

七十年来的岩石矿物化学分析 (一)

黄仕永

(武汉地质学院北京研究生部)

金秉慧

(中国地质科学院矿床地质研究所)

A. 历史的回顾

新中国成立以前近三、四十年的时间里,我国化学科学处于草创时期,分析化学尤其是薄弱的一环。那时的中国内忧外患无有已时,科学工作的条件十分困难。据文献记载⁽¹⁾,早在1912年国人即曾从事岩矿分析工作。建国前我国的岩矿分析专著有二种^(2,3),无机定量分析的创始性工作约百篇⁽⁴⁾,其中属于岩矿分析的五篇⁽⁵⁻⁹⁾。工作数量有限,但却是后来岩矿分析工作发展的起点。

全国解放前,南京有三个分析地质试样的实验室,分别属于矿产测勘处、中国地质调查所和地质研究所,各有技术人员两三人⁽¹⁰⁾,兰州地质调查所的化学实验室两三人,北平地质调查所有一间实验室却无工作人员,此外山西、江西、河南、湖南等省有实验室,人数都不多。分析试样有铁矿、铝土矿、磷矿、石灰石、钨矿石、煤等,分析技术只限于单一的化学方法,即重量法、容量法和目视比色法,普通的玻璃仪器和试剂也往往仰给于外国。

1952年地质部成立,地质事业的发展带动了岩矿分析工作的发展。国家陆续分配各类技术人员,岩矿分析队伍迅猛增大。以原北平地质调查所实验室为例,1950年底有技术人员5人,1956年发展到矿物原料研究所化学分析研究室的200余人。与此同时,如大区 and 各省地质局实验室相继成立,一些重点地质队也建立了实验室。至今地质部系统已有岩矿分析实验室300个,技术人员约五千人。

建国以来,通过地质工作,我国已被开发利用的资源,就煤、铁、铜、铅锌、金、钨、钼、锡、铝、磷、硫铁矿等24种矿产统计,已建矿山3854处。这些矿山的建立,从勘探找矿、圈定矿体至提交储量,都必须以分析数据作为基本依据。尤其是浸染类型矿床(如铜厂的斑岩铜矿),离开化验数据是无

法圈定矿体的。又如攀枝花铁矿富含钒钛铬镍等重要资源,白云鄂博铁矿含多种稀有元素,通过大量分析工作,确定了这些矿区中可利用资源的储量。此外,为配合矿床学、岩石学、矿物学、地球化学等科研工作,岩矿分析工作量也相当大,例如我国先后发现多种新矿物。绝大多数都附有准确的化学分析所提供的数据。凡此种种,充分反映了岩矿分析工作的庞大工作量。估计现在全国每年的岩矿分析(不包括化探扫面)样品量达250万个,以每个样品平均5个指数计算,年工作量高达1250万个指数。

地质试样成分复杂多变,地质研究工作又不断提出新的要求,旧有方法不能适应,从52年以来,诸如极谱、发射光谱、火焰光度法、原子吸收光谱、X-射线荧光光谱、等离子体直读光谱等仪器分析方法逐渐引入我国。通过大量实际试样的分析和在工作当中大量的实验研究工作,当前已形成包括各种元素在内的一套较完整的分析方法。许多实验室还把成熟的工作经验汇总,刊行了各自的操作规程⁽¹¹⁾,此外,广大的岩矿分析工作者还翻译了不少国外有关专著,限于篇幅,此处不赘述。

下面拟根据查见的公开材料,对于有关岩石、矿石、矿物分析的研究报告,分为试样的分解、分离与富集、重量分析、容量分析、光度分析、火焰发射法、原子吸收、极谱分析、岩石全分析和单矿物分析等九个专题进行简单综述,由于时间仓促及篇幅限制,挂一漏万,在所难免。有关发射光谱分析、X-射线荧光光谱分析和其它电化学分析法等在岩矿分析上的应用未及整理,请参阅有关的全面综述^(12,13)。

B. 试样分解

试样分解是岩矿分析的重要环节,它直接影响

分析工作的准确度和效率。地质试样的成分复杂多变,必须根据矿种和分析要求不同,采取不同的分解方法。

⁽¹⁾详细综述了1975年以前的工作。^(2,3)综述了试样分解。⁽⁴⁾也论及试样分解,文中介绍了他们久已使用的在铂坩埚中以NaOH和Na₂O₂在520±10°熔融分解试样的方法。此法分解能力强,对高铝、高铬试样十分有效,对铂坩埚侵蚀较Na₂CO₃熔融轻微,脱坩极易,是我国岩矿分析工作者的创造,惜未及时发表,初次见诸文献约在1974年⁽⁵⁾。

