

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

九 分析测试与综合利用 第2号

地球化学标准参考样的
研制与分析方法

GSR 1-6 GSS 1-8 GSD 9-12

地球化学标准参考样研究组

地质出版社

中华人民共和国地质矿产部

地 质 专 报

九 分析测试与综合利用 第2号

地球化学标准参考样的
研制与分析方法

GSR1-6 CSS1-8

地 质 出 版 社

内 容 简 介

本书是地质矿产部岩石GSR1—6、土壤GSS1—8和水系沉积物GSD9—12标准参考样研制成果的总结。全书分两部分。第一部分标准样品的研制,系统的介绍了该三个系列样品的选采、制备、均匀度检验、测试、数据的统计处理和定值,列出了国内外45个实验室提供的73个元素和成分的分析数据。第二部分分析方法,汇总了稀土、稀有、分散和卤族元素的测试方法,包括原子吸收分析法、分光光度法、电化学分析法、等离子体光谱法和核分析法。

本书可供从事地质矿产、环境保护和农业土壤等部门的实验分析人员使用。也可供有关部门的技术人员及科学研究工作者参考使用。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报
九 分析测试与综合利用 第2号
地球化学标准参考样的研制与分析方法
GSR 1—6 GSS 1—8 GSD 9—12

地球化学标准参考样研究组

责任编辑:李美生 徐瑞芳

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: $19^{1/4}$ 字数: 450,000

1987年12月北京第一版·1987年12月北京第一次印刷

印数: 1—2100 册 国内定价: 6.40 元

ISBN 7-116-00063-1/P·054

统一书号: 13038·新464

前 言

GSR1—6 (岩石)、GSS1—8 (土壤)、GSD9—12 (水系沉积物) 等18个地球化学标准参考样, 是继GSD1—8之后, 为地质、勘查地球化学和实验分析更广泛和长远的需要而研制的。该项研制由地矿部地球物理地球化学勘查研究所 (以下简称物化探研究所) 和岩矿测试研究所负责, 参加单位有: 江苏省地矿局中心实验室、辽宁省地质实验研究中心、湖北省地矿局实验研究中心、湖南省地质实验研究中心、陕西省地矿局西安测试中心、甘肃省地矿局中心实验室和青海省地质中心实验室。

1982年物化探研究所完成了15个样品的采集制备和均匀度检验。并分送各测试单位。1983年补充制备了三个沉积岩样品。分析定值工作分两步进行。第一步主要测试区域化探扫面要求分析的元素, 并于1984年5月进行了第一次数据汇总, 6月由部科技司组织了评审, 根据所提供的约计91000多次测定取得的20163个分析数据, 确定了34个痕量和微量元素及7个主成分的可用值提供使用。紧接着继续开展了稀有、稀土、分散与卤族元素的研究和测试工作。1984年10月由物化探研究所负责召开了核分析方法交流会, 1985年4月由岩矿测试研究所负责召开了卤族和分散元素分析方法交流会, 这些活动和一些单位开展的专题研究促进了难测元素的分析定值。已定可用值的大多数元素和成分, 也均补充了数据。1986年4月汇总的全部数据, 计进行了155234次测定, 取得了35284个分析数据 (剔除的未计在内)。6月通过部评审鉴定, 定值的元素和成分计73个, 其中全部或大部分样品定为推荐值的有61个元素和成分。

参加分析定值的有地质矿产部、核工业部、中国科学院、有色金属总公司、冶金工业部和大专院校的共45个研究所 (院) 和中心实验室 (实验研究中心)。它们是 (按提供的分析数据数排列): 岩矿测试研究所、物化探研究所、辽宁省地质实验研究中心、江苏省地矿局中心实验室、中国原子能科学研究院、湖北省地矿局实验研究中心、湖南省地矿局地质实验研究中心、青海省地质中心实验室、陕西省地矿局西安测试中心、四川省地矿局中心实验室、江西省地矿局实验测试中心、山东省地矿局实验室、甘肃省地矿局中心实验室、福建省地矿局地质中心实验室、安徽省地矿局测试中心、中国科学院高能物理研究所、广东省地矿局中心实验室、云南省地矿局测试中心, 有色金属总公司北京矿产地质研究所、核工业部西南核物理与化学研究所、新疆自治区地矿局实验测试研究中心、核工业部北京第三研究所、内蒙古自治区地矿局地质实验测试中心、河北省地矿局岩石矿物测试中心、吉林省地矿局地质实验研究中心、广西壮族自治区地质矿产测试研究中心、成都地质学院、山西省地矿局实验室、北京市地质研究测试中心、西北有色金属矿产地质研究所、有色金属总公司矿产地质研究院、黑龙江省地矿局中心实验室、中国科学院南京土壤研究所、西德联邦地学与矿物原料研究院、河南省地矿局岩石矿物测试中心、贵州省地矿局实验室、冶金工业部天津地质研究院、南京地质矿产研究所和南京大学、浙江省地矿局地质测试中心, 中国科学院地球化学所、有色金属总公司湖南地质研究所、武汉地质学院北京研究生部、山东省冶金地质勘探公司研究所、核工业部第五研究所。该18个标准参考样的研制成

