

# 中国海及大陆架沉积物标准物质系列评介

王毅民<sup>1</sup> 王晓红<sup>1</sup> 高玉淑<sup>1</sup> 吕海燕<sup>2</sup> 张学华<sup>3</sup>

(1. 国家地质实验测试中心, 北京 100037; 2. 国家海洋局第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012;

3. 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

**摘要:**自 20 世纪 90 年代末以来, 在有关国家专项的支持下, 中国先后研制了分别取自黄海、东海和南海的共 9 个大 陆架沉积物地球化学标准物质, 基本构成了一个比较有代表性的中国海及大陆架沉积物标准物质系列, 为中国海洋 国土及专属经济区调查研究工作提供了有力技术支撑。本文简介了这些标准的研制背景、概况, 着重评介了这些标准 物质的特点, 特别说明了该标准物质系列在海洋地质调查与研究中的应用及在地质分析技术发展上的意义。

**关键词:**中国海大陆架; 海洋沉积物; 标准物质; 化学成分分析; 超细样品; 粒度分析

**中图分类号:** P736.4      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2009)05-1145-09

当今, 地质标准物质已作为计量标准, 在地质分析的质量监控、仪器校准和分析方法评价中频繁使用, 发挥着越来越重要的作用<sup>[1,2]</sup>。至今, 中国已制备各类一级地质标准物质 300 多个, 形成了一个类型比较齐全的地质标准物质体系, 成为近 30 年来影响最大、应用最广、持续时间最长的重要地质分析成果之一<sup>[3]</sup>。

国际上地质标准物质的研制与应用已有近 60 年的历史, 中国地质标准物质的研制也已有 30 年<sup>[4]</sup>, 中国海洋地质标准物质的研制是从大洋矿产资源调查开始的, 至今也已 20 年, 而大陆架沉积物标准物质的研制仅是近 10 多年的事<sup>[4]</sup>。

20 世纪 90 年代中、后期, 中国在黄海、东海和南海开展了海洋地质、环境及矿产资源的广泛调查研究。在相关国家专项支持下, 国家地质实验测试中心等单位合作研制了 3 个分别取自黄、东、南海(北部)陆架的沉积物标准物质<sup>[5]</sup>; 本世纪初, 在科技部基础性专项基金的支持下, 国家海洋局第二海洋研究所和国家地质实验测试中心先后研制了取自东海、南海更广阔海域的共 6 个沉积物标准物质, 从而构成了基本覆盖中国海各海域的陆架沉积物标准物质系列。这些标

准物质的国家序列编号分别为: GBW07333 (MS-Y1)、GBW0734 (MNS-1)、GBW07335 (MS-E1)、GBW07336 (MS-S1) 和 GBW07352~GBW07356 (MSCS-1~MSCS-5)。笔者在此总结这些成果并予以评介。

## 1 研制背景及概况

20 世纪 80 年代以来, 中国积极参与了国际海底资源的调查、研究及开发工作。在相关国家专项支持下, 中国利用广泛的国际合作相继研制了大洋多金属结核、富钴结壳和深海沉积物 3 个标准物质系列, 产生了良好的国际影响, 有力支持了中国的大洋矿产资源调查、研究与开发活动<sup>[6-9]</sup>, 及时争得并维护了中国在国际海底的正当权益。

中国海大陆架是世界上最宽阔的陆架之一, 海洋资源丰富。根据《联合国海洋法公约》和中国的主张, 中国的海洋国土总面积约有 300 万 km<sup>2</sup>。但与周边多个国家存在海洋划界争议, 维护中国海洋国土及专属经济区权益是国人的一项重要义务。

为了配合中国的大陆架和专属经济区调查, “九五”期间, 在相关国家专项支持下, 由国家地质实验

测试中心牵头合作研制了 3 个分别取自黄海、东海和南海(北部)的沉积物标准物质:MS-Y1、MS-E1 和 MS-S1<sup>[5]</sup>。21 世纪初,在科技部建立中国海洋标准物质体系的宏观计划指导下,国家海洋局第二海洋研究所和国家地质实验测试中心先后得到科技部中央科研院所基础性科技工作专项资金的支持,分别研制了 1 个取自南海北部的沉积物标准物质 MNS-1,以及取自南海南部海域、南海东部海域、东海西南海域、台东北海域及冲绳海槽的 5 个沉积物标准物质 MSCS-1~5。

上述 9 个标准物质的取样位置基本覆盖了中国海及陆架的主要区域,而且大多是多个站位的组合样,沉积物类型也具有一定代表性,从而构成了中国

海及大陆架沉积物的标准物质系列(图 1)。

## 2 样品特点与海洋地质应用

### 2.1 样品概况及特点

MS-Y1 原样由国家海洋局第一海洋研究所取自黄海,为两个站位的组合样,主要为粉沙质泥。样品经干燥、破碎、球磨至-200 目的均匀粉体样品,分装成 70 g 小瓶。有 12 个国内实验室参加了合作分析,测试组分 64 个,提供标准值 45 个,参考值 8 个<sup>[5,10]</sup>。

