

贵金属产品性能检验与质量评价标准综述

李 青, 方 卫*, 李楷中, 吴庆伟, 周世平, 罗英章

(贵研铂业股份有限公司 稀贵金属综合利用新技术国家重点实验室,

国家工业和信息化部工业(贵金属及再生贵金属)产品质量控制和技术评价实验室, 昆明 650106)

摘 要: 根据用途和组成的不同, 将贵金属产品分为纯金属、合金、化合物、催化剂和浆料 5 种类型。通过对一百余项贵金属产品标准及检测标准的归纳总结, 简要介绍了国内贵金属产品性能检验与质量评价方面现行的依据, 并对标准执行中常见的数据判定、杂质限量等问题进行了探讨。

关键词: 贵金属产品; 标准; 性能检验; 质量评价

中图分类号: TG146.3, T-652 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2016)04-0083-08

Review on the Standards for Performance Testing and Quality Evaluation of Precious Metal Products

LI Qing, FANG Wei*, LI Kaizhong, WU Qingwei, ZHOU Shiping, LUO Yingzhang

(State Key Laboratory of Advanced Technologies for Comprehensive Utilization of Platinum Metals, Sino-Platinum Metals Co. Ltd., Industry (Precious Metals and Precious Metals Regeneration) Product Quality Control and Technology Evaluation Laboratory of Ministry Industry and Information Technology of China, Kunming 650106, China)

Abstract: According to different applications and compositions, the precious metal products can be classified into 5 types: pure metals, alloys, compounds, catalysts and pastes. More than one hundred Chinese standards, including national standard (GB) and industry standard for these products, are summarized in the present review. The performance evaluation requirements and quality test methods are briefly introduced, and the data determination and impurity limit in the use of standard are also discussed.

Key words: precious metal products; standard; performance testing; quality evaluation

贵金属因具有优异的导电性、导热性、化学稳定性和延展性, 被制备成各种贵金属产品, 广泛应用于现代工业和高技术产业, 为国民经济及国防建设发挥了重要的促进作用。由于各种贵金属产品的使用领域要求不同, 对其产品性能评价与质量检验指标也不尽相同。在贵金属产品性能评价过程中, 常常出现一些令人迷惑和引起争议的问题, 影响到了贵金属产品质量的准确评价。

本文对每类贵金属产品的标准体系、评价指标及检验方法进行了系统梳理, 针对评价过程中出现的常见问题提出一些建议。供从事检测和质量控制工作的专业人员参考, 以期对贵金属产品性能评价

的准确性、客观性和公正性提供帮助。

1 贵金属产品的分类

根据用途及组成的不同, 贵金属产品可大致分为纯贵金属、贵金属合金材料、贵金属化合物、贵金属催化剂、贵金属浆料 5 大类。

1.1 纯贵金属

纯贵金属或高纯贵金属指主成分含量高于 99.9%、仅含有痕量或超痕量杂质的金属。它既是冶金生产的产品, 又是加工生产其它贵金属产品的原料, 其纯度(贵金属质量分数)常见范围为 99.9%~

收稿日期: 2016-03-30

第一作者: 李 青, 女, 高级工程师, 研究方向: 贵金属化学分析。E-mail: lq@ipm.com.cn

*通讯作者: 方 卫, 女, 正高级工程师, 研究方向: 贵金属化学分析。E-mail: fw930@ipm.com.cn

99.999%。用户根据最终加工产品的用途需求,选择使用不同纯度等级的贵金属原料。

1.2 贵金属合金材料

通常指由贵金属为主体或重要组成部分的各类二元及多元合金。与贵金属合金化的元素可以是其它金属元素、非金属元素或二者兼有。基于组分和含量的不同,贵金属合金材料牌号多达数百种。而且随着功能合金材料的研发,其种类仍在不断增加。

1.3 贵金属化合物

由贵金属元素与其它一种或一种以上元素形成的化合物。分为无机和有机两大类。贵金属无机化合物是合成制备很多贵金属催化剂材料的前驱体。而一些贵金属有机化合物可以作为制药、化工、石化等行业用的均相催化剂。

1.4 贵金属催化剂

指以贵金属为活性组分的一种能改变化学反应速度而本身又不参与产物反应的催化材料。其种类繁多,从结构上可大致分为合金催化剂、载体催化剂及均相催化剂 3 大类。

1) 贵金属合金催化剂:最具代表性的是硝酸工业中的 PtPdRh 三元或两元的合金催化网,其贵金属含量相对较高,如 PtRh₅、PtRh₁₀ 和 PtPdRh_{4-3.5}。