功是继八个水系沉积物标准参考样之后全国地质实验分析领域的又一重要合作研究成果。其中GSR1—6和GSS1—8为我国第一批岩石和土壤地球化学标准参考样系列。由于这批标准样品代表性广泛，包括了三类主要地质介质，定值的元素数和定值精度达到了国内外地质标准物质的先进水平，而国外享有声望的美国早期研制的G-1、AGV-1等地质标准样品已几乎耗尽，故这批标准样品在国内外将占有重要地位。18个标准样的研制进一步促进了地质痕量元素分析技术的发展，卤族、稀土、稀有和分散元素的分析方法和技术均取得了较大的进展。这批标准参考样还为地质、地球化学对各种痕量元素的全国乃至世界范围的对比研究提供了条件。

本书是18个地球化学标准参考样研制成果的总结。全书分两部分。第一部分为标准参考样的研制和数据汇编，由物化探研究所鄢明才、王春书编写，谢学锦审阅；第二部分为稀土、稀有、分散元素和卤族元素测试方法汇编，是在全国参加测试单位提供分析方法的基础上，由岩矿测试研究所负责编写，编写设计和审核为李连仲、沈慧君，原子吸收和分光光度法由曾法刚编写，电化学分析法由鲍琪儿编写，等离子体光谱法由殷宁万、袁玄晖编写，核分析方法由童纯茵、李炳林、尹明编写。

我们仅对在研制工作中各测试单位和数百名分析工作者的通力合作，及样品选采过程中许多单位和同志给予的热情帮助和支持，表示深切的谢意。

目 录

第一部分 样品的研制及数据汇编

第一章 样品的采集.....	(1)
第二章 样品的制备与均匀度检验	
一、样品的制备.....	(8)
二、均匀度检验.....	(10)
第三章 样品的测试.....	(23)
第四章 数据的处理与推荐值的确定	
一、数据的统计处理.....	(26)
二、推荐值的确定.....	(28)
附录1 推荐值表.....	(43)
附录2 原始数据表.....	(61)
附录3 最佳估计值计算表.....	(166)
参考文献.....	(216)

第二部分 样品中痕量元素的测试方法

第一章 原子吸收分光光度法

一、镓、铟、铊的测定

钒作基体改进剂石墨炉原子吸收法..... (217)

二、铊的测定

(一) 泡沫塑料富集石墨炉原子吸收法..... (218)

(二) 色层分离富集石墨炉原子吸收法..... (220)

三、锗的测定

(一) 四氯化碳萃取石墨炉原子吸收法..... (221)

(二) 混合基体改进剂, 石墨炉原子吸收法..... (222)

(三) 苯萃取涂锗石墨炉原子吸收法..... (223)

四、铍、钐、铈、钆、铽、镱、铟、铊、铋、铷、铯、钫的衬铂石墨炉

原子吸收法测定..... (224)

五、硒、碲的测定

(一) 巯基棉富集石墨炉原子吸收法连续测定硒、碲..... (227)

(二) 巯基棉富集原子荧光法测定硒..... (229)

六、汞的测定

冷原子无色散原子荧光法..... (230)

