧离值经分析予以保留;实验室 4 水平 2 为歧离值经分析予以保留;实验室 3 水平 3 为歧离值经分析予以保留;实验室 4 水平 4 为离群值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平1实验室4最大值未见异常0.2442
- 水平2实验室7最大值未见异常0.1970
- 水平3实验室6最大值未见异常0.193
- 水平4实验室4最大值未见异常0.2749
- 水平5实验室5最大值未见异常0.209
- 水平6实验室5最大值未见异常0.245。

(4) 格拉布斯检验

-----第1次单侧检验-----

水平1	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101
水平2	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101
水平3	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101
水平4	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101
水平5	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101
水平6	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101

水平1 Max实验室=4检验值=1.8054结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.1417 结果:未见异常
 水平2 Max实验室=4检验值=1.8523结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.2180 结果:未见异常
 水平3 Max实验室=3检验值=1.761结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.204 结果:未见异常
 水平4 Max实验室=4检验值=2.3347结果:离群值 Min实验室=5检验值=0.7255 结果:未见异常
 水平5 Max实验室=5检验值=1.571结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.259 结果:未见异常
 水平6 Max实验室=2检验值=1.565结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.401 结果:未见异常。

实验室4水平4为离群值经分析予以删除。

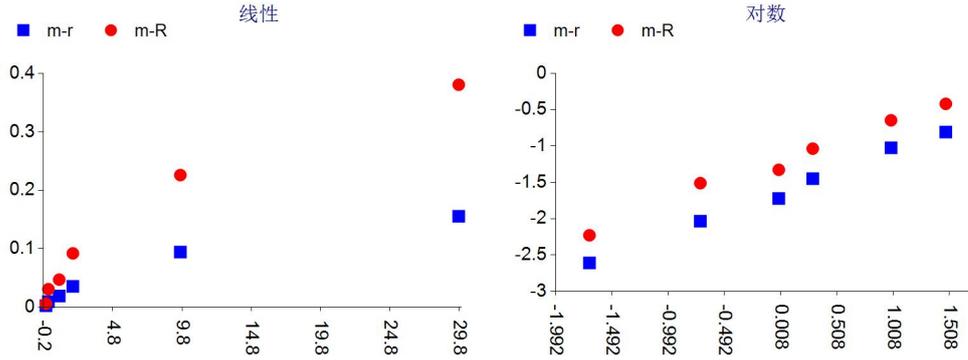
-----第2次单侧检验-----

水平1 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平2 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平3 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平4 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708
 水平5 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平6 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平1 Max实验室=4检验值=1.8054结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.1417 结果:未见异常
 水平2 Max实验室=4检验值=1.8523结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.2180 结果:未见异常
 水平3 Max实验室=3检验值=1.761结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.204 结果:未见异常
 水平4 Max实验室=3检验值=1.6650结果:未见异常 Min实验室=5检验值=1.1432 结果:未见异常
 水平5 Max实验室=5检验值=1.571结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.259 结果:未见异常
 水平6 Max实验室=2检验值=1.565结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.401 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.9798	8	0.0190	0.0431	0.0471
m2=0.1970	8	0.0092	0.0294	0.0308
m3=29.825	8	0.155	0.347	0.381
m4=0.0204	7	0.0025	0.0054	0.0059
m5=1.963	8	0.036	0.085	0.092
m6=9.725	8	0.094	0.205	0.226

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.1025m$ 误差 $e=46.4370017288744$
 $r=0.0119+0.0303m$ 误差 $e=12.3780862285064$
 $\lg r=-1.1950+0.57771\lg m$ 误差 $e=0.0518549116600199$

-----R计算-----
 $R=0.2690m$ 误差 $e=55.1393946534641$
 $R=0.0413+0.0694m$ 误差 $e=10.8891140678776$
 $\lg R=-0.7808+0.56391\lg m$ 误差 $e=0.135362833288748$

按照误差值最小选择得到如下结果:

$\lg r=-1.1950+0.57771\lg m$
 $\lg R=-0.7808+0.56391\lg m$

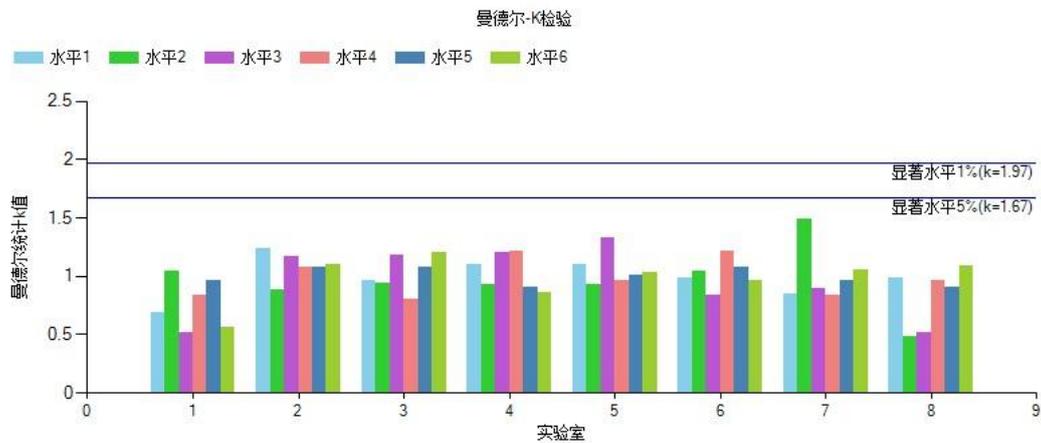
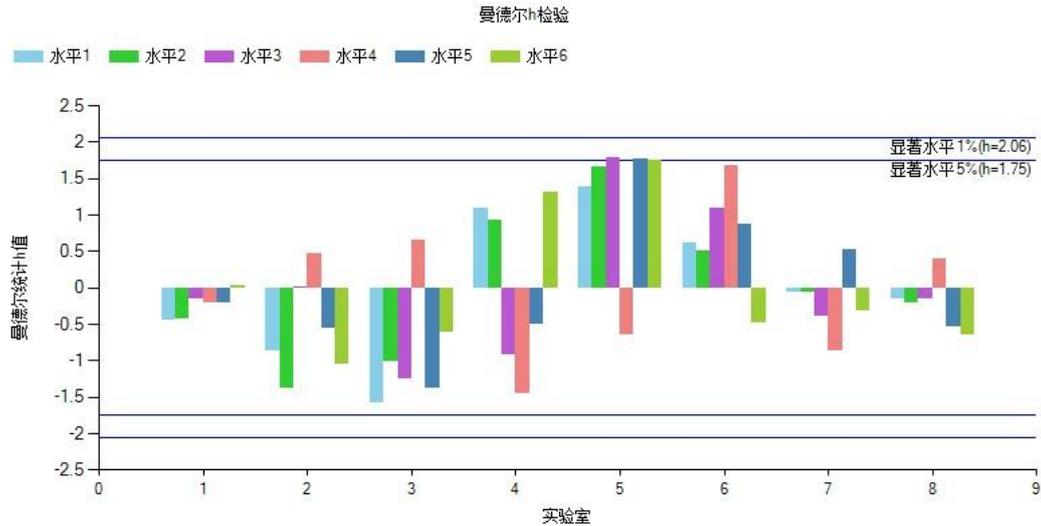
2.10 Zr 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.024	7.88	0.085	3.95	14.86	0.382
	0.029	7.92	0.088	3.91	14.79	0.396
	0.027	7.79	0.094	3.89	14.96	0.388
2	0.028	7.58	0.092	3.98	14.65	0.372
	0.019	7.61	0.082	4.06	14.77	0.345
	0.023	7.69	0.103	4.03	14.84	0.362
3	0.014	7.77	0.061	4.08	14.58	0.359
	0.018	7.65	0.065	4.02	14.39	0.367
	0.021	7.73	0.081	4.05	14.46	0.388
4	0.038	8.26	0.087	3.68	14.69	0.421
	0.043	8.14	0.066	3.73	14.77	0.414
	0.035	8.19	0.072	3.77	14.85	0.435
5	0.045	8.44	0.138	3.89	15.62	0.438
	0.037	8.37	0.115	3.82	15.54	0.446
	0.041	8.32	0.121	3.84	15.44	0.421
6	0.032	8.15	0.119	4.25	15.13	0.387

	0.039	8.02	0.113	4.16	15.32	0.375
	0.034	8.11	0.104	4.21	15.25	0.363
7	0.029	7.85	0.093	3.85	15.18	0.391
	0.033	8.04	0.084	3.79	15.02	0.365
	0.027	7.97	0.077	3.81	15.15	0.382
8	0.026	7.95	0.085	3.97	14.84	0.356
	0.028	7.89	0.094	4.04	14.76	0.372
	0.033	7.91	0.088	4.02	14.68	0.383

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 5 水平 3 为歧离值经分析予以保留;实验室 5 水平 5 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

水平1实验室2最大值未见异常0.1905
 水平2实验室7最大值未见异常0.277
 水平3实验室5最大值未见异常0.2201
 水平4实验室6最大值未见异常0.183
 水平5实验室6最大值未见异常0.146
 水平6实验室3最大值未见异常0.1810。

(4) 格拉布斯检验

水平1 Max实验室=5检验值=1.3864结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.5875 结果:未见异常

水平2 Max实验室=5检验值=1.653结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.378 结果:未见异常

水平3 Max实验室=5检验值=1.7835结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.2509 结果:未见异常

水平4 Max实验室=6检验值=1.681结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.460 结果:未见异常

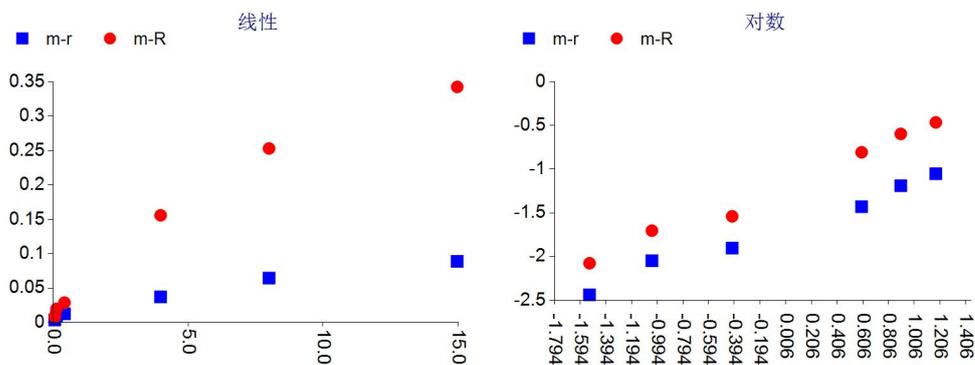
水平5 Max实验室=5检验值=1.774结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.381 结果:未见异常

水平6 Max实验室=5检验值=1.7489结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.0427 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0301	8	0.0036	0.0075	0.0084
m2=7.968	8	0.065	0.245	0.253
m3=0.0920	8	0.0090	0.0176	0.0198
m4=3.950	8	0.037	0.151	0.156
m5=14.939	8	0.089	0.331	0.342
m6=0.3878	8	0.0125	0.0260	0.0288

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.1279m$ 误差 $e=82.0311129294058$
 $r=0.0186+0.0197m$ 误差 $e=1.10037143080889$
 $lgr=-1.2058+0.4854lgm$ 误差 $e=0.113039427449177$

-----R计算-----
 $R=0.3088m$ 误差 $e=24.7006790849658$
 $R=0.0348+0.0856m$ 误差 $e=8.28453184930638$

lgR=-0.7218+0.5972lgm

误差e=0.148775540525248

按照误差值最小选择得到如下结果：

lgr=-1.2058+0.4854lgm

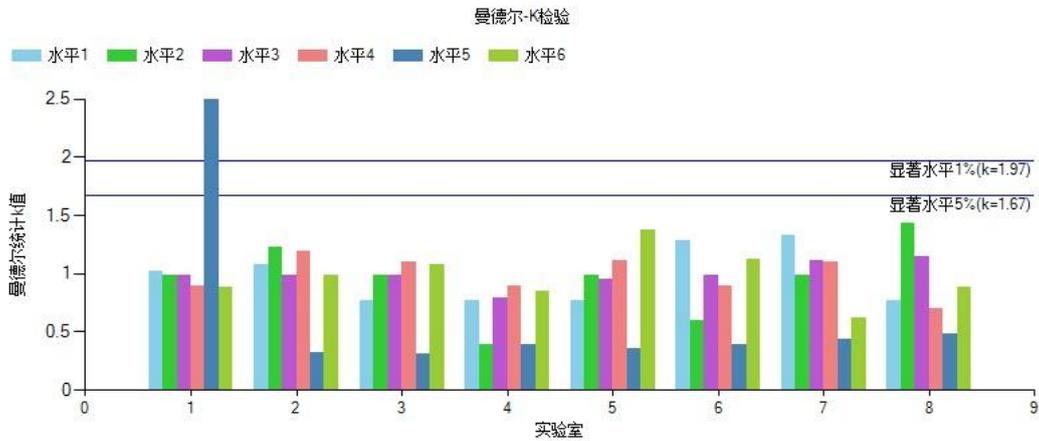
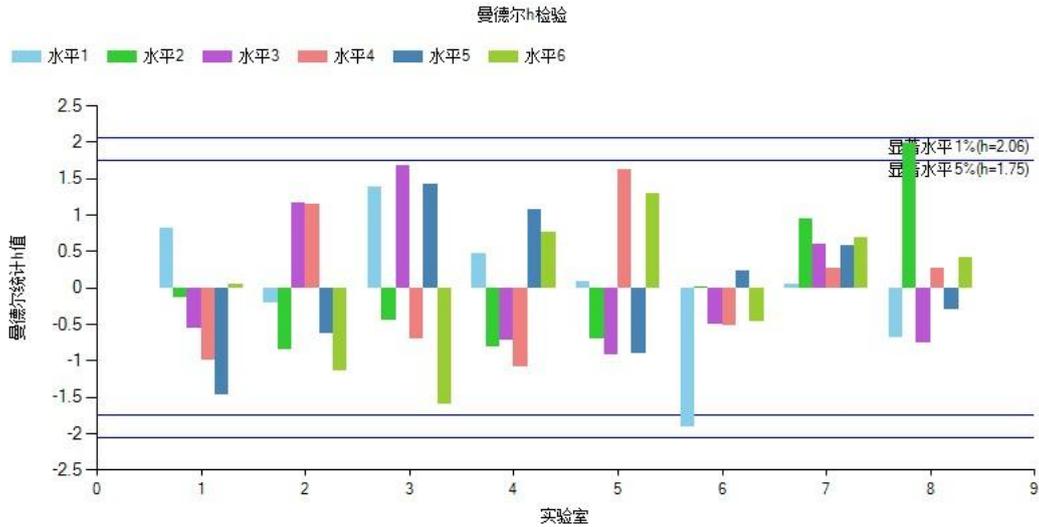
lgR=-0.7218+0.5972lgm

2.11 Mg 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.025	0.048	0.097	0.193	0.289	0.786
	0.029	0.046	0.091	0.188	0.394	0.791
	0.027	0.051	0.095	0.184	0.406	0.808
2	0.022	0.043	0.108	0.205	0.376	0.764
	0.018	0.041	0.106	0.217	0.392	0.747
	0.021	0.047	0.102	0.211	0.383	0.772
3	0.032	0.049	0.112	0.186	0.426	0.747
	0.031	0.044	0.106	0.197	0.435	0.762
	0.029	0.046	0.108	0.191	0.441	0.734
4	0.026	0.043	0.096	0.183	0.415	0.827
	0.023	0.045	0.093	0.192	0.427	0.816
	0.025	0.044	0.091	0.187	0.434	0.805
5	0.024	0.045	0.095	0.222	0.369	0.812
	0.021	0.042	0.089	0.215	0.386	0.847
	0.022	0.047	0.092	0.211	0.375	0.835
6	0.012	0.048	0.098	0.198	0.408	0.764
	0.007	0.051	0.094	0.189	0.394	0.792
	0.009	0.049	0.092	0.193	0.412	0.785
7	0.019	0.053	0.105	0.196	0.425	0.822
	0.023	0.055	0.098	0.207	0.411	0.806
	0.024	0.058	0.102	0.202	0.404	0.814
8	0.017	0.061	0.089	0.205	0.383	0.794
	0.016	0.066	0.096	0.198	0.387	0.817
	0.019	0.059	0.094	0.202	0.405	0.806

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 6 水平 1 为歧离值经分析予以保留;实验室 8 水平 2 为歧离值经分析予以保留;实验室 1 水平 5 为离群值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

第1次检验结果

水平1实验室7最大值未见异常0.2222
 水平2实验室8最大值未见异常0.2550
 水平3实验室8最大值未见异常0.1643
 水平4实验室2最大值未见异常0.1792
 水平5实验室1最大值为离群值**0.8685
 水平6实验室5最大值未见异常0.2366
 实验室 1 水平 5 为离群值经分析予以删除。

第2次检验结果

水平1实验室7最大值未见异常0.2222
 水平2实验室8最大值未见异常0.2550
 水平3实验室8最大值未见异常0.1643
 水平4实验室2最大值未见异常0.1792
 水平5实验室8最大值未见异常0.2180
 水平 6 实验室 5 最大值未见异常 0.2366。

(4) 格拉布斯检验

水平 1 Max 实验室=3 检验值=1.3896 结果:未见异常 Min 实验室=6 检验值=1.9146 结果:未见异常

水平 2 Max 实验室=8 检验值=1.9962 结果:未见异常 Min 实验室=2 检验值=0.8577 结果:未见异常

水平 3 Max 实验室=3 检验值=1.6847 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=0.9143 结果:未见异常

