

遥感技术在国外用于地质找矿工作的动态

黄 思 晃

(四川省地质局攀西地质大队)

国际地质对比计划 (IGCP) 第 143 项“遥感与矿产勘查”讨论会, 于 1982 年 5 月 17 日~21 日在加拿大渥太华举行。参加会议的有来自 15 个国家的约 80 名代表。国际地科联、联合国教科文组织也派代表出席了会议。会议主要是总结 25 年来各国遥感技术的发展及其用于地质找矿方面的成果, 兼讨论第 143 项活动结束后新的活动课题。从提交和宣读的论文内容看, 当前遥感技术用于地质找矿大体可以分为以下几类: 区域地质的解译和研究; 控矿因素的研究及找矿效果; 地球资源卫星资料的数据处理及地质解译方法; 航空遥感方法及为选择新的电磁波谱所做的航空模拟试验, 包括“哥伦比亚号”航天飞机多光谱扫描的初步成果; 含微量金属元素的植物波谱测试等。

以下就一些国家应用遥感技术于地质找矿工作的一些情况和效果, 做一简要介绍。

一、利用遥感资料进行地质解译, 结合地质构造及成矿理论特别是新的地质构造及成矿理论分析, 编制区域性以至全国性的遥感资料解译成矿规律图, 为区域普查找矿及矿区的普查勘探工作指出新方向。例如, 美国通过各种遥感图象所反映的地形地貌及地质构造特征的地质解译, 结合现代板块构造的地质地貌特征及板块构造成矿理论分析, 把全国划分出了若干个古板块, 同时进行古板块不同部位的应力环境分析和矿产成因分析, 编制了全美遥感资料解译成矿规律图, 划分出了超压应力区的斑岩型铜矿成矿带及类似的浅成内生金属矿产成矿带、压应力区的各种内生多金属矿产成矿带和张应力区的硫化物层控矿床成矿带等。并根据遥感图象的详细地质构造解译, 指出了成矿带内的成矿有利地段和部位。苏联通过全国性的遥感图象地质解译, 结合传统的地质构造理论和成矿理论, 编制了全苏遥感地质构造图, 划分出了古陆壳、地盾、隆起区、沉降带、古沉积盆地等等, 分析了它们各自的成矿专属性, 同样划分出了各种内生金属矿产成矿带及外生矿产、油气田成矿带等, 并为水文地质、工程地质、地震公害的研究, 提供了大量的资料。苏丹通过遥感资料的地质解译和矿产分布规律的研究, 认为大部分内生多金属矿产和多金属元素浓度较高的卤水盐湖, 多沿红海裂谷的北东向深大转换断裂延线上分布, 结合板块构造成矿理论, 划出了内生多金属矿产成矿规律图。

二、遥感技术不仅普遍用于区域地质调查工作, 近年来已逐步发展到用于各种矿产的综合找矿和矿区的普查勘探工作, 并且已经取得较好效果。遥感技术用于综合找矿和矿区的普查勘探, 主要是在矿区或矿区外围进行多种遥感技术的测试和多种方法的遥感图象处理 (例如, 根据矿区的具体情况, 分别选用以下几种方法进行组合测试和研究, 包括黑白航摄、真彩色航摄、黑白红外、彩色红外, 多波谱扫描、雷达侧视等, 同时进行卫星资料、航摄资料不同波谱的比值处理、密度分割处理、假彩色合成、雷达成象以及航空物探等), 分析控矿

的地质构造因素,再结合矿产的成因类型和分布规律,便可以快速地指出成矿有利地段或矿床赋存位置,甚至直接找到工业矿床。例如,加拿大在富产金、银、铜、锡、砷、钨的Brookfield矿区周围 $16 \times 3.2\text{km}$ 的范围内,在地形起伏不明显、较多冰碛浮土和植被覆盖的条件下,采用了3~5微米和8~14微米的红外波谱扫描为主,配合卫星资料的密度分割处理、黑白航摄和彩色航摄、彩色红外摄影等,不仅清楚地勾绘了与成矿有关的花岗岩侵入体和石英岩、板片岩的接触界线,同时发现了过去地面无法发现的众多线性构造及其分布规律。从而圈定了矿产的高含量带和与成矿密切相关的云英岩化带,取得了显著效果。美国地球卫星委员会采用对岩石、土壤敏感性比较高的光谱带扫描、长焦距航空摄影、雷达侧视和卫星资料的数字处理方法,在美国成功地指出了三个油气田、三个斑岩铜矿和两个铀矿的位置,经地面地质调查和物化探验证,已经得到证实。印度对Orissa南部地区的卫片进行图象处理,发现一处山丘顶部植被缺乏、水系不发育的夷平面色调异常,进行了成矿预测,经野外验证,为红土型铝土矿床,此后,根据同样的色调异常,对相邻的卫片进行解译,很快地找到了若干个同类型的铝土矿床。