第二章 分光光度法

一、镓的测定——丁基罗丹明B比色法	(231)
二、锗的测定——苯芴酮比色法	(232)
三、铈的测定——荧光光度法	(233)
四、钽的测定	
(一) 丁基罗丹明B—二苯胍-EDTA萃取比色法	(234)
(二) 结晶紫比色法	(236)
五、铀的测定	
(一) 激光荧光直接测定法	(237)
(二) 萃取分离比色法	(238)
六、铀、钍连测	
(一) TRPO萃取光度法	(239)
(二) 甲基膦酸二甲庚酯 (P_{350}) 吸附树脂萃取色层分离法	(240)
七、硒碲的测定——诱导比色法	(243)
八、硼的测定——铍试剂Ⅲ分光光度法	(244)
九、氯的测定	
(一) 比浊法	(245)
(二) 扩散分离法	(246)
(三) 硫氰酸汞间接测定法	(247)
十、溴的测定	
(一) 催化分光光度法	(248)
(二) 碘—淀粉比色法	(248)
十一、碘的测定	
(一) 催化光度法	(250)
(二) 催化滴定法	(251)
十二、氯、溴、硫同时测定——阳离子静态交换离子色谱法	(251)
第三章 电分析化学法	
一、镓的极谱测定	
(一) 茜素S-氯化钾-乙酸-乙酸钠底液	(253)
(二) 吡咯啉二硫化氨基甲酸铵-PAR-乙酸盐底液	(254)
(三) 溴邻苯三酚红-酒石酸钠-乙酸盐底液	(255)
二、铀的极谱测定	
溴化钾-盐酸-盐酸羟胺介质中的微分脉冲阳极溶出法	(256)
三、铈的极谱测定	
微分脉冲阳极溶出法	(257)
四、锗的极谱测定	
邻苯三酚-钒(Ⅳ)-EDTA底液	(258)
五、硒、碲的极谱测定	
(一) 巯基棉富集分离催化法	(259)
(二) 用砷共沉淀或离子交换富集催化法	(260)
六、碘的极谱测定	
阴极溶出新极谱法测定	(262)

第四章 等离子体光谱法

- 一、37个主、次痕量元素的同时测定 (264)
- 二、等离子体直读光谱法测定稀土元素 (266)
- 三、ppb级稀土元素的测定 (268)

第五章 核技术分析法

- 一、中子活化法
 - 稀土及其他痕量元素 (272)
- 二、火花源质谱法
 - (一) 26个痕量元素的测定 (277)
 - (二) 18个痕量元素的测定 (278)

参考文献 (281)

各单位测试工作情况 (282)

英文摘要 (292)

Contents

PART 1 SAMPLE PREPARATION AND DATA COMPILATION

Chapter 1 Collection of samples (1)

Chapter 2 Sample preparation and sample homogeneity test

1. Prepare of samples (8)

2. Homogeneity test of samples (10)

Chapter 3 Sample analysis (23)

Chapter 4 Derivation of recommended values

1. Statistical treatment of data (26)

2. Condition for publishing recommended values (28)

Appendix 1 Recommended Values (43)

Appendix 2 Analytical data (61)

Appendix 3 Computation for best estimate values (166)

Literature (216)

PART 2 ANALYSIS OF TRACE ELEMENTS

Chapter 1 Atomic absorption spectrophotometry

1. Determination of Ga, In and Tl—V as matrix modifier—graphite furnace AAS (217)

2. Determination of Thallium

1) Polyurethane foam adsorption—graphite furnace AAS (218)

2) Chromatographic separation—graphite furnace AAS	(220)
3. Determination of germanium	
1) CCl_4 extraction—graphite furnace AAS	(221)
2) Mixed matrix modifier—graphite furnace AAS	(222)
3) C_6H_6 extraction—graphite furnace AAS (Zr lining)	(223)
4. Determination of Nb, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y—graphite furnace AAS (Ta lining)	(224)
5. Determination of Se, Te	
1) Sulphydryl cotton separation—graphite furnace AAS	(227)
2) Sulphydryl cotton separation—atomic fluoremetry	(229)
6. Determination of mercury—cold vapour non-dispersive atomic fluoremetry	(230)