^(6,7)在国内首先提出用磷酸分解岩石、矿物,并用以测定亚铁以及其它成分。由于磷酸以及加热中生成的焦磷酸和聚磷酸对阳离子的络合作用⁽⁸⁾,绝大多数矿物可溶于磷酸。^(9,10)将盛有试样、SiO₂粉和溶剂(热HF-H₂SO₄)的密闭塑料瓶漂浮在沸水上分解后测定亚铁。^(11,12)详细研究了HF分解超基性岩等样品,容量法测定SiO₂的方法。由于硅氟酸、氢氟酸和水组成恒沸三元体系,所以在溶液中只要体积未减至一半以下,硅即不致损失,故可不施封闭。⁽¹³⁾用稀HNO₃在容量瓶中冷溶放置过夜,分取溶液用离子选择电极直接电位法测定磷矿中的氟、氯,光度法测定溴、碘。

高压封闭溶样法可以促进难溶样品分解,并可减少杂质元素的引入,简化分析流程。^(12,13)试验用普通玻璃瓶、塑料瓶等,简单加塞、盖密封溶样,耐温一般能达120°,比非封闭溶样有效得多,用聚四氟乙烯棒车制的专用容器,可耐温170°。还有其他封闭溶样容器的设计^(14,15)。

铵盐加热时分解出的无水酸具有强溶解力。⁽¹⁶⁾将NH₄Cl、NH₄NO₃、(NH₄)₂SO₄和NH₄F四种铵盐不同组合,在磁坩埚或镍坩埚中,一般矿石如铜矿、铅锌矿、镍矿,2—3分钟可以分解完全,操作简便。⁽¹⁷⁾用此法分解中酸性火成岩、沉积变质岩和含铀矿物,进行除SiO₂以外的系统分析。

在玻璃球管中,将含汞样品与铁粉混合加热使汞分离收集的方法是常用的方法⁽¹⁸⁾。⁽¹⁹⁾提出在玻璃球管中令NH₄I与含锡矿石混合加热,收集升华物,比色测定微量锡。⁽²⁰⁾在平菲尔特管中用同试剂分解含锡矿石,光度法测定微量锡。⁽²¹⁾在平菲尔特管中分解含锡矿石,光度法测定微量锡。^(22,23)提出在平菲尔特管中加HClO₄或H₂SO₄分解矿样,在蒸馏液中快速测定氟、氯。

⁽²⁴⁾装成高温热样装置,将萤石样品与V₂O₅助熔剂混合,于1000°通入含水蒸气的空气,电位滴

定产生的HF,测定氟化钙的含量。

偏硼酸锂熔样法可以在同一称样中测定主成分和普通碱金属,但熔块难处理。⁽²⁵⁾提出使用超声波,可以在十分钟内溶解。

C. 分离和富集

由于存在干扰,试样溶解后一般很难直接用化学法测定欲测成分,而如该成分含量很微,超出测试方法的有效范围,就需采取富集的措施。化学分析的大部分劳动耗费在这个过程里。在寻找更有效更方便的分离富集方法的工作中,我国的岩矿分析工作者作出了贡献,如沉淀分离中的小体积分离法,火法试金中的铋锑法,以丁酮-硫氰酸铵为展开剂的分离各个稀土元素的纸上层析法等,都已在生产中证明为有效。

(一) 沉淀分离

早在1952年,⁽¹⁾提出用浓氨水和固体氯化铵小体积法分离铜/铁,一次沉淀可以定量分离。⁽²⁾将小体积法扩大到用氢氧化钠-氯化钠一次定量分离铝。⁽³⁾加入比锡量多的第三元素,用氨水-氯化铵小体积分离锡/锑。⁽⁴⁾研究用过硫酸铵(或H₂O₂)氧化分离锰矿中的锰/镁钙的条件。⁽⁵⁾用固体草酸铵作为沉淀剂和聚集剂分离菱镁矿中的小量钙。⁽⁶⁾试验了硫酸盐法分离大量镁/小量钙的条件。⁽⁷⁾利用固体8-羟基喹啉分离钍铀/稀土。⁽⁸⁾以硅酸作凝聚剂在pH 8富集微量铈钽。⁽⁹⁾利用磷酸络合钨,以硅酸富集钨矿中的铈钽。⁽¹⁰⁾利用KMnO₄-硫脲反应使铈钽与MnO₂一起沉淀。⁽¹¹⁾以联邻甲氧苯胺二水杨醛作共沉淀剂,用水杨基荧光富集铈钽。⁽¹²⁾利用硫脲和活性炭富集铬铁矿中微量铈钽。⁽¹³⁾利用OsO₄为载体,硫脲为沉淀剂富集铂铀铈钽。⁽¹⁴⁾提出硫脲富集铈时介质中必须有卤素离子存在。⁽¹⁵⁾利用活性炭吸附湿法分析金银铂钯。⁽¹⁶⁾利用较大量PMBP定量沉出铈钽铀,从而与稀土分离。