2) 贵金属载体催化剂:由贵金属单质或化合物形态负载在载体上制备得到的催化剂。用作此类催化剂的载体种类较多,有陶瓷、氧化铝、硅酸盐、分子筛、活性炭和聚合物等。其形状有小球、棒状、蜂窝状和粉末等。如:Pt/Al₂O₃、Pd/Al₂O₃、Pt/C、Pt/硅胶、Pd/C、Pd/硫酸钡、Pd/硅藻土、Ru/C、Ru-Pd/C 等。其中的铂、钯、铑等活性贵金属成分多以纳米颗粒形态存在。这类催化剂主要用于石油化学中的催化裂解、加氢,一氧化碳和有机合成以及废气净化等。催化剂中贵金属的含量一般为 $xx\text{ g/t} \sim x\%$ 。

3) 贵金属均相催化剂:是一类特殊结构的贵金属配合物,这类配合物与反应物处于均匀物相中,常用于氢化反应、羰基加成反应、酰氢化反应、烯烃氧化反应、C-C 合成反应等的催化,在精细化工和制药工业中有重要的应用。常见催化剂有乙酰丙酮三苯基铑、辛酸铑、二(三苯基膦)二氯化钯、醋酸铑、三(三苯基膦)二氯化钯等。催化剂中贵金属的含量一般为 $x\% \sim xx\%$ 。

1.5 贵金属浆料

是指由贵金属粉末或其氧化物粉末、有机或无机添加剂组成的浆状或膏状混合物,贵金属或其氧化物粉末可以是单金属的,也可以是多金属的。贵

金属浆料主要用于微电子技术领域。按其用途可分为导体浆料、介质浆料、电阻浆料、封装浆料、电极浆料、太阳能电池浆料几大类。

2 贵金属产品的性能检验与质量评价

2.1 纯贵金属产品的检验和评价

纯贵金属或高纯贵金属一般是指主成分含量高于 99.9%、仅含有痕量或超痕量杂质的金属。在其产品质量标准中,一般包含了产品的取样和制样、化学成分、外观质量的检验及对检验结果的判定。表 1 为我国 8 个纯贵金属的相关产品标准及相对应的贵金属纯度化学分析方法。

表 1 我国 8 个纯贵金属产品及对应的分析方法标准

Tab.1 Standards for products and corresponding analysis of 8 pure precious metals in China

No.	产品标准	分析方法
1	GB/T 25933-2010 高纯金	GB/T 25934.(1~3)-2010 高纯金化学分析方法
2	GB/T 4134-2015 金锭	GB/T 11066-2009.(1~10) 金化学分析方法
3	GB/T4135-2016 银	GB/T 11067.(1~6)-2006 银化学分析方法
4	YS/T 81-2006 高纯海绵铂	YS/T 365-2006 高纯铂中 杂质元素的发射光谱分析
5	GB/T1419-2015 海绵铂	YS/T361-2006 纯铂中 杂质元素的发射光谱分析
6	YS/T 82-2006 光谱分析用铂基体	
7	GB/T1420-2015 海绵钯	YS/T 362-2006 纯钯中杂 质元素的发射光谱分析
8	YS/T 83-2006 光谱分析用钯基体	
9	GB/T1421-2004 铑粉	YS/T 363-2006 纯铑中杂 质元素的发射光谱分析
10	YS/T 85-2006 光谱分析用铑基体	
11	GB/T 1422-2004 铱粉	YS/T 364-2006 纯铱中杂 质元素的发射光谱分析
12	YS/T 84-2006 光谱分析用铱基体	
13	YS/T 681-2008 钨粉	GB/T 23613-2009 钨粉化学分析方法
14	YS/T 682-2008 钨粉	GB/T 23275-2009 钨粉化学分析方法