Chapter 2 Spectrophotometry

1. Butyl rhodamine B colorimetric determination of Ga	(231)
2. Phenyl fluorenone colorimetric determination of Ge	(232)
3. Fluoresence photometric determination of Hf	(233)
4. Determination of tantalum	
1) Butyl rhodamine B—diphenyl guanidine—EDTA extraction colorimetry	(234)
2) Crystal violet colorimetry	(236)
5. Determination of uranium	
1) Laser fluoremetry	(237)
2) Extraction—separation colorimetry	(238)
6. Determination of U and Th	
1) TRPO extraction photometry	(239)
2) P_{350} adsorption—chromatography	(240)
7. Induction colorimetric determination of Se and Te	(243)
8. Beryllon III spectrophotometric determination of boron	(244)
9. Determination of chlorine	
1) Nephelometry	(245)
2) Dispersive separation method	(246)
3) HgSCN indirect method	(247)
10. Determination of bromine	
1) Catalytic spectrophotometry	(248)
2) Iodine—starch colorimetry	(248)
11. Determination of Iodine	
1) Catalytic photometry	(250)
2) Catalytic titrimetry	(251)
12. Simultaneous determination of chlorine, bromine, sulphur— static cation exchange chromatography	(251)

Chapter 3 Electrochemical analysis

1. Polarographic determination of gallium	
1) Alizarin S-KCl-CH ₃ COOH-NaCOOH supporting electrolyte	(253)
2) Pyrrolidine ammonium dithiocarbamate -PAR- acetate supporting electrolyte	(254)
3) Bromo-Pyrogallol red-tartarate-acetate supporting electrolyte	(255)
2. Polarographic determination of indium—differential pulse anodic stripping method in KBr-HCl-NH ₂ OH·HCl medium	(256)
3. Polarographic determination of thallium—differential pulse anodic stripping method	(257)
4. Polarographic determination of germanium Pyrogallol-V(IV)-EDTA supporting electrolyte.....	(258)
5. Polarographic determination of Se, Te	
1) Sulphydryl cotton separation	(259)
2) Coprecipitation with arsenic or ion exchange separation	(260)
6. Polarographic determination of iodine—cathodic stripping method	(262)
Chapter 4 ICP spectrometry	
1. Simultaneous determination of 37 major and trace elements	(264)
2. Determination of REE by ICP direct reading spectrometry	(266)
3. Determination of ppb level REE	(268)
Chapter 5 Nuclear technical analysis	
1. Neutron activation analysis of RE and other trace elements	(272)
2. Spark source mass-spectrometry	
1) Determination of 26 trace elements	(277)
2) Determination of 18 trace elements	(278)
Literature	(281)
ELEMENTS ANALYZED IN EACH LABORATORY	(282)
ENGLISH ABSTRACT	(292)

第一部分 样品的研制 及数据汇编

第一章 样品的采集

岩石、土壤和水系沉积物三类物质是地质和勘查地球化学的基本研究对象，其组成复杂，种类繁多。为使有限数量的标准样品能较好地适应各种情况，在样品选采之前进行了总体规划和调查研究。在选采过程中，进行了实地踏勘和分析测试，力求使采集的样品具有代表性，并在总体上使各种痕量元素和主成份有较大的变化范围。

地球化学标准样要取得数十种元素和成份的准确值需付出巨大的努力。国外一些有影响的标准样，如美国地质调查所第一批的G-1、W-1与第二批的AGV-1等六个岩石标准样，经过多年的测试研究和使用的，当它们有了准确数值、建立了信誉以后，而样品也差不多耗尽了，这是一个教训。三种基本地质物料的标准样不仅地质矿产部门需要，还可供其它有关部门和国际交流使用。它们只要保存得当，可长期保持稳定。为了适应我国地质、地球化学和实验分析及其它有关方面的长远需要，在制备时，保证了样品有足够的重量，使土壤和水系沉积物样品的单样重量不少于500kg，岩石样品不少于1500kg。

一、岩石样品

在国外地球化学标准样中，岩石占有最大比例。据 K. Govindaraju 1984年的统计，在总计170个标准样品中有100个是岩石样品，而我国仅有两个超基性岩标准样品（西安地矿所等1979年研制），远不能满足实际需要，急需包括各岩类的成套的系列标准样品。

本次研制的岩石系列标准样，按照岩石学的分类选采了火成岩和沉积岩主要岩类的具有代表性的岩石。

在选采时，还考虑了如下因素：

1. 选取的岩石是该岩类在地壳中分布最广者。
2. 采样地区和岩石形成时代在我国具有代表性。为使所采集的样品较为新鲜，火成岩一般选取较晚期的岩体。
3. 尽可能地使多数主量成份的值，居于该类岩石化学成份的适中位置。
4. 尽量避开蚀变和矿化影响，使样品的成份反映岩石的背景含量（但为便于分析定值，石灰岩是在受矿化活动影响的高背景地段中选取的）。