(二) 气相分离

⁽¹⁷⁾提出用蒸馏法从矿石直接分离铈/钨,设计了新蒸馏器,利用对Ce(IV)-As(III)反应的催化作用测铈或钨。⁽¹⁸⁾改为高锰酸钾同时蒸馏铈钽,用HCl-乙醇-H₂SO₄吸收钽,用亚砷酸溶液吸收铈。⁽¹⁹⁾提出快速通空气将铈与高氯酸同时蒸出。将微量铈用锌还原成AsH₃,气相色谱法测定铈。⁽²⁰⁾用

铜试剂银盐-氯仿吸收比色。⁽²¹⁾用铜试剂银盐-马钱子碱-氯仿吸收比色。⁽²²⁾设计简单的汞气化分离装置,利用汞的还原反应诱导Au(III)-次亚磷酸钠反应,从金溶胶的色调测定微量汞。⁽²³⁾对比了以高氯酸或硫酸蒸馏分离铁矿中钨的利弊⁽²⁴⁾改变了蒸馏法分离SnCl₄的条件并改进了蒸馏装置,使钨的分离效率大为提高。⁽²⁵⁾为测定锡矿中的钨,利用SnI₄在400-500°挥发除去锡的干扰。⁽²⁶⁾以NH₄I-NH₄F在瓷坩埚中分解铁矿,用特制玻璃漏斗罩收集升华物,原子吸收测定微量钨。⁽²⁷⁾将岩石矿物于高温加热,气相色谱测定H₂O和CO₂。⁽²⁸⁾用微扩散法分离和测定微量磷灰石中的氟。

(三) 火法富集

火法试金早在三十年代就有专著发表^(A2, A3)。⁽²⁹⁾在火法分离后容量法测银,比色法测金铂。⁽³⁰⁾试验铈的铅扣富集,证明可定量,但不能吹灰,需用硝酸分解铅扣。⁽³¹⁾试验锡扣富集硫化铜镍矿中的铈,证明含量大于2微克时能富集完全。⁽³²⁾提出利用铈捕集铜镍硫化矿中全部铂族元素,先用铈扣富集,酸处理除去贱金属硫化物,再铈试金把铂族富集于毫克量的金属珠中光谱测定。⁽³³⁾改进了铈试金法并解决铬铁矿的火法富集。⁽³⁴⁾提出用铈试金富集贵金属,以克服铅试金有毒的缺点。⁽³⁵⁾提出用留铅灰吹法测定硫化铜镍矿中的铂钯铈铈。⁽³⁶⁾提出以碲和银作灰吹保护剂,使铈回收>97%,铈>96%,钨>94%。

(四) 溶剂萃取

在稀土元素分析中常使用PMBP萃取⁽³⁵⁻³⁷⁾。^(38,39)(磷灰石)提出PMBP萃取前pH2-4,萃取时pH5.3,稀土<15微克,可消除磷酸根的干扰。⁽⁴⁰⁾(锆英石、钛铁矿)以铜试剂-氯仿萃取分离钨钨,然后PMBP萃取稀土。⁽⁴¹⁾研究铈钨PMBP螯合物的萃取反萃取及分离条件,提出矿石中少量钨钨的分别测定方法。⁽⁴²⁾(独居石、磷钨矿)拟定高含量稀土的PMBP萃取以EDTA滴定或草酸盐重量法测定。⁽⁴³⁾(磷灰石)用PMBP从500毫克磷酸根中萃取100微克稀土。⁽⁴⁴⁾以钙为载体沉出少量钨钨稀土,用PMBP萃取,各自反萃取,光度法测定。⁽⁴⁵⁾试验了以PMBP从大量铈钨中萃取微量钨的条件。⁽⁴⁶⁾试验用二丁基磷酸萃取分离轻/重稀土的条件。⁽⁴⁷⁾试验用MIBK萃取铈的碘化物并用原子吸收法测定铈。⁽⁴⁸⁾(黄铁矿)在7NHCl用MIBK

萃取铁,用苯萃取水相的钨钨的铜试剂络合物,再HNO₃反萃取分离铜镍/钨。⁽⁴⁹⁾(岩石)用正戊醇萃取硅钨黄,容量法测定钨。⁽⁵⁰⁾拟定硅酸盐岩石中微量元素的系统萃取分离并以原子吸收法测定。

