

# 面向 21 世纪的应用地球化学

——谢学锦院士从事地球化学研究 50 周年

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 内 容 简 介

本书是谢学锦院士从事地球化学研究 50 年来所发表论文的集锦。全书分为三卷。上卷为用中文发表的论文，中卷为在国际刊物上用英文发表的论文的中译文。上卷的内容多是我国读者所熟悉的，而中卷的内容则大多是第一次与国内读者见面。从这些文章中我们可以领略到作为战略家的谢学锦院士的战略眼光、超前意识和卓越的组织才能，以及他为我国地质找矿事业和全球地球化学填图所做出的巨大贡献。下卷是曾经与谢先生一道工作过的专家或谢先生的学生撰写的专文，从这些文章中不仅可以看到谢先生为中国地球化学研究事业所做的贡献，还可以看到谢先生作为我国地球化学界前辈的人格魅力。本书对于当前正在开展的新一轮国土资源大调查、环境的研究与保护以及我国的全球矿产资源战略具有重要的指导意义，可供广大地质工作者、研究人员和高等院校的师生学习和参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

面向 21 世纪的应用地球化学：谢学锦院士从事地球化学研究 50 周年/谢学锦著.

-北京：地质出版社，2002. 10

ISBN 7-116-03489-7

I. 面… II. 谢… III. 地球化学-研究-文集 IV. P59-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 078055 号

MIANXIANG 21st DE YINGYONG DIQIU HUAXUE

—XIE XUEJIN YUANSHI CONGSHI DIQIU HUAXUE YANJIU 50 ZHOUNIAN

---

责任编辑：谭惠静 祁向雷 张立生 郁秀荣

责任校对：关风云

出版发行：地质出版社

社址邮编：北京海淀区学院路 31 号，100083

电 话：(010) 82324508 (邮购部)

网 址：<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱：[zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真：(010) 82310759

印 刷：北京中科印刷有限公司

开 本：787 mm×1092 mm<sup>1/16</sup>

印 张：35.5 彩图：8 页

字 数：856 千字

印 数：1—1000 册

版 次：2002 年 10 月北京第一版·第一次印刷

定 价：108.00 元

ISBN 7-116-03489-7/P·2232

---

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

# 《面向 21 世纪的应用地球化学》

——谢学锦院士从事地球化学研究 50 周年》

## 编 委 会

主 任 张炳熹

副主任 黄宗理 叶天竺 杨文采

委 员 (以姓氏笔画为序)

王学求 叶天竺 杨文采 邵 跃 张立生

张炳熹 高 平 殷慕慈 黄宗理

# 序

本书是为纪念谢学锦院士从事地球化学研究 50 年而出版的一部论文集，是一部具有重要科学和历史意义的文献。

众所周知，谢学锦院士从事地学学术活动的 50 年是新中国成立以来，我国勘查地球化学从诞生到发展的举世瞩目、走向国际前缘并占领一定高点 50 年。同时，也由于他为新中国地质找矿事业的不懈努力，在广大国土范围内取得了海量地球化学基础数据；发展了适合国情的勘查地球化学的科学体系；为大量矿产资源的发现做出了贡献。

编辑部尊重学锦院士的意见，将论文集分成上、中、下三卷：上卷是精选的中文论文共 17 篇，大部分已公开发表，在此汇集可看到他学术思想的发展；中卷 16 篇，是从他近年来在国外本专业权威杂志上发表的论文中精选的一部分的中译文，在国内尚属首次发表；下卷是他的世交和长期共事以及身受教益的同仁和学生亲身感受和体会性的文章。纵览全书，可以充分了解学锦院士卓越的学术思想和他不懈创新、勇于实践的精神，以及善于组织领导大规模地球化学勘查活动的风范。由于他不断总结提高实践成果并向学术界介绍推广，使这些成果处于国际前缘地位并为全球地球化学填图创造了可推广的先例。

学锦院士一贯重视直接找矿信息，能以区域中化学元素精确的数据作为指引，按照填图比例尺的大小，逐步圈定远景区，直到找到隐伏的矿体。这就绕过了争论不休并一时难有定论的脱离实际的成矿理论，为资源勘查开辟了新的方向。近年来他注意到深部地球气活动，超微细金异常的新概念与新技术，在指导金矿找矿中取得成功。他自称是一个“思想产生者”或“概念产生者”(idea producer)。我认为这只是他重视“思想领先”的一个方面，其实他对实践方面的问题也毫不忽视，诸如不同地理环境中的采样方法，样品分析精度的质量控制，采样点的分布与具体布置，数据的处理等，他从地球化学扫面开始规划时就再三强调。可贵之处是他能在实践的经验基础上，不失时机地产生新思想、新概念来指导下一阶段的实践。