在以上产品标准中,对纯贵金属的化学成分要

求, 需控制的杂质元素少的有五、六个, 多的甚至有十几、二十几个; 除了对单个元素的含量有要求之外, 对杂质元素的总量也有限制。特别值得一提的是: 纯贵金属产品纯度判定是采用差减法进行, 即用 100% 减去规定的杂质元素测定总量得到, 因此判定标准只适用于主体元素含量已明确大于或等于 99.9% 的情况。否则容易出现错判或误判。例如: 某金属银, 根据 GB/T4135-2002 取样测定, 8 个杂质元素含量分别为 Cu 0.0012%、Bi 0.00043%、Fe 0.00058%、Pb 0.00080%、Sb 0.00059%、Pd 0.00062%、Se<0.0005%、Te<0.0005%, 杂质总和为 0.0053%, Ag 差减量 100%-0.0053%≈99.995%。无论是单个元素还是 8 个杂质元素总和均符合 IC-Ag 99.99 要求。但经测定该样品银含量仅 99.79%, 达不到 IC-Ag 99.9 的要求, 可能其中的非金属元素如硫、氧等非必测元素含量较高。因此, 如果不直接测定主体银含量就匆忙下结论说该金属银为 IC-Ag 99.99, 会导致误判。

2.2 贵金属合金产品的检验和评价

贵金属合金材料由于独特的物理、化学性质, 常作为精密合金材料在高端制造业中被广泛使用, 如作为高可靠电接触材料、精密电阻材料、电阻应变材料、钎料、镀层材料和复合材料等。这些用途对贵金属产品质量要求更高, 检验精度要求也高于其它普通合金材料。贵金属合金材料按组成为金基、银基、铂基和钯基等品种, 还可按形态分为板、棒、管、片、带、丝、箔、钎料等。其产品标准一般是以形态分类建立^[1-19]。产品检测验收指标^[20-31]包含了产品的化学成分、力学性能、外形和尺寸(直径、厚度、宽度、长度等)、表面状况(如粗糙度)、外观质量(如清洁性、溅散性)等。有的合金产品由于用途不同, 还有对硬度、密度、延伸率及电阻率及内部组织状况等有相关的规定。对于贵金属带材, 还有对侧边弯曲度及复层结合牢度的指标要求。也建有相关的检测标准方法。

贵金属合金中化学成分的检验一般是对主要成分和杂质成分进行分析检测。普通用途合金成分中主成分元素一般不检测, 而是通过检测其它元素, 用 100% 减去其它元素总和的余量作为主元素含量。但特殊用途的精密贵金属合金需要进行全元素检测。对于多元合金, 现有的化学成分检测方法一般是一个元素一个方法, 如果检测方法不够精准或者是合金中元素出现偏析的话, 容易出现各元素含量之和远低于或超过 100% 的情况。因此, 首先要对

涉及到检测方法的不确定度进行充分的评估, 找出最大偏差来源, 以判断原因是取样问题还是测定问题。由于大多数合金或多或少都存在一定的偏析, 各组分元素分布均匀性有差异, 取样检验的代表性是一个重要因素, 因此对于第一次及二次取样都应关注并有所侧重。对于“超百”这个问题, 国外有一种比较科学的做法是: 在确认合金材料纯度较高的情况下, 各组成元素含量的总和必然是 100%, 通过测定出合金中各元素含量比, 再按比例计算出各元素含量, 避免了“超百”现象的发生。此方法多用于二元合金。由于 ICP-AES 可以对所有合金成分元素进行同时测定, 应用元素含量比值可扣除仪器波动及稀释等系统误差, 获得的数据相对客观, 因此, 此方法有一定的合理性。

2.3 贵金属化合物产品的检验和评价

贵金属化合物(无机和有机)的产品标准规定的检验指标^[32-49]一般有外观、化学成分、溶解实验等, 有些对水不溶物、阴离子、pH、澄清度、氯化物、硫酸盐的限值进行了规定^[32], 某些氯化物产品中规定了硝酸盐、硝酸可溶物的限值^[33-34]及盐酸含量范围及测定方法^[35]。

总体而言, 目前对贵金属化合物质量的检验指标^[36-49]以外观、化学成分、溶解实验为主, 其余指标因贵金属化合物用途需求而异。对于贵金属化合物化学成分测定, 所建立的检测标准无论是数量上还是种类上均还不能满足国内需求, 很多还是参考贵金属合金的检测标准。随着贵金属化合物产品用途扩大, 为适应不同行业需求, 相信下一步在贵金属化合物产品和检测标准制修订会扩展种类并增加一些诸如阴离子、非金属杂质元素等方面的指标。此外, 现有的贵金属化合物产品的性能检验与质量评价体系还未涉及到化合物状态方面的分析评价内容, 预计将来随着化合物应用的差异化需求, 也会对此提出要求。需要注意的是, 一些以溶液形式提供的贵金属化合物产品, 对其中的贵金属含量测定结果表示方法应予关注。特别是高浓度高粘度溶液, 测定中按移取溶液体积进行测定计算的方式往往误差较大, 如果采用称重法移取溶液进行测定计算的方式则更可靠。因此, 用质量浓度表示的结果相对准确。

