

文章编号: 0254 - 5357(2013)01 - 0090 - 06

# 过程能力指数在化探样品分析质量评估中的应用

王 焯, 陈爱平

(国土资源部贵金属分析与勘查技术重点实验室, 国土资源部郑州矿产资源监督检测中心,  
河南 郑州 450012)

**摘要:** 过程能力指数( $C_{PK}$ )是衡量工序能力满足产品质量标准要求程度的量值, $C_{PK}$ 越大,产品质量越高,同时考虑到生产加工的经济性,通常将 $C_{PK}$ 控制在一个可以接受的水平。本研究首次将工业生产常用的过程能力指数方法运用于地矿实验室分析质量评估,通过计算西藏1:20万罗拉木等两个图幅化探样品中插入的西藏地区沉积物成分分析标准物质(GBW 07320、GBW 07325、GBW 07328)共114个检测项目的过程能力指数,综合评价样品分析数据的整体质量。结果表明,所有检测项目的 $C_{PK}$ 均大于 $C_{PK}$ 允许值, $Na_2O$ 、 $MgO$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 等63个检测项目的 $C_{PK} > 1.33$ , $Cu$ 、 $Li$ 、 $Be$ 、 $W$ 等47个项目的 $C_{PK} > 0.67$ , $Th$ 、 $Ag$ 、 $Cr$ 、 $Hg$ 等4个项目的 $C_{PK} < 0.67$ 。对于过程能力较差的检测项目应列入质量改进计划,如通过能力验证试验、选择合适的标准物质、仪器期间核查、标准化操作、分析技术改进等措施提高分析数据的准确度和稳定性。过程能力指数的应用为化探样品分析测试质量评价提供了一种简便快捷、科学合理的质量评价方法,可为不同检测项目分析方案的合理选择提供依据,同时有效降低实验室经济成本。

**关键词:** 过程能力指数; 化探样品分析; 质量评估

**中图分类号:** O213      **文献标识码:** B

2008年10月河南省地质调查院委托国土资源部郑州矿产资源监督检测中心测试西藏罗拉木幅等两个图幅的1:20万水系沉积物化探样品,样品数量共计3289件,分析39种元素,包括 $Ag$ 、 $As$ 、 $Au$ 、 $B$ 、 $Ba$ 、 $Be$ 、 $Bi$ 、 $Cd$ 、 $Co$ 、 $Cr$ 、 $Cu$ 、 $F$ 、 $Hg$ 、 $La$ 、 $Li$ 、 $Mn$ 、 $Mo$ 、 $Nb$ 、 $Ni$ 、 $P$ 、 $Pb$ 、 $Sb$ 、 $Sn$ 、 $Sr$ 、 $Th$ 、 $Ti$ 、 $U$ 、 $V$ 、 $W$ 、 $Y$ 、 $Zn$ 、 $Zr$ 及 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $K_2O$ 、 $Na_2O$ 、 $CaO$ 、 $MgO$ 、 $Fe_2O_3$ 。《区域地球化学勘查规范》(DZ/T0167—2006)<sup>[1]</sup>规定,区域地球化学调查样品一般要求分析39种元素和氧化物,样品分析的质量控制采用实验室内部质量控制与实验室外部质量控制相结合的方法。

实验室的内部质量控制包括①准确度的控制:每一小批(50个样品)插入国家一级系列标准物质(GBW 07301a、GBW 07309、GBW 07310、GBW 07311、GBW 07312、GBW 07317、GBW 07318、GBW 07408、GBW 07424、GBW 07427、GBW 07429、GBW 07107)中的1个标准物质,与样品同时分析,每个样品、每个元素多次测定平均值与标准值的对数偏差,其结果应符合规范要求,并参照监控样的方法绘制日常质量监控图。②精密度的控制:根据本工作图幅的地质与矿产特点,用湖北省地质实验研究所研

制的3个不同含量的西藏地区沉积物成分分析标准物质(编号为GBW 07320、GBW 07325、GBW 07328)以密码形式插入每批样品中进行分析,每批分析完毕,计算插入密码样品的对数偏差、平均对数差和对数差的标准离差,用以衡量本批分析的精密度,计算结果符合《规范》<sup>[1]</sup>要求,并绘制日常质量监控图。《规范》的不足之处只规定了分析方法及日常分析测定的监控限,而没有划分质量等级,而采用过程能力指数方法恰好弥补这一不足。

