

·技术方法·

关于铂族元素分析精度要求的讨论

高玉淑, 王晓红, 王毅民, 樊兴涛

GAO Yu-shu, WANG Xiao-hong, WANG Yi-min, FAN Xing-tao

国家地质实验测试中心, 北京 100037

National Research Center of Geoanalysis, Beijing 100037, China

摘要:列举了 1972 年、1978 年、1988 年、1994 年、2002 年和 2006 年 6 次制订、修订的质量管理制度、规定、规范(地质矿产行业标准)中关于铂族元素分析精度的规定和要求,评介了 6 个质量管理文件中对铂族元素分析精度要求的变化,计算、统计了中国与世界铂族元素标准物质标准值定值数据的精度。最后在上述资料的基础上讨论了当今铂族元素分析和标准物质标准值定值的精度要求问题,并据此提出了相关的建议。

关键词:铂族元素;分析精度;质量管理规范;标准物质;定值精度

中图分类号:P589.1;P618.53

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2010)07-1082-08

Gao Y S, Wang X H, Wang Y M, Fan X T. A review on the precision requirement for the determination of platinum-group elements. *Geological Bulletin of China*, 2010, 29(7):1082-1089

Abstract: In this paper, the specifications and requirements of testing quality management for the determination of platinum group elements in geological laboratories (ministerial standard of geological minerals) issued successively in 1972, 1978, 1988, 1994, 2002 and 2006. The change of the precision requirements for the determination of platinum group elements in those specifications is reviewed. In addition, the precision for the certification of platinum group element reference materials developed by China and the other countries in the world is statistically calculated, and finally on the basis of the above information, the precision requirements for the determination of platinum group elements and preparation of platinum group elements reference materials are discussed and the related suggestions are presented.

Key words: platinum group element; analytical precision; quality management specification; reference material; certification precision

铂族元素(platinum-group elements, PGEs)分析一直是地质材料分析中最困难的任务之一,从而成为影响铂族金属矿产资源勘查、评价和相关研究工作的瓶颈,也是长期以来地球化学家难以获得广泛认同的铂族元素地壳丰度值的重要原因^[1-2]。这就使得铂族元素成为迄今为止人们对周期表中天然元素的地球分布了解最少的一组元素。

近 20 年来随着现代分析技术的进步,特别是电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)技术的发展及广泛应用,大大提升了 PGEs 的分析技术水平;铂

族元素标准物质的研制与应用也为铂族元素分析数据的可靠性评价和分析方法研究提供了重要的计量标准^[3-4]。

分析数据质量的另一指标是重复分析的精度。这在历来的质量管理规范中都是最重要的质量监控指标之一,并作出了明确的规定。另外,标准物质的定值(标准值)对定值数据的精度也有一定的要求。

本文收集了从 1972 年国家计委地质总局颁发的《地质实验工作管理制度》(试行)^[5], 1978 年国家地质总局颁发的《地质实验工作技术管理制度》(试

收稿日期:2009-09-16;修订日期:2010-03-24

科技项目:《国际海底资源研究开发》国家专项"十五"计划项目(编号:DY105-01-04-15)资助

作者简介:高玉淑(1943-),女,研究员,从事地质实验管理和标准物质研制。E-mail:yushugao@yahoo.com.cn

通讯作者:王毅民(1941-),男,研究员,从事地质材料分析研究。E-mail:wym7852@yahoo.com.cn

行)^[9],1988 年全国矿产储量委员会在 1984 年地质矿产部制订的《地质实验测试工作技术管理制度(试行)》基础上制定、颁发的《地质矿产实验室测试质量管理暂行规定》到 1994 年、2002 年和 2006 年制订的中华人民共和国地质矿产行业标准《地质矿产实验室测试质量管理规范》(DZ/T 0130-94、DZ/T 0130-2002 和 DZ/T 0130-2006)6 个规范性文件中有关铂族元素分析精度的规定^[7-10],评介了这些规定在表述方式和精度数值要求上的变化,同时也收集了中国及世界铂族标准物质的定值资料,计算、整理了其标准值的定值数据精度。在此基础上讨论了当今铂族元素分析和标准物质定值的精度要求问题,并就此提出了相关的建议。