岩石标准参考样用GSR表示(Geochemical Standard Reference Samples of Rock)。

现将 6 个样品分述于后。

GSR-1 黑云母花岗岩

样品采自湖南郴州千里山花岗岩体，位于“南岭花岗岩”的西部。岩体东北部与石灰岩接触处为钨锡钼铋多金属矿区，样品取自岩体西部的主体期 (γ_2^{-1})，选取的岩块新鲜，无明显蚀变。岩石为灰色，中粒斑状结构。

GSR-2 石英角闪安山岩

取自南京梅山铁矿主井附近。该区位于宁芜地区北段，属中生代陆相安山质火山杂岩系。岩石新鲜、呈深青灰色，半晶质斑状结构。斑晶成份为更长石、角闪石和少量石英，更长石为自形、半自形，有清晰的钠氏双晶，石英晶体呈不规则状，角闪石被分解暗化，次为方解石和磁铁矿，局部有碳酸盐化。基质主要由条柱状更中长石组成。

GSR-3 橄榄玄武岩

样品采自张家口坝上，系汉诺坝新生代碱性橄榄玄武岩。岩石结构为隐晶致密块状和结晶杏仁状。主要矿物有：基性斜长石、橄榄石、磁铁矿和辉石。岩石新鲜，呈灰黑色，镜下未发现蚀变和次生变化。

三个火成岩岩石样品的矿物成分见表1。

表 1 三个火成岩样品 (GSR 1—3) 的矿物成分
Table 1 Mineral composition of the three igneous rocks (GSR 1—3)

样 品 号	岩石名称	采集地点	矿 物 成 分 (人工重砂)
GSR-1	黑云母花岗岩	湖南郴州柿竹园 (千里山花岗岩体)	主要矿物：长石、石英、云母。 次要矿物：磁铁矿、钛铁矿、赤铁矿、黄铁矿、电气石和磷灰石。 微量矿物：锆英石、绿帘石、黑钨矿和辉钼矿。
GSR-2	石英角闪安山岩	南 京 梅 山	主要部分为隐晶基质，斑晶的矿物成分如下： 主要矿物：中长石。 次要矿物：石英、磁铁矿、方解石、赤铁矿、角闪石、云母、绿帘石、黄铁矿和重晶石。 微量矿物：锆英石和斑铜矿。
GSR-3	橄榄玄武岩	张 家 口 (汉诺坝玄武岩)	主要部分为隐晶基质，斑晶的矿物成分如下： 主要矿物：基性斜长石、橄榄石、辉石和磁铁矿。 微量矿物：石英、金红石、绿帘石。

GSR-4 石英砂岩

采自安徽铜陵小倪村。为志留系五通组深灰色和浅灰色致密块状石英砂岩。岩石的碎屑成分主要为石英，含少量的钾长石和白云母。胶结物为硅质和泥质（部分变为绢云母）。微量矿物有锆石、电气石和黄铁矿。

GSR-5 页岩

样品采自北京蓟县震旦系串岭沟组地层。岩石呈暗黄至灰绿色，粒径 $<0.01\text{mm}$ ，主要成份为泥质、隐晶和鳞片变晶的白云母及褐铁矿。

GSR-6 碳酸盐岩

采自安徽铜陵狮子山，属三叠系地层。以泥质条带状石灰岩为主。次为块状白云岩。条带状灰岩为青灰色，主要成份为隐晶质方解石，次为泥质，方解石和泥质相间呈条带。

局部可见少量方解石细脉, 采样点附近为矽卡岩铜矿床。

二、土壤样品^{〔3〕}

我国地球化学探矿每年要采集和分析数以百万计的土壤样品, 土壤也是农业和环境保护等部门的重要研究对象, 近年来国际上也开始重视土壤标准物质的研制。70年代以后, 美国、加拿大和国际原子能机构等共研制了12个土壤标准样品。