2.4 贵金属催化剂产品的检验和评价

贵金属催化剂产品有不同的形态, 因此其检验与评价方法种类较多: 合金网状催化剂产品的检验评价与贵金属合金产品要求一致; 均相催化剂产品

的检验评价与贵金属化合物的要求一致;贵金属载体催化剂产品的检验评价则根据不同的产品用途分类而有所差异。

机动车尾气净化催化剂是用量较大的贵金属催化剂产品,其质量标准^[50-53]中对载体的形状(截面尺寸、高度、孔数)、催化性能(转化效率、起燃温度、空燃比特性、快速老化试验、整车催化性能、耐久性、寿命等)、物理性能(抗压强度、热膨胀系数、转化温度、产品涂层脱落率等)、外观(边裂纹、边棱缺损)等提出了相关要求。由于机动车尾气净化催化剂用途的特殊性,涉及到汽油车、柴油车、摩托车甚至天然气车,检测技术领域广泛,对催化剂产品的检验评价体系^[54-61]比较复杂,在此不再详述。

炭载类贵金属催化剂广泛应用于医药、香料、染料等精细化工合成。目前国内已有钯炭和钌炭产品的国家标准^[62-63],主要对钯和钌含量、比表面积、灰份、含水量、杂质元素(铁、铅、铜)等指标进行检验和评价^[64-67]。其它产品尚未形成相关标准。

对于其它主要以氧化铝、硅胶、分子筛、硫酸钡、硅藻土等为载体的贵金属载体催化剂,除了石化用重整催化剂建立了部分检测标准外^[68-74],其余的可能由于使用范围较窄,目前都没有形成相关国家或行业标准,尚无系统的评价指标。

2.5 贵金属浆料的评价和检验

贵金属浆料分类非常多,由于产品与国际接轨较早,产品标准化体系建立比较完善、操作性强。不管是导体浆料、介质浆料、电阻浆料、包封浆料、电极浆料、太阳能电池浆料,都建立了相关的产品行业标准^[75-87]。涉及的检测方法也比较完善^[88-99]。

贵金属浆料产品的性能检测指标一般有固体含量、细度、附着力、粘度、分辨率、可焊性、耐焊性。有部分产品还包含了诸如电阻值、电阻温度系数、动噪声、接触电阻变化、机械耐磨性、介电常数、损耗因素、绝缘电阻、击穿电压、通孔分辨率、膜硬度、膜厚度等指标。

此外,作为制备贵金属浆料的主要原料的各种贵金属粉体材料,均建立了产品质量标准^[100-106]。从影响浆料性能的粉体的粒径、比表面积、松装密度、振实密度、烧损率等因素进行了规范,保证了贵金属浆料产品质量的稳定性。

3 执行贵金属产品检验和评价标准的讨论

在获得贵金属产品各项指标的检验结果后,应

逐一对照产品标准进行评价。但在此过程中,以下问题应予以关注。

3.1 数据修约问题

有部分从事产品评价与检验工作的人员对数据修约问题认识不很清楚,特别是对全数值比较法和修约值比较法没有概念,往往出现误判。这就要求对产品进行判定的人员必须充分理解《数字修约规则与极限数值的表示和判定》^[107]。在此标准中,对测定值或其计算值与标准规定的极限数值进行比较的方法有全数值比较法和修约值比较法^[108]。全数值比较法是将测试所得的测定值或计算值不经修约处理(或虽经修约处理,但应标明它是经舍、进或未进未舍而得),用该数值与标准规定的极限数值作比较,只要超出极限数值规定的范围(不论超出程度大小),都判定为不符合。而修约值比较法是将测定值或其计算值进行修约,修约数位应与规定的极限数值数位一致。当测试或计算精度允许时,应先将获得的数值按指定的修约数位多一位或几位报出,然后按 GB/T 8170-2008 中 3.2 的程序修约至规定的数位。将修约后的数值与规定的极限数值作比较,只要超出极限数值规定的范围(不论超出程度大小),都判定为不符合要求。对同样的极限数值,若它本身符合要求,则全数值比较法比修约值比较法严格。如海绵铂产品标准中对 Pb 元素的要求是不大于 0.002%,而检测得到的 Pb 元素含量为 0.0021%时,有人说海绵铂达不到 99.99%,有人说达到 99.99%,为此争执不断。实际上,这个问题涉及到是采用全数值比较法和修约值比较法。在这种情况下,按全数字比较法是达不到的,但按修约值比较法是达到的。因此,双方需要进行事先约定以避免争执的产生。由于检测结果的表达涉及到产品质量的评价,因此对检测数据的修约一定要十分慎重。

