

目 录

序 言

第一章	化探分析概述	1
第二章	分析试样的准备	5
一、	试样的筛取和加工	5
二、	分析试样的重量	6
三、	分析试样的粒度	6
四、	分析试样的量取	6
第三章	分析试样的分解	8
一、	试样分解的方法	8
二、	试样分解方法的选择	11
第四章	干扰元素的掩蔽与分离	23
一、	络合掩蔽法	23
二、	溶剂萃取分离法	27
三、	色层分离法	34
(一)	纸上色层	35
(二)	离子交换色层	37
(三)	吸附色层	41
(四)	挥发分离法	41
(五)	沉淀分离法	41
第五章	比色测定	42
一、	显色试剂的选择	42
二、	比色测量的方法	43
三、	比色测定中的误差	48
第六章	试剂的提纯、回收和水的净化	52
一、	无机试剂的提纯	52

二、有机试剂的提纯	54
三、有机溶剂的回收	58
四、水的净化	60
第七章 找矿指示元素的分析方法	62
一、铜的比色测定	62
二、铅的比色测定	64
三、锌的比色测定	66
四、汞的比色测定	68
I、二硫腙混色比色法	68
II、活性炭吸附分离比色法	71
III、二硫腙单色比色法	72
五、银的比色测定	74
六、锑的比色测定	76
七、铋的比色测定	78
I、碘化钾比色法	79
II、二甲酚橙比色法	80
八、镉的比色测定	82
九、钨的比色测定	85
十、锡的比色测定	87
十一、钼的比色测定	90
十二、铬的比色测定	92
十三、钴的比色测定	95
I、亚硝基R盐比色法	95
II、钴试剂比色法	97
十四、镍的比色测定	98
I、丁二肟比色法	98
II、 α -联糠肟比色法	100
十五、锰的比色测定	101
十六、钒的比色测定	103
十七、钛的比色测定	105

十八、铁的比色测定	106
十九、金的比色测定	108
I、直接萃取的硫代米蚰酮比色法	108
II、萃取分离的硫代米蚰酮比色法	110
III、活性炭吸附亮绿比色法	113
二十、铂、钯的湿法比色测定	114
I、活性炭富集分离法	115
II、阴离子树脂富集分离法	118
二十一、铍的比色测定	120
I、铍试剂—III比色法	120
II、铍试剂—I比色法	122
二十二、铋的比色测定	124
二十三、钽的比色测定	127
二十四、锆的比色测定	129
二十五、铈的比色测定	131
二十六、硒的比色测定	133
二十七、砷的斑点比色测定	137
二十八、氟的间接比色测定	139
二十九、氯的比色测定	142
三十、碘的比色测定	143
I、甲基紫比色法	144
II、淀粉—碘化钾比色法	146
三十一、磷的比色测定	147
I、钒钼酸铵比色法	147
II、钼酸铵比色法	149
三十二、硫的燃烧法测定	150
三十三、铜、钴、镍纸色层快速联测法	152
三十四、铜、铅、锌、镍纸色层比色测定	157
三十五、铜、镍、锌纸上斑点比色测定	159
三十六、68-1 野外快速分析箱 (铜、钼、镍、	

砷及重金属总量现场特快分析法)	162
附录.....	167
一、国内某些矿床原生晕、次生晕的指 示元素.....	167
二、化探中使用的含量单位.....	170
三、一般试剂浓度的表示法.....	170
四、当量值的计算式.....	171
五、几种酸、碱溶液的浓度及配制方法.....	172
六、各种 pH 值的缓冲溶液配制方法	173
七、常用的酸、碱指示剂表.....	179
八、不同 pH 时各种金属络合物的稳定 常数 (对数) 表.....	187
九、实验室部分事故的处理.....	202
十、化学元素周期表.....	插页