## 1 过程能力指数及其应用

过程能力指数<sup>[2]</sup>是指过程能力满足产品质量标准要求(规格范围等)的程度。过程能力指数也称工序能力指数,是指工序在一定时间内,处于控制状态(稳定状态)下的实际加工能力。它是工序固有的能力,或者说它是工序保证质量的能力。这里所指的工序,是指操作者、机器、原材料、工艺方法和生产环境等5个基本质量因素综合作用的过程,也就是产品质量的生产过程。产品质量就是工序中的各个质量因素所起作用的综合表现。对于任何生产过程,产品质量总是分散地存在着。若工序能力越高,则产品质量

收稿日期: 2012-05-18; 接受日期: 2012-07-16

作者简介: 王焯, 教授级高级工程师, 主要从事岩石矿物测试工作。E-mail: wangyehn@163.com。

特性值的分散就会越小;若工序能力越低,则产品质量特性值的分散就会越大。该方法已广泛应用于工业生产和临床医学过程控制中<sup>[3-12]</sup>,在地质矿产分析测试质量评估中,尚未见应用报道。

本文首次将工业生产常用的过程能力指数方法运用到地矿实验室分析质量评估中,通过计算化探样品分析中各检测项目的过程能力指数( $C_{PK}$ ),结合化探规范确定各个检测项目的  $C_{PK}$  允许值。对西藏罗拉木幅等两个图幅插入的 38 个元素(除 Au 外)西藏地区沉积物成分分析标准物质测试数据,采用  $C_{PK}$  进行定量评估,为不同检测项目分析方案的合理选择提供依据。

## 2 元素的分析测定方法

根据技术条件及仪器设备条件,经过条件优化试验,选用的配套分析方法<sup>[13]</sup>如下。

粉末压片-X 射线荧光光谱法测定 20 个元素: Ba、Cr、Mn、Nb、P、Pb、Sr、Th、Ti、V、Y、Zn、Zr 及  $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $K_2O$ 、 $Na_2O$ 、CaO、MgO。

三酸(氢氟酸+硝酸+高氯酸)溶样电感耦合等离子体质谱法测定 10 个元素: Be、Cd、Co、Cu、La、Li、Mo、Ni、U、W。

原子荧光光谱法测定 4 个元素: As、Sb、Bi、Hg。

发射光谱法测定 3 个元素: Ag、B、Sn。

离子电极法测定 1 个元素: F。

泡塑富集硫脲解脱-石墨炉原子吸收光谱法测定 1 个元素: Au。

## 3 过程能力指数应用原理和计算方法

### 3.1 过程能力指数( $C_p$ )

对于双侧公差情况下,过程能力指数( $C_p$ )就是技术公差的幅度( $T$ )与 6 倍总体标准差之比。技术公差的幅度反映检测的技术要求,而  $\sigma$  反映过程的一致性,将  $6\sigma$  与  $T$  比较,反映了质量满足技术要求的程度<sup>[14]</sup>。

$$C_p = \frac{T}{6\sigma} = \frac{T_U - T_L}{6\sigma} = \frac{M \times RE_{\text{允许}}}{3s} \quad (1)$$

式中: $C_p$ —过程能力指数; $T$ —技术公差的幅度; $T_U$ 、 $T_L$ —分别为上、下公差限; $\sigma$ —质量特性值分布的总体标准差,通常情况下,质量特性值分布的总体标准差  $\sigma$  是未知的,所以应采用样品多次测定的标准差  $s$  来代替;RE 为相对偏差。

$C_p$  不适用于  $\mu$ (平均值)与公差中心  $M$ (标准值)有大偏移情况下的单独评价。当均值  $\mu$  与公差

中心  $M$  有偏移时,不合格率必然增大, $C_p$  值降低,所计算的过程能力指数不能反映有偏移的实际情况,需加以修正,修正后的过程能力指数为  $C_{PK}$ 。