我国地域辽阔、气候复杂、地形差异颇大, 植被类型繁多, 是世界上土壤类型最多的国家之一。不同类型土壤的物理性质和化学成份可以有很大的差异: 东北寒冷潮湿地区的土壤富含有机质; 黄土和干旱区土壤含钙较高; 气温高而潮湿的长江以南的广大地区则富含铁铝, 而碱金属和碱土金属被分解流失。加之地质背景的差异, 显然选择个别样品难以适应全国范围的需要。故仍制备成系列, 以大体反映我国的主要土壤类型和地质背景。采集时主要考虑了如下因素:

1. 采样点的布局, 以气候土壤分带为主要依据, 兼顾地质背景。反映气候土壤分带的样品其成土母岩为常见硅酸盐岩石 (中酸性火成岩、碎屑岩及其变质岩)。

2. 在保持该类型土壤基质成份的条件下, 为使样品痕量元素有较大的变化幅度, 部分样品选在具有不同地球化学特点的矿区, 采集的样品以无矿化的背景地段的土壤为基础, 掺入少量附近矿化带上方的土壤, 以调整痕量元素的变化。考虑到土壤地球化学测量的需要, 适当提高了部分样品痕量元素的浓度。

3. 取样点一般选在缓坡地带, 使采集的样品在该景观条件下成土作用相对比较完整。取样层位为B层。

土壤标准参考样用GSS表示 (Geochemical Standard Reference Samples of Soil)。编号的顺序大致由北而南。七个土壤样品的采集地点, 及其景观条件和地质背景简述于后。

GSS-1 暗棕壤

采自黑龙江伊春西林, 地处小兴安岭南端低山区, 属寒温带, 冰冻期达四至五个月, 气候寒冷而潮湿。该类土壤是我国东北广大中、低山和丘陵的标型土壤。成土作用比较完全, 带粘性, A层黑色腐植土厚达15—40cm, B层土壤因富含有机质而呈暗棕色。成土母岩主要是海西晚期花岗岩。采样点为铅锌矿区, 样品中混有少量的铅锌矿化带上方的土壤。

GSS-2 栗钙土

取自内蒙古四子王旗白乃庙。地处温带干旱、半干旱丘陵区。样品的母岩为志留系变质砂岩和千枚岩, 石英闪长岩和斜长花岗岩。样品中混入少量富含稀土的白云鄂博铁矿上方的风化物质。土壤A层不发育, 为成土作用弱的砂质土。

GSS-3 黄棕壤

取自山东掖县焦家。属暖温带湿润半湿润地区, 为低山丘陵与海滨的过度地带。区内岩石主要为太古代胶东群变质岩 (Arif) 和黑云母花岗岩, 附近有破碎蚀变岩型金矿。样品为胶东群黑云母斜长片麻岩的残坡积土, 成土作用较差, 为砂质壤土, 灰黄色, 由泥质粉砂和砂粒的混杂物组成。

GSS-4 黄色石灰岩土壤

黄色的粘性壤土，采集于广西宜山，属亚热带丘陵区，雨量丰富。成土母岩为中上石炭系灰岩、白云质灰岩、白云岩和带页岩夹层的泥灰岩。区内未见矿化。

GSS-5 黄红壤

黄红色粘性壤土，该类型土壤是长江以南中亚热带广大地区具有代表性的土壤。样品取自湖南浏阳七宝山。属中亚热带的中低山区，雨量充沛，但干湿季明显。该区系砂卡岩型铜多金属矿区，矿石中有用金属矿物有黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、沥青铀矿和它们的多种次生氧化物，并含金和多种分散元素。样品为石英斑岩和花岗斑岩的残坡积土，混入了少量矿化带上方的风化物质。

GSS-6 黄色红壤

采自广东阳春。该地为南亚热带的低山丘陵，雨量十分丰富，海洋性气候，年平均温度高，温差不大。成土母岩为泥质页岩和石英砂岩、花岗岩和花岗闪长岩。该区为多金属矿区，样品混入了该区少量铜、钨、锡、锑和砷的矿化带上方的土壤。土壤具强粘性，因常年含水量高，含水氧化铁比例较大而呈黄色。

GSS-7 砖红壤

暗红色粘性壤土，采自雷州半岛南端的徐闻，地处热带，系滨海平地，高温多雨，季节明显。成壤母岩为新生代早期的橄榄玄武岩、拉斑玄武岩和凝灰岩。

GSS-8 黄土

黄土广泛分布于我国中西部地区。样品采自具有代表性的陕西洛川秦家寨，为浅黄色粉砂质土，系第四系风成砂再沉积而成。

表2为8个土壤样品（原样）不同颗粒级组成的百分比。

表 2 八个土壤样品（GSS 1—8）各粒级百分比

Table 2 Percentage of different size fraction of eight soil samples (GSS 1—8)