第一章 化探分析概述

化探分析是地球化学找矿的必要手段。它是通过化学、物理及物理化学等各种分析方法,来了解土壤、岩石、矿物、矿石、生物物料、水质、气体等各种介质中与成矿有关的指示元素的存在情况,为化探人员发现元素分布、分配的异常提供资料。根据对这些资料的综合研究,进行异常的评价,了解异常与矿的关系,进而寻找深部盲矿体及覆盖层下的隐伏矿体,从而为确定新的找矿勘探基地、扩大远景地区及布置山地工程提供多方面的分析资料。因此,化探分析的成果是发现矿产资源,扩大找矿线索,指导山地施工的重要依据。化探分析工作的质量与找矿效果具有极为密切的关系。

化探分析在技术理论上隶属于分析化学范畴;在应用方面,由于它直接为找矿服务,故对其要求完全以地球化学找矿需要为根据。因此,它除与一般工业原料分析有共同之处外,也有某些特殊的要求,主要是:

1. 灵敏度要求较高。金属矿床地球化学找矿工作中所分析的各种介质(土壤、岩石、水质、气体等),与矿有关的金属或非金属指示元素多数是微痕含量或超微量的。一般含量范围在ppm级(绝对量是 10^{-6} 克,相对量是 $10^{-4}\%$)或ppb级(绝对量是 10^{-9} 克,相对量是 $10^{-7}\%$),甚至为ppt级(绝对量是 10^{-12} 克,相对量是 $10^{-10}\%$)。因此,要从发现这些极微痕元素的异常分布去追索矿体,首先要求化探分析方法具有较高的灵敏度。如果分析方法的灵敏度不足,就不能发现异常或大大缩小异常的实际规模,影响找矿效果。所以提高某些元素的分析灵敏度是当前化探分析工作中的一项重要任务。

对灵敏度的要求，通常是以元素在地球外层各圈（岩石圈、土壤圈、水圈、大气圈）中的平均含量——克拉克值为参考指标。但由于各种元素在不同地区、不同地质条件及不同介质中分布的情况不同，因此，对分析方法灵敏度的要求也将不同。如已知一些不同地区的土壤、岩石、矿物、矿石中的汞量可波动在 $10^{-7}\%$ ~ $10^{-2}\%$ 范围（甚至更广）。不同的分析方法各自都有一定的测程适用范围，所以在制定和选用分析方法时，必须针对地区对象中待测元素的含量情况及其使用目的来考虑。

2. 要求快速、高效。大面积化探找矿中，按一定比例尺采集的试样数量很大。一个分析站每年要承担几万甚至几十万试样的庞大分析任务，而野外化探工作又要及时对区域找矿前景作出评价，指导山地工程，这就决定了化探分析必须具有快速、高效的特点，否则无法适应大面积找矿的要求。因此，化探分析必须在保证现场分析质量的前提下，不断地从方法、操作、器械装备等技术及组织管理上进行革新，提高分析效率。

3. 对分析准确度和精密度的多种要求。

准确度是指测定结果与元素在试样中的真实含量相接近的程度。在实际工作中，往往是将测定的结果与被人们认为与真实结果相近似的定量分析结果（或采用标样结果等）对照，以一定误差形式表示准确度。

精密度则是指多次测定结果彼此相符合的程度。在实际工作中，一般是对照重复测定的两次结果，以相对误差表示。

准确度高的方法，其精密度也高。但精密度的方法，却不一定准确。

由于地球化学找矿工作的内容和使用分析资料的目的不同，对化探分析精密度和准确度的要求也不相同。一般区分是：

如采用分散流、次生晕方法进行大面积普查找矿，由于主要是通过成矿元素含量分布上的相对变化来研究元素的活动规律和发现异常，故侧重要求一定的精密度。用于这类大面积普查找矿试样分析精密度的允许误差，比一般矿物原料定量分析的允许误

差要宽。为适应野外化探分析快速与及时的需要，常采用简单的溶样和测定方法。比如重相差不大的上样，可以用量勺代替称量，以待测元素的部分溶出代替全溶出，放宽比色时色阶间距等措施，来简化一般定量分析所需的操作。故人们常称这种分析方法为化探野外简易快速法。