### 3.2 有偏移情况下修正的过程能力指数( $C_{PK}$ )

有偏移的情况下,经修正的过程能力指数  $C_{PK}$  是对上单侧过程能力指数和下单侧过程能力指数两者取最小值<sup>[14]</sup>。

$$C_{PK} = (C_{PU}, C_{PL})_{\min} = (1 - K) \frac{T}{6\sigma} \\ = (1 - K) \frac{M \times RE_{\text{允许}}}{3s} \quad (2)$$

式中, $K$ — $\mu$  对于公差中心  $M$  的相对偏移:

$$K = \frac{2|M - \mu|}{T} = \frac{|M - \mu|}{M \times RE_{\text{允许}}} \quad (3)$$

$$C_{P\text{允许}} = \frac{T}{6\sigma_{\text{允许}}} = \frac{M \times RE_{\text{允许}}}{3s_{\text{允许}}} = \frac{M \times RE_{\text{允许}}}{3 \times M \times RSD_{\text{允许}}} \\ = \frac{RE_{\text{允许}}}{3RSD_{\text{允许}}} \quad (4)$$

式中, $RE_{\text{允许}}$ 、 $s_{\text{允许}}$ 、 $RSD_{\text{允许}}$  分别是 DZ/T 0167—2006 规范表 4 日常分析测定标准物质质量监控限中规定的允许相对误差、允许标准偏差、允许相对标准偏差。

过程能力指数  $C_{PK}$  与偏离量(平均值与标准值的差异)、标准偏差和公差范围有关。 $C_{PK}$  反映了平均值  $\mu$  与标准值  $M$  的偏移情况, $C_{PK}$  越大,则二者偏离越小。提高化探样品分析过程能力指数,就是要引导分析人员获得的分析结果尽量接近标准值(或推荐值),降低偏离量,同时标准偏差要小。

## 4 过程能力指数的评价标准

国家标准 GB/T 4091—2001<sup>[15]</sup>(等同采用 ISO8258:1991)要求  $C_p \geq 1.33$ ,过程能力充分满足质量要求,详见表 1<sup>[4]</sup>。

表 1 过程能力指数  $C_p$  值的评价参考

$C_p$ 值的范围	级别	过程能力的评价参考
$C_p \geq 1.67$	I	过程能力过高(应视具体情况而定)
$1.33 \leq C_p < 1.67$	II	过程能力充分,表示技术管理能力已很好,应继续维持
$1.00 \leq C_p < 1.33$	III	过程能力充足,但技术管理能力勉强,应设法提高为 II 级
$0.67 \leq C_p < 1.00$	IV	过程能力不足,表示技术管理能力已很差,应采取采取措施立即改善
$C_p < 0.67$	V	过程能力严重不足,表示应采取紧急措施和全面检查,必要时可停工整顿

## 5 过程能力指数用于评价水系沉积物标准物质分析数据的质量

将3个西藏地区沉积物成分分析标准物质(GBW 07320、GBW 07325、GBW 07328)共38个项目多次测试数据代入公式(2)、公式(3),分别计算每个项目的 $C_{PK}$ 值;将DZ/T 0167—2006规范表4质量控制限指标转换代入公式(4)计算出每个检测项目的 $C_{PK}$ 允许值( $C_{PK允许}$ ),结果见表2~表4。

表2 GBW 07320 标准物质各项目过程能力指数  
Table 2 Process capability index of GBW 07320 standard materials