样 品 号	粒 级 (mm)									<0.002
	>0.5	0.5	0.25	0.1	0.05	0.03	0.02	0.01	0.005	
		0.25	0.1	0.05	0.03	0.02	0.01	0.005	0.002	
GSS-1	1	1	2	4	15	13	20	17	12	15
GSS-2	6	10	24	25	5	4	4	5	5	12
GSS-3	22	11	13	10	9	5	9	5	5	11
GSS-4		2	2	5	4	6	10	9	9	53
GSS-5				7	7	7	17	16	20	26
GSS-6			4	14	4	3	9	10	15	41
GSS-7		1	1	9	8	5	13	18	13	12
GSS-8				2 (>0.05)	23	12	19	14	10	20

表3列出了8个土壤样品粗粒部分的矿物成分。

土壤原样中的有机质、全氮、阳离子交换量和pH值的资料见表4。

表 3 八个土壤样品 (GSS 1—8) 粗粒部分的矿物成分

Table 3 Mineral composition of the coarse fraction of the eight soil samples (GSS 1—8)

样 品	样品名称	采集地点	粗 粒 级 ($>0.074\text{mm}$) 矿 物 成 份
GSS-1	暗 棕 壤	黑龙江西林	主要矿物: 石英和长石 次要矿物: 软锰矿、褐铁矿和高岭石 微量矿物: 角闪石、辉石、磷灰石、重晶石、赤铁矿、绿帘石、方铅矿、辉铜矿和闪锌矿
GSS-2	栗 钙 土	内蒙四子王旗 白 乃 庙	主要矿物: 石英、长石和云母 次要矿物: 高岭石、褐铁矿、石榴石、绿帘石、软锰矿 微量矿物: 磁铁矿、赤铁矿、萤石、重晶石、角闪石、磷灰石、电气石、独居石和金红石
GSS-3	黄 棕 壤	山东掖县焦家	主要矿物: 石英和长石 次要矿物: 石榴石、云母、褐铁矿、磁铁矿、赤铁矿、磷灰石、角闪石、软锰矿、重晶石、辉石、绿帘石 微量矿物: 白钛石、锆英石、金红石、电气石
GSS-4	黄色石灰(岩)土壤	广西宜山	主要矿物: 石英、褐铁矿和高岭土 次要矿物: 软锰矿、赤铁矿、磷灰石、磁铁矿 微量矿物: 锆英石、重晶石、磷灰石、绿帘石、电气石、金红石、钛铁矿、屑石
GSS-5	黄 红 壤	湖南浏阳七宝山	主要矿物: 褐铁矿、长石、石英和高岭石 次要矿物: 赤铁矿、软锰矿和云母 微量矿物: 磁铁矿、黄铁矿
GSS-6	黄色红壤	广东阳春	主要矿物: 石英、高岭石、褐铁矿和长石 次要矿物: 赤铁矿、软锰矿、锆英石 微量矿物: 钨华、云母、重晶石、屑石、金红石
GSS-7	砖 红 壤	雷州半岛徐闻	主要矿物: 褐铁矿、石英和高岭石 次要矿物: 长石、软锰矿、赤铁矿 微量矿物: 磁铁矿、绿帘石、辉石
GSS-8	黄 土	陕西洛川	主要矿物: 碳酸盐物质、长石、石英、黑云母、白云母、褐铁矿、贝壳 次要矿物: 角闪石、绿帘石、磁铁矿、岩屑 微量矿物: 锆英石、磷灰石、电气石、屑石、金红石

表 4 土壤样品的一空成份和特性的数据①

Table 4 Additional informations of the eight soil samples (GSS 1—8)

样 号	GSS-1	GSS-2	GSS-3	GSS-4	GSS-5	GSS-6	GSS-8	GSS-8
有 机 质 (%)	3.08	0.91	1.13	1.20	0.71	1.25	1.64	0.52
全 氮 (%)	0.177	0.053	0.069	0.086	0.053	0.057	0.077	0.030
阳离子交换量 (mol/100kg)	21.3	8.22	9.30	7.88	9.59	8.38	10.6	6.60
pH值	6.0	9.0	8.4	6.2	5.0	5.2	5.8	9.0
测 定 次 数	3	3	3	3	3	3	3	3