1 中国地质矿产行业标准(规范)对 PGEs 分析精度的要求

中国地质矿产行业的实验管理部门历来十分重视地质实验数据的质量管理,为此制订了严格的质量检查制度,并随着地质矿产工作的需求和测试技术的提高进行了阶段性的修订、补充和完善,在过去 30 多年间已进行了 5 次修订并成为中国地质矿产行业的行业标准(DZ)。鉴于贵金属元素分析的特殊性,在这些规范中,对贵金属元素分析的质量要求一直是单独列出的。下面将简述这些规范中对贵金属元素分析(这里主要针对铂族元素)误差(精度)要求的规定。

(1)1972 年、1978 年版地质实验工作管理制度。这两版的管理制度对于铂族元素分析提出的误差要求相同^[5-9],列于表 1。

(2)1988 年版地质矿产实验测试质量管理暂行规定。该规定中对于铂族元素分析提出的允许的偶然误差的要求^[9]列于表 2。

(3)1994 年版地质矿产实验室测试质量管理规范(DZ/T 0130-94)。该规范对一般化学成分和贵金属元素分析的误差要求^[8]表述如下。

允许双差计算公式:

$Y=C\times 20\times X^{-0.60} \quad X\geq 3.08\%$

$Y=C\times 12.5\times X^{-0.182} \quad X<3.08\%$

对于贵金属,上式中的 C 值分别为:

$C=0.29(\text{Au、Rh、Ir、Os、Ru})$

$C=0.40(\text{Ag、Pt、Pd})$

允许双差计算公式则变为:

$Y=3.625\times X^{-0.182}(\text{Au、Rh、Ir、Os、Ru})$

$Y=5\times X^{-0.812}(\text{Ag、Pt、Pd})$

(X 的单位为%,单位为 μg/g 时应换算为%)

(4)2002 年版地质矿产实验室测试质量管理规范(DZ/T 0130-2002)。该规范对贵金属元素分析的误差要求^[9]表述如下。

对于贵金属元素,重复分析相对偏差允许限由下式计算:

$Y_c=28.85CX_c^{-0.3012} \quad (X_c \text{ 的单位为 g/t})$

对于各铂族元素 C 值分别为:

$C=0.70 \text{ (Rh、Ir、Os、Ru)}$

$C=0.90 \text{ (Pt、Pd)}$

$Y_c=220.2X_c^{-0.3012} \text{ (Rh、Ir、Os、Ru)}$

$Y_c=26.0X_c^{-0.3012} \text{ (Pt、Pd)}$

当 $X_c\leq 3$ 时, $Y_c=20\%$

(5)2006 年版地质矿产实验室测试质量管理规范(DZ/T 0130-2006)。该规范对贵金属元素分析的误差要求(精度控制指标)^[10]表述如下。

对于贵金属元素,重复分析相对偏差允许限由下式计算:

$Y_c=14.43CX_c^{-0.3012} \quad (\text{式中 } C=1.40)$

$T_c=20.2X_c^{-0.3012} \quad (\text{适用范围为 } X_c=(0.2\rightarrow 5)\times 10^{-6})$

当 $X_c>5\times 10^{-6}$ 时, Y_c 值取 12.4%

当 $X_c<0.2\times 10^{-6}$ 时, Y_c 值取 33.4%

表 1 允许偶然误差(1972、1978 年版)

Table 1 allowable Accidental error

元素	含量范围/g·t ⁻¹						
	>5	5~1	>1	1~0.1	<0.1	0.1~0.01	<0.01
Pt、Pd	15%	20%		30%	0.03g/t		
Rh、Ir	10%	15%		20%		40%	0.005g/t
Os、Ru			15%	20%		30%	0.003g/t

注:相对误差/%;绝对误差/g·t⁻¹

表 2 允许偶然误差(1988 年版)