元素	标准值	允许差 RE/%	RSD/%	平均值	s	K	$C_{PK}$	$C_{PK允许}$
Na <sub>2</sub> O*	1.11	16.1	12.0	1.04	0.005	0.377	7.92	0.45
MgO*	1.55	16.1	12.0	1.57	0.050	0.072	1.55	0.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	14.2	11.4	8.5	14.3	0.093	0.096	5.21	0.45
SiO <sub>2</sub> *	63.1	11.4	8.5	62.2	0.364	0.118	5.80	0.45
CaO*	3.69	16.1	12.0	3.81	0.018	0.194	8.69	0.45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.84	11.4	8.5	5.55	0.029	0.439	4.25	0.45
P	561	22.2	17.0	539	5.683	0.179	6.00	0.44
K <sub>2</sub> O*	2.51	16.1	12.0	2.51	0.011	0.011	12.52	0.45
Ba	404	22.2	17.0	411	14.520	0.080	1.89	0.44
Ti	3750	22.2	17.0	3896	32.840	0.175	6.97	0.44
V	102	22.2	17.0	102	2.626	0.007	2.85	0.44
Cr	68.2	22.2	17.0	71.3	2.748	0.208	1.46	0.44
Mn	987	22.2	17.0	1013	9.417	0.120	6.82	0.44
Zn	82.7	22.2	17.0	82.9	0.585	0.012	10.34	0.44
Pb	30.9	22.2	17.0	34.5	1.013	0.530	1.06	0.44
Th	12.9	22.2	17.0	14.4	0.953	0.533	0.47	0.44
Sr	83.8	22.2	17.0	84.4	0.688	0.031	8.73	0.44
Y	24.6	22.2	17.0	24.8	0.491	0.028	3.60	0.44
Zr	210	22.2	17.0	214	0.947	0.086	15.01	0.44
Nb	14.6	22.2	17.0	14.8	0.352	0.074	2.84	0.44
Li	48.5	22.2	17.0	47.9	3.060	0.059	1.10	0.44
Be	2.52	22.2	17.0	2.58	0.144	0.105	1.16	0.44
Co	16.7	22.2	17.0	16.7	0.904	0.002	1.36	0.44
Ni	35.0	22.2	17.0	35.2	1.742	0.028	1.45	0.44
Cu	27.3	22.2	17.0	25.7	1.526	0.256	0.99	0.44
Mo	0.75	22.2	17.0	0.75	0.063	0.009	0.87	0.44
Cd	0.18	22.2	17.0	0.19	0.012	0.120	0.96	0.44
La	39.0	22.2	17.0	37.4	2.291	0.182	1.03	0.44
W	1.90	22.2	17.0	1.95	0.142	0.106	0.89	0.44
U	2.80	22.2	17.0	2.91	0.175	0.178	0.97	0.44
As	18.9	22.2	17.0	19.0	0.826	0.027	1.65	0.44
Sb	1.44	22.2	17.0	1.34	0.080	0.329	0.90	0.44
Bi	0.46	22.2	17.0	0.45	0.025	0.106	1.21	0.44
Hg**	22.0	22.2	17.0	20.8	1.311	0.240	0.94	0.44
Ag	0.05	22.2	17.0	0.04	0.003	0.636	0.49	0.44
B	59.0	22.2	17.0	59.1	3.807	0.004	1.14	0.44
Sn	2.80	22.2	17.0	2.88	0.196	0.134	0.91	0.44
F	659	22.2	17.0	642	34.040	0.116	1.27	0.44

注:\*是质量分数为%;\*\*是质量分数为10<sup>-9</sup>;其他是质量分数为10<sup>-6</sup>。其余表格同。

表3 GBW 07325 标准物质各项目过程能力指数  
Table 3 Process capability index of GBW 07325 standard materials