水平 4 Max 实验室=5 检验值=1.6162 结果:未见异常 Min 实验室=4 检验值=1.0845 结果:未见异常

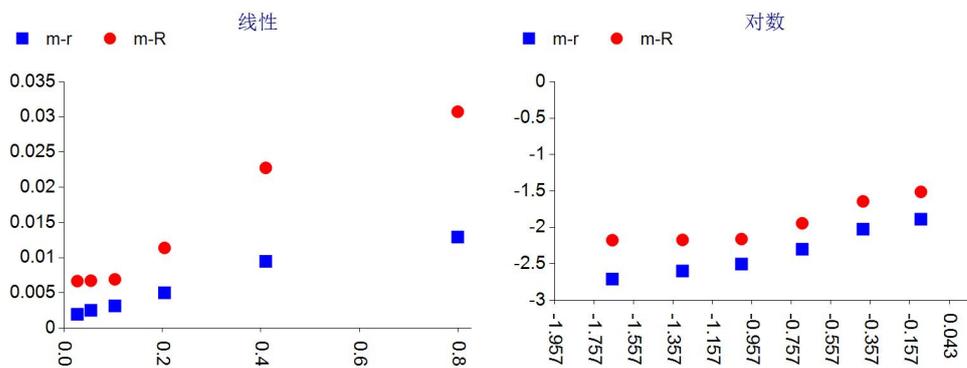
水平 5 Max 实验室=3 检验值=1.1088 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.2993 结果:未见异常

水平 6 Max 实验室=5 检验值=1.2964 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.5995 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0217	8	0.0020	0.0064	0.0067
m2=0.0492	8	0.0025	0.0062	0.0067
m3=0.0979	8	0.0031	0.0062	0.0069
m4=0.1988	8	0.0050	0.0102	0.0114
m5=0.4042	7	0.0095	0.0207	0.0228
m6=0.7939	8	0.0129	0.0279	0.0307

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.1111m$ 误差 $e=3.28865711006397$
 $r=0.0046+0.0463m$ 误差 $e=112.41385910654$
 $lgr=-1.4125+0.55361gm$ 误差 $e=0.103512587288597$

-----R计算-----
 $R=0.3114m$ 误差 $e=6.11183293974785$
 $R=0.0145+0.0964m$ 误差 $e=55.969326318997$

lgR=-1.0840+0.4674lgm

误差e=0.353517359918931

按照误差值最小选择得到如下结果:

lgr=-1.4125+0.5536lgm

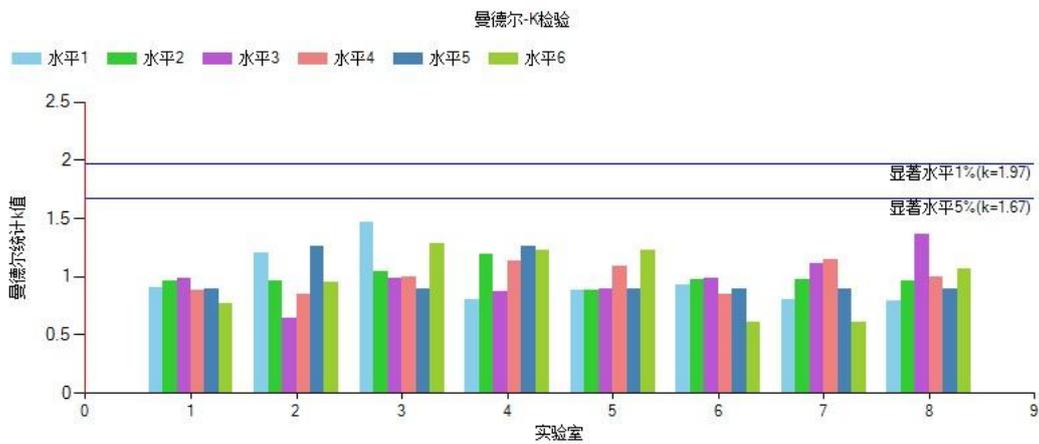
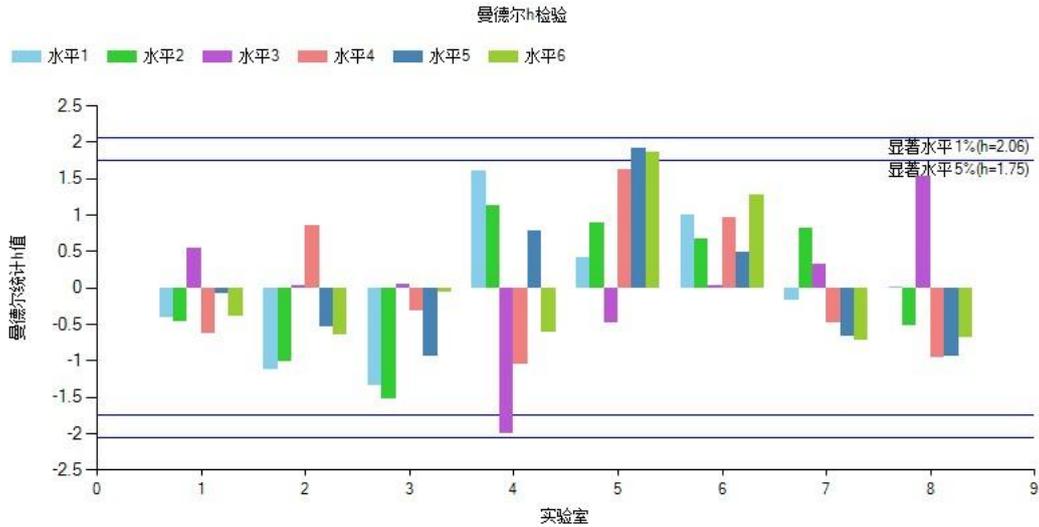
lgR=-1.0840+0.4674lgm

2.12 Nb 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	29.56	0.192	0.051	9.85	0.960	1.96
	29.72	0.186	0.047	9.72	0.990	1.91
	30.02	0.198	0.055	9.67	0.970	1.94
2	29.15	0.177	0.041	10.15	0.940	1.89
	28.95	0.189	0.046	10.24	0.980	1.95
	29.56	0.183	0.042	10.06	0.950	1.91
3	28.66	0.168	0.039	9.93	0.960	1.93
	29.41	0.181	0.044	9.72	0.930	1.95
	29.12	0.175	0.047	9.84	0.940	2.01
4	31.05	0.215	0.015	9.51	0.980	1.96
	31.44	0.226	0.008	9.63	1.02	1.92
	31.37	0.212	0.011	9.75	1.01	1.88
5	30.58	0.208	0.038	10.48	1.06	2.16
	30.14	0.219	0.031	10.35	1.04	2.08
	30.46	0.214	0.036	10.25	1.03	2.11
6	30.86	0.217	0.043	10.18	1.01	2.05
	31.07	0.209	0.039	10.27	0.980	2.09
	30.59	0.205	0.047	10.09	0.990	2.07
7	29.76	0.206	0.052	9.91	0.970	1.93
	30.17	0.218	0.043	9.77	0.940	1.89
	29.92	0.214	0.048	9.67	0.950	1.91
8	30.29	0.185	0.061	9.64	0.960	1.88
	30.09	0.197	0.072	9.56	0.930	1.95
	29.88	0.191	0.067	9.77	0.940	1.91

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 4 水平 3 为歧离值经分析予以保留;实验室 5 水平 5 为歧离值经分析予以保留;实验室 5 水平 6 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平1实验室3最大值未见异常0.269
- 水平2实验室4最大值未见异常0.1768
- 水平3实验室8最大值未见异常0.2319
- 水平4实验室7最大值未见异常0.164
- 水平5实验室4最大值未见异常0.198
- 水平6实验室3最大值未见异常0.206。

(4) 格拉布斯检验

- 水平1 Max实验室=4检验值=1.598结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.336 结果:未见异常
- 水平2 Max实验室=4检验值=1.1297结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.5229 结果:未见异常
- 水平3 Max实验室=8检验值=1.5378结果:未见异常 Min实验室=4检验值=2.0009 结果:未见异常
- 水平4 Max实验室=5检验值=1.619结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.049 结果:未见异常

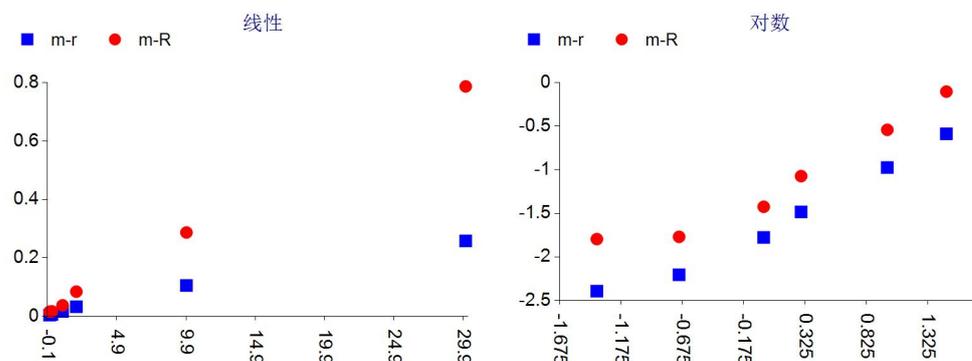
水平5 Max实验室=5检验值=1.913结果:未见异常 Min实验室=8检验值=0.942 结果:未见异常

水平6 Max实验室=5检验值=1.856结果:未见异常 Min实验室=7检验值=0.729 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=30.076	8	0.258	0.743	0.787
m2=0.1994	8	0.0062	0.0158	0.0170
m3=0.0426	8	0.0040	0.0155	0.0160
m4=9.917	8	0.106	0.267	0.287
m5=0.976	8	0.017	0.034	0.038
m6=1.968	8	0.033	0.078	0.084

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.084m$ 误差 $e=11.0329843209291$
 $r=0.011+0.031m$ 误差 $e=4.81240068297667$
 $\lg r=-1.199+0.6561gm$ 误差 $e=0.304333303049847$

-----R计算-----
 $R=0.279m$ 误差 $e=18.6538949154982$
 $R=0.038+0.079m$ 误差 $e=1.79128482570927$
 $\lg R=-0.743+0.6261gm$ 误差 $e=0.947971675666505$

按照误差值最小选择得到如下结果:

$\lg r=-1.199+0.6561gm$
 $\lg R=-0.743+0.6261gm$

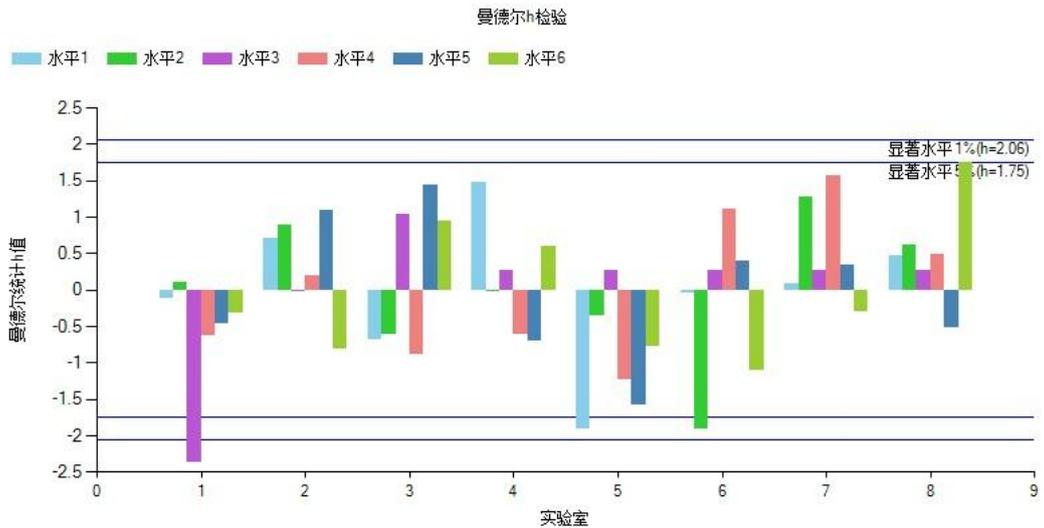
2.13 Pd 含量测定的精密度试验

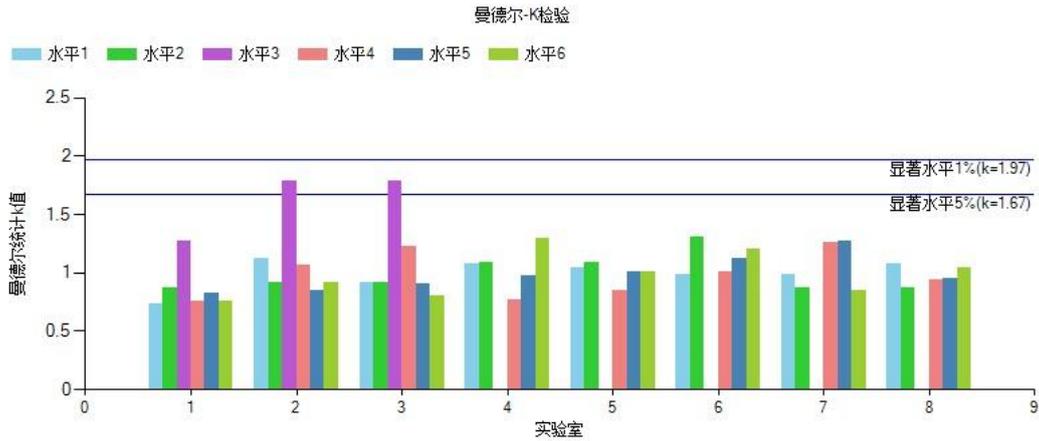
(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
-----	------	------	------	------	------	------

1	0.118	0.022	0.047	0.188	0.389	0.762
	0.124	0.026	0.042	0.182	0.394	0.779
	0.127	0.024	0.044	0.194	0.378	0.751
2	0.133	0.028	0.052	0.197	0.426	0.742
	0.144	0.031	0.056	0.205	0.417	0.722
	0.131	0.027	0.059	0.214	0.409	0.756
3	0.108	0.018	0.064	0.172	0.433	0.842
	0.116	0.022	0.061	0.185	0.424	0.812
	0.119	0.019	0.057	0.191	0.415	0.828
4	0.155	0.021	0.053	0.195	0.391	0.788
	0.142	0.026	0.048	0.183	0.372	0.806
	0.146	0.023	0.051	0.187	0.385	0.836
5	0.089	0.019	0.042	0.168	0.358	0.725
	0.095	0.021	0.047	0.177	0.377	0.738
	0.102	0.024	0.051	0.181	0.362	0.762
6	0.119	0.015	0.049	0.224	0.391	0.747
	0.131	0.012	0.046	0.217	0.408	0.702
	0.123	0.009	0.045	0.233	0.412	0.726
7	0.125	0.029	0.052	0.246	0.414	0.782
	0.121	0.033	0.047	0.231	0.405	0.761
	0.133	0.031	0.049	0.227	0.389	0.751
8	0.138	0.027	0.048	0.219	0.385	0.887
	0.125	0.025	0.045	0.204	0.396	0.848
	0.134	0.029	0.052	0.212	0.377	0.866

(2) 曼德尔检验





检验结果：实验室 1 水平 3 为离群值经分析予以保留;实验室 5 水平 1 为歧离值经分析予以保留;实验室 6 水平 2 为歧离值经分析予以保留;实验室 8 水平 6 为歧离值经分析予以保留;实验室 2 水平 3 为歧离值经分析予以保留;实验室 3 水平 3 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

水平 1 实验室 2 最大值未见异常 0.1585
 水平 2 实验室 6 最大值未见异常 0.2127
 水平 3 实验室 3 最大值未见异常 0.3984
 水平 4 实验室 7 最大值未见异常 0.1981
 水平 5 实验室 7 最大值未见异常 0.2038
 水平 6 实验室 4 最大值未见异常 0.2098。

(4) 格拉布斯检验

-----第 1 次单侧检验-----

水平 1 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平 2 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平 3 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平 4 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平 5 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平 6 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平 1 Max 实验室=4 检验值=1.4664 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.9037 结果:未见异常

水平 2 Max 实验室=7 检验值=1.2830 结果:未见异常 Min 实验室=6 检验值=1.9140 结果:未见异常

水平 3 Max 实验室=3 检验值=1.0323 结果:未见异常 Min 实验室=1 检验值=2.3621 结果:离群值

水平 4 Max 实验室=7 检验值=1.5714 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.2264 结果:未见异常

水平 5 Max 实验室=3 检验值=1.4408 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.5740 结果:未见异常

水平 6 Max 实验室=8 检验值=1.7514 结果:未见异常 Min 实验室=6 检验值=1.1060 结果:未见异常。

实验室 1 水平 3 为离群值经分析予以删除。

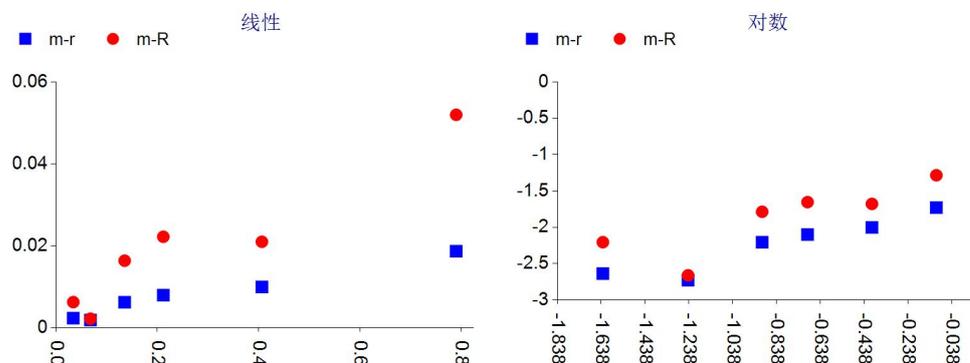
-----第2次单侧检验-----

水平1 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平2 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平3 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708
 水平4 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平5 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平6 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平1 Max实验室=4检验值=1.4664结果:未见异常 Min实验室=5检验值=1.9037 结果:未见异常
 水平2 Max实验室=7检验值=1.2830结果:未见异常 Min实验室=6检验值=1.9140 结果:未见异常
 水平3 Max实验室=3检验值=1.7753结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.1036 结果:未见异常
 水平4 Max实验室=7检验值=1.5714结果:未见异常 Min实验室=5检验值=1.2264 结果:未见异常
 水平5 Max实验室=3检验值=1.4408结果:未见异常 Min实验室=5检验值=1.5740 结果:未见异常
 水平6 Max实验室=8检验值=1.7514结果:未见异常 Min实验室=6检验值=1.1060 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.1249	8	0.0062	0.0151	0.0164
m2=0.0234	8	0.0023	0.0058	0.0062
m3=0.0573	7	0.0019	0.0011	0.0022
m4=0.2013	8	0.0079	0.0207	0.0222
m5=0.3961	8	0.0099	0.0185	0.0210
m6=0.7800	8	0.0187	0.0485	0.0520