MS-E1 和 MS-S1 原样分别由上海和广州海洋地质调查局取自东海和南海(西沙群岛西北)。MS-E1 主要为粉砂质砂,MS-S1 为多站位组合样,以粉砂质细砂为主。样品经干燥、破碎、球磨至-200 目的均匀粉体样品,分装成 50 g 小瓶。采用了国内外多实验室协同定值方式,有德、法、英、俄、比利时和澳大利亚等国的 9 个国外实验室和 8 个国内实验室参加合作分析,测试组分 67 个,提供的标准值分别为 43 和 42 个,参考值分别为 8 个和 9 个<sup>[5,11]</sup>。

MNS-1 原样由国家海洋局第二海洋研究所取自南海(西沙群岛西南)也为多站位的组合样,样品类型与 MS-S1 相近,制备过程方法大体同 MS-Y1,测试组分 63 个,提供了标准值 52 个,参考值 11 个<sup>[12]</sup>。

MSCS-1~3 的原样由广州海洋地质调查局提供。MSCS-1 取自南沙海域西南部的陆架和陆坡,为多站位组合样,主要为陆源和生物碎屑;MSCS-2 取自东沙群岛海域,为两个站位的组合样,主要为粉砂质粘土,表面有生物碎屑;MSCS-3 取自东海南部海域,台湾省东北海域,钓鱼岛、赤尾屿和黄尾屿以南,水深 2088 m。

MSCS-4 的原样由上海海洋地质调查局提供,取自东海西南部海域,以含壳碎片的细砂为主。

MSCS-5 的原样由国家海洋局第一海洋研究所提供,取自冲绳海槽,为多个站位的组合样。该批标准物质(MSCS-1~5)采用了新的样品加工方法,先经球磨制成-200 目粉体样品后,再用气流磨进一步加工成具有超细粒度的均匀样品,用激光粒度仪检测样品的粒度(平均粒度均小于  $4\mu\text{m}$ ,相当于 700~800 目),并以高灵敏度的 ICP-AES、ICP-MS 相配合的方法确定其最小取样量(5 mg),有 12 个实验室(包括来自英国和法国的 3 个实验室)参加了合作定值研究,测试组分均为 60 个。MSCS-1,2 中分别有 50 和 51 个组分定为标准值,1 和 2 个组分定为参考值;



图 1 中国海及大陆架沉积物标准物质系列取样位置

Fig.1 Sampling positions of a reference material series of China Sea and continental shelf sediments

MSCS-3~5 中均有 52 个组分定为标准值<sup>[13-16]</sup>。

上述各标准物质的概况列于表 1, 而定值结果综合在表 2 和表 3 中。

这些标准物质的取样位置基本覆盖了中国海域的主要海区, 代表了沉积物的主要类型, 为中国大陆架和专属经济区 (EEZ) 资源与环境勘查和研究中沉积物分析质量监控、分析方法评价、分析仪器校准和仲裁分析提供了可靠的计量标准。

## 2.2 地质应用及意义

本标准物质系列主要用做中国海及大陆架沉积物化学成分分析的计量标准, 也适用于类似材料成分分析的质量监控、分析仪器校准、分析方法评价和仲裁分析。

国际上已有多种海洋 (深海大洋、海湾及河口) 沉积物标准物质, 但却没有系列的大陆架沉积物标准物质。中国的这套沉积物标准物质系列的研制具有重要实用意义。

中国大陆架是西太平洋沟-弧-盆系的重要组成部分, 处于欧亚、印度洋和太平洋三大板块的接合带, 属地球上地壳构造和地质作用最复杂的区域之一, 因此成为国内外许多重大地质研究计划的研究对象<sup>[7]</sup>。中国海域辽阔、陆架宽广, 地形及构造复杂, 沉积物类型多变, 陆架沉积物是记录陆海边缘地质作用及演化的良好载体, 对于全球构造、环境变化、

矿产资源开发及陆海环境研究具有重要价值; 中国海岸线长, 与周边多个国家存在海洋国土划界争议, 大陆架沉积物研究对于维护国家海洋权益具有重要意义, 上述三点在国际上都是比较特殊的, 中国陆架沉积物标准物质正是在“中国专属经济区与大陆架勘测”国家专项支持下首先开始的。因此, 这些标准物质已为并将继续为中国海洋国土及专属经济区资源与环境调查和相关科学研究提供有力技术支撑。

大陆架沉积物是记录陆海边缘地质作用及演化的良好载体, 对于全球构造、环境变化、矿产资源开发及陆海环境研究具有重要价值。沉积物标准物质是沉积物化学组成研究质量保证系统中必不可少的组成部分。