3.2 检测数据靠近产品指标限定值情况

任何检测方法都是有误差的,永远都不可能求得“真值”,因此检测数据准确的表述应该是个范围,即“平均值+不确定度”。不确定度的值越小,表明越接近“真值”,方法越精确。在检测数据靠近产品限定值(极限数值)的情况下的评价就更需要谨慎。评价人首先要对检测方法的不确定度范围有清醒的了解后再进行评价。在有的方法无法给出不确定度的情况下,需要对检测数据可靠性进行复核,复核应选择更加可靠的检测方法,缩小检测数据分散区域,确保数据的准确性和再现性,这样才能更客观的对产品质量进行评价。

3.3 杂质元素总量限值问题

在贵金属产品纯度检测中, 常常遇到杂质元素总量限值问题。主要是大家对于杂质元素总量中所指杂质元素的种类定义不清楚。常规的认为是指产品标准中所列出的化学成分表中的所有杂质元素总量, 但有的人认为是检测出来的有可靠值的不限于列表中的所有元素总量。后者举例的反驳依据是: 以海绵钯的检测为例, 其产品标准中表1所列的19个杂质元素测定值都满足牌号 SM-Pd99.99 要求情况下, 如果发现表1中未列入的钠元素检测含量为0.051%, 如果仅考虑表1中元素, 此钯就会被判为SM-Pd99.99 合格。但考虑到Na量0.051%, 以及可能共存的氯元素, 实际就达不到99.99%纯度。这种想法也不是没有道理, 但不可能每次检测都会将周期表上的所有元素都检测到。该海绵钯严格意义上来说钯量确实达不到99.99%, 但由于产品标准制订的漏洞, 让它可能按 SM-Pd99.99 成交了。这也给产品标准的制订者们提了个醒: 即使产品标准中常常有“所需测定杂质元素包括但不限于表中所列杂质元素”这句套话, 但在制订标准的时候, 也需要对进行控制的元素种类和限量方面收集大量的证据谨慎选择以更客观公正。

3.4 贵金属产品标准制订适应性问题

在纯贵金属产品的标准及检测方法中, 目前比较关注金属类的杂质元素而忽视非金属类的杂质元素, 基本上都没有对阴离子杂质进行限定。严格意义上来说, 一些活泼金属元素不可能单独存在于产品中, 一定是与阴离子杂质元素相伴相生。阴离子杂质元素的存在也影响到对产品纯度的判定和某些产品的用途。因此, 对于今后纯贵金属产品标准的制修订工作, 建议应该在此方面给予足够的关注和重视。

4 结语

本文根据用途和组成的不同, 将贵金属产品分为纯金属、合金、化合物、催化剂和浆料5类。将贵金属产品的主要性能检测和质量评价的国内标准(包括国家标准和行业标准)分类描述, 介绍了这些标准中主要检验指标及相应的成分分析和性能检验方法, 并对标准执行中常遇到的数据修约、杂质限量判定和标准制定的适应性问题进行分析并提出了参考建议。

参考文献:

- [1] 昆明贵金属研究所. 航空航天用贵金属合金窄薄带材规范: GJB 2508-1995[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 1995.
- [2] 昆明贵金属研究所. 贵金属及其合金钎料: GB/T 18762-2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [3] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属及其合金板、带材: YS/T 201-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [4] 贵研铂业股份有限公司. 金锡合金钎料规范: GJB 6468-2008[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 2008.
- [5] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属及其合金复合钎料规范: GJB 6469-2008[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 2008.
- [6] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属及其合金板、片、带材规范: GJB 953A-2008[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 2008.
- [7] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属及其合金复合带材: GB/T 15159-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [8] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属及其合金箔材: YS/T 202-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [9] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属及其合金丝线、线、棒材: YS/T 203-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [10] 贵研铂业股份有限公司. 铱坩埚: YS/T 564-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [11] 贵研铂业股份有限公司. 工业热电偶用贵金属丝材: YS/T378-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [12] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属及其合金异型丝材: GB/T 23516-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [13] 昆明贵金属研究所, 贵研铂业股份有限公司. 表面喷涂用特种导电涂料: GB/T26004-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [14] 昆明贵金属研究所, 贵研铂业股份有限公司. 电接触银镍稀土材料: GB/T 26010-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [15] 贵研铂业股份有限公司. 限流熔断器用银及银合金丝、带材: GB/T 26041-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [16] 重庆川仪自动化股份有限公司金属材料分公司, 重庆仪表材料研究所, 贵研铂业股份有限公司. 银、银合金/铜、铜合金复合带材: GB/T 26330-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

- [17] 贵研铂业股份有限公司. 标准热电偶用铂铑 10-铂偶丝: YS/T377-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [18] 贵研铂业股份有限公司. 物理纯铂丝材: YS/T376-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [19] 重庆仪表材料研究所, 贵研铂业股份有限公司, 宁波奥崎自动化仪表设备有限公司, 等. 铂铑 10-铂热电偶丝、铂铑 13-铂热电偶丝、铂铑 30-铂铑 6 热电偶丝: GB/T1598-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [20] 中国有色金属工业总公司昆明贵金属研究所. 贵金属及其合金材料电阻系数测试方法: GB/T 1424-1996[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [21] 机械工业部桂林电器科学研究所. 电触头材料基本性能试验方法: GB/T 5586-1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [22] 抚顺特殊钢(集团)有限责任公司. 金属平均晶粒度测定方法: GB/T 6394-2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [23] 武汉材料保护研究所, 宁波永新光学股份有限公司. 金属和氧化物覆盖层 厚度测量显微镜法: GB/T 6462-2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [24] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属及其合金材料几何尺寸测量方法: GB/T 15077-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [25] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属电触点材料接触电阻的测量方法: GB/T 15078-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [26] 贵研铂业股份有限公司. 铂铑热电偶细丝的热电动势测量方法: GB/T 18036-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [27] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属及其合金对铂、对铜热电动势的测量方法: GB/T 19198-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [28] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属及其合金微量元素分析方法 第 1 部分: 电感耦合等离子体原子发射光谱法测定金及合金、银及银合金、钯合金中微量铅、铋、铟、铁: GJB 950.1A-2008[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 2008.
- [29] 北京航空材料研究院. 贵金属及其合金微量元素分析方法 第 2 部分: 电感耦合等离子体原子发射光谱法测定铂及铂合金、钯合金中微量金、铁: GJB 950[1].2A-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [30] 北京航空材料研究院. 贵金属及其合金微量元素分析方法 第 3 部分: 电感耦合等离子体原子发射 光谱法测定铂合金中微量钯、铑: GJB 950[1].3A-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [31] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属合金元素分析方法: YS/T 372.01~372.22-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [32] 上海试四赫维化工有限公司, 上海申博化工有限公司. 化学试剂 硝酸银: GBT 670-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [33] 贵研铂业股份有限公司. 氯铂酸: GB/T26298-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [34] 贵研铂业股份有限公司. 氯化钯: GB 8185-2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [35] 锦西化工研究院, 南京东锐铂业有限公司. 电解槽金属阳极涂层用三氯化钨: HGT 3679-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [36] 贵研铂业股份有限公司. 水合三氯化铑: YS/T 593-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [37] 贵研铂业股份有限公司. 氯铱酸: YS/T595-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [38] 贵研铂业股份有限公司, 昆明贵研催化剂有限责任公司. 硝酸铑: YS/T 594-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [39] 贵研铂业股份有限公司. 二亚硝基二氨铂: YS/T 596-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [40] 贵研铂业股份有限公司. 电镀用氰化亚金钾: YST 592-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [41] 有研亿金新材料股份有限公司, 北京有色金属研究总院, 贵研铂业股份有限公司. 氯亚铂酸钾: YS/T 657-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [42] 有研亿金新材料股份有限公司, 北京有色金属研究总院, 贵研铂业股份有限公司. 水合三氯化铱: YS/T 643-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [43] 贵研铂业股份有限公司. 三苯基膦氯化铑: GB/T 23519-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [44] 贵研铂业股份有限公司. 二氯二氨铑: GB/T 26288-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [45] 贵研铂业股份有限公司. 二氧化铂: YS/T 754-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [46] 贵研铂业股份有限公司. 亚硝酰基硝酸钨: YS/T 755-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [47] 贵研铂业股份有限公司. 铂化合物分析方法-铂量的测定-高锰酸钾电流滴定法: YS/T 646-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [48] 贵研铂业股份有限公司. 金化合物分析方法-金量的测定-硫酸亚铁电位滴定法: YS/T 645-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [49] 贵研铂业股份有限公司. 钯化合物分析方法 钯量的测