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 r=0.1256m 误差e=1.84630120497558
 r=0.0043+0.0704m 误差e=271.467498102692

$\lg r = -1.2432 + 0.65461 \lg m$ 误差 $e = 0.571740404672087$

-----R计算-----

$R = 0.3105m$ 误差 $e = 5.65745276646527$

$R = 0.0097 + 0.1812m$ 误差 $e = 932.953435587099$

$\lg R = -0.8253 + 0.72941 \lg m$ 误差 $e = 4.61514814165573$

按照误差值最小选择得到如下结果：

$\lg r = -1.2432 + 0.65461 \lg m$

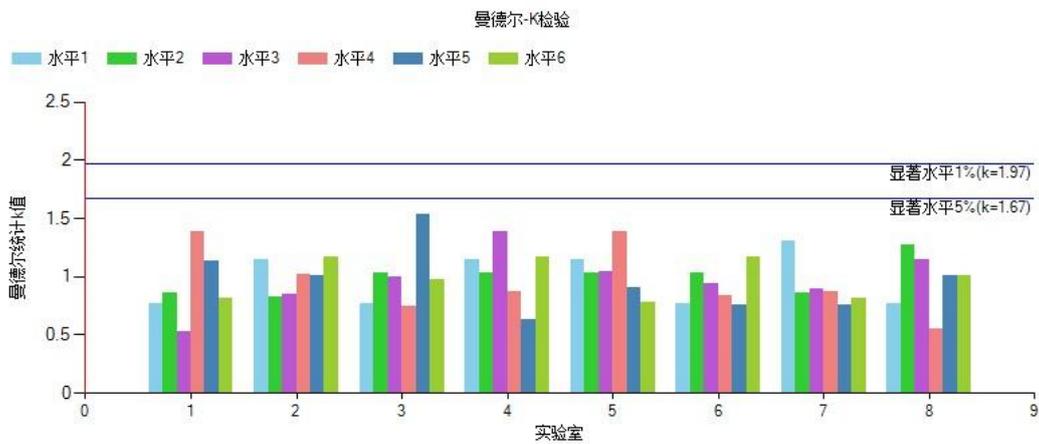
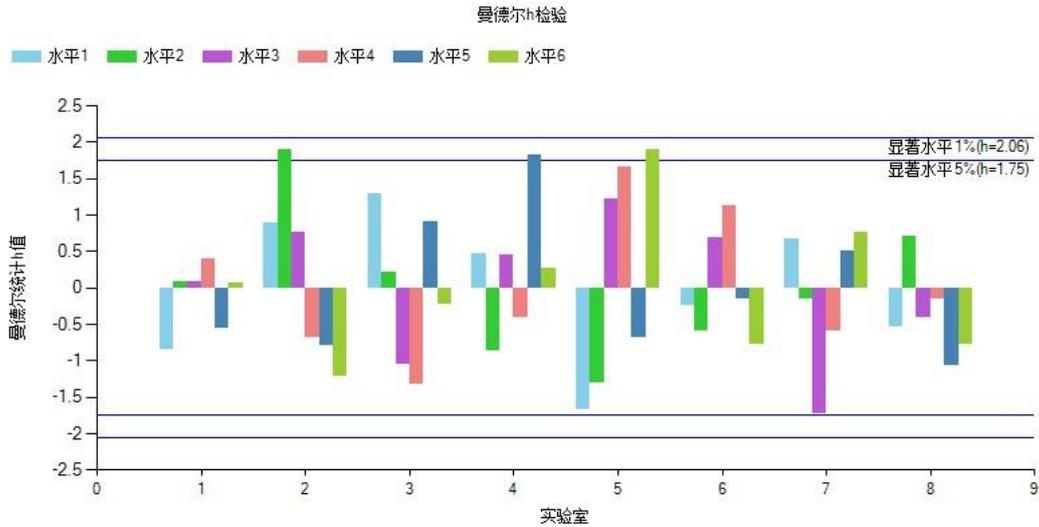
$\lg R = -0.8253 + 0.72941 \lg m$

2.14 Ni 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.026	0.058	0.882	0.406	0.192	0.105
	0.024	0.062	0.886	0.421	0.197	0.109
	0.025	0.061	0.892	0.412	0.201	0.106
2	0.032	0.071	0.904	0.392	0.189	0.095
	0.029	0.075	0.914	0.403	0.197	0.098
	0.031	0.073	0.898	0.397	0.194	0.101
3	0.033	0.059	0.847	0.384	0.215	0.102
	0.031	0.061	0.855	0.392	0.223	0.107
	0.032	0.064	0.866	0.388	0.211	0.105
4	0.028	0.051	0.912	0.403	0.229	0.111
	0.031	0.054	0.887	0.396	0.226	0.105
	0.029	0.056	0.892	0.405	0.231	0.108
5	0.024	0.048	0.928	0.439	0.196	0.121
	0.022	0.051	0.917	0.431	0.191	0.117
	0.021	0.053	0.908	0.424	0.198	0.119
6	0.028	0.053	0.894	0.428	0.205	0.104
	0.027	0.056	0.904	0.419	0.199	0.101
	0.026	0.058	0.912	0.424	0.202	0.098
7	0.031	0.057	0.829	0.395	0.208	0.109
	0.028	0.061	0.838	0.404	0.214	0.113
	0.031	0.058	0.846	0.397	0.211	0.112
8	0.027	0.068	0.877	0.402	0.194	0.098
	0.025	0.062	0.861	0.408	0.189	0.103
	0.026	0.064	0.882	0.405	0.186	0.102

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 2 水平 2 为歧离值经分析予以保留；实验室 4 水平 5 为歧离值经分析予以保留；实验室 5 水平 6 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平1实验室7最大值未见异常0.2119
- 水平2实验室8最大值未见异常0.2026
- 水平3实验室4最大值未见异常0.2389
- 水平4实验室5最大值未见异常0.2423
- 水平5实验室3最大值未见异常0.2938
- 水平6实验室6最大值未见异常0.1704。

(4) 格拉布斯检验

- 水平1 Max实验室=3检验值=1.2860结果:未见异常 Min实验室=5检验值=1.6752 结果:未见异常
- 水平2 Max实验室=2检验值=1.9028结果:未见异常 Min实验室=5检验值=1.3027 结果:未见异常
- 水平3 Max实验室=5检验值=1.2162结果:未见异常 Min实验室=7检验值=1.7255 结果:未见异常
- 水平4 Max实验室=5检验值=1.6597结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.3331 结果:未见异常

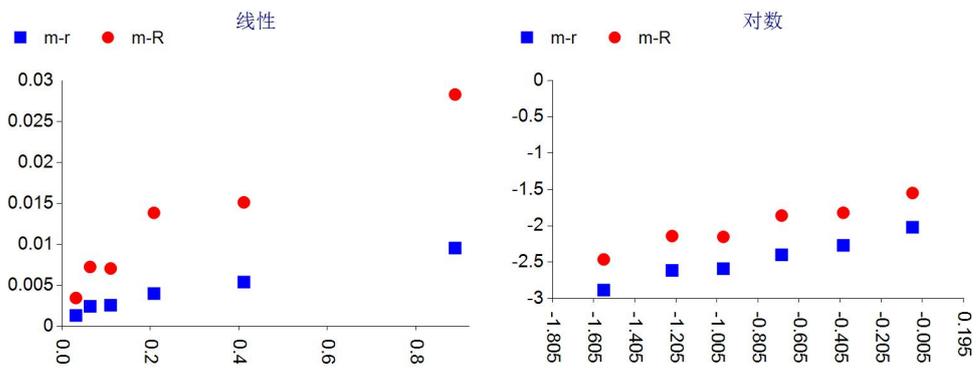
水平5 Max实验室=4检验值=1.8290结果:未见异常 Min实验室=8检验值=1.0692 结果:未见异常

水平6 Max实验室=5检验值=1.9005结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.2206 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0278	8	0.0013	0.0032	0.0034
m2=0.0598	8	0.0024	0.0068	0.0072
m3=0.8846	8	0.0095	0.0266	0.0283
m4=0.4073	8	0.0054	0.0141	0.0151
m5=0.2041	8	0.0040	0.0133	0.0138
m6=0.1062	8	0.0026	0.0066	0.0070

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.0725m$ 误差 $e=3.32329022925704$
 $r=0.0039+0.0291m$ 误差 $e=73.0668502362322$
 $lgr=-1.5747+0.5414lgm$ 误差 $e=0.0465680313307393$

-----R计算-----
 $R=0.2092m$ 误差 $e=3.1386342580915$
 $R=0.0107+0.0920m$ 误差 $e=103.785031721504$
 $lgR=-1.0871+0.5684lgm$ 误差 $e=0.118966577902784$

按照误差值最小选择得到如下结果:

$lgr=-1.5747+0.5414lgm$
 $lgR=-1.0871+0.5684lgm$

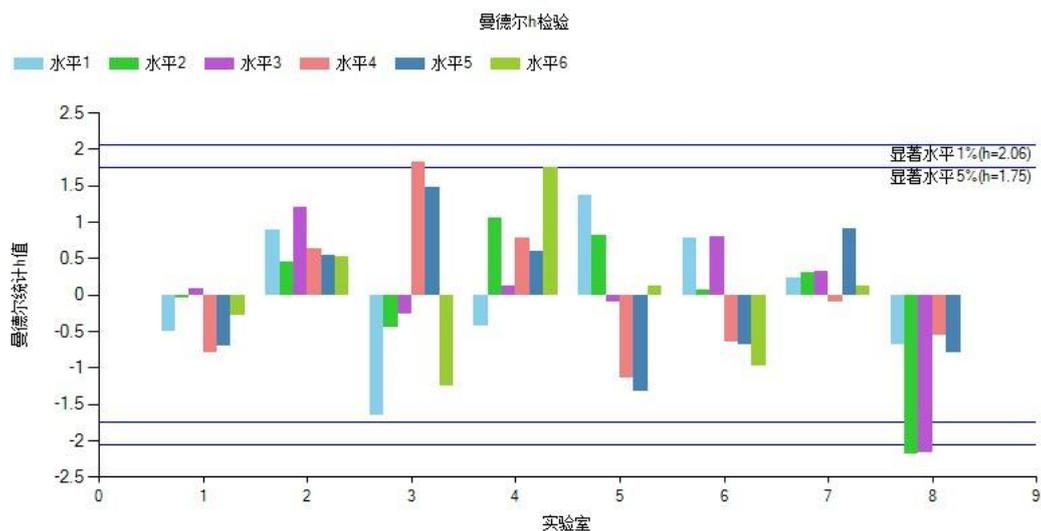
2.15 Ta 含量测定的精密度试验

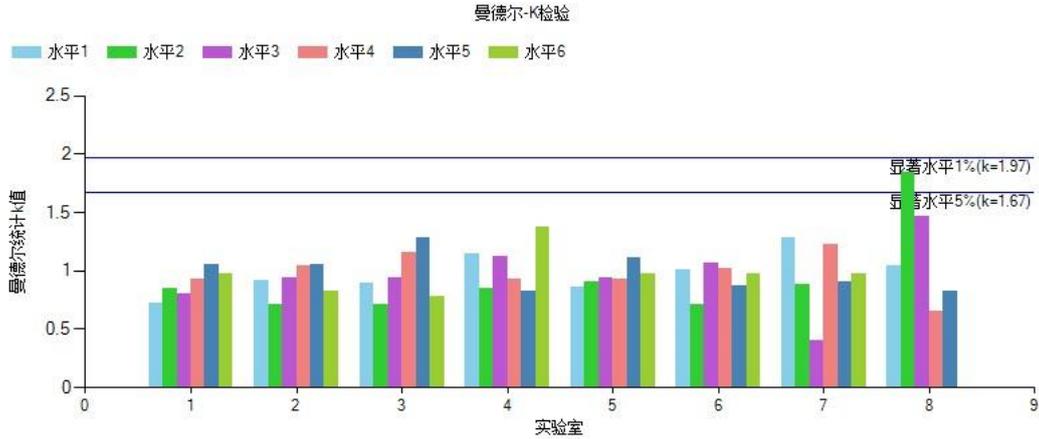
(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
-----	------	------	------	------	------	------

1	0.788	0.047	0.094	0.192	0.385	0.022
	0.792	0.041	0.088	0.187	0.374	0.019
	0.769	0.044	0.091	0.182	0.396	0.024
2	0.818	0.051	0.105	0.211	0.415	0.028
	0.833	0.053	0.112	0.204	0.403	0.025
	0.849	0.048	0.108	0.215	0.425	0.024
3	0.728	0.041	0.082	0.224	0.431	0.017
	0.739	0.036	0.089	0.236	0.452	0.015
	0.758	0.038	0.086	0.227	0.427	0.019
4	0.766	0.059	0.087	0.207	0.423	0.028
	0.787	0.062	0.095	0.217	0.418	0.032
	0.805	0.056	0.093	0.213	0.406	0.035
5	0.866	0.057	0.092	0.176	0.358	0.026
	0.848	0.052	0.088	0.186	0.372	0.021
	0.837	0.058	0.085	0.182	0.381	0.024
6	0.849	0.043	0.106	0.195	0.395	0.016
	0.818	0.048	0.098	0.184	0.384	0.021
	0.821	0.045	0.102	0.189	0.377	0.018
7	0.816	0.052	0.096	0.192	0.433	0.026
	0.785	0.046	0.093	0.205	0.414	0.021
	0.827	0.048	0.095	0.197	0.422	0.024
8	0.761	0.021	0.056	0.187	0.375	-0.011
	0.796	0.008	0.062	0.194	0.392	-0.007
	0.774	0.014	0.051	0.191	0.381	-0.212

(2) 曼德尔检验





检验结果：实验室 8 水平 2 为离群值经分析予以保留;实验室 8 水平 3 为离群值经分析予以保留;实验室 3 水平 4 为歧离值经分析予以保留;实验室 4 水平 6 为歧离值经分析予以保留;实验室 8 水平 2 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

水平1实验室7最大值未见异常0.2069
 水平2实验室8最大值未见异常0.4274
 水平3实验室8最大值未见异常0.2704
 水平4实验室7最大值未见异常0.1887
 水平5实验室3最大值未见异常0.2043
 水平6实验室4最大值未见异常0.2683。

(4) 格拉布斯检验

-----第1次单侧检验-----

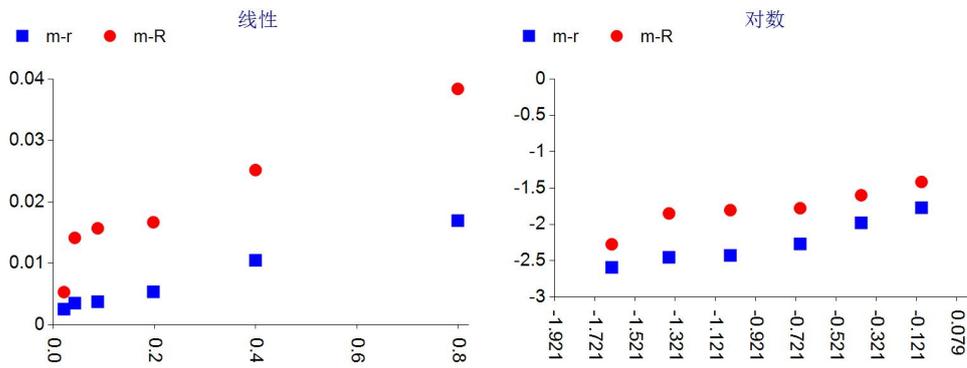
水平1	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101	
水平2	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101	
水平3	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101	
水平4	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101	
水平5	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101	
水平6	P=7	one1%=2.139	one5%=2.02	two1%=0.0308	two5%=0.0708	
水平1	Max实验室=5	检验值=1.3695	结果:未见异常	Min实验室=3	检验值=1.6618	结果:未见异常
水平2	Max实验室=4	检验值=1.0468	结果:未见异常	Min实验室=8	检验值=2.1802	结果:歧离值
水平3	Max实验室=2	检验值=1.2041	结果:未见异常	Min实验室=8	检验值=2.1712	结果:歧离值
水平4	Max实验室=3	检验值=1.8195	结果:未见异常	Min实验室=5	检验值=1.1426	结果:未见异常
水平5	Max实验室=3	检验值=1.4806	结果:未见异常	Min实验室=5	检验值=1.3223	结果:未见异常
水平6	Max实验室=4	检验值=1.7547	结果:未见异常	Min实验室=3	检验值=1.2496	结果:未见异常