在整个试料测定精密度的允许误差范围控制中，特别要注意的是地区元素异常下限及正常场含量范围的精密度，因为这两项决定着地区元素是否存在异常以及异常规模的临界限。当异常下限与正常场差别很小时，对精密度要求就较严。因此分析方法的测程范围必须适合地区元素异常下限含量的测定（以异常下限和正常场的含量范围（处于分析方法测程的中段部分为宜），有时还必须采用定量分析才能明显地区分异常下限和正常场。

在化探找矿工作中，发现异常只是完成初步探索工作，更重要的是弄清异常与矿的关系，确定矿致异常和非矿异常。所以，当进行岩体、构造、露头含矿性评价以及研究矿体赋存环境或进入详查与资料综合研究、数据处理、解释异常时，就需要扩大分析对象，应用元素组合，掌握多方面的资料，了解较大范围内元素分布规律与成矿活动和矿化关系等，以求对找矿价值作出确切的推断。这时，要求化探分析有较高的准确度和精密度，即对某些元素试样必须进行定量测定。目前，为了发现和研究那些在背景起伏中隐藏很深的异常，已越来越多地使用化学、原子吸收光谱及发射光谱定量分析方法。

由此可知，化探分析不等于半定量分析，化探分析中也不一定都要做定量分析，在实际工作中应根据化探分析资料在找矿中的具体应用目的来确定。

随着我国冶金建设事业的发展，地球化学探矿方法在冶金地质工作中日益显示出其重要性。化探工作的不断发展、提高和应用范围的扩大，对化探分析也相应提出越来越高的要求，如扩大分析项目，提高分析的灵敏度、精确度和准确度，使用设备、仪器轻便化，方法简单快速，不断降低分析成本。为此，化探分析

人员必须以党的基本路线为纲，认真学习马克思列宁主义毛泽东思想，不断提高阶级斗争、路线斗争和继续革命的觉悟，注意总结和学习实践经验和国内外先进经验，努力提高技术水平，不断扩大分析手段：除化学分析外，还应广泛采用多种仪器分析，使化学、物理、物理化学等各种分析方法互相配合，综合使用，以求不断适应化探找矿事业的发展。

第二章 分析试样的准备

化探分析试样类别较多，固、液、气三态都有。各种不同试样的加工处理和分析前的准备工作也不一致。这里主要叙述对化探分析中固体试样的加工处理和分析前准备工作的有关要求。

一、试样的筛取和加工

在日常分析工作中，野外采集的试样，通常筛取粒度小于80目的部分。但在有些地质、地貌及气候条件下，为了更好地发现某些元素的异常，也筛取其他粒度部分或进行矿粉分选。筛取或分选后的试样，要进一步加工破碎和研细至分析要求的粒度。

加工后的试样分析结果是否能如实反映原样中元素存在状况，除要严格注意分析方法、试验操作外，分析前的试样准备工作也是一个很重要的环节。

试样加工程序，一般分粗碎（粒度 >5 厘米）、中碎（粒度 $1\sim5$ 厘米）、细碎（粒度 $0.1\sim1$ 厘米）与研磨。原生晕试样常需要依次破碎、研磨。次生晕试样一般只需细碎或研磨。土壤和水系沉积物要先行烘干。其他砂砾样、岩样和矿样可直接加工处理。为了保持原样的质量，加工处理时必须注意：

- （1）在试样中，不能混入外来杂质。
- （2）防止加工试样的崩、跳、漏、损。
- （3）加工后的试样要充分混匀。

因此，加工所用设备、器械、工具的原材料要质硬、耐磨和抗击，以免加工时磨损消耗，将金属带入试样。试样袋要完整，编号不错乱。装入试样后，袋口应闭合。加工设备要设防护罩。盛试样的容器要保持洁净。