- 定 二甲基乙二醛肟析出 EDTA 络合滴定法: GB/T 23276-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [50] 昆明贵金属研究所, 桂林利凯特环保实业股份有限公司, 中国有色金属工业标准计量质量研究所. 汽油车排气净化催化剂: GB/T 18881-2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [51] 中国环境保护产业协会(机动车污染防治技术委员会), 中国汽车技术研究中心, 天津索克汽车试验有限公司. 环境保护产品技术要求 汽油车用催化转化器: HJ/T 331-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [52] 昆明贵研催化剂有限责任公司, 中国有色金属工业标准计量质量研究所. 摩托车排气净化催化剂: GBT 23592-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [53] 昆明贵研催化剂有限责任公司, 中国有色金属工业标准计量质量研究所, 贵研铂业股份有限公司. 柴油车排气净化氧化催化剂: GB/T 29914-2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [54] 国家环境保护总局. 车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法: GB17691-2005[S]. 北京: 环境科学出版社, 2005.
- [55] 国家摩托车质量监督检验中心. 摩托车污染物排放限值及测量方法(工况法, 中国第III阶段): GB 14622-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [56] 天津摩托车技术中心, 中国环境科学研究院, 江门市大长江集团有限公司, 等. 摩托车和轻便摩托车排气污染物排放限值及测量方法(双怠速法): GB 14621-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [57] 中国汽车技术研究中心. 重型车用汽油发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法(中国III、IV阶段): GB 14762-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [58] 中国汽车技术研究中心, 中国环境科学研究院. 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第五阶段): GB 18352.5-2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [59] 南京市机动车排气污染监督管理中心. 在用汽车排气污染物限值及检测方法(遥测法): DB32/T 2288-2013[S]. 南京: 南京市环境保护局, 2013.
- [60] 贵研铂业股份有限公司, 贵研催化剂有限责任公司, 中国有色金属工业标准计量质量研究所. 汽车尾气净化催化剂中铂、钯、铑含量测定 分光光度法: GB/T 23277-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [61] 中国环境科学研究院, 昆明贵研催化剂有限责任公司, 巴斯夫催化剂(上海)有限公司, 等. 车用陶瓷催化转化器中铂、钯、铑的测定电感耦合等离子体发射光谱法和电感耦合等离子体质谱法: HJ509-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [62] 贵研铂业股份有限公司. 钯炭: GB/T 23518-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [63] 贵研铂业股份有限公司. 钌炭: GB/T 23517-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [64] 中橡集团炭黑工业研究设计院, 金能科技股份有限公司, 广州吉必盛科技实业有限公司, 等. 炭黑总表面积和外表面积的测定氮吸附法: GB/T 10722-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [65] 贵研铂业股份有限公司. 贵金属合金化学分析方法 钯、银合金中钯量的测定 二甲基乙二醛肟重量法: GB/T 15072.4-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [66] 贵研铂业股份有限公司, 贵研检测科技(云南)有限公司. 钯炭化学分析方法 钯量测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法: YS/T1072-2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [67] 贵研铂业股份有限公司、贵研检测科技(云南)有限公司. 钯炭化学分析方法 钯、铜、铁量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法: YS/T1073-2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [68] 抚顺石油化工公司石油三厂, 石油化工科学研究院. 催化剂载体中氧化铝含量测定法: SH/T0341-1992[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [69] 抚顺石油化工公司石油三厂, 石油化工科学研究院. 重整催化剂中铁含量测定法: SH/T 0342-1992[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [70] 抚顺石油化工公司石油三厂, 石油化工科学研究院. 催化剂中氯含量测定法(离子选择电极法): SH/T 0343-1992[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [71] 抚顺石油学院. 重整催化剂锡含量测定法(原子吸收光谱法): SH/T 0651-1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [72] 石油化工科学研究院. 重整催化剂铂含量测定法: SH/T 0570-1993[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [73] 中国石油化工集团公司, 石油化工科学研究院. 重整催化剂铑含量测定法(分光光度法): SH/T 0683-1999[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [74] 抚顺石油学院. 分子筛和氧化铝基催化剂中钯含量测定法(原子吸收光谱法): SH/T 0684-1999[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [75] 贵研铂业股份有限公司. 烧结型银导体浆料: YS/T 603-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [76] 贵研铂业股份有限公司. 金基厚膜导体浆料: YS/T 604-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [77] 贵研铂业股份有限公司. 介质浆料: YS/T 605-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.