实验室8水平2为歧离值经分析予以保留；实验室8水平3为歧离值经分析予以保留。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.8012	8	0.0169	0.0345	0.0384
m2=0.0445	8	0.0035	0.0137	0.0141
m3=0.0898	8	0.0037	0.0153	0.0157
m4=0.1997	8	0.0054	0.0158	0.0167
m5=0.4016	8	0.0105	0.0229	0.0252
m6=0.0231	7	0.0026	0.0047	0.0053

图形分析：



精密度计算结果分析：

-----r计算-----
 $r=0.1425m$ 误差 $e=4.14277699994435$
 $r=0.0064+0.0516m$ 误差 $e=80.1988861642918$
 $\lg r=-1.3478+0.52131\lg m$ 误差 $e=0.183286636919289$

-----R计算-----
 $R=0.4281m$ 误差 $e=7.94564151643066$
 $R=0.0247+0.1159m$ 误差 $e=56.3778946282899$
 $\lg R=-0.9380+0.46071\lg m$ 误差 $e=0.282170434027071$

按照误差值最小选择得到如下结果：

$\lg r=-1.3478+0.52131\lg m$
 $\lg R=-0.9380+0.46071\lg m$

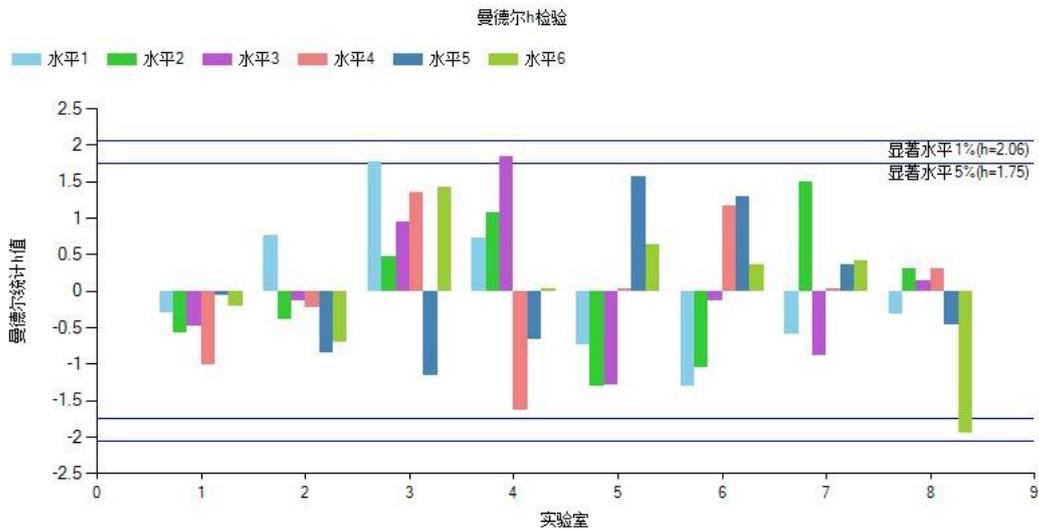
2.16 W 含量测定的精密度试验

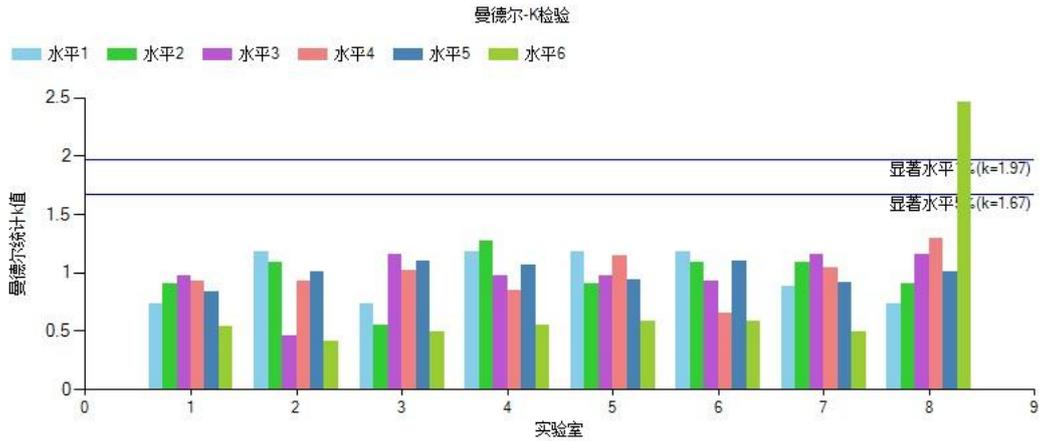
(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.092	0.046	0.022	0.188	0.385	0.768
	0.097	0.041	0.019	0.178	0.392	0.785
	0.095	0.043	0.023	0.183	0.404	0.751
2	0.108	0.042	0.024	0.195	0.362	0.733
	0.112	0.048	0.022	0.201	0.385	0.746

	0.104	0.045	0.023	0.191	0.374	0.759
3	0.118	0.051	0.031	0.227	0.353	0.858
	0.123	0.054	0.028	0.216	0.366	0.827
	0.121	0.053	0.026	0.221	0.378	0.842
4	0.112	0.058	0.035	0.168	0.369	0.795
	0.107	0.062	0.031	0.177	0.374	0.761
	0.104	0.055	0.032	0.174	0.392	0.782
5	0.093	0.034	0.015	0.207	0.426	0.825
	0.085	0.039	0.019	0.195	0.447	0.807
	0.089	0.037	0.018	0.198	0.433	0.788
6	0.078	0.042	0.025	0.222	0.414	0.814
	0.082	0.036	0.021	0.215	0.432	0.791
	0.086	0.039	0.023	0.218	0.438	0.778
7	0.088	0.059	0.017	0.205	0.416	0.782
	0.094	0.062	0.022	0.194	0.401	0.795
	0.091	0.065	0.019	0.201	0.396	0.813
8	0.092	0.049	0.027	0.197	0.395	0.625
	0.097	0.054	0.022	0.211	0.372	0.775
	0.094	0.051	0.024	0.205	0.383	0.669

(2) 曼德尔检验





检验结果：实验室 3 水平 1 为歧离值经分析予以保留;实验室 4 水平 3 为歧离值经分析予以保留;实验室 8 水平 6 为歧离值经分析予以保留;实验室 8 水平 6 为离群值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

第1检验结果.....

水平1实验室6最大值未见异常0.1744

水平2实验室4最大值未见异常0.2033

水平3实验室8最大值未见异常0.1690

水平4实验室8最大值未见异常0.2108

水平5实验室6最大值未见异常0.1505

水平6实验室8最大值为离群值**0.7567。

实验室 8 水平 6 为离群值经分析予以删除。

第2检验结果.....

水平1实验室6最大值未见异常0.1744

水平2实验室4最大值未见异常0.2033

水平3实验室8最大值未见异常0.1690

水平4实验室8最大值未见异常0.2108

水平5实验室6最大值未见异常0.1505

水平6实验室5最大值未见异常0.1791。

(4) 格拉布斯检验

水平 1 Max 实验室=3 检验值=1.7622 结果:未见异常 Min 实验室=6 检验值=1.2994 结果:未见异常

水平 2 Max 实验室=7 检验值=1.4886 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.3089 结果:未见异常

水平 3 Max 实验室=4 检验值=1.8388 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.2902 结果:未见异常

水平 4 Max 实验室=3 检验值=1.3473 结果:未见异常 Min 实验室=4 检验值=1.6309 结果:未见异常

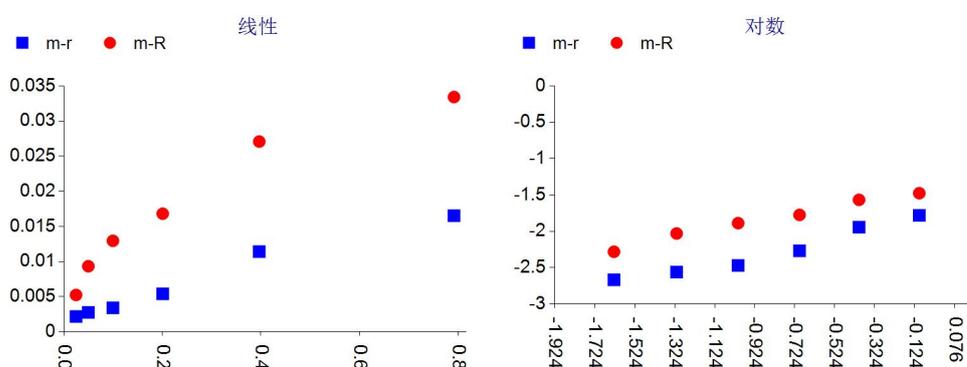
水平 5 Max 实验室=5 检验值=1.5731 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.1633 结果:未见异常

水平 6 Max 实验室=3 检验值=1.6949 结果:未见异常 Min 实验室=2 检验值=1.4543 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0984	8	0.0034	0.0125	0.0129
m2=0.0485	8	0.0027	0.0089	0.0093
m3=0.0236	8	0.0022	0.0048	0.0052
m4=0.1994	8	0.0054	0.0159	0.0168
m5=0.3953	8	0.0114	0.0246	0.0271
m6=0.7905	7	0.0165	0.0291	0.0334

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.1208m$ 误差 $e=2.13230696227418$
 $r=0.0046+0.0575m$ 误差 $e=151.136289507501$
 $\lg r=-1.3137+0.60691\lg m$ 误差 $e=0.162865235580365$

-----R计算-----
 $R=0.3454m$ 误差 $e=4.86011428814338$
 $R=0.0168+0.1333m$ 误差 $e=95.5165020058142$
 $\lg R=-0.9434+0.51911\lg m$ 误差 $e=0.0381363837788763$

按照误差值最小选择得到如下结果:

$\lg r=-1.3137+0.60691\lg m$
 $\lg R=-0.9434+0.51911\lg m$

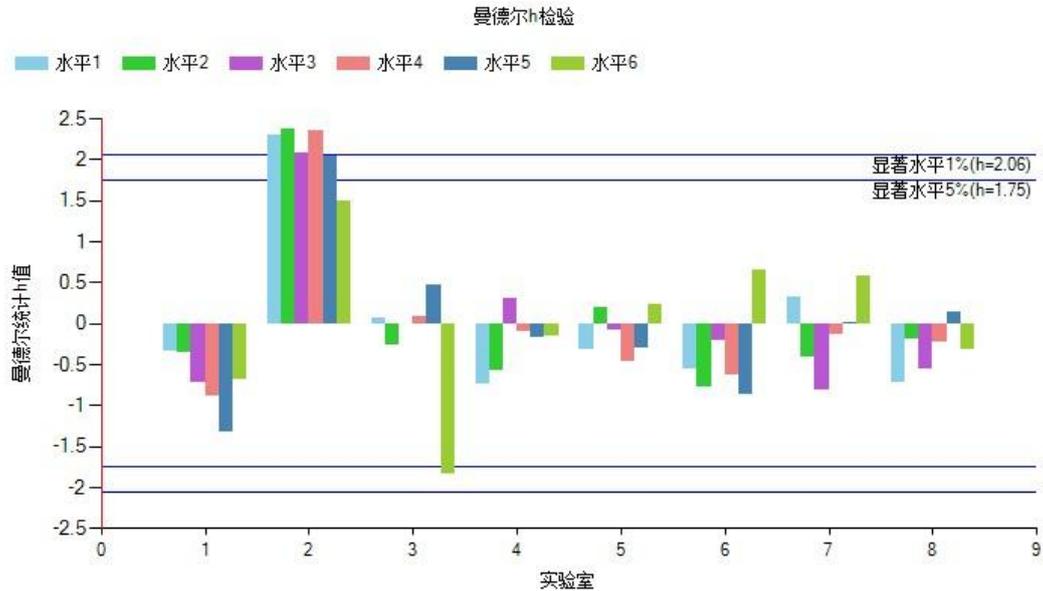
2.17 Nd 含量测定的精密度试验

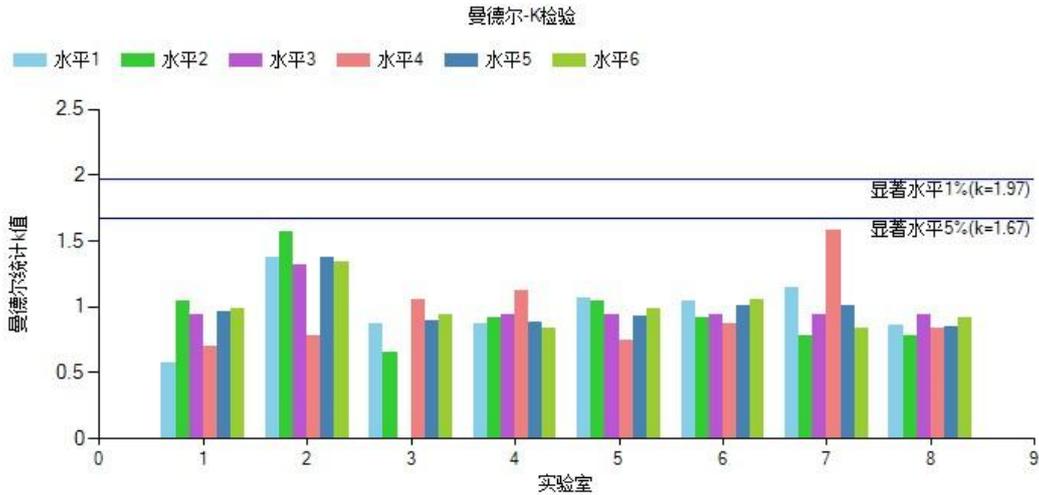
(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.092	0.043	0.018	0.192	0.386	0.789
	0.095	0.051	0.021	0.176	0.372	0.804
	0.098	0.046	0.023	0.184	0.396	0.771
2	0.182	0.128	0.068	0.342	0.479	0.848

	0.168	0.116	0.064	0.338	0.492	0.826
	0.172	0.122	0.061	0.325	0.458	0.871
3	0.112	0.052	-0.032	0.242	0.446	0.742
	0.106	0.047	-0.047	0.218	0.424	0.773
	0.103	0.049	-0.107	0.227	0.431	0.753
4	0.082	0.037	0.034	0.234	0.416	0.816
	0.079	0.044	0.039	0.209	0.405	0.788
	0.088	0.041	0.037	0.217	0.427	0.804
5	0.095	0.058	0.028	0.212	0.402	0.829
	0.091	0.066	0.033	0.195	0.425	0.796
	0.102	0.061	0.031	0.203	0.411	0.815
6	0.089	0.032	0.029	0.192	0.386	0.806
	0.083	0.035	0.031	0.207	0.411	0.841
	0.094	0.039	0.026	0.188	0.395	0.828
7	0.121	0.048	0.022	0.237	0.423	0.837
	0.114	0.042	0.017	0.218	0.408	0.809
	0.109	0.045	0.019	0.201	0.433	0.822
8	0.079	0.054	0.026	0.223	0.415	0.815
	0.088	0.048	0.021	0.204	0.436	0.785
	0.084	0.051	0.023	0.216	0.423	0.794

(2) 曼德尔检验





检验结果：实验室 2 水平 1 为离群值经分析予以保留;实验室 2 水平 2 为离群值经分析予以保留;实验室 2 水平 3 为离群值经分析予以保留;实验室 2 水平 4 为离群值经分析予以保留;实验室 2 水平 5 为歧离值经分析予以保留;实验室 3 水平 6 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平 1 实验室 2 最大值未见异常 0.2345
- 水平 2 实验室 2 最大值未见异常 0.3084
- 水平 3 实验室 2 最大值未见异常 0.2462
- 水平 4 实验室 7 最大值未见异常 0.3110
- 水平 5 实验室 2 最大值未见异常 0.2356
- 水平 6 实验室 2 最大值未见异常 0.2257。

(4) 格拉布斯检验

-----第1次单侧检验-----

水平1	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101
水平2	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101
水平3	P=7	one1%=2.139	one5%=2.02	two1%=0.0308	two5%=0.0708
水平4	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101
水平5	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101
水平6	P=8	one1%=2.274	one5%=2.126	two1%=0.0563	two5%=0.1101
水平1	Max实验室=2	检验值=2.3017	结果:离群值	Min实验室=4	检验值=0.7455 结果:未见异常
水平2	Max实验室=2	检验值=2.3758	结果:离群值	Min实验室=6	检验值=0.7672 结果:未见异常
水平3	Max实验室=2	检验值=1.9477	结果:未见异常	Min实验室=7	检验值=0.6976 结果:未见异常
水平4	Max实验室=2	检验值=2.3524	结果:离群值	Min实验室=1	检验值=0.8768 结果:未见异常
水平5	Max实验室=2	检验值=2.0337	结果:未见异常	Min实验室=1	检验值=1.3251 结果:未见异常
水平6	Max实验室=2	检验值=1.4992	结果:未见异常	Min实验室=3	检验值=1.8311 结果:未见异常。

实验室2水平1为离群值经分析予以删除;实验室2水平2为离群值经分析予以删除;实验室

2水平4为离群值经分析予以删除。

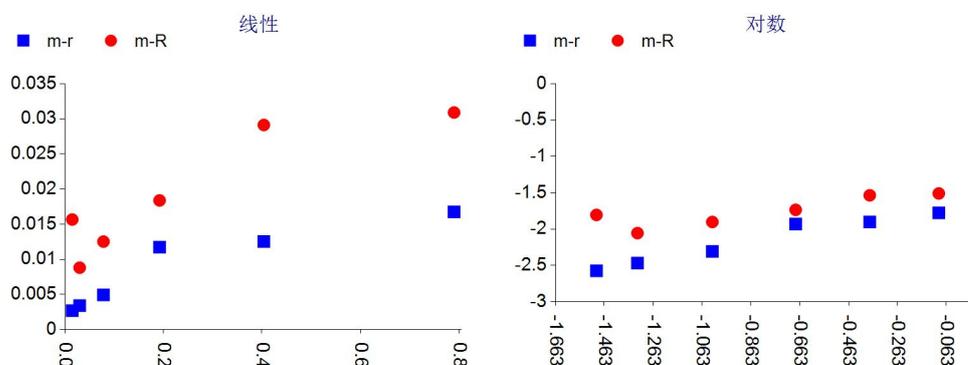
-----第2次单侧检验-----

水平1 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708
 水平2 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708
 水平3 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708
 水平4 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708
 水平5 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平6 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平1 Max实验室=7检验值=1.6068结果:未见异常 Min实验室=4检验值=0.7977 结果:未见异常
 水平2 Max实验室=5检验值=1.6351结果:未见异常 Min实验室=6检验值=1.2491 结果:未见异常
 水平3 Max实验室=2检验值=1.9477结果:未见异常 Min实验室=7检验值=0.6976 结果:未见异常
 水平4 Max实验室=3检验值=1.3052结果:未见异常 Min实验室=1检验值=1.2485 结果:未见异常
 水平5 Max实验室=2检验值=2.0337结果:未见异常 Min实验室=1检验值=1.3251 结果:未见异常
 水平6 Max实验室=2检验值=1.4992结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.8311 结果:未见异常