(五) 离子交换 (按周期表顺序)

铈:⁽⁵¹⁾(铜矿、铅矿)以TBP-Kel-F为固定相,王水介质富集铈(金),EDTA选择洗脱。
钨:⁽⁵²⁾(钨精矿、含钨钨钨稀土矿石)强碱性阴离子交换树脂分离,(NH₄)₂SO₄-H₂SO₄洗脱铁钨稀土/钨;⁽⁵³⁾(钨精矿)增压阴离子交换树脂色层分离。
稀土:⁽⁵⁴⁾用简单增压装置,阳离子交换树脂短交换柱,不同浓度α-羟基丁酸分步洗提12个稀土元素;⁽⁵⁵⁾(铁矿石)用多孔强酸性阳离子树脂分离干扰,稀土浓集成纯氧化物,X-光荧光测定分量。

钨/钨:⁽⁵⁶⁾(钨英石)聚四氟乙烯担体,NH₄CNS-MIBK作固定相,NH₄CNS-(NH₄)₂SO₄-HCl洗脱钨,(NH₄)₂SO₄洗脱钨;⁽⁵⁷⁾(钨英石)小型交换柱分离钨并富集钨。

铈钨:⁽⁵⁸⁾(钛铁矿)强碱性交换柱分离大量钨/铈钨;⁽⁵⁹⁾HF洗脱铈,NH₄Cl-NH₄F洗脱钨;⁽⁶⁰⁾(矿石中微量铈钨)吸附在国产717型树脂柱上,NH₄Cl-HF洗脱铈,NH₄Cl-NH₄F洗脱钨。

钨:⁽⁶¹⁾以二正辛基亚砷作固定相,研究二正辛基亚砷-HClO₄体系对钨(VI)的层析条件;⁽⁶²⁾(铁矿)阴离子树脂吸附,HCl洗脱钨/钨;⁽⁶³⁾(岩石)泡沫塑料萃取层析分离钨/钨;⁽⁶⁴⁾(磷矿)氯化物型阴离子交换柱吸附钨钨,洗脱后通过硝酸盐型阴离子交换柱分离钨/钨。

钨:⁽⁶⁵⁾湿法溶样,溶液通过Zerolit-225阳离子树脂柱,流出液以TBP萃取,HBr反萃取,SnBr₄-异戊醇萃取钨钨钨,水层比色测钨。

钨钨金:⁽⁶⁶⁾

王水溶样,阴离子交换树脂分离常见元素并富集钨钨金,将树脂灰化,光谱定量。

⁽⁶⁷⁾为测定岩石中痕量金属元素,用亚胺基二乙酸螯合树脂吸附,柠檬酸-醋酸铵洗提基体元素,再硝酸洗提钨钨钨钨钨,原子吸收测定。

(六) 纸上层析 (按周期表顺序)

钨:⁽⁶⁸⁾纸带浸EDTA,上行法H₂O-盐酸-丁酮展开,爱里罗青R显层,将蓝斑与标准比较得钨含量。

钨:⁽⁶⁹⁾丁酮-乙酸甲酯-硝酸-水展开剂分离钨/

钽铀/稀土。稀土：⁽⁷⁰⁻⁷⁵⁾从丁酮-硫氰酸铵为展开剂，下行法分离各稀土元素（钬钆分不开）；⁽⁷⁶⁾（独居石、磷钇矿）经双（2-乙基己基）磷酸脂甲苯溶液处理的纸，反相纸色层法分离钪族/钇族；⁽⁷⁷⁾PMBP-丁酮-丙酮 HClO₄ 快速展开纸色层法分离钪/钪/镧/铈/重稀土。

铈/铈：⁽⁷⁸⁾上行法，戊醇-硝酸为展开剂；⁽⁷⁹⁾以 MIBK-丁酮-正戊醇-环己烷-三正辛胺-HNO₃ 为展开剂；⁽⁸⁰⁾（独居石）环己酮-NH₄CNS-HCl 为展开剂；⁽⁸¹⁾（独居石、曲晶石）TBP-正丁醇-二甲苯为展开剂。

铈/铈：⁽⁸²⁾丁酮-MIBK-HF 为展开剂。

D. 重量分析(按周期表顺序)

重量分析法将欲测成分分离成某种称重形式，从后者的重量和理论因数求含量。重量法不依靠另外的标准，最后的称重形式可以检查纯度，所以可靠程度高。但它手续较冗长，在要求快速的大量生产工作中渐被其他方法代替，所以研究工作较少。