## 3 新技术应用及意义

研制本标准物质系列采用了国内外多实验室协同分析定值, 特别是 MSCS-1~5 的制备引入了粉体样品的超细加工和样品粒度分析与表征的一系列现代方法与技术, 从而使该批标准物质成为与近 30 多年来逐步形成的 200 目地质标准物质体系在样品特性和应用方面大不相同的一类新的地质标准物质——超细标准物质。

(1) 采用了现代超细粉碎技术-气流磨-探索研制了一个平均粒度  $D_{50} < 4 \mu\text{m}$  (约 800 目) 超细标准

表 1 中国海及大陆架沉积物标准物质系列  
Table 1 Reference material series of China Sea and continental shelf sediments

标准名称	取样位置	研制单位 <sup>a</sup>	定值组分 <sup>b</sup>	测定组分	样品粒度	最小取 样量 /mg	合作实 验室 <sup>c</sup>	组分加和/ $10^{-2}$	研制时间
MS-Y1	黄海	SIO, SOA	45(8)	64	200目	100	9		1998
MS-E1	东海	NRCG	43(8)	67	200目	100	16(9)	99.72	1998
MS-S1	南海	NRCG	42(9)	67	200目	100	16(9)	99.55	1998
MNS-1	南海	SIO, SOA	52(11)	63	200目	100	11		2000
MSCS-1	南海	NRCG	50(2)	60	800目	5, 2	12(3)	99.92	2001
MSCS-2	南海	NRCG	51(1)	60	800目	5, 2	12(3)	99.62	2001
MSCS-3	东海	NRCG	52	60	800目	5, 2	12(3)	100.44	2001
MSCS-4	东海	NRCG	52	60	800目	5, 2	12(3)	100.12	2001
MSCS-5	冲绳海槽	NRCG	52	60	800目	5, 2	12(3)	99.67	2001

注: a: NRCG-国家地质实验测试中心; SIO, SOA-国家海洋局第二海洋研究所; b-括号内为参考值数; c-括号内为国外实验室数。

表 2 MS-Y1、MS-E1、MS-S1 和 MNS-1 定值数据

Table 2 Certified values of MS-Y1, MS-E1, MS-S1 and MNS-1

组分	GBW07333 (MS-Y1)		GBW07335 (MS-E1)		GBW07336 (MS-S1)		GBW07334 (MNS-1)	
	c.v	s	c.v	s	c.v	s	c.v	s
SiO <sub>2</sub> ,10 <sup>-2</sup>	54.00	0.20	59.6	0.2	44.9	0.2	37.59	0.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,10 <sup>-2</sup>	17.42	0.23	13.1	0.2	12.1	0.2	11.02	0.06
TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,10 <sup>-2</sup>	6.77	0.08	5.28		4.66		4.05	0.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,10 <sup>-2</sup>			3.5	0.2	3.1	0.2		
FeO,10 <sup>-2</sup>	--	--	(1.6)		(1.4)			
MnO,10 <sup>-2</sup>	0.062	0.003	0.073	0.005	0.30	0.01	619,10 <sup>-6</sup>	17,10 <sup>-6</sup>
MgO,10 <sup>-2</sup>	3.08	0.12	2.51	0.09	2.19	0.06	2.03	0.09
CaO,10 <sup>-2</sup>	1.47	0.06	4.8	0.2	13.1	0.3	18.25	0.59
Na <sub>2</sub> O,10 <sup>-2</sup>	2.93	0.11	2.3	0.2	2.5	0.1	2.47	0.08
K <sub>2</sub> O,10 <sup>-2</sup>	3.53	0.09	2.71	0.06	2.2	0.1	2.12	0.04
TiO <sub>2</sub> ,10 <sup>-2</sup>	0.775	0.020	0.72	0.03	0.61	0.03	0.52	0.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,10 <sup>-2</sup>	0.121	0.008	0.12	0.01	0.13	0.01	0.12	0.01
S,10 <sup>-2</sup>			0.09	0.01	(0.11)		(0.11)	
Cl,10 <sup>-2</sup>			1.04	0.06	(1.95)		(2.39)	
CO <sub>2</sub> ,10 <sup>-2</sup>	0.96	0.08	(3.3)		(10.3)		14.6	0.8
Corg,10 <sup>-2</sup>	1.18	0.06	(0.6)		(0.9)		(0.85)	
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> ,10 <sup>-2</sup>			(3.8)		(4.0)			
As,10 <sup>-6</sup>	7.6	0.5	(8)		(5.0)		2.37	0.35
Ba,10 <sup>-6</sup>	477	19	396	19	488	10	458	26
Be,10 <sup>-6</sup>							1.96	0.14
Bi,10 <sup>-6</sup>	(0.45)						0.29	0.03
Br,10 <sup>-6</sup>							(98.2)	
Cd,10 <sup>-6</sup>	0.28	0.03	(0.20)		(0.31)		0.25	0.03
Co,10 <sup>-6</sup>	18.9	0.6	15	1	13	2	11.2	1.2
Cr,10 <sup>-6</sup>	107	4	78	10	64	4	60.0	3.2
Cs,10 <sup>-6</sup>	(13.8)		(8.0)		(7.6)		8.6	1.3
Cu,10 <sup>-6</sup>	29.1	1.1	18	4	23	4	20.7	1.4
F,10 <sup>-6</sup>							710	120
Ga,10 <sup>-6</sup>			16	2	15.1	0.7	14.5	1.8
Hf,10 <sup>-6</sup>	(5.2)		(5)		3.8	0.3	(2.88)	
Hg,10 <sup>-6</sup>	0.022	0.002					0.032	0.004
I,10 <sup>-6</sup>							85.9	
Li,10 <sup>-6</sup>	(88.5)						58.1	5.5
Mo,10 <sup>-6</sup>							0.37	0.08
N,10 <sup>-6</sup>							(1052)	
Nb,10 <sup>-6</sup>	17.1	1.1	13.7	0.8	12.9	1.0	12.7	1.8
Ni,10 <sup>-6</sup>	46.1	1.1	36	5	44	4	39.2	2.6
Pb,10 <sup>-6</sup>	29.0	1.6	25	4	20	5	16.8	2.1
Rb,10 <sup>-6</sup>	164	10	118	3	110	5	96.1	3.8
Sb,10 <sup>-6</sup>	(1.06)						0.50	0.09
Sc,10 <sup>-6</sup>	16.1	1.2	12.0	0.8	11	2	(10.1)	
Se,10 <sup>-6</sup>	0.51	0.06					1.14	0.05
Sr,10 <sup>-6</sup>	130	5	193	8	507	20	577	20