(5) 总体平均值与方差计算

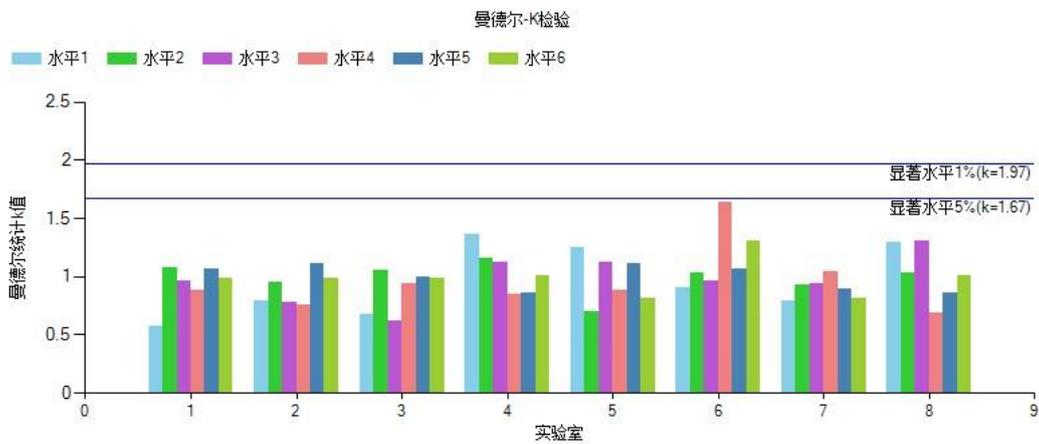
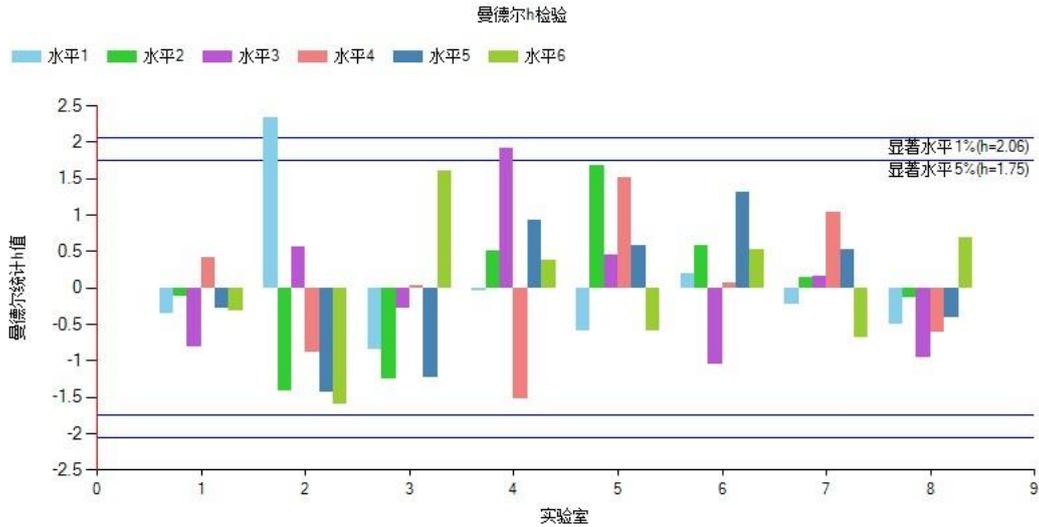
水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0954	7	0.0049	0.0115	0.0125
m2=0.0471	7	0.0034	0.0081	0.0088
m3=0.0320	7	0.0027	0.0154	0.0157
m4=0.2093	7	0.0117	0.0142	0.0184
m5=0.4208	8	0.0125	0.0263	0.0291
m6=0.8068	8	0.0167	0.0260	0.0309

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----



检验结果：实验室 2 水平 1 为离群值经分析予以保留;实验室 4 水平 3 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

水平1实验室4最大值未见异常0.2330
 水平2实验室4最大值未见异常0.1667
 水平3实验室8最大值未见异常0.2150
 水平4实验室6最大值未见异常0.3358
 水平5实验室5最大值未见异常0.1532
 水平6实验室6最大值未见异常0.2141。

(4) 格拉布斯检验

-----第1次单侧检验-----

水平1 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平2 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平3 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平4 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平5 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平6 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101
 水平1 Max实验室=2检验值=2.3408结果:离群值 Min实验室=3检验值=0.8398 结果:未见

异常

水平2 Max实验室=5检验值=1.6734结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.4158 结果:未见异常

水平3 Max实验室=4检验值=1.9196结果:未见异常 Min实验室=6检验值=1.0494 结果:未见异常

水平4 Max实验室=5检验值=1.5043结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.5285 结果:未见异常

水平5 Max实验室=6检验值=1.3066结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.4298 结果:未见异常

水平6 Max实验室=3检验值=1.6096结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.6056 结果:未见异常。

实验室2水平1为离群值经分析予以删除。

-----第2次单侧检验-----

水平1 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708

水平2 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平3 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平4 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平5 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平6 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平1 Max实验室=6检验值=1.1420结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.4857 结果:未见异常

水平2 Max实验室=5检验值=1.6734结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.4158 结果:未见异常

水平3 Max实验室=4检验值=1.9196结果:未见异常 Min实验室=6检验值=1.0494 结果:未见异常

水平4 Max实验室=5检验值=1.5043结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.5285 结果:未见异常

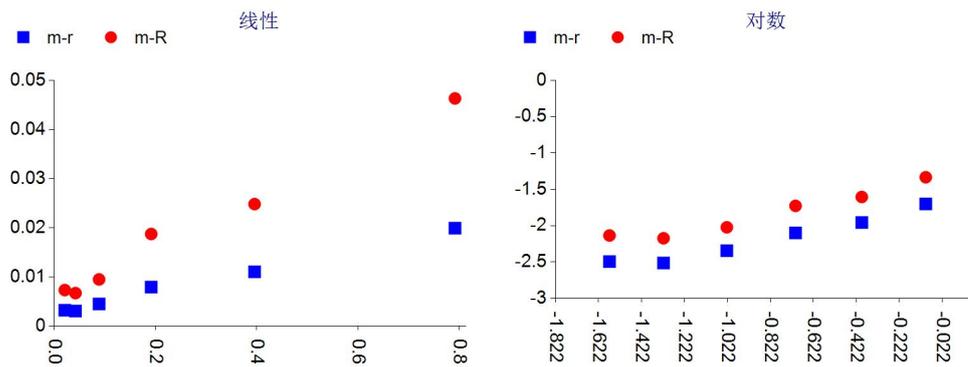
水平5 Max实验室=6检验值=1.3066结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.4298 结果:未见异常

水平6 Max实验室=3检验值=1.6096结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.6056 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0946	7	0.0045	0.0083	0.0095
m2=0.7977	8	0.0199	0.0418	0.0463
m3=0.0269	8	0.0032	0.0066	0.0073
m4=0.1976	8	0.0079	0.0170	0.0187
m5=0.4018	8	0.0110	0.0222	0.0248
m6=0.0480	8	0.0031	0.0060	0.0067

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.1507m$ 误差 $e=2.71797789458605$
 $r=0.0067+0.0639m$ 误差 $e=102.32324645629$
 $\lg r=-1.2557+0.56681\lg m$ 误差 $e=0.111559001387765$

-----R计算-----
 $R=0.3391m$ 误差 $e=2.54671967204353$
 $R=0.0146+0.1481m$ 误差 $e=113.541290480111$
 $\lg R=-0.8925+0.57931\lg m$ 误差 $e=0.164380998034143$

按照误差值最小选择得到如下结果:

$\lg r=-1.2557+0.56681\lg m$
 $\lg R=-0.8925+0.57931\lg m$

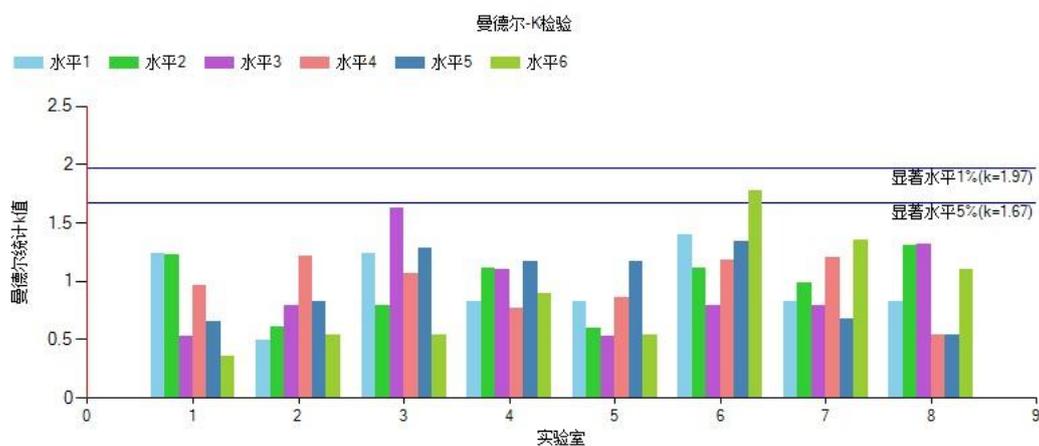
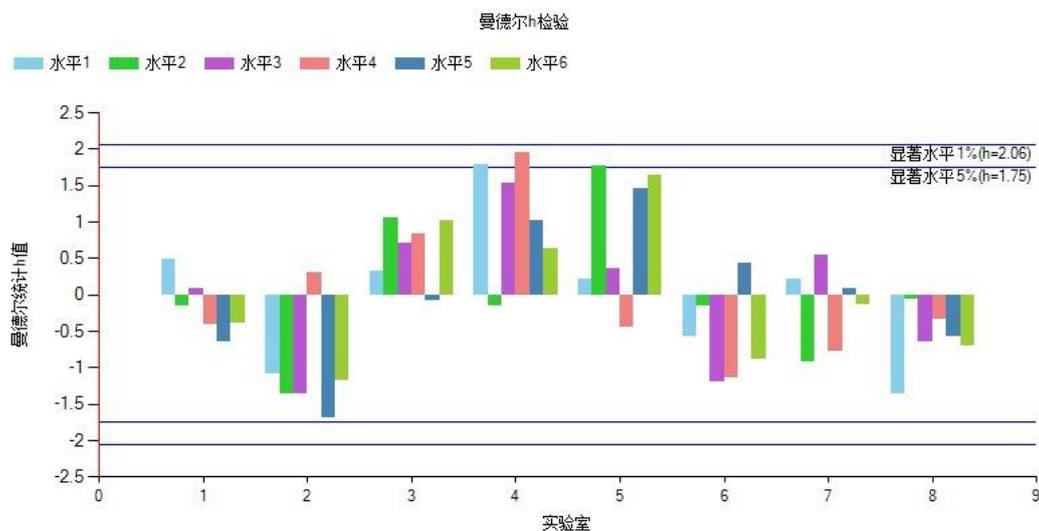
2.19 Cu 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.021	0.193	0.042	0.475	0.989	2.94
	0.024	0.196	0.041	0.479	0.978	2.93
	0.023	0.205	0.043	0.484	0.985	2.95
2	0.018	0.188	0.038	0.495	0.937	2.82
	0.019	0.182	0.037	0.503	0.928	2.83
	0.019	0.184	0.035	0.506	0.942	2.85
3	0.024	0.212	0.041	0.512	0.998	3.12
	0.022	0.207	0.045	0.522	1.01	3.15
	0.021	0.215	0.047	0.518	1.02	3.14
4	0.026	0.204	0.045	0.548	1.06	3.06
	0.025	0.197	0.048	0.553	1.05	3.11
	0.027	0.193	0.049	0.555	1.07	3.08
5	0.023	0.222	0.044	0.482	1.08	3.22
	0.021	0.216	0.042	0.474	1.07	3.24
	0.022	0.219	0.043	0.479	1.09	3.21
6	0.019	0.193	0.039	0.451	1.04	2.88

	0.022	0.204	0.037	0.457	1.04	2.92
	0.019	0.197	0.036	0.462	1.02	2.82
7	0.021	0.189	0.042	0.469	1.02	2.96
	0.023	0.195	0.045	0.462	1.02	3.02
	0.022	0.185	0.044	0.473	1.01	2.95
8	0.018	0.193	0.037	0.481	0.986	2.93
	0.019	0.198	0.039	0.484	0.992	2.89
	0.017	0.206	0.042	0.479	0.983	2.87

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 4 水平 4 为歧离值经分析予以保留;实验室 5 水平 2 为歧离值经分析予以保留;实验室 4 水平 1 为歧离值经分析予以保留;实验室 6 水平 6 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

水平 1 实验室 6 最大值未见异常 0.2460
 水平 2 实验室 8 最大值未见异常 0.2132
 水平 3 实验室 3 最大值未见异常 0.3312
 水平 4 实验室 2 最大值未见异常 0.1861
 水平 5 实验室 6 最大值未见异常 0.2242

水平 6 实验室 6 最大值未见异常 0.397。

(4) 格拉布斯检验

水平 1 Max 实验室=4 检验值=1.7865 结果:未见异常 Min 实验室=8 检验值=1.3632 结果:未见异常

水平 2 Max 实验室=5 检验值=1.7594 结果:未见异常 Min 实验室=2 检验值=1.3695 结果:未见异常

水平 3 Max 实验室=4 检验值=1.5280 结果:未见异常 Min 实验室=2 检验值=1.3643 结果:未见异常

水平 4 Max 实验室=4 检验值=1.9596 结果:未见异常 Min 实验室=6 检验值=1.1413 结果:未见异常

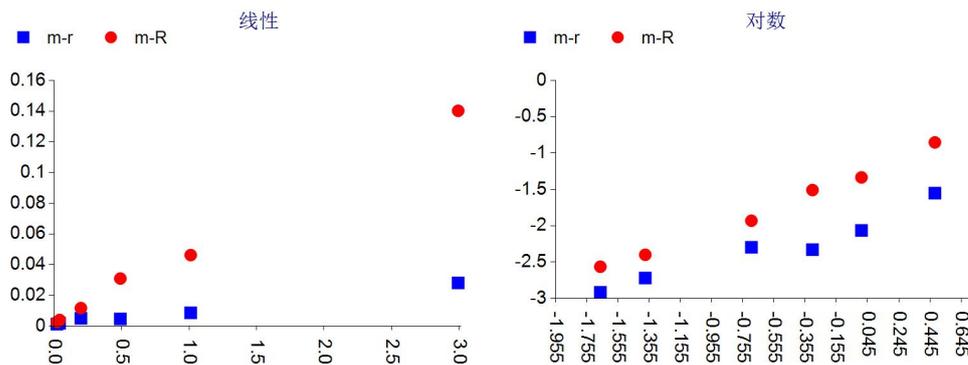
水平 5 Max 实验室=5 检验值=1.4601 结果:未见异常 Min 实验室=2 检验值=1.6964 结果:未见异常

水平 6 Max 实验室=5 检验值=1.645 结果:未见异常 Min 实验室=2 检验值=1.174 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0215	8	0.0012	0.0024	0.0027
m2=0.1997	8	0.0051	0.0106	0.0117
m3=0.0417	8	0.0019	0.0035	0.0040
m4=0.4918	8	0.0047	0.0306	0.0310
m5=1.0132	8	0.0086	0.0454	0.0462
m6=2.995	8	0.028	0.137	0.140