钪：⁽⁸³⁾（岩石）提出氟化铁铵作为选择性沉淀剂，沉淀组成为 Na(NH₄)₂FeF₆，可于 130° 烘干称重，或在 700° 灼烧成 NaFeOF 称重。

钪：⁽⁸⁴⁾（明矾矿）亚硝酸钴钠法分离。

铈：⁽⁸⁵⁾ BaBeF₆ 重量法。

铈钙：⁽⁸⁶⁾（菱铈矿）提出在 HCl 存在下用乙醇硫酸钙法测定钙，另外在分离铁铝的滤液中沉淀磷酸盐求铈钙含量，可提高 CaO 和 MgO 的准确度。铈：⁽⁸⁷⁾（磷矿）EDTA 掩蔽钙铁铝的 SrSO₄ 重量法。稀土：⁽⁸⁸⁾（铁矿）离子交换分离铁钙钪，稀土沉淀成草酸盐；⁽⁸⁹⁾（铁矿）碱熔后三乙醇胺浸取除铁；⁽⁹⁰⁾

（铈钪钛酸盐矿物）EDTA-NH₄OH 沉出铈钪钛铈，滤液以乙醇解蔽，用固体草酸分离稀土。铈：⁽⁹¹⁾

（铝矿石）焦硫酸钾熔后的不溶物作为 SiO₂；⁽⁹²⁾（粘土、石英岩等）沉淀为硅钼酸-8-羟基喹啉，在 140° 恒重，因数 0.0251；⁽⁹³⁾系统试验和讨论了动物胶法，提出改进方案；⁽⁹⁴⁾用 CTAB 凝聚重量法，析出的硅酸疏松易洗，回收 99% 以上；⁽⁹⁵⁾用聚环氧乙烷凝聚重量法测高含量。铈：⁽⁹⁶⁾磷酸盐法；⁽⁹⁷⁾用对-碘杏仁酸沉出铈，用量少，灵敏度比杏仁酸法高，称量形式 ZrO₂。钪：⁽⁹⁸⁾（独居石）研究希土对草酸钪溶解度的影响，证明加入钠盐可以减少草酸钪的损失；⁽⁹⁹⁾（独居石）用邻碘苯甲酸作沉淀剂，灼烧成 ThO₂，结果与苯甲酸法吻合；⁽¹⁰⁰⁾

（锡石铈钪矿物）利用 SnI₄ 的挥发性，在瓷坩埚中加过量 NH₄I 与试样混合，于 425-475° 挥发，失重为 SnO₂。铈：⁽¹⁰¹⁾（铈钪矿物）详细试验了 7,8-二羟基-4-甲基香豆素定量沉淀铈的条件。铈：⁽¹⁰²⁾提出在草酸-焦硫酸钠-NH₄Cl-EDTA 介质中沉淀时，需维持 Nb:Ta < 3。铈：⁽¹⁰³⁾（钨矿）以国产奎宁一次沉淀测铈。铈：⁽¹⁰⁴⁾（铁矿）高氯酸蒸馏氟硅酸，氟氯化铅重量法测定。

参 考 文 献(注)

A. 历史的回顾

〔1〕 耿步端，山西矿产调查成绩报告书，山西矿产测绘化分局，1915。

〔2〕 耿步端，验矿学大意，中华书局，1931。

〔3〕 姚抱之、冯翰飞，试金术，商务印书馆，1933。

〔4〕 梁树权，中国化学家对于分析化学的贡献（无机定量分析），化学世界，8, 146-149, 180-183 (1953)。

〔5〕 郑大章，用二氧化钛将铈自沥青铀矿的定量分离，中国化学会志，3, 381-387 (1935)。

〔6〕 张定钊，中国萤石之化学分析，Ⅲ，武义萤石中之 Y、Nd、Ce、Sm、La 及 Pr, J. Shanghai Sci. Inst., New Series, 2, 223 (1945)。