- [78] 贵研铂业股份有限公司. 固化型银导体浆料: YS/T 606-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [79] 贵研铂业股份有限公司. 钎基厚膜电阻浆料: YS/T 607-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [80] 贵研铂业股份有限公司. 电位器用钎电阻浆料: YS/T 608-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [81] 贵研铂业股份有限公司. 铂电极浆料: YS/T 609-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [82] 贵研铂业股份有限公司. 包封玻璃浆料: YS/T 610-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [83] 贵研铂业股份有限公司. PTC 陶瓷用电极浆料 YS/T 611-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [84] 贵研铂业股份有限公司. 太阳能电池用浆料: YS/T 612-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [85] 贵研铂业股份有限公司. 碳膜电位器用电阻浆料: YS/T 613-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [86] 贵研铂业股份有限公司. 银钯厚膜导体浆料: YS/T 614-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [87] 贵研铂业股份有限公司. 微电子技术用贵金属浆料规范: GB/T 17472-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [88] 贵研铂业股份有限公司. 微电子技术用贵金属浆料测试方法 固体含量测定: GB/T 17473.1-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [89] 贵研铂业股份有限公司. 微电子技术用贵金属浆料测试方法 细度测定: GB/T 17473.2-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [90] 贵研铂业股份有限公司. 微电子技术用贵金属浆料测试方法 方阻测定: GB/T 17473.3-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [91] 贵研铂业股份有限公司. 微电子技术用贵金属浆料测试方法 附着力测定: GB/T 17473.4-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [92] 贵研铂业股份有限公司. 微电子技术用贵金属浆料测试方法 粘度测定: GB/T 17473.5-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [93] 贵研铂业股份有限公司. 微电子技术用贵金属浆料测试方法 分辨率测定: GB/T 17473.6-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [94] 贵研铂业股份有限公司. 微电子技术用贵金属浆料测试方法 可焊性、耐焊性测定: GB/T 17473.7-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [95] 电子工业部标准化研究所. 电子设备用膜固定电阻网络 第 1 部分: 总规范: GB/T 15654-1995[S]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [96] 电子工业部标准化研究所. 电子设备用电位器 第一部分: 总规范: GB/T 15298-1994[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- [97] 中国化工建设总公司常州涂料化工研究院, 上海现代环境工程技术有限公司. 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度: GB/T 6739-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [98] 中化建常州涂料化工研究院. 色漆和清漆 漆膜厚度的测定: GB/T 13452.2-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [99] 上海橡胶制品研究所. 胶粘剂不挥发物含量的测定: GB/T 2793-1995[S]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [100] 贵研铂业股份有限公司. 片状银粉: GB/T 1773-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [101] 贵研铂业股份有限公司. 超细银粉: GB/T 1774-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [102] 贵研铂业股份有限公司. 超细金粉: GB/T 1775-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [103] 贵研铂业股份有限公司. 超细铂粉: GB/T 1776-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [104] 贵研铂业股份有限公司. 超细钯粉: GB/T 1777-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [105] 贵研铂业股份有限公司, 中国有色金属工业标准计量质量研究所. 超细水合二氧化钨粉: YS/T 598-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [106] 贵研铂业股份有限公司, 中国有色金属工业标准计量质量研究所. 超细氧化钯粉: YS/T 599-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [107] 中国标准化研究院, 中国科学院数学与系统科学研究院, 广州市产品质量监督检验所, 等. 数字修约规则与极限数值的表示和判定: GBT8170-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [108] 艾银国. 检验数据的处理与判定[J]. 科技创新导报, 2011(13): 242-242.
- AI Y G Examination data processing and determination [J]. Science and technology innovation herald, 2011(13): 242-242.