①数据由中科院土壤所乙榴玉、黄钺、刘兆礼等同志提供

三、水系沉积物样品

GSD—1—8作为我国第一批痕量元素的地球化学标准参考样,起了重要作用,但不足处是重量较少,某些痕量元素变化范围较窄。本批样品作为前八个样品的补充,在采集时,考虑了这些因素。样品仍以 GSD 为代号 (Geochemical Standard Reference Samples of Drainage Sediment.)续编为GSD9—12。

GSD-9 长江底沉积物

为使样品尽可能反映自然背景,避开人工污染较严重的武汉以东的长江中下游工业密集区,样品是在长江武汉地段上游,从长江大桥向上游约15km处,地名为白沙舟的江心沙滩上采集的。采样部位在通常被水淹没、枯水季节出露水面的沙滩边部。沉积物为细砂、泥质粉砂和淤泥的交互层,以泥质粉砂为主,呈褐色。

GSD-10 碳酸盐岩分布区水系沉积物

样品采自广西宜山小龙间歇性二级水系中。区内主要为中、下二叠系和上石炭系碳酸盐岩,主要岩性为含燧石灰岩、灰岩、白云岩、页岩和硅质岩。样品为分选较差的含泥质的砂粒和碎屑组成。

GSD-11 多金属矿田地区水系沉积物

样品采自湖南郴州柿竹园钨、锡、钼、铋多金属矿田地区。汇水区内主要岩性为泥盆系泥质灰岩、白云质灰岩、砂岩和燕山期黑云母花岗岩。区内主要矿床有:矽卡岩型和网脉状云英岩-矽卡岩型钨、钼、铋矿床,矽卡岩外接触带大理岩中细网脉状锡(铍)矿床,其次为铜铅锌多金属矿床。矿石中,有用矿物主要为锡石、黝锡矿、白钨矿、黑钨矿、辉钼矿和辉铋矿,其次为黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、毒砂和少量铍矿物。采样水系贯穿矿区,采样点离矿区数公里,为了避开矿区采选污染,样品采自该水系河漫滩的早期冲积-洪积

表 5 四个水系沉积物样品 (GSD 9—12) 的矿物成分

Table 5 Mineral composition of the four drainage sediment samples (GSD 9—12)

样 号	采集地点	粗 粒 级 (>0.074mm) 矿 物 成 份
GSD-9	武汉长江白沙舟	主要矿物: 石英、长石、云母和褐铁矿 次要矿物: 赤铁矿、软锰矿、绿帘石、辉石、金红石、钛铁矿、角闪石和磁铁矿 微量矿物: 重晶石、独居石、锆英石、电气石
GSD-10	广西宜山	主要矿物: 高岭石、石英和褐铁矿 次要矿物: 石髓、赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿、石灰岩屑 微量矿物: 锆英石、金红石、磷灰石、软锰矿、重晶石
GSD-11	湖南郴州柿竹园	主要矿物: 石英、长石和褐铁矿 次要矿物: 云母和磁铁矿、赤铁矿 微量矿物: 石榴石、锡石、钨华、黑钨矿、白钨矿、软锰矿、褐锰矿、泡铋矿、铋华和重晶石
GSD-12	广东阳春	主要矿物: 石英、长石、磁铁矿和白云母 次要矿物: 高岭石、玻璃状物质、褐铁矿、黑云母和软锰矿 微量矿物: 石榴石、孔雀石、辉铜矿、钨华、铅黄、独居石、黑钨矿和雄黄

物。沉积物的分选性差，为砾石和泥砂的交互层。

CSD-12 多金属矿田地区水系沉积物

样品采自广东阳春盆地铜、钨和锡多金属矿田，为土黄色砂质水系沉积物。汇水盆地主要岩性为下石炭系的砂岩、页岩、灰岩、白云岩和上泥盆系的泥质灰岩、页岩和粉砂岩，及燕山期花岗岩和花岗闪长岩。矿田内主要矿床为次生氧化铜矿、矽卡岩铜矿、钨锡多金属矿和金矿，其次为辉锑矿和毒砂矿。

四个水系沉积物的概况及矿物组成见表5。