(续表 2)

组分	GBW07333 (MS-Y1)		GBW07335 (MS-E1)		GBW07336 (MS-S1)		GBW07334 (MNS-1)	
	c. v	s	c. v	s	c. v	s	c. v	s
Ta, 10 <sup>-5</sup>	(1. 22)						(0. 90)	
Th, 10 <sup>-6</sup>	14. 2	1. 4	13. 6	0. 6	12. 6	0. 5	11. 4	0. 8
Tl, 10 <sup>-6</sup>							(0. 51)	
U, 10 <sup>-6</sup>	4. 5	0. 4	2. 7	0. 4	2. 8	0. 4	2. 80	0. 20
V, 10 <sup>-6</sup>	(131)		95	9	87	5	80. 8	3. 1
W, 10 <sup>-6</sup>	(1. 93)						(1. 41)	
Y, 10 <sup>-6</sup>	24. 9	1. 3	25	2	23	2	21. 7	2. 0
Zn, 10 <sup>-5</sup>	114	6	79	8	100	15	90. 4	4. 3
Zr, 10 <sup>-5</sup>	144	13	184	24	134	12	104	5
La, 10 <sup>-5</sup>	40. 8	1. 3	38	2	31	1	27. 7	2. 0
Ce, 10 <sup>-5</sup>	77. 4	3. 9	78	4	64	3	54. 5	3. 9
Pr, 10 <sup>-5</sup>	8. 32	0. 29	8. 3	0. 3	6. 8	0. 3	6. 69	0. 91
Nd, 10 <sup>-5</sup>	33. 1	1. 3	33	3	26	2	23. 2	1. 8
Sm, 10 <sup>-5</sup>	6. 28	0. 34	6. 2	0. 3	5. 2	0. 3	4. 34	0. 25
Eu, 10 <sup>-5</sup>	1. 26	0. 03	1. 25	0. 04	1. 01	0. 06	0. 93	0. 14
Gd, 10 <sup>-5</sup>	5. 44	0. 25	5. 4	0. 3	4. 5	0. 6	4. 01	0. 06
Tb, 10 <sup>-5</sup>	0. 76	0. 05	0. 8	0. 1	0. 7	0. 2	0. 58	0. 05
Dy, 10 <sup>-5</sup>	4. 59	0. 14	4. 8	0. 2	4. 1	0. 3	3. 37	0. 30
Ho, 10 <sup>-5</sup>	0. 96	0. 04	0. 92	0. 04	0. 8	0. 2	0. 73	0. 11
Er, 10 <sup>-5</sup>	2. 57	0. 18	2. 56	0. 05	2. 3	0. 2	2. 01	0. 33
Tm, 10 <sup>-5</sup>	0. 38	0. 03	0. 39	0. 04	0. 29	0. 06	0. 30	0. 05
Yb, 10 <sup>-5</sup>	2. 46	0. 12	2. 42	0. 07	2. 20	0. 05	1. 97	0. 09
Lu, 10 <sup>-5</sup>	0. 37	0. 02	0. 38	0. 03	0. 31	0. 06	0. 31	0. 02