二、分析试样的重量

分析试样重量是根据分析项目的多少及其取样量确定的。找矿工作中，次生晕、分散流都只有一份试样，不留副样。为了便于以后分析项目的复查和增补，分析试样量不宜太少。

一般分析元素项目较少时，试样原始重量不应少于20克；分析元素多于五项时，试样量以不低于50克为宜。

金和贵金属分析试样量，应不少于200克。

用于化探综合研究与评价岩体的岩石系统分析试样量，不应低于50克。

单矿物的重量视具体情况而定，一般应不少于1~2克。

三、分析试样的粒度

分析试样的粒度要求，视试样分解难易程度及待测组分在空气中的稳定度而定。如试样难于溶解，其粒度应较细；如待测组分在空气中易被氧化，会影响分析结果，试样粒度则不宜过细。

一般要求如下：

土样粒度为100~120目。

较易溶解的岩石、矿物（如碳酸岩）为100~120目。

硫化物、有色金属矿物试样粒度为120~160目。

一般硅酸盐及较难溶的岩石、矿物（如超基性岩）为160~180目。

铬铁矿及其他铬矿物、钨矿物、锡石等为180~200目。

不稳定组分（如FeO及其他元素相态）试样粒度不应小于80目。

化探光谱分析的试样粒度为150~200目。

四、分析试样的量取

化探分析试样的量取经常有两种方法：勺量取和称量。

勺量取。测定微量元素时，为了加快分析程序，野外大量找

矿土样，其类型一致的，可用定体积量勺（如图1所示）量取。但应注意：

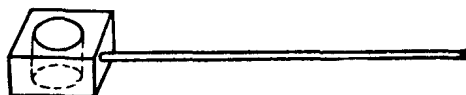


图 1 试样量勺

（1）每作新区土样分析或当地区土壤类型改变时，其定体积量勺相当的实际试样量须重新进行标定。

土样量取标定方法，现用的有两种：

第一种：抽取不同部位的一定数量（应不少于20个）的土样，用量勺量取后，在分析天秤上称其重量，得出的实际标定的平均重量与原定体积量勺重量的差进行校正。如其两次重量差一般波动的相对量*在20%以内不至引起分析结果的超差时，可不予校正。

第二种：抽取不同部位的一定数量（应不少于20个）的土样，用量勺量取后的分析结果与其称量的分析结果对照，如两者的平均值的差未超过分析允许误差范围，可不予校正。如超过分析允许误差范围，应将其偏低或偏高数值作为校正值进行校正。

（2）制备量勺要用塑料、有机玻璃或牛骨等非金属材料，不应采用金属材料。

称量。主要用于原生晕试样及其他比重不一的岩体、露头、矿石、矿物及土样中常量元素等试样的测定。在室内一般用分析天平称量。为便于野外携带，原生晕试样中微量元素测定也可用托盘天秤、戥子等简易称量工具。

• 两次重量差一般波动的相对量用下式计算：

$$\frac{\text{量勺量取的原定试样重量} - \text{称量试样的平均重量}}{\text{称量试样的平均重量}}$$

第三章 分析试样的分解

分析试样在测定前必须进行分解，将待测元素转入溶液，也有使待测元素呈气态化合物直接吸收进行测定的。

一、试样分解的方法

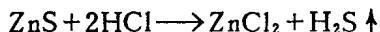
普通常用的试样分解方法有酸溶、熔融和盐类分解三种。

(一) 酸溶

常用的溶剂有各种无机酸（盐酸、硝酸、硫酸、磷酸、氢氟酸及高氯酸等）及有机酸（醋酸、柠檬酸等）。为了增强用酸分解的能力，在化探分析中常采用混酸，如王水（3份盐酸和1份硝酸）、逆王水（3份硝酸和1份盐酸）、硝酸—硫酸、硫酸—磷酸；或在酸溶剂中加入适量的氧化剂，如氯酸钾、过氧化氢，以提高酸溶剂的氧化分解能力。