下卷的内容也是丰富多彩的。在这 10 余篇文章中，除了对上卷中的学术

思想发展过程提出生动的历史资料外，也使我们深刻地了解到一个科学上有杰出贡献的科学家从成长、发展到成功不是轻而易举的事情，是需要一定的环境、具体条件与巨大的努力的。学锦院士继承丰厚的家学渊源，本人具有广泛的求知愿望，扎实的科学基础，坚韧的事业信心，以及无私的传播专业知识，这使他能在旧中国仅有的少许地球化学探矿事业的萌芽基础上，抓住新中国发展地质事业的机遇，充分发挥他的优势，迎接新形势下的挑战，并一步步走向胜利。毋庸讳言，历史也曾给他以不应有的遭遇。难能可贵的是他能在坎坷的条件下坚持自己的信念，不懈地研究思考，终于在走出困境后，学术思想和事业上得以突飞猛进。我确信今后中国的应用地球化学和找矿将在学锦院士开辟的新领域和制高点上走入 21 世纪并常居高位。我也相信这番事业的后继者绝不会重复历史给予他的一段不幸遭遇。

承学锦院士厚爱，使我有机会能在此书出版前，读到稿本。这使我能够充实我以前对他的片段了解，从而增加了我对他的敬佩之情。全书内容丰富，很难用简短的序言概括全貌。读者自会从书中得到学术思想等多方面的启发，并理解创业的艰辛和一丝不苟步步为营的科学求实精神。

谨此，敬向学锦院士，论文作者，编辑同志们致谢！

张炳熹

1999 年 8 月

# 目 录

## 上 卷

|  |         |
|--|---------|
| 铜矿指示植物——海州香薷 .....                     | ( 3 )   |
| 地球化学岩石测量的工作方法 with 解释推断方法 .....        | ( 10 )  |
| 区域化探数据处理 with 解释推断 .....               | ( 50 )  |
| 当前区域化探若干问题的探讨 .....                    | ( 80 )  |
| 区域化探                                   |         |
| ——历史 现状 前景 .....                       | ( 96 )  |
| 区域化探全国扫面规划 .....                       | ( 101 ) |
| 区域化探分析方案的比较 with 监控方案的研究 .....         | ( 107 ) |
| 金矿化探 (一): 金矿化探的现状 with 研究方向 .....      | ( 134 ) |
| 金矿化探 (二): 采样 with 取子样的难关               |         |
| ——为《国外地质勘探技术》创刊第 100 期而作 .....         | ( 144 ) |
| 金矿化探 (三): 金的颗粒分布 with 取子样误差关系的研究 ..... | ( 158 ) |
| 金矿化探 (四): 非传统金矿化探的理论 with 方法技术研究 ..... | ( 173 ) |
| 三十而立                                   |         |
| ——为庆祝物化探所成立 30 周年而作 .....              | ( 186 ) |
| 中国化探发展的新战略 .....                       | ( 188 ) |
| 中国化探走向 2000 年 .....                    | ( 191 ) |
| 勘查地球化学的过去、现在 and 未来 .....              | ( 196 ) |
| 新疆找矿的战略问题 .....                        | ( 207 ) |
| 勘查地球化学的现状 with 未来展望 .....              | ( 210 ) |
| 论矿产勘查史                                 |         |
| ——经验找矿、科学勘查 with 信息勘查 .....            | ( 221 ) |
| 我国基础地球化学调查现状 with 发展 .....             | ( 233 ) |
| 化学定时炸弹 with 可持续发展 .....                | ( 239 ) |
| 矿产勘查的新战略 .....                         | ( 248 ) |
| 战术性 with 战略性的深穿透地球化学方法 .....           | ( 258 ) |
| 蛛丝马迹探宝藏                                |         |
| ——勘查地球化学发展的里程碑 .....                   | ( 276 ) |