元素	标准值	允许差 RE/%	RSD/%	平均值	s	K	$C_{PK}$	$C_{PK允许}$
Na <sub>2</sub> O*	1.74	16.1	12.0	1.76	0.006	0.074	13.70	0.45
MgO*	0.87	22.2	17.0	0.82	0.029	0.237	1.71	0.44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	10.8	11.4	8.5	10.6	0.053	0.159	6.57	0.45
SiO <sub>2</sub> *	64.2	11.4	8.5	63.8	0.366	0.059	6.27	0.45
CaO*	8.19	11.4	8.5	7.53	0.020	0.703	4.55	0.45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	3.07	16.1	12.0	3.05	0.061	0.047	2.57	0.45
P	389	22.2	17.0	380	4.501	0.106	5.71	0.44
K <sub>2</sub> O*	2.86	16.1	12.0	2.81	0.012	0.119	11.15	0.45
Ba	369	22.2	17.0	381	12.660	0.141	1.85	0.44
Ti	2170	22.2	17.0	2194	28.380	0.050	5.38	0.44
V	45.7	22.2	17.0	41.5	2.062	0.415	0.96	0.44
Cr	39.8	22.2	17.0	44.0	1.651	0.472	0.94	0.44
Mn	614	22.2	17.0	654	8.535	0.293	3.76	0.44
Zn	116	22.2	17.0	112	0.843	0.158	8.58	0.44
Pb	127	22.2	17.0	117	1.121	0.341	5.52	0.44
Th	17.5	22.2	17.0	16.4	1.075	0.296	0.85	0.44
Sr	185	22.2	17.0	175	0.871	0.246	11.86	0.44
Y	23.0	22.2	17.0	22.0	0.458	0.198	2.98	0.44
Zr	188	22.2	17.0	182	0.870	0.135	13.84	0.44
Nb	12.0	22.2	17.0	11.4	0.356	0.209	1.97	0.44
Li	29.7	22.2	17.0	29.5	1.579	0.026	1.36	0.44
Be	2.67	22.2	17.0	2.75	0.167	0.126	1.04	0.44
Co	9.80	22.2	17.0	10.1	0.649	0.135	0.97	0.44
Ni	20.8	22.2	17.0	21.6	1.193	0.179	1.06	0.44
Cu	247	22.2	17.0	228	12.412	0.338	0.98	0.44
Mo	6.60	22.2	17.0	6.51	0.377	0.062	1.22	0.44
Cd	0.57	22.2	17.0	0.60	0.046	0.241	0.70	0.44
La	37.9	22.2	17.0	37.5	2.366	0.053	1.12	0.44
W	9.20	22.2	17.0	9.22	0.624	0.007	1.08	0.44
U	3.40	22.2	17.0	3.22	0.223	0.244	0.85	0.44
As	37.3	22.2	17.0	38.1	1.638	0.096	1.52	0.44
Sb	4.44	22.2	17.0	4.63	0.250	0.189	1.07	0.44
Bi	1.22	22.2	17.0	1.33	0.049	0.407	1.09	0.44
Hg**	34.0	22.2	17.0	34.4	2.764	0.051	0.86	0.44
Ag	0.32	22.2	17.0	0.31	0.023	0.087	0.94	0.44
B	30.0	22.2	17.0	29.5	1.667	0.074	1.23	0.44
Sn	3.30	22.2	17.0	3.28	0.278	0.032	0.85	0.44
F	424	22.2	17.0	422	22.530	0.017	1.37	0.44

### 5.1 分析数据的过程能力指数

表2结果表明,对GBW 07320标准物质,Na<sub>2</sub>O、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、CaO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、P、K<sub>2</sub>O、Ba、Ti、V、Cr、Mn、Zn、Sr、Y、Zr、Nb、Co、Ni、As等21个检测项目, $C_{PK} > 1.33$ ,根据表1判定,过程能力充分,管理能力已很好,应继续维持;Pb、Li、Be、La、Bi、B、F等7个检测项目, $1.00 < C_{PK} < 1.33$ ,过程能力充足,技术管理能力勉强,应设法提高;Cu、Mo、Cd、W、U、Sb、Hg、