〔注〕几种常引证的文集使用下列简称，以省篇幅。

55 报告：中国科学院 1955 年分析化学研究工作报告会会刊，科学出版社，1958。

64 基稀上：1964 年全国测试基地年会报告集（稀有元素分析），上集，1964。

64 基稀下：1964 年全国测试基地年会报告集（稀有元素分析），下集，1964。

64 化学：中国化学会分析化学学术会议论文摘要集，1964。

80 化学：中国化学会 1980 年分析化学论文报告会论文摘要汇集，1980。

73 岩矿：全国岩矿分析经验交流会文集，科学出版社，1976。

80 岩矿：第二届全国岩矿分析经验交流会文集，地质出版社，排印中。

〔7〕 余柏年，含钨、钼高的铀矿的一种改良分析法，中国化学会志，15, 170-178 (1947/48)。

〔8〕 赵博泉等，硅酸盐及类似材料中的碱金属的测定，Anal. Chem., 21, 507-510 (1949)。

〔9〕 仇铁铮、鲍觉成，由分析热河铁矿谈到罗氏锰质测定法的修正，化学工业与工程，1, 82-85 (1950)。

〔10〕 陈四箴，三十年来的岩石矿物分析，分析

化学, 7, 411 (1979)。

〔11〕福建省地质局中心实验室, 矿物岩石化学分析(一)(二), 1973; 甘肃省地质局实验室, 矿物原料分析, 1972; 广东省地质局实验室, 矿物岩石化学分析, 1973; 河南省地质局实验室, 矿物原料分析, 1974; 黑龙江省地质局实验室, 矿物岩石分析, 1979; 湖北省地质局实验室, 矿物岩石分析, 1972; 湖南省地质局实验室, 矿物岩石化学分析, 1972, 补编, 1979; 浙江省地质局实验室, 矿物岩石分析法, 1973; 江苏省地质局实验室, 矿物岩石分析, 1979; 江西省地质局实验室, 矿物原料分析法, 1971; 辽宁省地质局中心实验室, 岩石矿物分析操作规程, 1979; 山东省革命委员会地质局实验室, 矿物原料分析操作规程, 1972; 山西省地质局实验室, 岩石矿物化学分析, 1973; 陕西省地质局西安实验室, 稀土分析, 1972; 四川省地质局西昌实验室, 矿物岩石分析方法, 1972; 四川省地质局攀枝花地质综合研究队、中心实验室, 钽铌磁铁矿分析, 地质出版社, 1980; 四川省地质局矿产综合利用研究所、华北地质研究所, 矿物原料研究法, 地质出版社, 1972; 云南省地质局实验室, 矿物原料分析法, 1972; 矿产综合利用研究所南京实验室, 矿物岩石分析, 1972, 岩石矿物分析编写小组, 岩石矿物分析, 地质出版社, 1974。