Table 2 allowable Accidental error

元素	含量范围/g·t ⁻¹					
	>5	5~1	1~0.1	<0.1	0.1~0.01	<0.01
Pt、Pd	15%	20%	30%	0.03g/t		
Rh、Ir、Os、Ru	10%	15%	20%		40%	0.005g/t

注:相对误差/%;绝对误差/g·t⁻¹

表 3 规范中监控误差的品位(含量)范围

Table 3 The grade (content) range proposed in the specifications for control error

品位 /g·t ⁻¹	1972 年、1978 年版			1988 年版		1994 年版		2002 年版		2006 年版
	Pt、Pd	Rh、Ir	Os、Ru	Pt、Pd	Rh、Ir Os、Ru	Pt、Pd	Rh、Ir Os、Ru	Pt、Pd	Rh、Ir Os、Ru	PGEs
上限	5	5	1	5	5	无	无	无	无	≥5
下限	<0.1	<0.01	<0.01	<0.1	<0.01	无	无	≤3		<0.2

(X_c 的单位为 $\mu\text{g/g}$)

由此可以看出, 这些规范中对铂族元素分析精度要求的表述是有差别、有变化的。主要差异包括下述几点。

(1)对误差(精度)表述的用语不同。1972 年版、1978 年版和 1988 年版使用“允许偶然误差”(相对,%和绝对,g/t);1994 年版使用“相对双差允许限”;而 2002 年和 2006 年版使用了“重复分析相对偏差允许限”。

(2)要求监控精度的品位(含量)范围不同。各具体要求列于表 3。1992 年、1978 年版未提出质量控制的品位上、下限,2002 年版只设了下限,而其他版本的规范均给出了质量监控的品位上、下限。监控的品位上限大体相同,而监控的品位下限范围作了调整:与 1972 年、1978 年和 1988 年版相比,2002 年和 2006 年版分别上调为 ≤ 3 和 <0.2 。

(3)对 6 个铂族元素提出误差要求的品位范围也不同:1972 年、1978 年版将 6 个铂族元素分为 Pt、Pd、Rh、Ir 和 Os、Ru 三组,1988—2002 年版分为 Pt、Pd 和 Rh、Ir、Os、Ru 两组,2006 年版则不再区分。总的情况是对 Pt、Pd 要求较宽,而对 Rh、Ir、Os 和 Ru 要求较严。

(4)误差要求量值的表达方式不同:1972 年、1978 年和 1988 年版对不同含量(品位)的误差要求采用的是按含量范围分段给出误差要求的方式,比较简单、明了;1994 年版开始采用了用数学模型来计算的方式,每一个含量值都对应一个各自的允许误差值,更精确、严密;2002 年版和 2006 年版虽然提出的监控品位的上、下限不同,但对于 Rh、Ir、Os、Ru 来说,所用的数值表达式是一样的。

上述只是直接可看出的表述形式上的差别,而量值上的不同和变化则必须利用上述表达式进行计算才能获得可对比的具体数值。为方便对比,根据上

式计算出了各相关含量时的允许限(Y 值),分别列于表 4、表 5 和表 6,表 7 给出了各版本精度要求的量值对比。

从表 7 中的 5、1(5~1)、0.1(1~0.1)和 0.01(0.1~0.01)等几个特征量值精度要求的比较来看,各版本规范提出的精度要求基本相近,只是低含量端稍有差别,早期的要求比较严。

表 4 相对于某些特定含量的相对双差
允许限 Y 值(1994 年)

Table 4 The allowable value(Y) of relative deviation for some specific contents (1994)

特定含量/g·t ⁻¹	100	50	10	5	1	0.1	0.01	0.001
Au、Rh、Ir、Os、Ru	8	10	13	15	19	30	45	68
Ag、Pt、Pd	12	13	18	20	27	41	62	94

表 5 相对于某些特定含量的重复分析相对偏差
允许限 Y_c 值(2002 年)

Table 5 The allowable value(Y_c) of relative deviation of repeat measurement for some specific contents (2002)