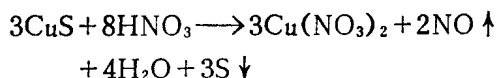
酸溶剂的作用是溶剂与试样组分产生系列化学反应，使试样中某些元素形成难离解化合物或挥发性气体或进行氧化还原反应，即酸溶剂中的氢离子和阴离子（或阴离子根）。逐渐置换试样中的元素组分，不断地减少这些元素在试样中的浓度，使待测元素转入溶液，达到分解的目的。

以一般常用酸分解锌、铜、汞的硫化物为例：盐酸分解时，氯离子与硫化物中金属结合成易溶于酸或水的金属氯化物盐类而进入溶液，同时放出硫化氢气体。其反应式为：

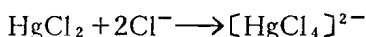
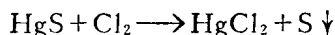
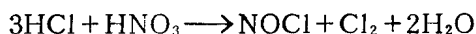


硝酸分解时，硝酸根（ NO_3^- ）夺取试样中的金属离子成为硝酸盐。如用浓硝酸分解，放出二氧化氮（ NO_2 ）；如用稀硝酸分解，则放出一氧化氮（ NO ）。硝酸根具有较强的氧化能力，

将二价硫离子 (S^{2-}) 氧化为硫 (S^0)。其反应式为:



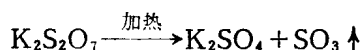
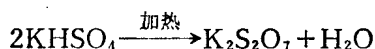
王水分解时, 新生氯气使大多数金属呈氯化物或氯阴离子络合物转入溶液。其反应式为:



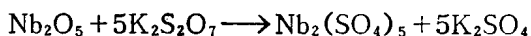
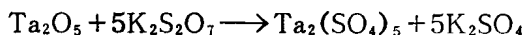
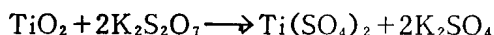
(二) 熔融

可分为酸性熔剂熔融和碱性熔剂熔融。

酸性熔剂熔融。较有代表性的酸性熔剂是硫氢酸钾和焦硫酸钾。硫氢酸钾加热后脱水, 也生成焦硫酸钾, 其反应式为:



所以, 这两种熔剂的作用是相同的。这类熔剂氧化性较弱, 加热到 300°C 以上即分解放出三氧化硫, 可以和碱性、中性氧化物作用。主要用于铝、锆、钛、铬的氧化物及钨酸盐、钼酸盐等试样, 使其生成可溶性硫酸盐。反应式如下:

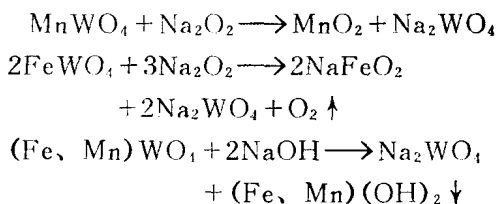


钠盐也可用来作这类焦硫酸盐熔剂, 但钠盐容易失去三氧化硫。当温度较高时, 钾盐分解析出的三氧化硫与试样的作用时间比钠盐长, 分解效果比钠盐好。

酸性熔剂可以在瓷坩埚或用硅硼酸耐热玻璃制成的小烧杯和试管中熔融。

碱性熔剂熔融。常用的碱性熔剂有氢氧化钠、过氧化钠、碳酸钠(钾)等。这类熔剂熔融温度比酸溶(熔)剂高, 所以碱性熔剂分解能力较酸溶剂和酸性熔剂强, 一般用于酸溶剂和酸性熔

剂不易分解或用酸溶法有损失、干扰的试样。碱性熔剂分解试样后，使待测元素转化为易溶于酸中的钾、钠盐类、氢氧化物或碳酸盐。这类熔剂除了有碱性外，在高温下还具有氧化性，把一些元素氧化成高价。以黑钨矿熔融为例：