〔12〕黄本立等, 原子光谱分析三十年, 分析化学, 7, 378 (1979)。

〔13〕高鸿等, 电分析化学三十年, 分析化学, 7, 329 (1979)。

B. 试样分解

〔1〕郑荣希, 矿石分析试样的分解方法, 理化检验(化), 1975(3), 23。

〔2〕郑森芳, 岩石矿物试样的分解, 分析化学, 3, 481 (1975)。

〔3〕张施济, 介绍几种有效的熔(溶)矿方法, 理化检验(化), 1979(6), 20。

〔4〕凌进中, 近年来硅酸盐岩石快速分析概况, 分析化学, 5, 389 (1977)。

〔5〕西北地质科学研究所七室, 73岩矿, 页63,

〔6〕郭承基、钟志成等, 科学通报, 1955(1), 87。

〔7〕郭承基、陈毓蔚、钟志成, 55报告, 页263。

〔8〕陆东润、李维翰, 对磷酸、硫磷混合酸溶矿的一些认识, 80岩矿。

〔9〕伊丽莹、余敏芳, 73岩矿, 页297。

〔10〕伊丽莹, 硅酸盐学报, 8, 100 (1980)。

〔11〕甘守志、姜玉环, 稀酸冷溶测定磷矿中的氟氯溴碘, 80岩矿。

〔12〕吴桂流、潘孝林、张秀华, 地质实验, 3, 42 (1977)。

〔13〕吴桂流、张秀华、潘孝林, 简易封闭溶样

硅酸盐原子吸收光谱快速系统分析, 80岩矿。

〔14〕陈增源, 地质实验, 1, 71 (1975)。

〔15〕辽宁省地质局中心实验室, 地质实验, 4, 109 (1977)。

〔16〕郑国寿、邓如意、彭淑纯, 73岩矿, 页102。

〔17〕陈荣德、熊国纯、漆世发, 铵盐分解试样在硅酸盐岩石系统分析中的应用, 80岩矿。

〔18〕地质部矿物原料研究所, 矿物原料分析法选编, 1957, 页14。

〔19〕何立书、石志圣, 化学通报, 1965, 189。

〔20〕曹希雄, 碘化铵分解-钼蓝萃取分光光度法测定痕量铈, 80岩矿。

〔21〕叶淑贞, 碘化铵挥发二甲酚橙分光光度法测定地质试样中微量铈, 80岩矿。

〔22〕胡有云, 73岩矿, 页87。

〔23〕胡有云、王逸骏, 73岩矿, 页90。

〔24〕王宏元、黄添平, 分析化学, 6, 124 (1978)。

〔25〕江苏省地质局实验室, 地质实验, 4, 92 (1977)。

C. 分离和富集

〔1〕陈四箴, 化学学报, 19, 29 (1952)。

〔2〕钱翠麟, 化学学报, 23, 324 (1957)。

〔3〕钱翠麟, 地质汇报, 1, 1 (1964)。

〔4〕钱翠麟, 矿物原料, 2, 105 (1959)。

〔5〕袁秀顺等, 中国科学院应用化学研究所集刊, 1, 21 (1958)。

〔6〕王中纪等, 中国科学院应用化学研究所集刊, 1, 30 (1958)。

〔7〕王君仁等, 64基稀下, 摘要21。

〔8〕彭志恒、刘万昌, 64基稀上, 页57。

〔9〕江邦杰、林锦云, 64化学, 摘要57。

〔10〕陈琪、汪炳武, 矿物原料, 2, 369 (1959)。

〔11〕李锡安, 地质实验, 3, 25 (1977)。

〔12〕钟荫庭、朱寿松, 73岩矿, 页254。

〔13〕蔡树型、黄李威, 分析化学, 5, 213 (1977)。

〔14〕郭炳北, 硫脲富集铬铁矿中痕量铈的若干技术问题, 80岩矿。

〔15〕董振声, 73岩矿, 页279。

〔16〕福建省地质局中心实验室, 地质实验, 6, 61 (1978)。

〔17〕地质汇报, 5, 1 (1967)。

〔18〕地质科学研究院, 分析化学, 试刊, 17 (1972)。

〔19〕北京大学地质地理系地球化学分析室, 73岩矿, 页259。

- [20] 李中植, 73岩矿, 页86。
[21] 俞祖根, 73岩矿, 页81。
[22] 陈四箴, 地质矿产研究, 1978(6), 1; 分析化学, 9, 160(1981)。
[23] 王伟莹等, 55报告, 页179。
[24] 许生杰、王中纪, 中国科学院应用化学研究所集刊, 1, 156(1958)。
[25] 陈达仁等, 原子吸收法测定铁矿中微量锡, 80岩矿。
[26] 蒋孝中、江邦杰等, 中国科学院地球化学研究所年报(1978—1979), 页133。
[26a] 孙铃, 理化检验(化), 17(4), 4(1981)。
[27] 朱新德等, 55报告, 页106。
[28] 沈慧君、姚修仁, 地质汇报, 1, 27(1964)。
[29] 地质汇报, 5, 15(1967)。
[30] 贵金属分析研究组, 73岩矿, 页246; 分析化学, 2, 119(1974)。
[31] 地质实验, 5, 1(1977)。
[32] 张石林、屠惠民, 铋试金富集矿石中贵金属的研究, 80岩矿。
[33] 八室三组, 地质矿产研究, 1975(2), 55。
[34] 张石林、张士道, 铅试金光谱法同时测定矿石中微量金铂钨铋铌钽, 80岩矿。
[35] 郑风云、何佩成, 地质科技, 1972(3), 1。
[36] 贵州省地质局实验室, 地质科技, 1972(3), 9。
[36a] 王士城等, 73岩矿, 页109。
[37] 王忠贤、张蓉玉, 73岩矿, 页231。
[38] 李炳超、吴桂流, 73岩矿, 页195。
[39] 邓永桃, 地质实验, 2, 54(1975)。
[40] 孙淑芳、刘锦昌, 73岩矿, 页194。
[41] 刘万昌等, 73岩矿, 页225。
[42] 刘锦昌, 分析化学, 3, 271(1975)。
[43] 彭春霖, 分析化学, 4, 126(1976)。
[44] 彭志恒等, 分析化学, 7, 118—123(1979)。
[45] 曹诗偶等, 化学学报, 37, 151(1979)。
[46] 邓永桃, 73岩矿, 页191。
[47] 李醒夫、刘棕, 地质实验, 7, 41(1978)。
[48] 叶丽霞、刘静书、陈超五, 地质实验, 7, 71(1978)。
[49] 李乙雨、高思登, 正戊醇萃取硅钼黄间接法测定岩石中二氧化硅, 80岩矿。
[50] 郭安贞等, 中国科学院地球化学研究所年报(1978—1979), 页162。
[51] 王平约, 柱上萃取色谱在矿石和矿物分析中的应用——铀的选择性分离, 80岩矿。
[52] 陈君文, 73岩矿, 页212。
[53] 陈君文, 增压高效离子交换色层分离测定矿石中微量钪, 80岩矿。
[54] 李荟苹、吴国平, 地质实验, 7, 20(1978)。
[55] 张静、诸颖杰, 中国科学院地球化学研究所年报(1978—1979), 页137。
[56] 文显金等, 73岩矿, 页160。
[57] 叶富华、李培正, 分析化学, 4, 437(1976)。
[58] 王中纪等, 中国科学院应用化学研究所集刊, 9, 27(1963)。
[59] 王中纪等, 中国科学院应用化学研究所集刊, 9, 22(1963)。
[60] 陈远盘、赵铁荣, 64化学, 摘要27。
[61] 钟妙兰, 用二正辛基亚砷-吸附树脂萃取色层分离, Br-PADAP光度法测定岩矿中痕量铈, 80岩矿。
[62] 江宝林, 铁矿中铈和钪的分离和测定, 80岩矿。
[63] 地化所二室化学组, 泡沫塑料萃取色层分离在铈钪分析中的应用, 80岩矿。
[64] 李相吉等, 高等学校自然科学学报化学化工版, 1, 1(1966)。
[65] 钱翠麟, 64化学, 摘要100。
[66] 河南省地质局实验室, 地质实验, 2, 36(1975)。
[67] 邓宝华、储亮侨, 亚胺基二乙酸螯合树脂分离-原子吸收光谱法测定硅酸盐岩石中痕量钴镍铅锡铜镉, 80岩矿。
[68] 钱翠麟, 地质汇报, 1, 69(1964)。
[69] 雷剑泉, 73岩矿, 页205。
[70] 钱翠麟、郁品崇, 地质汇报, 1, 63(1964)。
[71] 山西省地质局实验室, 73岩矿, 页181。
[72] 虞承伟等, 地质实验, 4, 64(1977)。
[73] 虞承伟, 第二次全国稀土分析报告会学术报告选编, 1979, 页333。
[74] 胡有云, 同上, 页340。
[75] 雷剑泉等, 中国科学院地球化学研究所年报(1978—1979), 页143。
[76] 潘景瑜、高思登, 73岩矿, 页188。
[77] 邓维群、吴丽华, 镧、铈、镨、钕与重稀土分量的纸色层分离和测定, 80岩矿。
[78] 王绣燕, 地质汇报, 1, 59(1964)。
[79] 夏国伟、韩光熙, 73岩矿, 页150。
[80] 田盛芳, 73岩矿, 页166。
[81] 刘新臣, 73岩矿, 页170。
[82] 四川省冶金地质勘探公司中心实验室, 73