特定含量/g·t ⁻¹	100	50	10	5	≤3	1	0.1	0.01
Au、Rh、Ir、Os、Ru	5	6	10	12	20	(20)	(40)	(81)
Ag、Pt、Pd	7	8	13	16	20	(26)	(52)	(105)

注:括号内为规范要求范围以外 Y_c 值的计算值

表 6 相对于某些特定含量的重复分析相对偏差
允许限 Y_c 值(2006 年)

Table 6 The allowable value(Y_c) of relative deviation of repeat measurement for some specific contents (2006)

特定含量 /g·t ⁻¹	100	50	10	>5	5	1	<0.2	0.1	0.01	0.001
Y_G	(5)	(6)	(10)	12	12	20	33.4	(40)	(81)	(162)

注:括号内为规范要求范围以外 Y_c 值的计算值

表 7 规范中提出的 PGEs 分析精度要求量值的对比

Table 7 A comparison of analytical precision proposed in the specifications for PGEs

含量 / $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	1972、1978 年			1988 年		1994 年		2002 年		2006 年
	Pt	Rh	Ru	Pd	Rh、Ir	Pd	Rh、Ir	Pt	Rh、Ir	PGEs
	Pd	Ir	Os	Pt	Os、Ru	Pt	Os、Ru	Pd	Os、Ru	
≥ 5	15	10		15	10					12.4
5						20	15	16	12	12
≤ 3								20	20	
5~1	20	15		20	15					
1			15			27	19	(26)	(20)	20
< 0.2										33.4
1~0.1	30	20	20	30	20					
0.1						41	30	(52)	(40)	(40)
< 0.1	0.03*			0.03*						
0.1~0.01		40	30		40					
0.01						62	45	(106)	(81)	(81)
< 0.01		0.005*	0.003*		0.005*					

注:括号内为规范要求范围以外 Y_c 值的计算值;带*者为绝对误差,单位为 g/t;其他为相对误差

2 中国与世界铂族元素标准物质
定值数据的精度

标准物质大多采用多实验室多分析方法或权威分析方法的定值方式,其定值结果基本代表了当前的分析技术水平。因此,其标准值的定值精度成为评价 PGEs 分析精度水平的重要依据。

为此,本文收集了目前国内、外已有的 34 个铂族元素标准物质的定值数据^[4,11-16]。由于 4 个俄罗斯铂族元素标准物质的标准值未获得标准偏差值(S),国际地质分析家协会的 CHR-Bkg 没有标准值,因此参加统计计算的共有 29 个(其中国外 8 个,中国 21 个)。首先计算了各标准值(未包括参考值)的定值数据的精度(以相对标准偏差 RSD,%表示),结果列于表 8。

为便于比较,按含量范围进行了统计和归纳,获得了标准值各含量范围的一般定值精度水平并列于表 9。

3 讨论与建议

(1)当前,铂族元素分析仍是地质分析的难题之一。铂族元素分析的质量监控与其技术发展同样应

该受到重视。

(2)分析数据的精度指标是实验室测试质量管理规范的重要内容。前已指出:鉴于贵金属(包括铂族)元素分析的特殊性,在《地质矿产实验室测试质量管理规范》中,对贵金属元素分析的精度要求都是单独给出的,与其他元素相比是比较宽的。另外,从中、外铂族元素标准物质定值数据的精度状况来看,对日常铂族元素分析提出的精度要求不宜过细。1988 年版按含量范围分段给出误差要求的方式,对于铂族元素来说是适宜的,也简单明了、方便使用。

(3)国外的铂族元素标准物质主要由铂族金属矿产大国所制备,基本为矿石类样品,铂族元素的含量较高,标准值的定值精度也较高;而中国的铂族元素标准物质主要是用于化探样品分析,铂族元素的含量低,甚至低至 0.00x ng/g 级。中国的铂族元素分析不仅服务于矿床评价,也用于地球化学勘探、地球化学填图和广泛的地球化学研究。因此,随着地学研究工作需求的增长,对铂族元素分析精度要求的含量范围下限也应有所扩展,至少比 20 多年前的 1988 年版的精度要求下限要低;而且随着铂族元素分析技术的发展,从技术上讲也是可能的^[17-20]。20 世