注:所有值均为干基 (110°C) 含量; c.v 为标准值(括号内为参考值);u 为总不确定度(置信度 95%);s 为标准偏差

表 3 MSCS-1~5 定值数据  
Table 3 Certified values of MSCS-1~5

组分 component	MSCS-1		MSCS-2		MSCS-3		MSCS-4		MSCS-5	
	c.v	u	c.v	u	c.v	u	c.v	u	c.v	u
SiO <sub>2</sub> ,10 <sup>-2</sup>	48.5	0.2	45.8	0.3	56.0	0.2	65.0	0.2	46.9	0.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,10 <sup>-2</sup>	12.2	0.2	13.5	0.2	16.6	0.2	9.2	0.2	12.96	0.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,10 <sup>-2</sup>	3.6	0.2	3.08	0.06	3.54	0.04	2.79	0.05	2.7	0.1
FeO,10 <sup>-2</sup>	(0.81)	0.09	2.05	0.06	2.76	0.05	1.22	0.06	1.79	0.08
MnO,10 <sup>-2</sup>	0.66	0.02	0.29	0.01	0.21	0.01	0.05	0.01	0.30	0.01
MgO,10 <sup>-2</sup>	2.22	0.06	2.35	0.07	2.68	0.07	1.81	0.05	2.26	0.07
CaO,10 <sup>-2</sup>	10.6	0.2	10.7	0.2	2.76	0.04	6.87	0.09	10.90	0.08
Na <sub>2</sub> O,10 <sup>-2</sup>	2.5	0.1	2.9	0.2	2.51	0.06	2.05	0.03	3.0	0.2
K <sub>2</sub> O,10 <sup>-2</sup>	2.1	0.1	2.5	0.2	3.32	0.04	2.14	0.06	2.5	0.1
TiO <sub>2</sub> ,10 <sup>-2</sup>	0.58	0.01	0.63	0.01	0.78	0.01	0.51	0.01	0.57	0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,10 <sup>-2</sup>	0.14	0.01	0.13	0.01	0.18	0.01	0.12	0.01	0.13	0.01
S,10 <sup>-2</sup>	0.15	0.02	0.14	0.01	0.09	0.01	0.05	0.01	0.18	0.01
Cl,10 <sup>-2</sup>	2.4	0.2	2.5	0.2	1.59	0.08	0.51	0.04	2.1	0.1
CO <sub>2</sub> ,10 <sup>-2</sup>	8.3	0.3	8.0	0.4	2.1	0.1	5.1	0.3	7.7	0.4

(续表 3)

组分 component	MSCS-1		MSCS-2		MSCS-3		MSCS-4		MSCS-5	
	c.v	u	c.v	u	c.v	u	c.v	u	c.v	u
Corg, $10^{-2}$	(0.80)	0.09	(0.85)	0.09	0.84	0.07	0.27	0.03	1.10	0.05
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> , $10^{-2}$	4.9	0.3	4.8	0.3	4.8	0.3	2.8	0.2	4.8	0.2
As, $10^{-6}$	8.1	0.8	5.8	0.5	16	2	4.5	0.4	6.5	0.6
Ba, $10^{-6}$	420	26	551	23	525	17	380	19	466	19
Cd, $10^{-6}$	0.37	0.04	0.34	0.04	0.22	0.03	0.08	0.01	0.40	0.04
Co, $10^{-6}$	13	1	15.6	0.8	16	2	12.0	0.8	13.5	0.6
Cr, $10^{-6}$	69	7	69	6	94	6	49	4	62	5
Cu, $10^{-6}$	22	2	41	2	31	2	8	2	33	2
F, $10^{-6}$	711	57	689	67	839	62	480	44	728	41
Ga, $10^{-6}$	16	1	18	2	21	2	11.9	0.8	17	1
Hg, $10^{-6}$	0.08	0.02	0.08	0.02	0.27	0.03	0.025	0.005	0.23	0.03
Mo, $10^{-6}$	2.7	0.4	0.9	0.2	0.9	0.2	0.30	0.05	1.9	0.3
Nb, $10^{-6}$	11.7	0.7	11.3	0.9	16	1	9.7	0.8	11	2
Ni, $10^{-6}$	45	3	45	3	44	3	24	2	47	3
Pb, $10^{-6}$	24.7	0.8	26.8	0.6	42	3	32	2	34.0	0.8
Rb, $10^{-6}$	104	2	109	2	148	7	83	3	109	3
Sc, $10^{-6}$	10.5	0.5	13.6	0.9	14	1	7.4	0.8	12.3	0.9
Sr, $10^{-6}$	428	12	400	7	163	6	297	15	416	10
Th, $10^{-6}$	10	2	9	2	14	2	8.7	0.6	9	1
U, $10^{-6}$	2.4	0.2	2.0	0.3	2.4	0.5	1.8	0.2	2.7	0.2
V, $10^{-6}$	87	3	112	3	133	6	61	2	103	4
Y, $10^{-6}$	21.9	0.4	22.2	0.5	26.1	0.6	17.3	0.6	23.5	0.8
Zn, $10^{-6}$	90	4	99	4	107	4	62	3	103	4
Zr, $10^{-6}$	151	13	121	10	166	9	186	11	120	8
La, $10^{-6}$	30.3	0.8	30	1	40	2	28.4	0.9	28.2	0.9
Ce, $10^{-6}$	62	7	58	4	77	4	56	5	54	4
Pr, $10^{-6}$	6.8	0.5	6.8	0.7	8.9	0.8	6.4	0.6	6.3	0.5
Nd, $10^{-6}$	26	2	26	2	34	2	25	2	25	2
Sm, $10^{-6}$	5.0	0.3	5.1	0.3	6.4	0.4	4.6	0.3	4.8	0.3
Eu, $10^{-6}$	1.01	0.06	1.04	0.04	1.29	0.06	0.96	0.07	1.01	0.05
Gd, $10^{-6}$	4.0	0.3	4.3	0.6	5.1	0.4	3.7	0.4	4.2	0.3
Tb, $10^{-6}$	0.69	0.05	0.63	0.06	0.80	0.07	0.59	0.05	0.68	0.03
Dy, $10^{-6}$	4.0	0.3	3.9	0.4	4.8	0.3	3.2	0.2	3.9	0.2
Ho, $10^{-6}$	0.79	0.07	0.77	0.08	1.00	0.05	0.64	0.05	0.79	0.06
Er, $10^{-6}$	2.3	0.4	2.2	0.3	2.7	0.4	1.7	0.3	2.4	0.2
Tm, $10^{-6}$	0.33	0.05	0.32	0.03	0.40	0.07	0.26	0.03	0.32	0.03
Yb, $10^{-6}$	2.3	0.3	2.3	0.3	2.9	0.2	1.8	0.1	2.6	0.3
Lu, $10^{-6}$	0.33	0.05	0.32	0.04	0.41	0.03	0.27	0.02	0.33	0.02