表4 GBW 07328 标准物质各项目过程能力指数

Table 4 Process capability index of GBW 07328 standard materials

元素	标准值	允许差 RE/%	RSD/%	平均值	s	K	C <sub>PK</sub>	C <sub>PK允许</sub>
Na <sub>2</sub> O*	3.26	16.1	12.0	3.30	0.009	0.076	17.74	0.45
MgO*	0.93	22.2	17.0	0.89	0.013	0.179	4.41	0.44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	14.0	11.4	8.5	13.4	0.055	0.368	6.10	0.45
SiO <sub>2</sub> *	70.4	11.4	8.5	69.9	0.391	0.058	6.44	0.45
CaO*	2.40	16.1	12.0	2.23	0.013	0.442	5.48	0.45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	3.20	16.1	12.0	3.20	0.016	0.009	10.74	0.45
P	564	22.2	17.0	566	6.790	0.017	6.04	0.44
K <sub>2</sub> O*	3.18	16.1	12.0	2.95	0.012	0.454	7.83	0.45
Ba	483	22.2	17.0	488	10.570	0.043	3.23	0.44
Ti	2740	22.2	17.0	2700	27.600	0.066	6.86	0.44
V	59.4	22.2	17.0	55.4	2.225	0.302	1.38	0.44
Cr	24.4	22.2	17.0	28.0	1.038	0.672	0.57	0.44
Mn	451	22.2	17.0	473	5.288	0.221	4.91	0.44
Zn	61.1	22.2	17.0	60.7	0.701	0.028	6.27	0.44
Pb	45.4	22.2	17.0	49.3	1.110	0.390	1.85	0.44
Th	16.7	22.2	17.0	14.8	0.646	0.515	0.93	0.44
Sr	404	22.2	17.0	403	1.142	0.015	25.77	0.44
Y	15.3	22.2	17.0	14.8	0.451	0.161	2.11	0.44
Zr	184	22.2	17.0	163	1.122	0.506	5.99	0.44
Nb	10.5	22.2	17.0	10.0	0.351	0.212	1.75	0.44
Li	25.6	22.2	17.0	25.4	1.674	0.031	1.10	0.44
Be	2.56	22.2	17.0	2.67	0.149	0.185	1.04	0.44
Co	7.30	22.2	17.0	7.15	0.430	0.094	1.14	0.44
Ni	11.1	22.2	17.0	10.8	0.625	0.124	1.15	0.44
Cu	49.0	22.2	17.0	45.5	2.535	0.319	0.98	0.44
Mo	2.70	22.2	17.0	2.62	0.162	0.141	1.06	0.44
Cd	0.17	22.2	17.0	0.18	0.012	0.346	0.67	0.44
La	32.5	22.2	17.0	31.5	1.541	0.143	1.34	0.44
W	4.20	22.2	17.0	4.24	0.260	0.039	1.15	0.44
U	3.60	22.2	17.0	3.55	0.237	0.061	1.06	0.44
As	12.3	22.2	17.0	12.0	0.421	0.104	1.94	0.44
Sb	1.27	22.2	17.0	1.16	0.070	0.409	0.79	0.44
Bi	0.70	22.2	17.0	0.74	0.028	0.229	1.44	0.44
Hg**	12.0	22.2	17.0	10.9	0.919	0.422	0.56	0.44
Ag	0.14	22.2	17.0	0.15	0.010	0.221	0.80	0.44
B	41.5	22.2	17.0	41.8	2.852	0.035	1.04	0.44
Sn	2.00	22.2	17.0	2.09	0.135	0.193	0.89	0.44
F	505	22.2	17.0	495	25.120	0.091	1.35	0.44

Sn等8个检测项目,  $0.67 < C_{PK} < 1.00$ , 说明过程能力不足, 技术管理能力已很差, 应采取措施立即改进; Th、Ag的2个检测项目,  $C_{PK} < 0.67$ , 过程能力严重不足, 技术管理能力非常差, 应采取紧急措施和全面检查。

表3结果表明, 对GBW 07325标准物质, Na<sub>2</sub>O、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、CaO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、P、K<sub>2</sub>O、Ba、Ti、Mn、Zn、Pb、Sr、Y、Zr、Nb、Li、As、F等20个检测项目, C<sub>PK</sub>值  $> 1.33$ , 根据表1判定, 过程能力充分, 管理能力已

很好, 应继续维持; Be、Ni、Mo、La、W、Sb、Bi、B等8个检测项目,  $1.00 < C_{PK} < 1.33$ , 过程能力充足, 但技术管理能力勉强, 应设法提高; V、Cr、Th、Co、Cu、Cd、U、Hg、Ag、Sn等10个检测项目,  $0.67 < C_{PK} < 1.00$ , 过程能力不足, 表示技术管理能力已很差, 应采取措施立即改善。

表4结果表明, 对GBW 07328标准物质, Na<sub>2</sub>O、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、CaO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、P、K<sub>2</sub>O、Ba、Ti、V、Mn、Zn、Pb、Sr、Y、Zr、Nb、La、As、Bi、F等22个检测项目, C<sub>PK</sub>值  $> 1.33$ , 根据表1判定, 过程能力充分, 管理能力已很好, 应继续维持; Li、Be、Co、Ni、Mo、W、U、B等8个检测项目,  $1.00 < C_{PK} < 1.33$ , 过程能力充足, 技术管理能力勉强, 应设法提高; Th、Cu、Cd、Sb、Ag、Sn等6个检测项目,  $0.67 < C_{PK} < 1.00$ , 说明, 过程能力不足, 技术管理能力已很差, 应采取措施立即改善; Cr、Hg的2个检测项目,  $C_{PK} < 0.67$ , 过程能力严重不足, 应采取措施和全面检查。