纪 90 年代低含量铂族元素标准物质的研制,表明了这种要求的可能性和必要性。

(4)铂族元素标准物质的应用为铂族元素分析数据的可靠性和分析方法的实用性评价提供了计量依据。但标准物质定值也需要给出一定的精度要求,而且应与当前铂族元素的地质矿产需求、PGEs 的分析水平和质量规范中对 PGEs 分析的精度要求相关联。

(5)当今中国与世界已有的铂族元素标准物质定值数据的精度水平是值得重视的,因为这基本代表了铂族元素分析精度的国际水平^[21]。笔者已将其作为铂族元素标准物质(MCPt-1,2)标准值定值的依据^[22],同时也建议作为制订相关规定时的参考。

4 结 语

最后应该说明的是,笔者没有铂族元素分析及其方法研究的实践经验,也不曾参与相关规范

的制订,因此对铂族元素分析精度要求的理解、计算和表述评介定有不妥、偏颇、乃至错误之处,敬请指正。

“十五”计划期间,在《国际海底资源研究开发》国家专项“十五”计划项目的资助下,笔者有幸参与了《富钴结壳铂族元素标准物质研制》课题的主要研究工作^[16,22]。鉴于课题研究工作的需要,调研了国内外铂族元素标准物质研制工作的相关资料;在研制工作的数据处理、各分析方法评价和定值期间又查阅了中国对铂族元素分析提出的质量管理方面的相关规定、规范;促成本文最为直接的因素还是向外刊投稿时,审稿人提出的定值依据问题,为此才更加系统地整理了上述研究中的零散资料成为本文的基础,并在此与国内同行讨论。

致谢:感谢国家定值实验测试中心质量管理办公室韩秀卿研究员、邓月金副研究员在相关资料方面的支持和所作的有益讨论。

表 8 世界铂族标准物质标准值的定值精度
Table 8 The precisions of certified value for the PGE reference materials in the world

样品名	Pt		Pd		Rh		Ir		Os		Ru	
	C.V.	S	C.V.	S	C.V.	S	C.V.	S	C.V.	S	C.V.	S
SARM7	3.74*	0.045	1.53*	0.032	240	13	74	12	63	6.8	430	57
RSD/%		1.2		2.1		5.4		16		11		13
CHR-Pt+	58*	6.69	80.8*	13.15							9.2*	2.0
RSD/%		12		16								22
TDB-1	5.8	1.1	22.4	1.4								
RSD/%		19		6.3								
UMT-1	129	5	106	3	9.5	1.1	8.8	0.6			10.9	1.5
RSD/%		3.9		2.8		12		6.8				14
WGB-1	6.1	1.6	13.9	2.1								
RSD/%		26		15								
WMG-1	731	35	382	13	26.3	2.0	46.4	4.1			34.7	5.1
RSD/%		4.8		3.4		7.6		8.8				15
WMS-1a	1.91*	0.05	1.45*	0.05	222	38						
RSD/%		2.6		3.4		17						
WPR-1	285	12	235	9	13.4	0.9	13.5	1.8			21.6	4.3
RSD/%		4.2		3.8		6.7		13				20
DZΣ-1	4	1	5	1	0.6	0.1	3	1	6	1	10	1
RSD/%		25		20		17		33		17		10
DZΣ-2	6	1	2	1	1.2	0.4	3	1	6	1	9	1
RSD/%		17		50		33		33		17		11