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.0722m$ 误差 $e=10.6596085119166$
 $r=0.0040+0.0249m$ 误差 $e=56.0249402272026$
 $lgr=-1.5263+0.5712lgm$ 误差 $e=0.448765153559155$
 -----R计算-----
 $R=0.2036m$ 误差 $e=0.978089356103377$

$$R=0.0050+0.1391m$$

$$\text{误差}e=440.715462731011$$

$$\lg R=-0.8441+0.7962\lg m$$

$$\text{误差}e=0.0923616331525279$$

按照误差值最小选择得到如下结果：

$$\lg r=-1.5263+0.5712\lg m$$

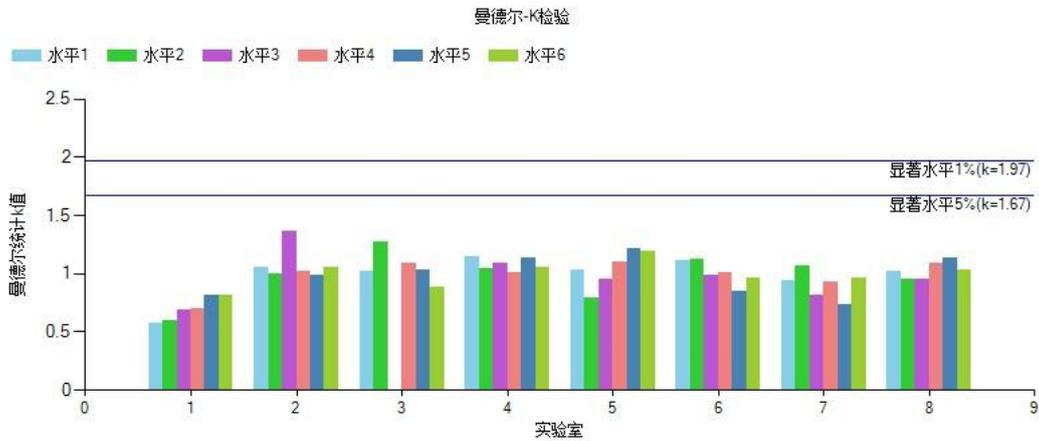
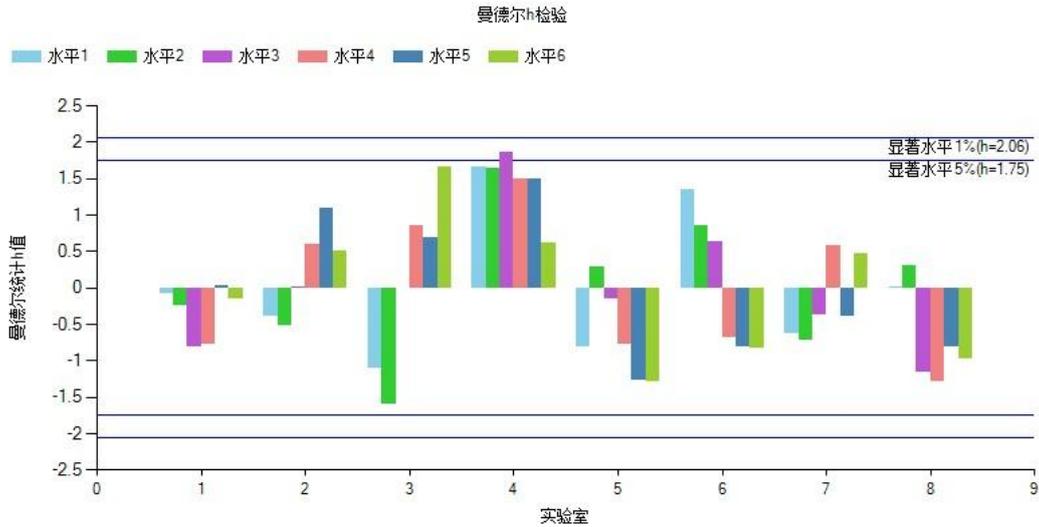
$$\lg R=-0.8441+0.7962\lg m$$

2.20 Bi 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.092	0.781	0.019	0.192	0.406	0.042
	0.096	0.792	0.024	0.183	0.386	0.049
	0.098	0.804	0.021	0.187	0.395	0.052
2	0.093	0.764	0.031	0.216	0.415	0.059
	0.085	0.802	0.021	0.203	0.439	0.064
	0.096	0.779	0.027	0.211	0.424	0.051
3	0.082	0.718	-0.124	0.207	0.426	0.082
	0.077	0.767	-0.091	0.221	0.401	0.071
	0.088	0.742	-0.073	0.214	0.417	0.077
4	0.124	0.885	0.038	0.231	0.452	0.061
	0.115	0.853	0.033	0.218	0.437	0.053
	0.112	0.848	0.041	0.225	0.424	0.066
5	0.081	0.798	0.029	0.181	0.344	0.022
	0.092	0.809	0.025	0.195	0.374	0.037
	0.085	0.828	0.022	0.186	0.358	0.029
6	0.119	0.855	0.033	0.195	0.382	0.043
	0.107	0.832	0.026	0.182	0.361	0.031
	0.114	0.812	0.031	0.189	0.372	0.036
7	0.087	0.755	0.027	0.204	0.393	0.057
	0.084	0.772	0.021	0.216	0.375	0.064
	0.094	0.796	0.024	0.209	0.384	0.052
8	0.091	0.828	0.016	0.172	0.371	0.041
	0.102	0.792	0.023	0.178	0.358	0.028
	0.096	0.817	0.019	0.186	0.386	0.034

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 4 水平 3 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平1实验室4最大值未见异常0.1640
- 水平2实验室3最大值未见异常0.2030
- 水平3实验室2最大值未见异常0.2668
- 水平4实验室5最大值未见异常0.1515
- 水平5实验室5最大值未见异常0.1850
- 水平6实验室5最大值未见异常0.1792。

(4) 格拉布斯检验

- 水平1 Max实验室=4检验值=1.6501结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.1060 结果:未见异常
- 水平2 Max实验室=4检验值=1.6423结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.5910 结果:未见异常
- 水平3 Max实验室=4检验值=1.8714结果:未见异常 Min实验室=8检验值=0.7331 结果:未见异常
- 水平4 Max实验室=4检验值=1.4946结果:未见异常 Min实验室=8检验值=1.2945 结果:未见异常
- 水平5 Max实验室=4检验值=1.4958结果:未见异常 Min实验室=5检验值=1.2733 结果:未

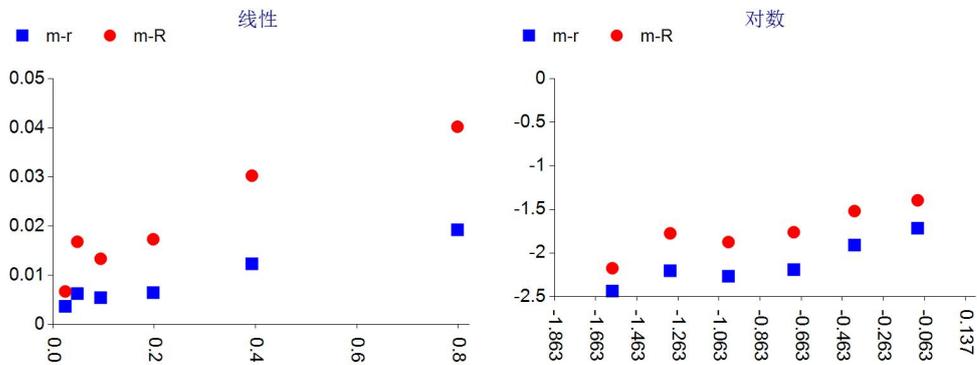
见异常

水平 6 Max 实验室=3 检验值=1.6650 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.2964 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0962	8	0.0054	0.0122	0.0133
m2=0.8012	8	0.0192	0.0353	0.0402
m3=0.0262	7	0.0037	0.0056	0.0067
m4=0.2001	8	0.0064	0.0161	0.0173
m5=0.3950	8	0.0123	0.0276	0.0303
m6=0.0501	8	0.0063	0.0156	0.0168

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.1906m$ 误差 $e=6.51636171378594$
 $r=0.0109+0.0532m$ 误差 $e=33.5394523272978$
 $\lg r=-1.3011+0.43791gm$ 误差 $e=0.249015256342262$

-----R计算-----
 $R=0.4399m$ 误差 $e=6.75843977446164$
 $R=0.0264+0.1247m$ 误差 $e=44.3026081304613$
 $\lg R=-0.9148+0.45681gm$ 误差 $e=0.228985713745866$

按照误差值最小选择得到如下结果:

$\lg r=-1.3011+0.43791gm$
 $\lg R=-0.9148+0.45681gm$

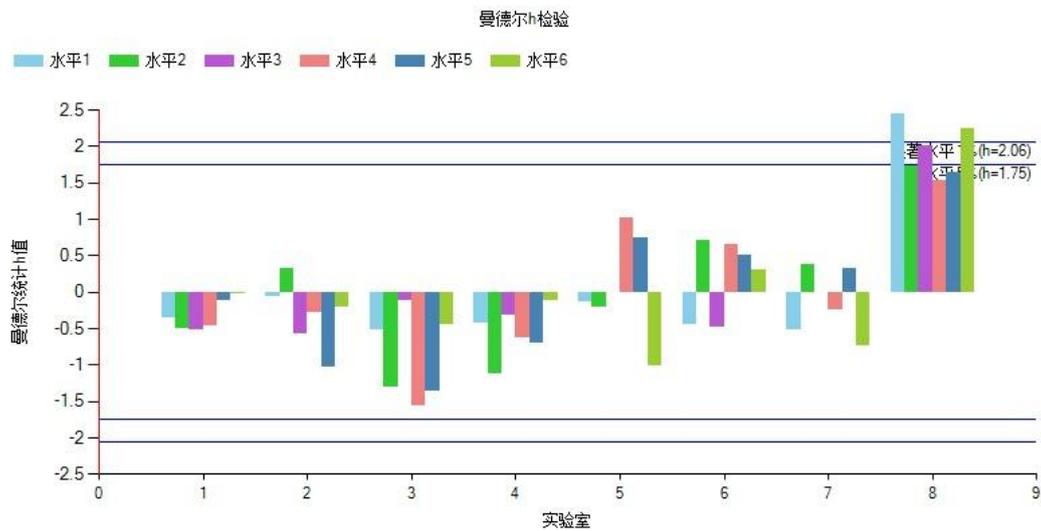
2.21 Pb 含量测定的精密度试验

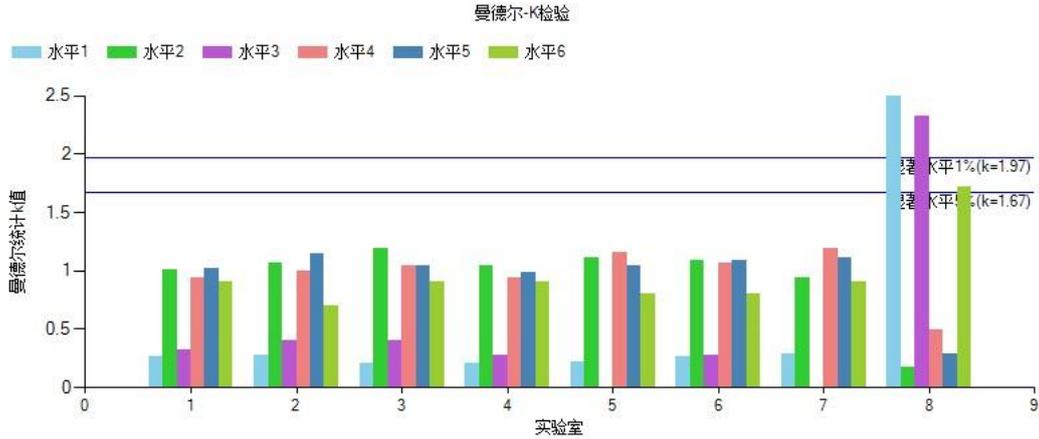
(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.085	0.788	0.017	0.192	0.382	0.047

	0.096	0.751	0.019	0.182	0.394	0.056
	0.088	0.732	0.022	0.199	0.413	0.051
2	0.095	0.815	0.015	0.205	0.346	0.048
	0.106	0.843	0.021	0.187	0.381	0.044
	0.104	0.783	0.017	0.194	0.365	0.041
3	0.079	0.672	0.035	0.156	0.337	0.032
	0.083	0.738	0.029	0.175	0.369	0.041
	0.088	0.693	0.031	0.164	0.352	0.037
4	0.082	0.745	0.025	0.179	0.392	0.052
	0.091	0.686	0.028	0.196	0.362	0.043
	0.087	0.712	0.024	0.186	0.373	0.047
5	0.095	0.785	-0.017	0.215	0.443	0.022
	0.104	0.742	-0.045	0.236	0.411	0.014
	0.098	0.803	-0.027	0.227	0.425	0.017
6	0.092	0.811	0.018	0.228	0.403	0.058
	0.081	0.836	0.021	0.209	0.436	0.066
	0.085	0.872	0.022	0.215	0.415	0.061
7	0.077	0.816	-0.142	0.208	0.428	0.027
	0.089	0.792	-0.207	0.187	0.394	0.022
	0.084	0.845	-0.188	0.193	0.413	0.031
8	0.152	0.915	0.081	0.243	0.462	0.124
	0.192	0.905	0.092	0.234	0.453	0.118
	0.267	0.909	0.116	0.238	0.458	0.135

(2) 曼德尔检验





检验结果：实验室 8 水平 1 为离群值经分析予以保留;实验室 8 水平 3 为歧离值经分析予以保留;实验室 8 水平 6 为离群值经分析予以保留;实验室 8 水平 1 为离群值经分析予以保留;实验室 8 水平 3 为离群值经分析予以保留;实验室 8 水平 6 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

第1检验结果.....

水平1实验室8最大值为离群值**0.9456

水平2实验室3最大值未见异常0.1782

水平3实验室8最大值为离群值**0.9033

水平4实验室7最大值未见异常0.1771

水平5实验室2最大值未见异常0.1628

水平6实验室8最大值未见异常0.3713。

实验室 8 水平 1 为离群值经分析予以删除；实验室 8 水平 3 为离群值经分析予以删除。

第2检验结果.....

水平1实验室7最大值未见异常0.1834

水平2实验室3最大值未见异常0.1782

水平3实验室3最大值未见异常0.2803

水平4实验室7最大值未见异常0.1771

水平5实验室2最大值未见异常0.1628

水平6实验室8最大值未见异常0.3713。

(4) 格拉布斯检验

-----第1次单侧检验-----

水平1 P=7 one1%=2.139 one5%=2.02 two1%=0.0308 two5%=0.0708

水平2 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平3 P=5 one1%=1.764 one5%=1.715 two1%=0.0018 two5%=0.009

水平4 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平5 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平6 P=8 one1%=2.274 one5%=2.126 two1%=0.0563 two5%=0.1101

水平1 Max实验室=2检验值=1.5724结果:未见异常 Min实验室=7检验值=0.8914 结果:未见异常

水平2 Max实验室=8检验值=1.7247结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.3134 结果:未见异常

水平3 Max实验室=3检验值=1.2110结果:未见异常 Min实验室=2检验值=0.8821 结果:未

见异常

水平4 Max实验室=8检验值=1.5338结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.5623 结果:未见异常

水平5 Max实验室=8检验值=1.6358结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.3566 结果:未见异常

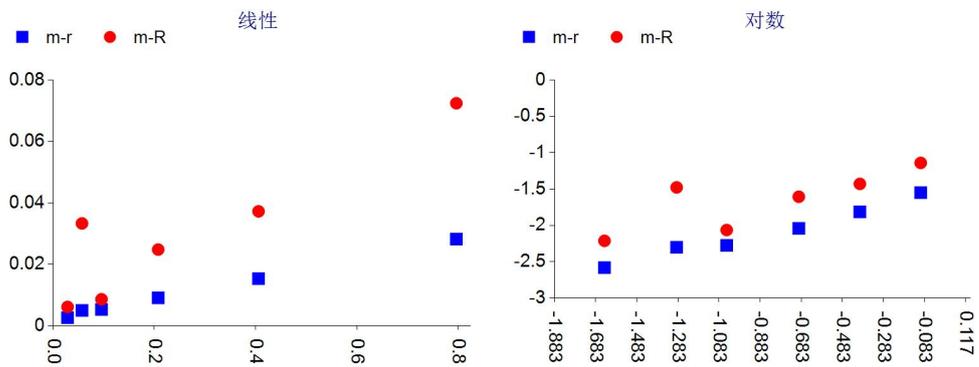
水平6 Max实验室=8检验值=2.2459结果:歧离值 Min实验室=5检验值=1.0198 结果:未见异常。

实验室 8 水平 6 为歧离值经分析予以保留。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0900	7	0.0053	0.0068	0.0086
m2=0.7912	8	0.0282	0.0667	0.0725
m3=0.0229	5	0.0026	0.0055	0.0061
m4=0.2020	8	0.0091	0.0231	0.0248
m5=0.4003	8	0.0153	0.0340	0.0373
m6=0.0514	8	0.0050	0.0329	0.0333

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.1816m$ 误差 $e=1.65526810805431$
 $r=0.0065+0.0941m$ 误差 $e=211.924370864938$
 $\lg r=-1.0943+0.64171gm$ 误差 $e=0.081116622960514$

-----R计算-----
 $R=0.6157m$ 误差 $e=6.58529926274676$
 $R=0.0339+0.1950m$ 误差 $e=165.978780372809$
 $\lg R=-0.7157+0.57081gm$ 误差 $e=1.55416268605904$

按照误差值最小选择得到如下结果:

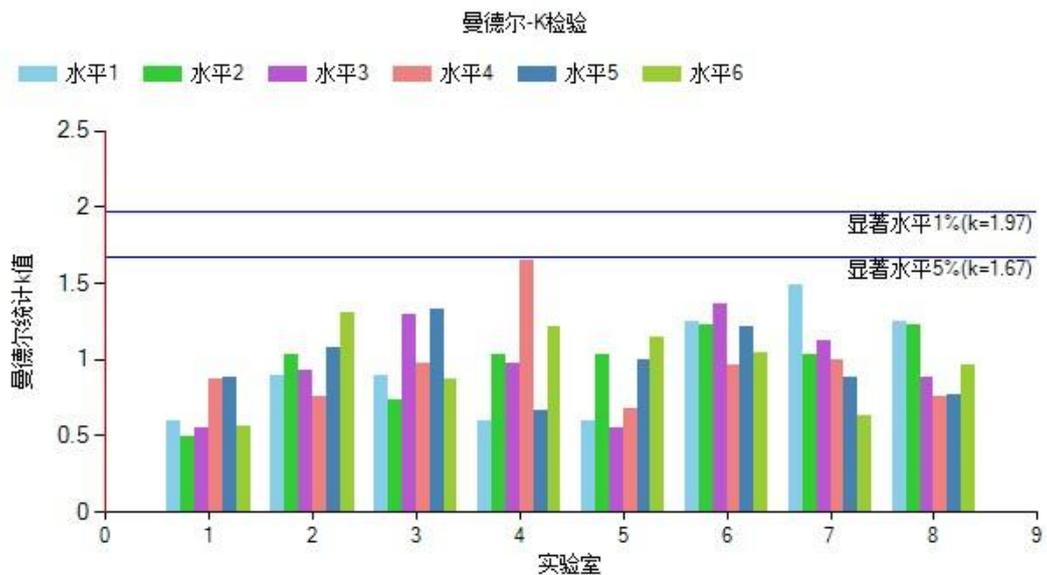
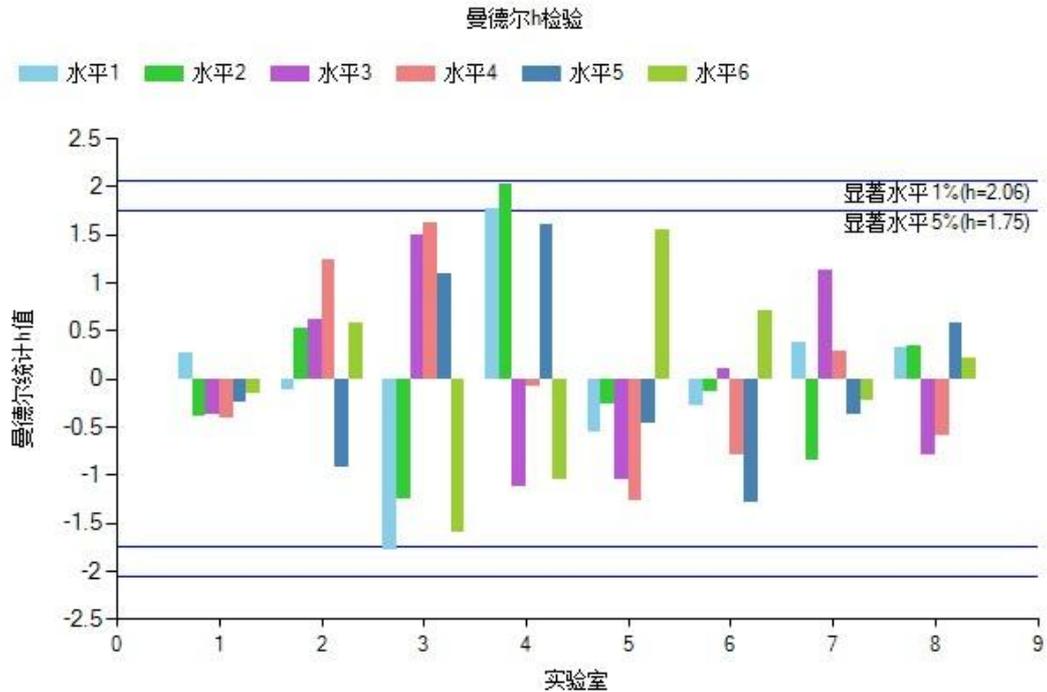
$\lg r=-1.0943+0.64171gm$
 $\lg R=-0.7157+0.57081gm$

2.22 Co 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.024	0.048	0.095	0.193	0.392	0.789
	0.022	0.049	0.092	0.197	0.388	0.794
	0.023	0.047	0.097	0.189	0.396	0.788
2	0.019	0.055	0.105	0.218	0.372	0.806
	0.021	0.052	0.099	0.214	0.381	0.815
	0.022	0.051	0.107	0.211	0.373	0.821
3	0.009	0.044	0.116	0.224	0.419	0.749
	0.012	0.042	0.105	0.219	0.425	0.744
	0.011	0.045	0.114	0.215	0.431	0.739
4	0.031	0.058	0.085	0.206	0.435	0.769
	0.033	0.061	0.086	0.194	0.441	0.761
	0.032	0.062	0.093	0.192	0.438	0.755
5	0.017	0.051	0.091	0.181	0.382	0.838
	0.019	0.048	0.089	0.179	0.391	0.851
	0.018	0.047	0.086	0.185	0.387	0.846
6	0.019	0.047	0.094	0.186	0.366	0.819
	0.022	0.049	0.106	0.193	0.361	0.824
	0.018	0.052	0.097	0.185	0.372	0.812
7	0.026	0.048	0.107	0.198	0.385	0.791
	0.021	0.045	0.114	0.207	0.393	0.784
	0.024	0.044	0.104	0.201	0.388	0.789
8	0.021	0.049	0.087	0.187	0.416	0.808
	0.025	0.052	0.095	0.194	0.409	0.797
	0.024	0.054	0.091	0.191	0.412	0.802

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 3 水平 1 为歧离值经分析予以保留；实验室 4 水平 1 为歧离值经分析予以保留；实验室 4 水平 2 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平1实验室7最大值未见异常0.2769
- 水平2实验室8最大值未见异常0.1872
- 水平3实验室6最大值未见异常0.2333
- 水平4实验室4最大值未见异常0.3425
- 水平5实验室3最大值未见异常0.2198
- 水平6实验室2最大值未见异常0.2137。

(4) 格拉布斯检验

水平1 Max实验室=4检验值=1.7644结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.7769 结果:未

见异常

水平2 Max实验室=4检验值=2.0252结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.2427 结果:未见异常

水平3 Max实验室=3检验值=1.4984结果:未见异常 Min实验室=4检验值=1.1200 结果:未见异常

水平4 Max实验室=3检验值=1.6190结果:未见异常 Min实验室=5检验值=1.2780 结果:未见异常

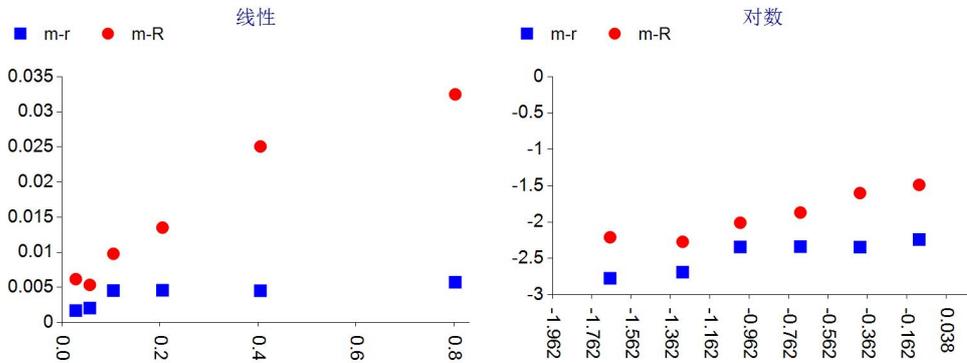
水平5 Max实验室=4检验值=1.6117结果:未见异常 Min实验室=6检验值=1.2800 结果:未见异常

水平6 Max实验室=5检验值=1.5411结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.6002 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0214	8	0.0017	0.0059	0.0062
m2=0.0500	8	0.0020	0.0049	0.0053
m3=0.0981	8	0.0045	0.0087	0.0098
m4=0.1983	8	0.0046	0.0127	0.0135
m5=0.3980	8	0.0045	0.0247	0.0251
m6=0.7954	8	0.0057	0.0320	0.0325

图形分析:



精密度计算结果分析:

```

-----r计算-----
r=0.0968m                    误差e=19.1805931774008
r=0.0067+0.0168m            误差e=11.4376743898844
lgr=-1.7124+0.3424lgm       误差e=0.19895318699945

-----R计算-----
R=0.3112m                    误差e=4.33689138692751
R=0.0133+0.1184m            误差e=99.825629974952
lgR=-1.0073+0.5256lgm       误差e=0.22631500933337
    
```

按照误差值最小选择得到如下结果:

$$\lg r = -1.7124 + 0.3424 \lg m$$

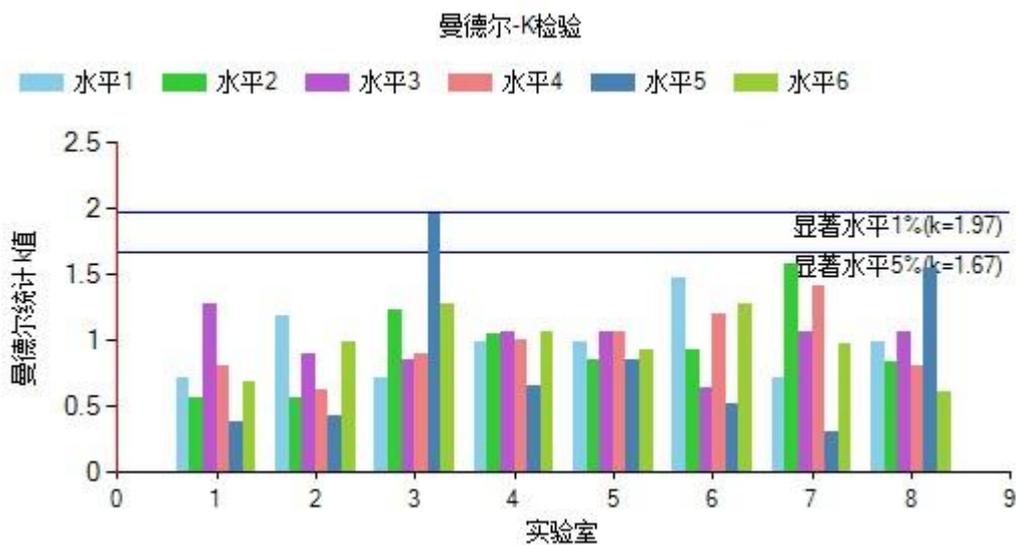
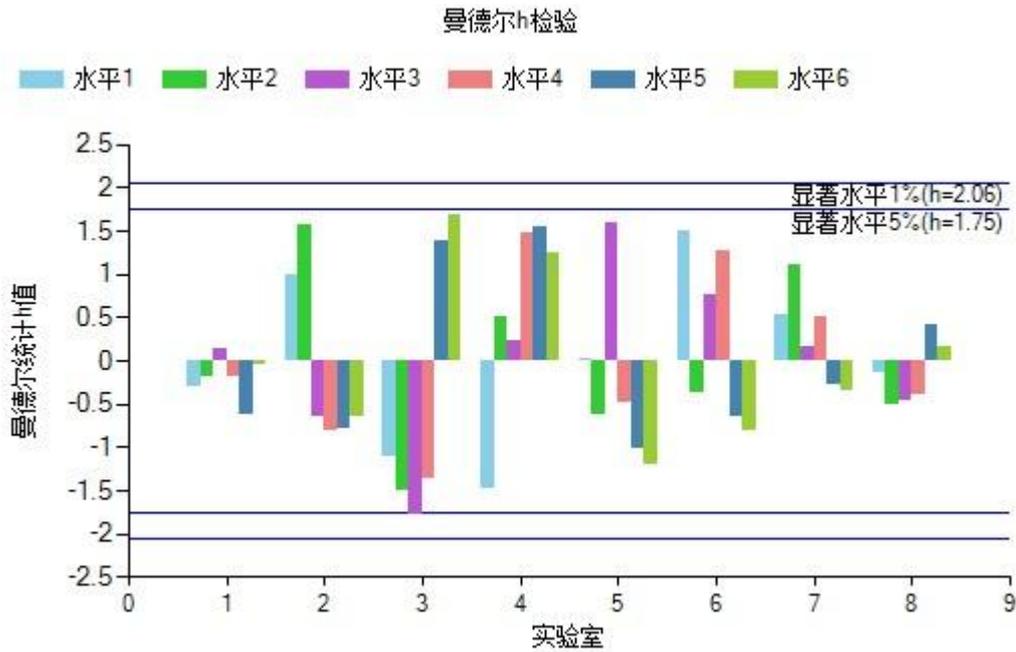
$$\lg R = -1.0073 + 0.5256 \lg m$$

2.23 Hf 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.018	0.194	0.038	2.89	0.928	0.482
	0.016	0.188	0.041	2.94	0.919	0.479
	0.019	0.191	0.044	2.97	0.932	0.488
2	0.024	0.208	0.036	2.83	0.907	0.462
	0.029	0.214	0.033	2.79	0.912	0.475
	0.026	0.211	0.037	2.85	0.922	0.467
3	0.014	0.169	0.029	2.68	1.06	0.535
	0.012	0.182	0.025	2.77	1.12	0.527
	0.011	0.177	0.027	2.72	1.12	0.518
4	0.009	0.205	0.039	3.18	1.1	0.517
	0.012	0.194	0.042	3.24	1.12	0.508
	0.008	0.198	0.044	3.28	1.12	0.522
5	0.019	0.182	0.054	2.94	0.892	0.452
	0.018	0.191	0.049	2.86	0.908	0.461
	0.022	0.185	0.052	2.84	0.878	0.449
6	0.027	0.194	0.047	3.14	0.916	0.465
	0.029	0.189	0.044	3.26	0.934	0.472
	0.033	0.184	0.046	3.19	0.925	0.455
7	0.023	0.196	0.039	3.07	0.962	0.476
	0.025	0.212	0.044	2.98	0.957	0.482
	0.022	0.209	0.041	3.12	0.951	0.469
8	0.017	0.192	0.037	2.86	1.04	0.489
	0.021	0.187	0.034	2.94	0.986	0.492
	0.018	0.183	0.039	2.89	1.02	0.484

(2) 曼德尔检验



检验结果：实验室 1 水平 1 为歧离值经分析予以保留;实验室 3 水平 5 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平 1 实验室 6 最大值未见异常 0.2681
- 水平 2 实验室 7 最大值未见异常 0.3120
- 水平 3 实验室 1 最大值未见异常 0.2015
- 水平 4 实验室 7 最大值未见异常 0.250
- 水平 5 实验室 3 最大值未见异常 0.4763
- 水平 6 实验室 6 最大值未见异常 0.2028。

(4) 格拉布斯检验

- 水平 1 Max 实验室=6 检验值=1.4914 结果:未见异常 Min 实验室=4 检验值=1.4840 结果:未见异常
- 水平 2 Max 实验室=2 检验值=1.5663 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.5006 结果:未见异常

果:未见异常

水平 3 Max 实验室=5 检验值=1.5876 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.7784 结果:未见异常

水平 4 Max 实验室=4 检验值=1.477 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.364 结果:未见异常

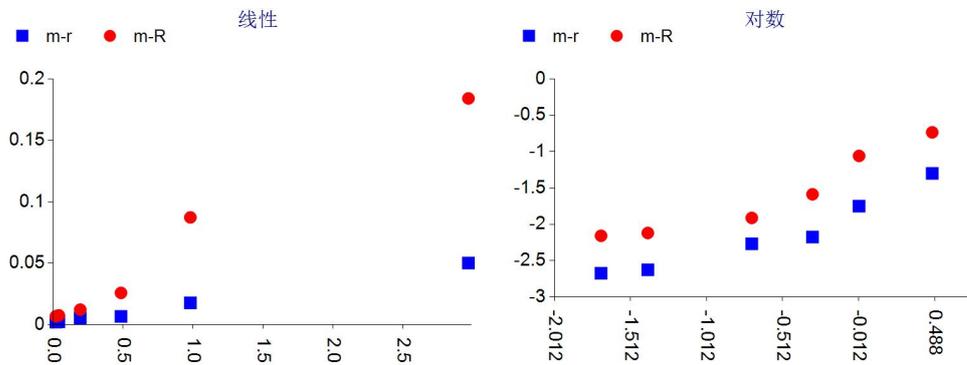
水平 5 Max 实验室=4 检验值=1.5440 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.0184 结果:未见异常

水平 6 Max 实验室=3 检验值=1.6727 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.2038 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0197	8	0.0021	0.0066	0.0069
m2=0.1931	8	0.0054	0.0110	0.0122
m3=0.0400	8	0.0024	0.0072	0.0076
m4=2.968	8	0.050	0.177	0.184
m5=0.9804	8	0.0177	0.0855	0.0873
m6=0.4844	8	0.0067	0.0250	0.0259

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.1135m$ 误差 $e=7.95427987815496$
 $r=0.0051+0.0423m$ 误差 $e=72.9747868798158$
 $\lg r=-1.3110+0.61271gm$ 误差 $e=0.663952782768095$
 -----R计算-----
 $R=0.3779m$ 误差 $e=5.72723396783009$
 $R=0.0144+0.1662m$ 误差 $e=122.085370705388$
 $\lg R=-0.7374+0.67191gm$ 误差 $e=1.14479976499544$

按照误差值最小选择得到如下结果:

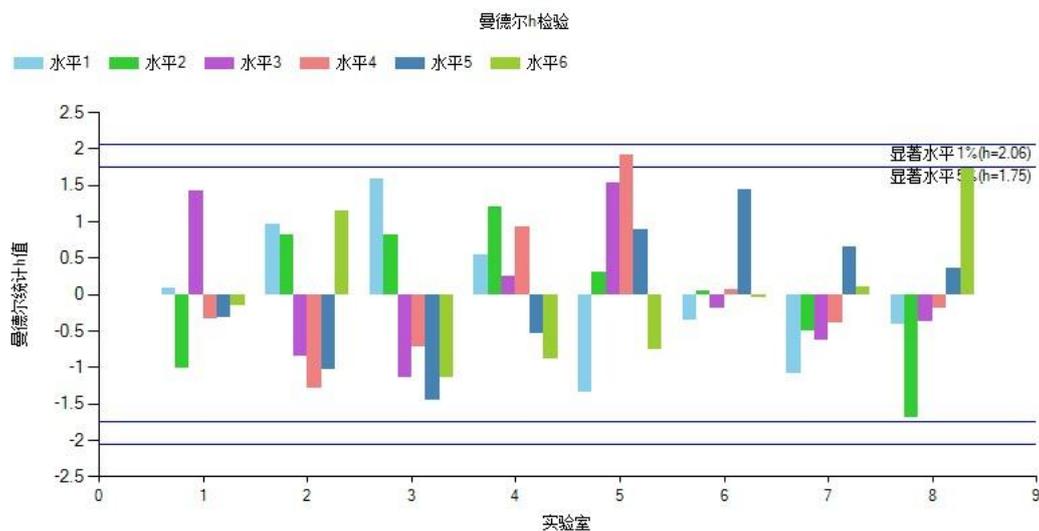
$\lg r=-1.3110+0.61271gm$
 $\lg R=-0.7374+0.67191gm$