三、进行电磁波谱测试,选择新的电磁波谱进行空间遥感遥测来解决地质矿产问题,是近年来遥感技术发展的一个新动向。若干年来,不论美国、苏联或其它一些国家,都发射过若干个地球资料卫星。但过去所选用的电磁波谱扫描波段,仍不能满足准确鉴别岩石、矿物的需要。因此,需要进行一些新的试验,选择有效的波段,为以后地球卫星和航空摄影的仪器装置提供资料。在这方面,美国做得比较多,主要是为第四颗人造地球资源卫星(Landsat D)做一些航空模拟试验,包括在航天飞机“哥伦比亚号”上进行的多通道光谱测量实验。加拿大、苏联等国也都做了这方面的工作。

1981年11月12日到14日,美国航天飞机“哥伦比亚号”试飞时,机上安装了一台10个通道,波谱从0.5~2.35微米的多光谱红外辐射仪,专门用于研究岩石、矿物的光谱特性,并为将来的卫星窄波谱带(2.0~2.5微米)图象系统建立岩石、矿物的鉴别标志。通过实验,获得了初步成果,不仅建立了沙滩、针叶林、含高岭石的粘土等的鉴别标志,而且在轨道飞行所获得的资料中,首次能够准确地确定碳酸盐岩类。

今年元月,美国在犹他州为Landsat D所做的电磁波谱航空模拟实验中,进行了热液蚀变岩石的判别试验,经过不同的波谱比较,选择了0.49、0.56、0.66、0.83、1.65、2.22微米六个电磁波谱和一个11.45微米的热红外波谱,并用这些波谱资料进行彩色比值合成,以鉴别各种矿物。例如1.65/2.22微米的比值可鉴别明矾石、高岭土、沸石、石膏、蒙脱石;1.65/0.49微米的比值可精确地测定褐铁矿;0.66/0.83微米的比值可鉴别不同类型的植被等。这样,就有效地圈定出了高明矾石带、高岭土带、含高岭土的硅酸盐岩、含沸石的火山凝灰岩以及褐铁矿带。

四、利用植物吸收不同金属元素所产生的不同光反射率、热反射率和叶绿素发光率进行波谱试验,为在植被发育地区快速发现工业矿产开辟新的找矿途径。这方面的试验,以英、美为主。例如,英国利用含Cd、Cu、Pb、Zn的溶液对豌豆、黄豆、玉米、燕麦、青稞等进行培植处理,测定他们的光学特性,发现它们与同类不含金属元素者的反射率显著不同,而差别最显著的是在0.85、1.65和2.20微米波段。利用提高光照度的办法,如提高光照度一倍,刺激含微量Cd(培植液Cd浓度为50ppm)的植物叶绿素,其光学特性与不含Cd的植物有明显区别。把含微量Cd或Cu(培植液Cd或Cu浓度为100ppm)的植物置于辐射罩内,使

罩内温度提高 1°C ^[注1]，再进行光谱测定，可清楚地与不含这些金属元素的植物相区别^[注2]。对土壤里含Cu、As和不含Cu、As的青冈林进行红外扫描试验，发现1.65微米和2.20微米对区别它们有显著效果。通过这些试验，再用于实际，就可以圈定出“植物地球化学异常”，为找矿指出方向。

五、在遥感技术应用于地质找矿的工作方法上，大部分国家都是采用集中力量和各种技术，先搞小块典型地区的方法试验，取得一定效果后，再向面上铺开。加拿大在开展各种比例尺的区域地质调查时，都普遍采取这种方法。美国在得克萨斯州专门选定一块地区，作为各种遥感器对区域地质、矿产资源评价的样板实验田。在该区进行卫星扫描、雷达侧视和航空遥感、航空磁测等，并对这些资料进行一系列的数字图象处理，以确定采用什么样的遥感器和处理方法对解决什么样的地质、矿产现象最为有利，从而根据不同地区的地质构造和成矿条件，有目的地开展面上的区域地质调查和矿产普查工作，避免了泛泛采用各种遥感技术和处理方法，造成人、财、物的浪费和地质解译过程中的盲目性。

六、关于环形构造、圆形影象的研究。本次会议，凡涉及地质、矿产的文章，无一不谈及环形构造和圆形影象，而且经分析、调查研究，都与地质构造和成矿有关。我国在过去的遥感图象地质解译中，也做了圈定，但是如何深入地分析研究它们的形成机制和成矿意义，特别是实地验证，还做得很不够。苏联所编制的全苏遥感地质构造图，可以说是以环形、圆形构造为主的一份图件，并且对大大小小的各种环（圆）进行了分析对比研究，论述了它们的成因和成矿的关系，指出了与环（圆）形构造有关的成矿有利地段和一些油气田。美国有人认为，环（圆）形构造是垂直的内力作用和垂直的外力作用的结果。内力作用包括火山作用形成的破火山口、岩浆侵入作用形成的岩丘穹窿；外力作用主要是陨石的冲击。不论是内力作用或外力作用，它们都对地壳的地质构造产生影响，造成各种环形断裂或放射状断裂，为内生成矿作用提供了通道和赋存场所。他们对新西兰的15个环形影象进行了调查研究，发现它们大都和钼矿床有关，而且含钼的矿脉都填充在这些环形的张性裂隙中。美国一些显示在卫星图象上的小型环形影象，经测定后，与含铅锌的矿体边界有关，对铅锌含矿体进行了成功的圈定，并指出了普查勘探的方向。此外，遥感图象上反映的圆形构造或色晕，有的与隐伏岩体、有的与沉积盆地、有的与隐伏穹窿、有的与沉积矿床、有的与油气田密切相关。各国都有类似的叙述，值得我们注意。