续表 8

样品名	Pt		Pd		Rh		Ir		Os		Ru	
	<i>C.V.</i>	<i>S</i>	<i>C.V.</i>	<i>S</i>	<i>C.V.</i>	<i>S</i>	<i>C.V.</i>	<i>S</i>	<i>C.V.</i>	<i>S</i>	<i>C.V.</i>	<i>S</i>
DZCr-1	10	1	7	1	12	1	90	6	175	8	305	6
<i>RSD/%</i>		10		14		8.3		6.7		4.6		2
DZCr-2	19	1	2	1	17	1	333	16	569	13	193	6
<i>RSD/%</i>		5.3		50		5		4.8		2.3		3.1
GPt-1	0.26	0.05	0.26	0.05	0.017	0.006	0.032	0.012	0.05	0.022		
<i>RSD/%</i>		19		19		35		37		44		
GPt-2	1.6	0.3	2.3	0.2	0.095	0.012	0.05	0.01	0.06	0.01		
<i>RSD/%</i>		19		8.7		13		20		17		
GPt-3	6.4	0.9	4.6	0.6	1.3	0.3	4.3	0.5	9.6	2	14.8	2.7
<i>RSD/%</i>		14		13		23		12		21		18
GPt-4	58	5	60	9	4.3	0.8	4.7	1.1	2.4	0.6	2.5	0.2
<i>RSD/%</i>		8.6		15		19		23		25		8
GPt-5	20	4	11.3	1.5	10	2	136	10	353	27	527	91
<i>RSD/%</i>		20		13		20		7.4		7.6		17
GPt-6	440	37	568	51	22	3	28	7	15.6	2	13	1
<i>RSD/%</i>		8.4		9		14		25		13		7.7
GPt-7	14.7	2.5	15.2	2.3	1.1	0.2	1.2	0.3	0.64	0.14	0.66	0.2
<i>RSD/%</i>		17		15		18		25		22		30
GPt-8	0.66	0.08	0.66	0.08	0.066	0.008	0.16	0.03	0.25	0.04	0.43	0.16
<i>RSD/%</i>		12		12		12		19		16		37
GPt-9	1.9*	0.2	570	50			28	6	43	7	74	7
<i>RSD/%</i>		11		8.8				21		16		9.5
GPt-10	5.7*	0.5	1.67*	0.13	1.5	0.5	2.1	0.7				
<i>RSD/%</i>		8.8		7.8		33		33				
GS-Pt-1	2.43*	0.21	1.68*	0.21	1.9	0.4	1.6	0.3	1.9	0.5	1.5	0.3
<i>RSD/%</i>		8.6		13		21		19		26		20
GS-Pt-2	10.61*	0.69	0.60*	0.09	3.6	0.8	4.4	0.8	3.7	0.3	4.2	0.5
<i>RSD/%</i>		6.5		15		22		18		8.1		12
GS-Pt-3	0.90*	0.11	0.70*	0.08	3.2	0.7	3.2	0.6	3	0.3	3.5	0.5
<i>RSD/%</i>		12		11		22		19		10		14
GS-Pt-4	4.44*	0.39	1.33*	0.12	1.4	0.3	1.9	0.3	1.6	0.2	0.71	0.21
<i>RSD/%</i>		8.8		9		21		16		13		30
GS-Pt-5	0.38*	0.06	0.40*	0.07	18	1	23.6	2.2	8.2	0.7	7.8	1.1
<i>RSD/%</i>		16		18		5.6		9.3		8.5		14
MCpt-1	408	23	3.8	0.8	17	3	8	2	1.1	0.1	22	3
<i>RSD/%</i>		6		22		18		23		5		15
MCpt-2	1.54*	0.06	32	3	65	13	37	2	7	1.3	83	4
<i>RSD/%</i>		4		9		19		5		18		5

注:带*者单位为 $\mu\text{g/g}$; CV=标准值; S=标准偏差, 单位为%; 定值精度以相对标准偏差(RSD)表示

表 9 世界 PGE 标准物质定值数据的精度水平统计
Table 9 Statistics of the precision level of certified value
for the PGE reference materials in the world