岩矿, 页148。

D. 重量分析

- [1] 洪克、黄寿延, 矿物原料, **2**, 96 (1959)。
[2] 孙正信, 矿物原料, **2**, 269 (1959)。
[3] 袁秀顺等, 55报告, 页194。
[4] 邝冠群等, 分析化学, **7**, 240 (1979)。
[5] 周又平、孟庆峰, 64化学, 摘要19。
[6] 地质汇报, **5**, 55 (1967)。
[7] 地质汇报, **5**, 51 (1967)。
[8] 西北地质局西安化验室, 55报告, 页123。
[9] 贾振国等, 中国科学院应用化学研究所集刊, **1**, 37 (1958)。
[10] 龚美菱, 64化学, 摘要17。
[11] 贵州省冶金设计研究院化验室, 分析化学, **5**, 324 (1977)。
[12] 应文河、张凤筠, 理化检验 (化), **1979** (2), 21。
[13] 王家圻、杜炜樑, 矿物原料, **2**, 288 (1959)。
[14] 沈含熙, 化学学报, **28**, 231 (1962)。
[15] 王中纪等, 中国科学院应用化学研究所集刊, **1**, 194 (1958)。
[16] 张光、舒良瑤, 高等学校自然科学学报化学化工版, **1**, 11 (1966)。
[17] 朱玉伦、秦大章, 地质汇报, **1**, 103 (1964)。
[18] 陈耀惠、黄柳明, 64基稀下, 摘要9。
[19] 吴曼君, 64基稀下, 摘要10。
[20] 陈琪、周荣琪, 中国科学院应用化学研究所集刊, **1**, 60 (1958)。
[21] 白玉文, 55报告, 页134。

Seven Decades of the Chemical Analysis of Geological Materials in China

Huang Shiyong, Jin Binghui

Abstract

This article begins with a brief historical summary covering the development of the chemical analysis of geological materials in China. The emphasis is laid on the relevant R & D since the establishment of PRC. A literature of about 800 published works is given, which is reviewed and divided into 9 headings: (1) Sample Decomposition, (2) Separation and Concentration, (3) Gravimetric Analysis, (4) Volumetric Analysis, (5) Photometric Analysis, (6) Flame Emission Method, (7) Atomic Absorption Spectrophotometry, (8) Polarographic Analysis, (9) complete Analysis of Rocks and the Analysis of Mineral Separates.