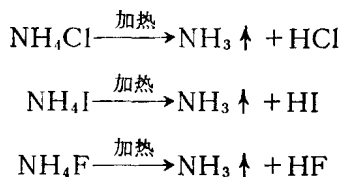


熔融时，为了降低熔点，加强氧化作用和防止试样在熔融反应激烈时飞溅，也常采用混合熔剂。

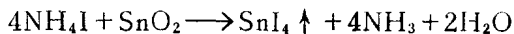
碱性熔剂熔融需要选择合适的坩埚(应能耐熔剂腐蚀，并不含待测组分)及高温加热器。因手续较繁，故在化探分析中较少采用。

(三) 盐类分解

目前常用的是铵盐，主要有氯化铵、碘化铵和氟化铵。也有用硫酸铵、硫酸铵加硝酸铵、硫氢酸铵加氯化铵的。其分解作用主要是在加热分解过程中产生相应的无水酸。以卤化铵为例，加热分解时产生卤化氢。其反应式为：



无水卤化氢与试样作用，使试样中的一些元素转成卤化物(沉淀)、易挥发物或络阴离子络合物。氯化铵分解时，大多数元素转化为单一氯化物或氯阴离子，可使待测元素与许多易挥发的氯化物(砷、锑、锡、硒、碲、汞、铁)分离。碘化铵分解时，可将锡、汞、锑等呈碘化物挥发析出，与试样中大量不分解的组分分离。如 NH_4I 分解锡石时，



用氟化铵分解时，无水氟化氢分解硅酸盐、绿柱石，使部分（约40%）硅呈四氟化硅（ SiF_4 ）挥发。这既便于硅酸盐类试样的分解，又不致因硅量太高出现硅胶而影响下步测定。

这种分解方法的优点是：①分解温度不高；②铵盐腐蚀性小；③可在玻璃器皿中进行分解；④杂质下来少；⑤对某些易与卤族元素结合的组分具有选择性的离析作用，便于下步测定。因此，在化探分析中逐渐广泛应用。

二、试样分解方法的选择

一种试样可用多种溶（熔）剂分解。一种分解方法也可用于几种试样。分解一种试样，究竟选用哪一种方法合适，这与许多因素有关。基于化探分析试样量大的特点，所选用的试样分解方法应满足快速、简便、经济、实用的要求：既能将待测项目溶出，又不引入（或少引入）干扰，便于测定，而且溶（熔）剂消耗少，溶（熔）样安全，设备简单。因此，在选用各种溶（熔）剂分解方法时，必须考虑以下几个方面：

（一）分析试样的性质及待测元素在试样中存在的形式

由于试样的分解是通过溶（熔）剂与试样组分在不同温度下的化学反应，所以各种试样的岩石、矿物组成及元素存在形式不同，采用的分解方法也不一样。

在化探分析中，各种土壤、岩石、矿石、矿物试样都是复杂的化合物，元素组分绝大多数以化合态存在（个别也有呈离子和单体元素存在的），按其化学组成大致可以分为硫化物、卤化物、碳酸盐、硫酸盐、硅酸盐、磷酸盐和氧化物等。不同的化学组成，决定了试样的基本性质及其在各种溶（熔）剂中的可溶程度。在化探分析中，常遇到的试样类型及其适用溶（熔）剂的一般情况如下：

硫化物——这是在找金属硫化矿中较大量遇到的化合物，多数有色金属的原生、次生矿物均属此类型。由于重金属对硫具有较强的亲和作用，它和硫化矿物关系密切。因此，化探找矿时，常

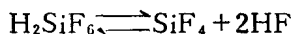
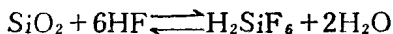
用重金属作为寻找金属硫化矿的指示元素。硫化矿物在自然界氧化后，依硫化物→硫酸盐→碳酸盐→氧化物（含水硅酸盐、磷酸盐）的化学反应次序转换。一般重金属硫化物及其从硫化物氧化演变而成的多数其他化合物都易溶于硝酸和王水。