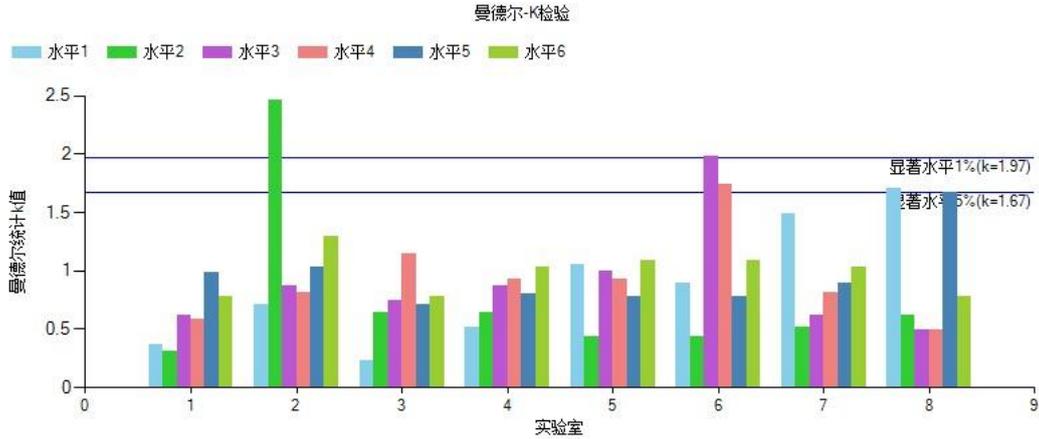
2.24 Zn 含量测定的精密度试验

(1) 原始数据

实验室	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
1	0.786	0.046	0.107	0.189	0.385	0.024
	0.792	0.044	0.109	0.194	0.392	0.021
	0.796	0.043	0.112	0.191	0.393	0.023
2	0.836	0.049	0.092	0.179	0.372	0.029
	0.817	0.055	0.089	0.182	0.378	0.032
	0.828	0.072	0.085	0.175	0.369	0.027
3	0.849	0.056	0.086	0.184	0.361	0.016
	0.855	0.062	0.083	0.183	0.367	0.019
	0.851	0.058	0.089	0.192	0.362	0.018
4	0.817	0.065	0.095	0.208	0.389	0.019
	0.809	0.061	0.099	0.212	0.382	0.017
	0.803	0.059	0.102	0.204	0.384	0.021
5	0.744	0.054	0.106	0.222	0.415	0.022
	0.738	0.057	0.114	0.217	0.422	0.018
	0.717	0.053	0.111	0.225	0.419	0.019
6	0.762	0.052	0.103	0.204	0.432	0.025
	0.771	0.051	0.094	0.197	0.428	0.021
	0.786	0.055	0.087	0.189	0.435	0.024
7	0.721	0.048	0.088	0.194	0.409	0.024
	0.759	0.051	0.093	0.187	0.417	0.022
	0.751	0.046	0.091	0.191	0.413	0.026
8	0.776	0.042	0.095	0.195	0.407	0.031
	0.791	0.039	0.091	0.194	0.413	0.034
	0.746	0.036	0.093	0.191	0.398	0.032

(2) 曼德尔检验





检验结果：实验室 5 水平 4 为歧离值经分析予以保留；实验室 2 水平 2 为离群值经分析予以保留；实验室 8 水平 1 为歧离值经分析予以保留；实验室 6 水平 3 为离群值经分析予以保留；实验室 6 水平 4 为歧离值经分析予以保留；实验室 8 水平 5 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

第1次检验结果：

水平1实验室8最大值未见异常0.3626

水平2实验室2最大值为离群值**0.7567

水平3实验室6最大值未见异常0.4923

水平4实验室6最大值未见异常0.3816

水平5实验室8最大值未见异常0.3505

水平 6 实验室 2 最大值未见异常 0.2096。

分析结果：实验室2水平2为离群值经分析予以删除。

第2次检验结果：

水平1实验室8最大值未见异常0.3626

水平2实验室4最大值未见异常0.2110

水平3实验室6最大值未见异常0.4923

水平4实验室6最大值未见异常0.3816

水平5实验室8最大值未见异常0.3505

水平6实验室2最大值未见异常0.2096。

(4) 格拉布斯检验

水平1 Max实验室=3检验值=1.5786结果:未见异常 Min实验室=5检验值=1.3423 结果:未见异常

水平2 Max实验室=4检验值=1.3012结果:未见异常 Min实验室=8检验值=1.2488 结果:未见异常

水平3 Max实验室=5检验值=1.5252结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.1460 结果:未见异常

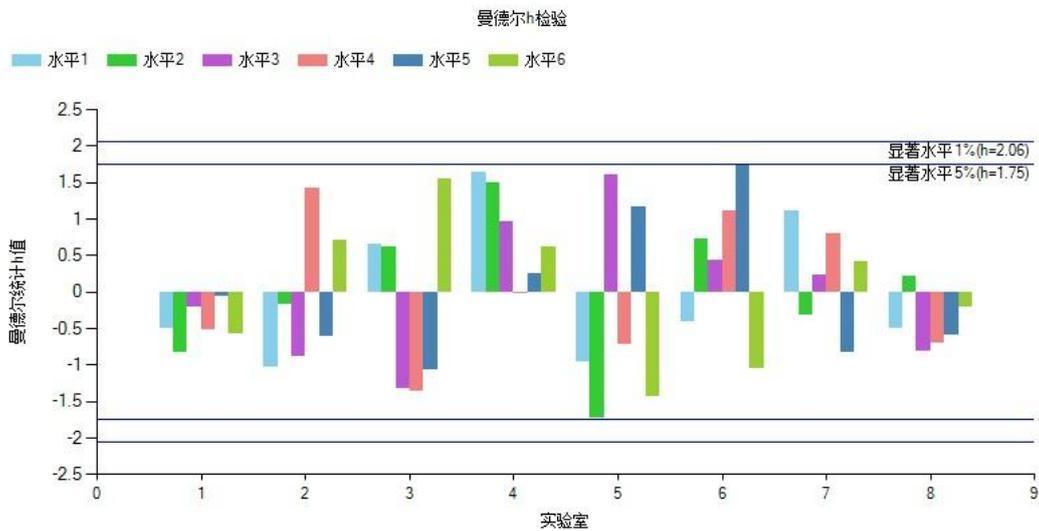
水平4 Max实验室=5检验值=1.9207结果:未见异常 Min实验室=2检验值=1.2864 结果:未见异常

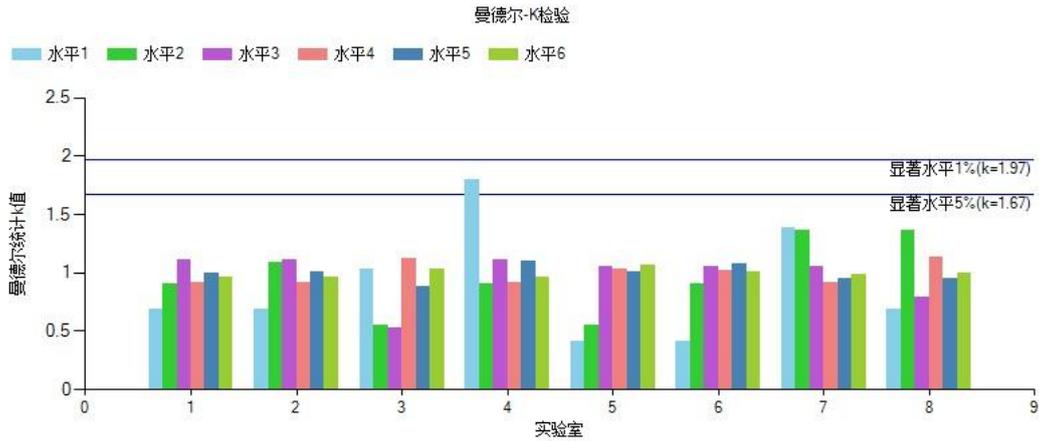
水平5 Max实验室=6检验值=1.4426结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.4500 结果:未见异常

水平6 Max实验室=8检验值=1.7337结果:未见异常 Min实验室=3检验值=1.1427 结果:未见异常。

	0.095	0.051	0.021	0.217	0.384	0.837
	0.096	0.049	0.022	0.221	0.391	0.825
3	0.102	0.051	0.017	0.176	0.368	0.854
	0.101	0.052	0.019	0.187	0.381	0.862
	0.104	0.052	0.018	0.182	0.375	0.838
4	0.109	0.053	0.028	0.205	0.408	0.823
	0.105	0.055	0.032	0.196	0.392	0.834
	0.104	0.054	0.029	0.201	0.402	0.811
5	0.096	0.046	0.035	0.192	0.419	0.746
	0.097	0.046	0.031	0.185	0.411	0.771
	0.096	0.045	0.033	0.195	0.426	0.762
6	0.098	0.051	0.029	0.212	0.438	0.772
	0.099	0.052	0.025	0.222	0.422	0.783
	0.098	0.053	0.027	0.216	0.429	0.759
7	0.102	0.051	0.024	0.208	0.379	0.806
	0.104	0.048	0.026	0.217	0.387	0.829
	0.106	0.049	0.028	0.212	0.373	0.814
8	0.098	0.052	0.022	0.185	0.377	0.811
	0.097	0.051	0.019	0.196	0.385	0.789
	0.099	0.049	0.021	0.192	0.391	0.792

(2) 曼德尔检验





检验结果：实验室 4 水平 1 为歧离值经分析予以保留。

(3) 科克伦检验

- 水平1实验室4最大值未见异常0.4041
- 水平2实验室8最大值未见异常0.2329
- 水平3实验室4最大值未见异常0.1548
- 水平4实验室8最大值未见异常0.1620
- 水平5实验室4最大值未见异常0.1501
- 水平6实验室5最大值未见异常0.1428。

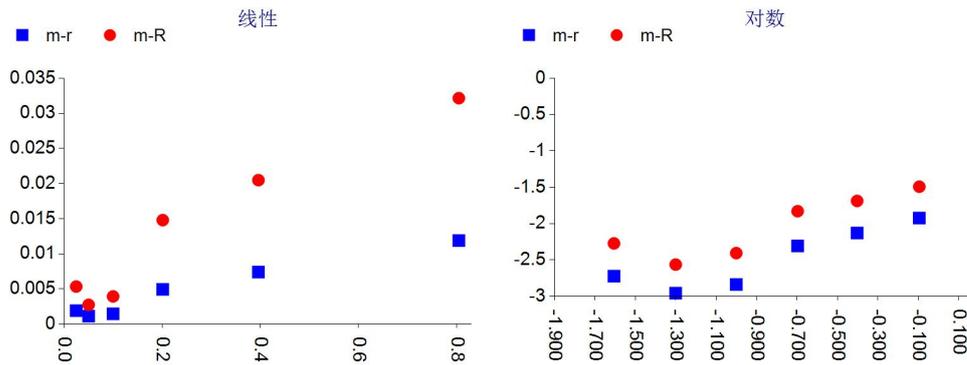
(4) 格拉布斯检验

- 水平 1 Max 实验室=4 检验值=1.6427 结果:未见异常 Min 实验室=2 检验值=1.0338 结果:未见异常
- 水平 2 Max 实验室=4 检验值=1.5019 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.7255 结果:未见异常
- 水平 3 Max 实验室=5 检验值=1.6080 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.3334 结果:未见异常
- 水平 4 Max 实验室=2 检验值=1.4253 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.3568 结果:未见异常
- 水平 5 Max 实验室=6 检验值=1.7332 结果:未见异常 Min 实验室=3 检验值=1.0767 结果:未见异常
- 水平 6 Max 实验室=3 检验值=1.5499 结果:未见异常 Min 实验室=5 检验值=1.4374 结果:未见异常。

(5) 总体平均值与方差计算

水平	有效个数	r	RL	R
m1=0.0999	8	0.0014	0.0036	0.0039
m2=0.0501	8	0.0011	0.0025	0.0027
m3=0.0248	8	0.0019	0.0050	0.0053
m4=0.2010	8	0.0049	0.0139	0.0148
m5=0.3958	8	0.0074	0.0191	0.0205
m6=0.8038	8	0.0119	0.0299	0.0322

图形分析:



精密度计算结果分析:

-----r计算-----
 $r=0.0795m$ 误差 $e=2.55183662131867$
 $r=0.0028+0.0394m$ 误差 $e=263.884978409562$
 $\lg r=-1.4697+0.6640\lg m$ 误差 $e=1.17440483195004$

-----R计算-----
 $R=0.2211m$ 误差 $e=2.85984096666385$
 $R=0.0078+0.1108m$ 误差 $e=313.649471544478$
 $\lg R=-1.0233+0.6733\lg m$ 误差 $e=1.41663241886325$

按照误差值最小选择得到如下结果:

$\lg r=-1.4697+0.6640\lg m$
 $\lg R=-1.0233+0.6733\lg m$

三、方法精密度表达

1、各元素精密度的函数式表达见表 3.1, 标准中各元素测定设计范围见表 3.2。

表 3.1 各元素精密度的函数式表达

元素	水平线性范围(质量分数)%	重复性限 r	再现性限 R
Fe	0.031~2.99	$\lg r=-1.371+0.698\lg m$	$\lg R=-0.976+0.642\lg m$
Si	0.079~0.800	$\lg r=-1.5194+0.3810\lg m$	$\lg R=-1.1792+0.4740\lg m$
Mn	0.020~2.98	$\lg r=-1.3662+0.5942\lg m$	$\lg R=-0.8110+0.7604\lg m$
Mo	0.055~29.76	$\lg r=-1.1378+0.6569\lg m$	$\lg R=-0.6832+0.5959\lg m$
B	0.022~0.809	$\lg r=-1.7723+0.3392\lg m$	$\lg R=-0.8281+0.5860\lg m$
Al	0.025~15.89	$\lg r=-1.1856+0.6181\lg m$	$\lg R=-0.7790+0.6063\lg m$
Sn	0.028~14.92	$\lg r=-1.255+0.512\lg m$	$R=0.051+0.056m$
Cr	0.017~14.91	$\lg r=-1.2733+0.6112\lg m$	$\lg R=-0.9113+0.6782\lg m$
V	0.020~29.83	$\lg r=-1.1950+0.5777\lg m$	$\lg R=-0.7808+0.5639\lg m$
Zr	0.030~14.94	$\lg r=-1.2058+0.4854\lg m$	$\lg R=-0.7218+0.5972\lg m$
Mg	0.022~0.794	$\lg r=-1.4125+0.5536\lg m$	$\lg R=-1.0840+0.4674\lg m$
Nb	0.043~30.08	$\lg r=-1.199+0.656\lg m$	$\lg R=-0.743+0.626\lg m$
Pd	0.023~0.780	$\lg r=-1.2432+0.6546\lg m$	$\lg R=-0.8253+0.7294\lg m$
Ni	0.028~0.885	$\lg r=-1.5747+0.5414\lg m$	$\lg R=-1.0871+0.5684\lg m$

Ta	0.023~0.801	$\lg r = -1.3478 + 0.52131 \lg m$	$\lg R = -0.9380 + 0.46071 \lg m$
W	0.024~0.791	$\lg r = -1.3137 + 0.60691 \lg m$	$\lg R = -0.9434 + 0.51911 \lg m$
Nd	0.032~0.807	$\lg r = -1.2175 + 0.59561 \lg m$	$\lg R = -1.0359 + 0.33001 \lg m$
Ru	0.027~0.798	$\lg r = -1.2557 + 0.56681 \lg m$	$\lg R = -0.8925 + 0.57931 \lg m$
Cu	0.022~3.00	$\lg r = -1.5263 + 0.57121 \lg m$	$\lg R = -0.8441 + 0.79621 \lg m$
Bi	0.026~0.801	$\lg r = -1.3011 + 0.43791 \lg m$	$\lg R = -0.9148 + 0.45681 \lg m$
Pb	0.023~0.791	$\lg r = -1.0943 + 0.64171 \lg m$	$\lg R = -0.7157 + 0.57081 \lg m$
Co	0.021~0.795	$\lg r = -1.7124 + 0.34241 \lg m$	$\lg R = -1.0073 + 0.52561 \lg m$
Hf	0.020~2.97	$\lg r = -1.3110 + 0.61271 \lg m$	$\lg R = -0.7374 + 0.67191 \lg m$
Zn	0.024~0.788	$\lg r = -1.5329 + 0.46811 \lg m$	$\lg R = -0.9364 + 0.56891 \lg m$
Y	0.025~0.804	$\lg r = -1.4697 + 0.66401 \lg m$	$\lg R = -1.0233 + 0.67331 \lg m$

表 3.2 标准中各元素测定设计范围 %

元素	测定范围 (质量分数) %	元素	测定范围 (质量分数) %
Fe	0.005~5.00	Ni	0.001~1.00
Si	0.005~1.00	Ta	0.005~1.00
Mn	0.001~5.00	W	0.005~1.00
Mo	0.005~40.00	Nd	0.005~1.00
B	0.001~1.00	Ru	0.005~1.00
Al	0.005~20.00	Cu	0.005~5.00
Sn	0.005~20.00	Bi	0.010~1.00
Cr	0.005~20.00	Pb	0.010~1.00
V	0.005~40.00	Co	0.005~1.00
Zr	0.005~20.00	Hf	0.005~5.00
Mg	0.001~1.00	Zn	0.001~1.00
Nb	0.005~50.00	Y	0.0005~1.00
Pd	0.005~1.00	—	—