注:所有值均为干基(110℃)含量;c.v为标准值(括号内为参考值);u为总不确定度(置信度95%)。



物质系列,使样品的最小取样量降低为 5 mg(仅为传统 200 目样品的 1/20),为充分发挥地质分析现代主导分析技术(ICP-AES/MS 和 XRF)的优良性能提供了条件。最小取样量大幅度降低最重要的意义在于可使现代地质分析主流技术的“环境友好”性能得到充分发挥,大大减小地质分析实验室的环境影响(降耗,减排),是建设“环境友好”地质分析实验室的一条重要途径,符合当今的环境理念和科学发展观。该研究工作自 2003 年在“Geoanalysis 2003”(芬兰)国际会议、“Geostandards and Geoanalytical Research”国际期刊和国内《自然科学进展》发表以来,国内外多个单位相继开展了超细标准物质及超细样品分析研究工作<sup>[13,14,18]</sup>。这进一步表明,超细标准物质研制和超细样品分析已成为现代地质分析发展的一个新的研究方向。国内外超细标准物质概况列于表 4。

(2)采用粒度分析与表征的现代方法—激光粒度分析仪—测量与表征了超细地质标准物质的粒度特性(粒度分布和特征粒度)。与国内外普遍使用的筛分法相比可提供更丰富的粒度分布特征信息,大大提高了粒度检测的效率、精度和结果表征的多样性、科学性。这是地质分析领域首次采用激光粒度分析仪测量与表征地质标准物质的粒度特性<sup>[19]</sup>,文献<sup>[19]</sup>系统说明了这一成果的发展及意义。

## 4 结 语

建国以来,中国在近海海域进行过大量的海洋地质、地球物理、环境及矿产资源的调查工作,积累了大量基础资料<sup>[20-21]</sup>,特别是地球物理资料。与这些资料相比,系统的地球化学资料却比较缺乏。即使中国著名的近海沉积物地球化学专著“中国浅海沉积物地球化学”<sup>[22]</sup>也仅使用了 286 个沉积物样品,共分析了 76 个组分的数据,而其他绝大多数样品仅有不足 20 个组分的资料。在上述的各类海洋调查中虽然采集、积累了大量沉积物样品,但对这些样品的分析测试项目少(特别是缺乏对资源环境具有重要指示意义的大量痕量元素数据),分析方法落后,特别是大多没有使用相应的标准物质进行质量监控,数据的可比性差。因此,中国海域及专属经济区的地球化学基础数据面临着数据更新和进一步提高科学水平的问题。对此,本标准物质系列将起到强有力的技术支撑和质量保证作用。

分析化学实验室的环境影响问题早已引起社会的广泛关注,而地质分析实验室所测试的样品和元素数量与其他分析实验室相比均是很可观的,而这些实验室又多处在城市市区。因此,地质分析实验室必须发展“环境友好”分析技术,尽快寻求可持续发

表 4 国内外超细标准物质概况  
Table 4 Summary of reference materials with ultra-fine particle sizes in China and abroad