含量范围	精度	样品及研制单位	一般精度水平
100~10	12~16	CHR-Pt+, 国际地质分析家协会	> 1μg/g
μg/g	6.5	GS-Pt-2, 陕西省地质矿产实验研究所	≤10
	2~3	SARM7, 南非国家冶金研究所	
	13~22	CHR-Pt+, 国际地质分析家协会	
10~1	3~4	WMS-1a, 加拿大地质调查局	≤15
μg/g	8~11	GPt-9,10, 地球物理与地球化学勘查研究所	
	9	GS-Pt-1,4, 陕西省地质矿产实验研究所	
	4	MCPt-2, 国家地质实验测试中心	
	6~13	SARM7, 南非国家冶金研究所	
	3~17	UMT-1,WMG-1,WMS-1a,加拿大地质调查局	
1000~100	2~5	DZCr-1,2, 西安地质矿产研究所	≤20
ng/g	8~17	GPt-5,6,9, 地球物理与地球化学勘查研究所	
	11~18	GS-Pt-2,3,5, 陕西省地质矿产实验研究所	
	6	MCPt-1, 国家地质实验测试中心	
	11~16	SARM7, 南非国家冶金研究所	
	7~20	TDB-1,UMT-1,WGB-1,WMG-1,WPR-1, 加拿大地质调查局	
100~10	5~10	DZΣ-1,DZCr-1,2, 西安地质矿产研究所	≤25
ng/g	8~21	GPt-3,4,5,6,7,9, 地球物理与地球化学勘查研究所	
	6~10	GS-Pt-5, 陕西省地质矿产实验研究所	
	5~19	MCPt-1,2, 国家地质实验测试中心	
	7~26	TDB-1,UMT-1,WGB-1, 加拿大地质调查局	
10~1	11~50	DZΣ-1,2;DZCr-1,2, 西安地质矿产研究所	
ng/g	8~33	DZCr-2,3,4,7,10, 地球物理与地球化学勘查研究所	≤30
	9~26	GS-Pt-1-5, 陕西省地质矿产实验研究所	
	5~23	MCPt-1,2, 国家地质实验测试中心	
	17	DZΣ-1, 西安地质矿产研究所	
1~0.1	12~37	GPt-1,7,8, 地球物理与地球化学勘查研究所	< 1ng/g
ng/g	30	GS-Pt-4, 陕西省地质矿产实验研究所	≤40
< 0.1ng/g	12~44	GPt-1,2,8, 地球物理与地球化学勘查研究所	

注:定值精度以相对标准偏差(RSD/%)表示

参考文献

[1]迟清华,鄢明才. 铂族元素在地壳、岩石和沉积物中的分布[J]. 地球化学,2006,35(5): 461-471.

[2]耿林,翟裕生,彭润民. 中国铂族元素矿床特征及资源潜力分析[J]. 地质与勘探, 2007, 43(1):1-7.

[3]王毅民,陈幼平.近 30 年来地质分析重要成果评介[J]. 地质论评, 2008, 54(5): 653-669.

[4]王毅民,王晓红,高玉淑,等.中国与世界铂族元素标准物质评介[J]. 地质论评,2010,56(2): 261-268.

[5]国家计委地质总局.矿物岩石分析允许偶然误差范围[M]//岩石矿物分析编写小组.岩石矿物分析.北京:地质出版社,1974:1026-1054.

[6]国家地质总局.地质矿产实验工作技术管理制度(试行)[S].北京:地质出版社,1978:41-42.

[7]全国矿产储量委员会.地质矿产实验测试质量管理暂行规定(储发(1988)第 168 号)[S].1988:33.

[8]中华人民共和国地质矿产部.地质矿产实验室测试质量管理规范(DZ/T0130-94)[S].1994:19-20.

[9]中华人民共和国国土资源部.地质矿产实验室测试质量管理规范(DZ/T0130-2002)[S].2002:34-35.

[10]中华人民共和国国土资源部.地质矿产实验室测试质量管理规范(DZ/T0130-2006)[S].2006:32-34.

[11]Govindaraju K. Compilation of Working Values and Samples Description for 383[J]. Geostandards Newsletter,1994, 18 (Special Issue):1-158.