为发展我国遥感技术事业，提高遥感技术用于地质找矿工作的效果，赶上当前世界遥感技术应用水平，结合我国情况，谈谈几点想法和体会：

一、我国区域地质矿产资料丰富，基础遥感图象也基本齐全，还有一套比较完善的遥感图象处理系统，又有一定水平的遥感图象地质解译人员，完全有条件有能力根据我国不同的地质构造理论和成矿理论，编制不同观点、不同地区、不同比例尺的遥感资料解译成矿规律图，为地质找矿工作提供一方面的科学依据。

二、过去由于我国取得遥感资料的局限性和图象外理方法的局限性，加上遥感技术的普及推广不够，因此，认为遥感技术用于小比例尺区域构造分析、确定大区域的构造格架有效，而用于大比例尺区域地质调查，特别是矿区及其外围的矿产普查勘探效果甚微，没有得到充分的重视。根据国外的一些经验，我想在我国今后的矿区及其外围的矿产普查勘探过程

[注1] 辐射罩——实验室的一种装置，有如用于阳光辐射下罩住植物的罩子。

[注2] 以上实验均在实验室中进行。

中,也充分搜集和利用现有的各种遥感资料,并根据矿区的地质构造情况和不同矿种进行必要的多种图象处理,进行详细的地质解译,以提高矿产普查勘探的质量和效率。

三、我国幅员广大,自然地理环境和地质构造情况复杂,同一地质体在不同的自然地理环境下反映在遥感图象上的解译标志也多变。因此,可否在全国范围内的不同地区,例如东北、西北、西南、华南、华东地区,分别选择具有本区特点的小块典型地段进行多种遥感方法的综合试验。这样,不仅可以为大面积利用遥感技术开展不同比例尺的区域地质调查开路,也可以为矿产的普查勘探的技术方法选择提供资料和依据。

四、应该重视植物地球化学作用的波谱测试工作。目前可否组织一些力量或提出一些项目着手进行试验,为矿产的普查方法开辟一条遥感植物找矿的新路。

五、我国的遥感资料图象处理系统仪器设备,与国外相比,不相上下,但是处理方法和服务范围不及他国。因此,应当充分发挥我国现有装备的作用,加强图象处理方法的技术培训特别是地质人员掌握图象处理方法的培训和有关用户技术人员的培训,让机器公开或半公开,让用户根据需要配合机组人员自己动手处理,发挥机器的效能。同时,还应积极配合典型地区的遥感方法试验,为全国各区域地质调查队、普查勘探队以及有关部门提供足够的遥感图象,包括数据处理图象,以满足地质、矿产普查勘探和国民经济建设的需要。

六、有必要建立我国自己的地球资源卫星地面接收站,以便取得更多更新的遥感信息资料,更好地为地质找矿工作和国民经济建设有关部门服务。

抓紧抓好区域地质志的编写和出版工作

地质矿产部区域地质矿产地质司

一九八二年七月,由江苏省地质局主持,并由特邀评审员及有关单位的代表组成了公开出版审查委员会,对《江苏省及上海市区域地质志》进行了审查。地质矿产部程裕淇总工程师参加了会议。

《江苏省及上海市区域地质志》是在江苏省一比二十万区调总结成果《江苏省地质通论》的基础上,运用了江苏省、上海市及邻近省区各有关单位的钻孔及地表地质资料 and 研究成果,由江苏省地质局区域地质调查队负责编写的。

通过审查认为:《江苏省及上海市区域地质志》比较全面、系统地归纳、分析了建国三十多年来全区的地质生产及研究成果,并有所创新。文章内容丰富、引用资料基本准确可靠,章节安排基本合理,文、图、表并茂,并附有反映区域地质构造特征的一比五十万地质图、基岩地质图、构造体系图,基本反映了江苏省及上海市的区域地质工作现状,提高了研究程度,是一份宝贵的综合性基础地质科学文献。

《江苏省及上海市区域地质志》能够在较短时间内第一个完成编写工作并提交审查和验收,是江苏省地质局领导重视,充分调动区调队同志的积极性的结果。

自一九八一年八月正式确定公开出版各省、市、区区域地质志系列著作以来,各省、

(下转第26页)