标准名称	材料	研制单位	定值组分数	测定组分数	样品粒度	最小取样量/mg
MSCS-1	海洋沉积物	NRCG	50 (2)	60	800 目	5
MSCS-2	海洋沉积物	NRCG	51 (1)	60	800 目	5
MSCS-3	海洋沉积物	NRCG	52	60	800 目	5
MSCS-4	海洋沉积物	NRCG	52	60	800 目	5
MSCS-5	海洋沉积物	NRCG	52	60	800 目	5
GSR30	碳酸盐岩石	HIGE	65 (10)	75	700 目	25
SRM2703	海洋沉积物	NIST	22 (7)	38	1000 目	0.7
MCpt-1	富钴结壳	IGGE	6, PGEs	68	2000 目	PGEs, 1g; 其他元素2mg
MCpt-2	富钴结壳	IGGE	6, PGEs	68	2000 目	PGEs, 1g; 其他元素2mg

注: NRCG—国家地质实验测试中心; NIST—美国国家标准与技术研究院; HIGE—湖北地质实验研究所; IGGE—中国科学院地球物理与地球化学勘查研究所; 定值组分数中括号内为参考值数。

展之路。减小样品粒度、大幅度降低分析取样量(化学试剂消耗量和排污量也相应减小),逐步构建超细样品分析新体系对于地质分析技术当今及未来发展具有深远的意义<sup>[13,14]</sup>。

### 参考文献(References):

- [1] 王毅民, 高玉淑, 韩慧明, 等. 实用地质分析标准物质手册(中-英文对照版)[M]. 北京:地质出版社, 2003:206.  
Wang Yimin, Gao Yushu, Han Huiming, et al. Practical Reference Material for Geoanalysis (Chinese-English)[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003:206.
- [2] 王毅民, 高玉淑, 王晓红. 中国地质标准物质研制和标准方法制定的成果与思考[J]. 岩矿测试. 2006, 25(1):55-63.  
Wang Yimin, Gao Yushu, Wang Xiaohong. A review on study of geochemical reference materials and reference methods in China[J]. Rock and Mineral Analysis, 2006, 25 (1):55-63 (in Chinese with English abstract).
- [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.  
Wang Yimin, Chen Yuoping. Review on important achievements of geoanalysis in last 30 years in China[J]. Geological Review, 2008, 54(5): 653-669 (in Chinese with English abstract).
- [4] 王毅民. 中国的海洋地质标准物质 [C]// 周金生主编. 地质实验工作五十年. 北京:地质出版社, 2003:361-367.  
Wang Yimin. Marine geochemical reference material prepared by China [C] //Zhou Jinsheng (ed.). Geological Experiment Work for 50 Years. Beijing: Geological Publishing House, 2003:361-367 (in Chinese).
- [5] 中国地质调查局, 国家海洋局. HY126-03 项目综合报告 [M]. 北京:海洋出版社, 2004:52-57.  
China Geological Survey, State Oceanic Administration. HY126-03 comprehensive report [M]. Beijing: Ocean Press, 2004:52-57 (in Chinese).
- [6] 王晓红, 王毅民, 张学华. 中国海洋地球化学探测技术的现状与发展[J]. 地球学报, 2002, 23(1):7-10.  
Wang Xiaohong, Wang Yimin, Zhang Xuehua. A review on technologies of marine geochemical detection and analysis in China [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2002, 23 (1):7-10 (in Chinese with English abstract).
- [7] Chen Guofang, Wang Jiwu. The preparation of marine geochemical certified reference materials-polymetallic nodule GSPN-1 and marine sediment GSMS-1 from the Pacific Ocean [J]. Geostandards Newsletter, 1998, 22(1):119-125.
- [8] Wang Yimin, Luo Daihong, Gao Yushu, et al. Preliminary study on the preparation of four Pacific Ocean polymetallic nodule and sediment reference materials: GSPN-2, GSPN-3, GSMS-2 and GSMS-3[J]. Geostandards Newsletter, 1998, 22(2): 247-255.
- [9] Wang Xiaohong, Gao Yushu, Wang Yimin, et al. Three seamount Co-rich crust reference materials:GSMC-1-3 [J]. Geostandards Newsletter. 2003, 27(3): 251-257.
- [10] 吕海燕, 王正方, 陈维岳, 等. 黄海沉积物标准物质研制[J]. 海洋通报, 2004, 23(5):71-76.  
Lv Haiyan, Wang Zhengfang, Chen Weiyue, et al. Research and preparation of Yellow Sea sediment certified reference material[J]. Marine Science Bulletin, 2004, 23 (5): 71-76 (in Chinese with English abstract).
- [11] 王毅民, 高玉淑, 王晓红, 等. 中国陆架沉积物标准物质研制[J]. 分析测试学报. 2007, 26(1):1-7.  
Wang Yimin, Gao Yushu, Wang Xiaohong, et al. Development of reference materials of China continental-shelf sediment [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2007, 26(1):1-7 (in Chinese with English abstract).
- [12] 全国标准物质管理委员会. 中华人民共和国标准物质目录[M]. 北京:中国计量出版社, 2007:115.  
The Supervision Committee for Reference Materials of China. Reference Materials Catalog of People's Republic of China [M]. Beijing: China Metrology Publishing House, 2007:115 (in Chinese).
- [13] Wang Yimin, Gao Yushu, Wang Xiaohong, et al. Investigations into the preparation of geochemical reference materials that have an ultra-fine particles size [J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2004, 28(1):113-121.
- [14] 王晓红, 高玉淑, 王毅民. 超细地质标准物质及其应用 [J]. 自然科学进展, 2006, 16(3):309-315.  
Wang Xiaohong, Wang Yimin, Gao Yushu. Ultra-fine geochemical reference materials and its application [J]. Advances of Natural Sciences, 2006, 16(3):309-315(in Chinese).
- [15] Wang Xiaohong, Wang Yimin, Gao Yushu, et al. Study on the preparation of five ultra-fine particle size China Sea and continental-shelf sediment reference materials: MSCS-1~5 [J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2009, to be published.
- [16] 王毅民, 高玉淑, 王晓红, 等. 中国海大陆架沉积物超细标准物质研制[J]. 分析化学, 2009: 待发表.  
Wang Yimin, Gao Yushu, Wang Xiaohong, et al. A study on five China Sea and continental shelf sediment ultra-fine reference materials [J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2009: to be published (in Chinese with English abstract).
- [17] 许东禹, 刘锡清, 张驯华, 等. 中国近海地质[M]. 北京:地质出版社, 1997.  
Xu Dongyu, Liu Xiqing, Zhang Xunhua, et al. China Off-shore Geology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997 (in Chinese).
- [18] National Institute of Standards & Technology. Certificate of analysis, standard reference material 2703—sediment for solid sampling (small sample)[R]. Analytical Techniques, 2005:1-9.
- [19] 王毅民, 王晓红, 高玉淑. 地质标准物质粒度测量与表征的现代方法[J]. 地质通报, 2009, 28(1):137-145.  
Wang Yimin, Wang Xiaohong, Gao Yushu. Modern methods for the determination and representation of particle size in geochemical reference materials [J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(1):