[12]Sengupta Joy G. Characterization of Major,Minor and Trace Elements in Six CCRMP (TDB-1, WGB-1, UMT-1, WPR-1, WMG-1 AND WMS-1)and One IWG (ZW-C) Geochemical Candidate Reference Materials[J]. Geostandards Newsletter, 1994,18 (1):111-122.

[13]Potts P J, Ch J B Gowing , Govindaraju K. Preparation, homogeneity evaluation and cooperative study of two new chromitite reference samples CHR-Pt+ and CHR-Bkg[J]. Geostandards Newsletter,1992,16(1): 81-108.

[14]Mingcai Yan, Chunshu Wang, Tiexin Gu,et al. Platinum-group element geochemical certified reference materials (GPt-1~7)[J]. Geo-standards Newsletter,1998,22(2): 235-246.

[15]顾铁新,汪世联,鄧卫东.铂族元素系列地球化学标准物质研制[J].黄金,2006,27(7):42-47.

[16]王毅民,顾铁新,高玉淑,等.富钴结壳铂族元素超细标准物质研制[J].分析测试学报,2009,28(5): 1105-1110.

[17]王学求,徐善法,程志中,等.国际地球化学填图新进展[J].地质学报, 2006,80(10):1598-1606.

[18]程志中,谢学锦.中国西南地区 76 种元素地球化学填图[J].物探化探计算技术,2007,29(增刊):174-179.

[19]刘红艳,王学求,程志中,等.中国与欧洲全球尺度地球化学填图分析方法的对比[J].吉林大学学报(地球科学版),2007,37(4):678-683.

[20]赵正,漆亮,黄智龙,等.地质样品中铂族元素的分析测定方法[J].地学前缘,2009,16(1):181-193.

[21]王毅民,王晓红,高玉淑,等.用于铂族元素分析的中外地质标准物质[J].地质通报, 2009,28(10):1486-1498.

[22]WANG Yimin,WANG Xiaohong, Gao Yushu ,et al. Two Co-rich crust PGEs ultra-fine reference materials: MCPt-1 and MCPt-2[J]. Geostandards and Geoanalytical Research,2010,34: to be published.



《地质通报》第 29 卷第 8 期要目预告

An Early Cretaceous non-avian dinosaur and bird footprint assemblage from the Laiyang Group in the Zhucheng basin,Shandong Province, China	XING Li-da, et al.
辽东半岛细河群沉积岩碎屑锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义	高林志等
藏东类乌齐地区花岗质片麻岩锆石 Cameca U-Pb 定年及其地质意义	曾庆高等
青藏高原西北缘郭扎错断裂 ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar 年代学研究——阿尔金断裂西延的新证据	陈应涛等
西藏冈底斯东段洞中拉辉绿玢岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及意义	费春光等
湘黔桂交界区贵州省从江县黎家坡南华系剖面新观察——一条良好的南华大冰期沉积记录剖面	卢定彪等
福建省中级变质岩岩石(构造)地层单位新划分	傅树超等
新疆巴楚地区走滑断裂对碳酸盐岩构造裂缝发育的控制	张庆莲等
鄂尔多斯盆地东缘中—新生代构造特征及构造应力场分析	王锡勇等
西藏西部措勤盆地措勤—洞错重、磁剖面的地质结构	白 勇等
鄂尔多斯盆地上三叠统延长组凝灰岩夹层 Th 元素的富集特征	邱欣卫等
Averianowograptus 笔石在陕西南部岚皋地区的发现	谢从瑞等
海河平原北部地区水土地质环境研究中的若干问题	李瑞敏等
海河平原北部地区主要水土环境问题及影响因素	徐慧珍等
海河平原北部地区山前一滨海表层土壤地质地球化学特征	王 轶等
海河平原北部地区土壤地球化学基准值与环境背景值	曹 峰等
北京粉尘沉降物的物理化学及其物源初探	刘永生等
保定平原区潜水水化学演化及成因初探	许益青等
关注地质分析文献,了解分析技术发展——地质分析技术方法类评述论文评介	王毅民等