## 5.2 检测项目分析质量的综合评价

根据公式(1)计算, 地质实验室化探样品分析质量如果要维持  $C_{PK} > 1.33$ <sup>[6]</sup>的质量水平, 其检测项目的分析方法性能标准应控制标准误差  $s < \frac{1}{4}M \times RE_{允许}$ 。

3个标准物质共114个检测项目, 所有检测项目  $C_{PK} > C_{PK允许}$ , 说明所有检测项目均满足规范质量要求。其中Na<sub>2</sub>O、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>等63个检测项目  $C_{PK} > 1.33$ , 表明55.3%的检测项目分析质量很高; 23个检测项目,  $1.00 < C_{PK} < 1.33$ , 表明20.2%的检测项目分析质量高; 24个检测项目,  $0.67 < C_{PK} < 1.00$ , 表明21.1%的检测项目分析质量较高; 3个标准物质中Th、Ag、Cr、Hg等4个检测项目  $C_{PK允许} < C_{PK} < 0.67$ , 刚刚合格, 占总项目的3.5%, 说明分析质量有待改进。

根据DZ/T 0167—2006规范统计, 西藏1:20万罗拉木幅等两幅区域地球化学勘查样品内部质量控制重复性检验和异常点检查合格率: Hg为95.77%、Cr为96.72%, 外部质量控制元素合格率: 6DC1-150批中Hg为88.67%, 以上统计结果与本文过程指数评价结果一致。中国地质调查局区域样品分析质量检查组评审验收结论: 国土资源部郑州矿产资源监督检测中心承担的《西藏1:20万罗拉木幅等两幅区域地球化学勘查样品多元素分析》测试任务, 根据《规范》和《评分表》进行评分, 其中内部质量控制38分, 外部质量控制54分, 实际得分92分, 达到优秀级标准, 同意按优秀级结果验收。

## 5.4 提高检测项目分析质量的措施

从检测结果统计数据可知,提高化探分析水平就必须提高其过程能力指数,各检测项目的过程能力指数反映了低含量样品的质量水平控制难度大于高含量样品的质量控制难度。对于过程能力较差的检测项目应列入质量改进计划,如 Hg 的测定可通过控制环境、选择更稳定的氯化亚锡还原体系, Th 和 Cr 的测定选择合适的标准物质, Ag 的测定注意污染及加强低含量段标准样品控制等措施来减少分析误差;如需要,更换分析方法以获得更好的准确度和稳定性。通过不断地质量改进,优化分析方法的性能指标,使过程能力指数不断改进提高,力争达到过程能力指数  $C_{PK} > 1.33$  的预期目标。

## 6 结语

在化探样品分析质量评估中,本文首次采用过程能力指数对检测数据进行综合评价,为化探样品分析测试质量评价提供了一种简便快捷、科学合理的质量评价方法。对西藏地区两个化探图幅 3 个沉积物标准物质共 114 个检测项目应用过程能力指数评定,评估结果与传统方法相一致,63 个项目  $C_{PK} > 1.33$ , 47 个项目  $0.67 < C_{PK} < 1.00$ , 4 个项目的  $C_{PK} < 0.67$ , 所有项目的  $C_{PK}$  均大于  $C_{PK}$  允许值,说明西藏化探图幅标准物质整体分析质量良好;一些过程能力较差的检测项目可通过实验室能力验证、选择合适的标准物质、标准化操作、仪器期间核查、更换测定方法等措施提高分析质量。

过程能力分析是一种以数据和事实为决策依据的管理方法,过程能力指数可以反映分析测试质量特性的分化程度、集中程度及符标程度,更能确切地反映质量特性的综合特性,因此,用过程能力指数来评价分析测试质量特性更具有客观性和指导性。它可以应用到地矿实验室分析测试质量管理的具体工作中,例如实验室能力验证、分析方法验证、标准物