- 136-145(in Chinese with English abstract).
- [20] 国土资源部中国地质调查局. 新中国海洋地质工作大事记[M]. 北京:海洋出版社, 2000:1-111.
- China Geological Survey, the Ministry of land and Resources P R China. Chronicle of the Marine Geology Survey of the People's Republic of China[M]. Beijing:Ocean Press, 2000:1-111 (in Chinese).
- [21] 张洪涛, 陈邦彦, 张海启. 我国近海地质与矿产资源 [M]. 北京:海洋出版社, 2005:384.
- Zhang Hongtao, Chen Bangyan, Zhang Haiqi. Geology and Mineral Resources in China's Off-shore Areas [M]. Beijing:Ocean Press, 2005:384 (in Chinese).
- [22] 赵一阳, 鄢明才. 中国浅海沉积物地球化学[M]. 北京:科学出版社, 1994:203.
- Zhao Yiyang, Yan Mingcai. Geochemistry of Sediments of the China Shelf Sea [M]. Beijing: Science Press, 1994:203 (in Chinese).

## A review on the reference material series for China Sea and continental shelf sediments

WANG Yi-min<sup>1</sup>, WANG Xiao-hong<sup>1</sup>, GAO Yu-shu<sup>1</sup>, LV Hai-yan<sup>2</sup>, ZHANG Xue-hua<sup>3</sup>

(1. National Research Center for Geoanalysis, Beijing 100037, China; 2. No. 2 Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou 310012, Zhejiang, China; 3. Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, Guangdong, China)

**Abstract:** Since the late 1990's, totally nine geochemical reference sediment materials for the China Sea and the continental shelf were prepared, which were collected from the Yellow Sea, the East China Sea and the South China Sea. These studies were supported by several grants from the Chinese government. Basically, these reference materials form a representative "library" of the China Sea and the continental shelf sediment reference materials. Furthermore, they provide strong technical support for the exploitative survey and study of China's maritime territories and exclusive economic zone. In this paper, a brief introduction to the background and general situation on the preparation of these reference materials is presented, with the emphasis placed on the characteristics of these reference materials and, especially, the application of the reference materials for the marine geological survey and research and their significance for the development of advanced geo-analytical techniques.

**Key words:** China sea and continental shelf; marine sediments; reference material; chemical composition analysis, ultra-fine sample; particle size analysis

---

**About the first author:** WANG Yi-min, male, born in 1941, professor, engages in the study of geological materials and the preparation of geoanalytical reference materials; E-mail: wym7852@yahoo.com.cn.