## 中 卷

|                 |         |
|-----------------|---------|
| 地球化学勘查在中国 ..... | ( 285 ) |
|-----------------|---------|

|   |       |
|---|-------|
| 水系沉积物地球化学参考样 GSD 1~8 .....                                    | (299) |
| 中国水系沉积物、土壤和岩石标准参考样 GSD 9~12, GSS 1~8 和 GSR 1~6 的<br>可用值 ..... | (308) |
| 地球化学标准参考样: GSD 9~12, GSS 1~8 和 GSR 1~6 .....                  | (314) |
| 多参数地球化学方法在大庆油田附近青岗地区找油中的应用 .....                              | (328) |
| 国际地球化学填图中的某些战略性与战术性问题 .....                                   | (337) |
| 金矿地球化学勘查  |       |
| ——老问题, 新做法 .....  | (353) |
| 中国区域化探全国扫面计划十年 .....  | (374) |
| 局部和区域性的油气地表地球化学勘查 .....                                       | (392) |
| 地球化学模式: 从局部到全球 .....  | (406) |
| 巨型矿床的地表地球化学显示 .....   | (425) |
| 国际地球化学填图中的分析要求 .....  | (433) |
| 泛滥平原沉积物作为全球采样介质的适合性: 来自中国的证据 .....                            | (446) |
| 中国的地球化学填图 .....   | (460) |
| 全球地球化学填图及其在亚洲-太平洋地区的实施 .....                                  | (475) |
| 乌兹别克斯坦克孜尔库姆沙漠地区中部战略性深穿透地球化学方法的试点研究 .....                      | (492) |

## 下 卷

### 战略眼光 想象力 洞察力 超前意识与技术突破

|                                    |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| ——谢学锦院士的科学思维特色 .....               | 文乐然 (503)          |
| 我所认识的谢学锦院士 .....                   | 殷维翰 (511)          |
| 海外来函 .....                         | 赵峻田 (515)          |
| 我所认识的谢学锦先生 .....                   | 杨文采 (524)          |
| 谢学锦从事化探事业的 50 年 .....              | 邵 跃 (527)          |
| 1:20 万区域化探重新扫面带来了地质实验事业的兴旺发展 ..... | 赵家仁 (529)          |
| 忆全国区域化探技术骨干学习班 .....               | 陶承宏 张 洪 (执笔) (531) |
| 中国区域化探走出国门面向世界                     |                    |
| ——庆贺谢学锦院士从事地球化学研究 50 年 .....       | 薛水根 (534)          |
| 谢学锦院士与河南区域化探 .....                 | 张 洪 (536)          |
| 我的导师谢学锦先生 .....                    | 方正康 (539)          |
| 我人生之路的榜样 .....                     | 童 霆 (540)          |
| 我所认识的谢先生 .....                     | 徐家乐 (542)          |
| 我们的非常规导师 .....                     | 王载明 秦大地 (544)      |
| 谢先生二三事 .....                       | 卫敬生 (548)          |
| 化复杂为简单                             |                    |
| ——将学院式研究与工业生产密切结合的科学家 .....        | 王学求 (550)          |
| 记谢老几件事 .....                       | 萧铿鏊 田 忠 (557)      |

# 上 卷

# 铜矿指示植物——海州香薷<sup>①</sup>

作者等在安徽某区发现一种植物，茂盛地生长在含多量铜分的有毒土壤中，土壤中最  
高含铜量可达 4000~5000 r/g，这种植物经中国科学院植物研究所南京工作站裴鉴教授鉴  
定为海州香薷 (*Elscholtzia haichowensis* Sun)。作者等分析了植物灰分中的含铜量，考察  
了海州香薷在该区各处分布和土壤中铜分的关系，确定这种植物是一种铜矿指示植物，对  
铜矿的勘探可能有很大帮助。

## 一、绪 言

植物的发育和生长与土壤中金属微迹有很密切的关系，某些植物能忍受在含多量某种  
金属的有毒土壤内生长，而其他植物，在这些地方则无法生存。我们把这类植物叫做指示  
植物，因为它们茂盛单独在一个地区生长，往往指示了这个地区土壤中含多量某种金属的  
可能性。

最近 30 年来利用地球化学方法 (Geochemical method) 或生物地球化学方法 (Biogeo-  
chemical method) 勘探金属矿的技术有了很大的发展。这些方法主要是分析土壤中、或在  
其上生长的普通植物灰分中金属微迹的量，找寻出高含量的不正常区 (anomalies)，研究  
这些不正常区内金属微迹的散布型式 (dispersion pattern)，从而追踪探寻地下的矿体。但  
是在野外利用这些方法工作，需要相当的设备，在一个不大的地区中，往往要作几千个分  
析，工作相当繁重。指示植物的效用是能使探矿家在广大区域查勘时，靠它来找出高含量  
金属的不正常区，这样就节省了许多分析工作和时间，增加了更多发现矿体的机会。用指  
示植物探矿的方法叫做地球植物方法 (Geobotanical method)。