质定值、仪器比对、人员比对等,有助于实验室提高科学管理水平,提升分析测试质量和服务质量。

## 7 参考文献

- [1] DZ/T 0167—2006, 区域地球化学勘查规范(1:200000)[S].
- [2] 质量专业理论与实务(中级)[M]. 北京:中国人事出版社,2004: 182-184.
- [3] 王治国. 临床检验质量控制技术[M]. 北京:人民卫生出版社,2008: 261-265.
- [4] 王斌会,胡志萍. 过程能力指数与不合格品率的关系模型[J]. 数理统计与管理,2007,26(1): 57-61.
- [5] 黄亨建,周君,宋昊岚. 质量控制过程能力指数在临床生化中的应用[J]. 华西医学,2006,21(1): 96-97.
- [6] 乡志忠,区俊文,赵鹏图,王晓晖. 运用过程能力指数法改进急诊检验报告用时[J]. 中国医院管理,2009,29(7): 22-24.
- [7] 孙东亮. 过程检验数据在过程能力评价中的应用[J]. 中国烟草学报,2008,14(3): 20-23.
- [8] 贾新章,龚自立. 现代工艺水平下工序能力指数  $C_{PK}$  的计算[J]. 西安电子科技大学学报:自然科学版,2001,28(4): 452-455.
- [9] 汤淑明,王飞跃. 过程能力指数综述[J]. 应用概率统计,2004,20(2): 207-216.
- [10] 吴嘉华,侯先荣. 改进服务质量的一个有效途径:过程能力指数法[J]. 科技管理研究,2006,26(6): 207-208.
- [11] 梁之舜,邓集贤,杨维权,司徒荣. 概率论及数理统计[M]. 北京:高等教育出版社,2005.
- [12] 马林. 六西格玛管理[M]. 北京:中国人民大学出版社,2004.
- [13] 叶家瑜,江宝林. 区域地球化学勘查样品分析方法[M]. 北京:地质出版社,2004: 3-172.
- [14] 夏琴,徐建平. 过程能力指数在单个实验室能力验证中的应用[J]. 现代测量与实验室管理,2005(6): 40-41.
- [15] GB/T 4091—2001, 常规控制图[S].

# The Application of Process Capability Index in the Quality Assessment for Geochemical Samples Analysis

WANG Ye, CHEN Ai-ping

(Key Laboratory of Precious Metals Analysis and Exploration Technology, Ministry of Land and Resources, Zhengzhou Testing and Quality Supervision Center for Geological and Mineral Products, Zhengzhou 450012, China)

**Abstract:** The process capability index ( $C_{PK}$ ) is the value that measures the degree of process capability to meet the quality standard of products. In the process control, if the  $C_{PK}$  is bigger, the product quality is better. Considering the economy of production and processing, the  $C_{PK}$  is usually controlled at an acceptable level. In this paper, we firstly applied a process capability index from industry to the quality assessment of analysis in the geological laboratory. The comprehensive evaluation of the overall quality of the samples was obtained through calculating the process of 114 capability indexes of the standard sediments (GBW 07320, GBW 07325 and GBW 07328) with the geochemical samples selected from the two Tibet 1 : 200000 Luolamu map. The results show that all the  $C_{PK}$  were more than the threshold levels of  $C_{PK}$ . In all of the testing items, 63 items'  $C_{PK}$  such as  $Na_2O$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$  and  $SiO_2$  etc, were more than 1.33, 47 items'  $C_{PK}$  such as Cu, Li, Be, W etc were more than 0.67. However, the  $C_{PK}$  of Th, Ag, Cr and Hg were less than 0.67. As for the items with poor process capability, the tests for process capability were taken, appropriate standard materials were selected, equipment calibrated, chemical procedures standardized and the measurement methods optimized in order to improve accuracy and stability of the analytical data. The application of process capability index provided a convenient and scientific method for quality evaluation of geochemical sample analysis, which provided the scientific basis to choose analysis plans for different testing items and reduce the cost.

**Key words:** process capability index; geochemical sample analysis; quality evaluation