碳酸盐——碳酸盐中最普遍的是碱土金属碳酸盐，如大理岩、菱镁石等。重金属碳酸盐中，铜、锌的碳酸盐较易溶于酸，铅的碳酸盐较难溶。在有的地区重金属碳酸盐与碱土金属碳酸盐伴生。这种试样易溶于盐酸，分解时迅速放出二氧化碳，其反应式为：



硫酸盐——硫化物氧化产生的硫酸盐中，铜的硫酸盐最易溶解，它可溶于水和弱酸。在化探找矿中，有的碱土金属硫酸盐与重金属矿化有密切关系，如重晶石（ BaSO_4 ）、石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）。在有些地区以这类化合物作为寻找某些重金属元素矿化的标志。这种碱土金属硫酸盐有的用酸不易全部分解，如有的重晶石需用碱性熔剂熔融，而石膏可用硝酸或盐酸进行分解。

硅酸盐——自然界中大部分矿物和岩石是硅酸盐。某些硅酸盐能用酸分解，如花岗岩类、沸石、霞石、蛇纹石以及由硫化物氧化后转化的硅酸盐矿物，均可用氢氟酸—硫酸（如碱土金属含量较高时，可用氢氟酸—高氯酸）分解。由于氢氟酸与二氧化硅生成挥发性的四氟化硅，使易溶于酸的硅酸盐试样很快完全分解。其反应式为：



用氢氟酸分解时，加入硫酸和高氯酸首先是为了消除水对 SiF_4 的水解作用（ $3\text{SiF}_4 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SiF}_6 + \text{H}_2\text{SiO}_3$ ），使其他挥发性物质（如钽、锆、银等氟化物）不受损失。其次是为了赶走 F^- 离子，防止 F^- 离子影响某些元素的测定。

含硅酸盐试样的分解，有时也常用其他氟化物，如测含铍试样，可先用氟化铵分解。

某些硅酸盐有时也全部或部分溶于王水、硫酸和磷酸。化探分析中，当取样量多时（如分析金和贵金属试样时），试液中大量的胶状硅酸影响测定，往往在王水分解时加入氟化铵或氟化钠以除去试液中大量的硅。

化探分析中用氢氟酸和氟化物处理试样时，均以聚氯（氟）乙烯的塑料容器代替贵重的铂器皿。

用氢氟酸和氟化物分解试样，都是为了测定硅酸盐（和含硅矿物）中除硅以外的其他组分。对难溶于氢氟酸的硅酸盐矿物、岩石及需要测硅的试样，一般都采用氢氧化钠或碳酸钠碱融法。

超基性岩——铬铁矿物都存在于这类岩石中。这种试样虽也含硅酸盐，但其含硅量一般不超过50%。由于这类试样的化学组成中镁、亚铁含量较高，铜、镍、铬的含量也比一般硅酸盐高，故被认为是较难溶的。这种试样有的能为磷酸、磷酸—硫酸分解，有的就不易为酸分解，要用酸性或碱性熔剂熔融。

较难溶的试样中，除铬铁矿物外还有其他与铁锰共生的含钛、钒、钨、铌和钽等一类矿物。这类试样可以用磷酸—硫酸分解，有的也可用酸性熔剂分解（有些必须用碱性熔剂），所以在化探找矿试样中，遇有分析钒、钛、铬、锰、钨元素时，常采用磷酸—硫酸分解。

属于较难溶的试样，还有锡、钛、铌、钽等元素的氧化物，其中大多数须采用熔融法，个别的（如锡石）也可用铵盐分解。

现以稀散元素为例，说明以上各类试样在应用中所需不同溶（熔）剂情况。

稀有分散元素多数是分散存在于矿物晶格中与其他矿物共生，是找某些金属矿较好的指示元素。所以要将这类元素溶出，就要考虑分解此类元素的共生矿物。如锆伴生在硫化矿物中，可用王水或王水—硫酸分解，锆伴生在褐铁矿物中，须用硝酸—磷酸分解，如呈锆二氧化物存在于粘土中就要用氢氟酸—磷酸分解或碱性熔剂熔融。