金属矿的指示植物中，指示锌的有 *Viola calaminaria et Zinci*<sup>[1]</sup> (堇菜属植物) 常生长  
在中欧锌矿废堆上，在其灰分中，氧化锌的含量可高达 4%。*Thalspi calamzmate*<sup>[2]</sup> (十  
字花科蕹蓂属植物) 生长在德国和瑞典，灰分中含锌高达 16%。Beath<sup>[3]</sup> 发现 *Astragalus*  
*xylorrhiza* (豆科黄耆属植物)、*Oonopsis* (菊科植物无中文属名) 以及 *Stanleya* (无中文  
译名,) 只生长在含硒的土壤中，它们灰分中最高含硒量达 15000 g/ton。<sup>②</sup>

1942 年，Vogt 和 Braadlie<sup>[4,5]</sup> 发现了两种植物 *Viscaria alpina* (石竹科植物，无中文  
属名) 和 *Melandirum dioecum* (女娄菜属)，生长在 Roros 区域的铜矿上，土壤中最  
高含铜量为 6500 g/ton，而普通土壤中的含铜量不过 10~20 g/ton。

1951 年秋季，作者等在安庆西北月山区域作地球化学勘探工作，首先在犁头尖地区  
发现一种开紫红色花的小草，盛长在这个区域的废铜矿堆上，而在废堆上其他草木都很少

① 本文由谢学锦和徐邦梁合著，1953 年发表于《地质学报》第 32 卷第 4 期，第 360~368 页。

② g/ton 相当于 r/g。

生长。这种奇异的现象引起了我们的注意。随后我们观察了月山区域的十几个废矿堆和矿渣堆，都遍生这种野草。我们又发现了好几处既没有废堆，也没有铜矿露头的地方，这种草生长得很茂盛，这些地区的土壤经过分析，发现含铜量都极高。整个月山区域，除了一个例外地区（将在后面讨论），这种野草总是生长在含铜量极高的土壤中，而在其他含铜量低的土壤中，一株也没有找到过。

## 二、海州香薷

这种植物经中国科学院植物研究所南京工作站裴鉴教授鉴定为海州香薷，属香薷属。香薷属植物的分布以亚洲之北温带为最多，其余各洲亦有，但很少。在我国这一属植物共有二十多种，分布地区以云南、贵州、四川、西康为多，江苏、浙江、湖北、甘肃、陕西、山西、河北次之，广东、广西、湖南、江西、河南、吉林亦有。多生长在山坡上，平地较少。

作者等所发现的这种指示植物——海州香薷——最初标本系由孙雄才先生在海州采集，是草本植物，茎基部木质化，多分枝，略呈方形。茎外面是暗紫红色，密被白色的短柔毛。叶为对生，呈线状披针形，长1.5~3厘米，宽2~5毫米，两边具有2~5头向方的锯齿，基部渐狭，两面和边缘也都有白色短柔毛，背面具有下凹的油点，叶柄细短，亦有毛。秋季，枝梢的一侧出花，呈穗状花序，长3~5厘米，花卵圆状三角形，先端尖，边缘有白色长缘毛，基部半圆形或截形，两面光滑无毛，每苞内着生一至数花，花小，紫红色，萼圆筒状，长约2.5毫米，外面密布短柔毛，萼齿有五个，三角形，先端渐尖，与萼筒等长，上三齿稍短，花冠筒状，长约萼筒的一倍半，具有二唇，上唇三裂，两侧的裂片先端圆形，中裂片较大，先端微凹，边缘有细毛缘毛，下唇外展，略呈肾形或半圆形，筒内光滑；雄蕊有四，伸出于花冠，花丝细长，基部着生于花冠筒内，花药平展；花柱丝状，亦伸出于花冠，但较雄蕊稍短，先端二裂（图1）。

## 三、海州香薷在月山区分布情况

### 1. 犁头尖至铁铺岭区域

黄马青紫色页岩与闪长岩的接触地带，其间断断续续共有大小废矿堆五六处，所有废矿堆上，海州香薷都生长得非常茂盛。在铁铺岭，海州香薷在几个大废堆间、古人所开的槽内生长非常浓密，很明显可以看出，由于四周坡上的冲刷，这里是铜分最聚集的地方。

### 2. 铜牛井区域

闪长岩和花岗岩区域，有三个极深的大水塘，大概是古代所开的矿井。水塘边缘，还可以看见铜矿残存部分和石英细脉。水塘前面有五六个大废矿堆，海州香薷开得非常灿烂。大废堆上的铜分被水冲刷下来造成山脚下土壤中的沾污，因此山下不远的池边以及田塍上处处可见海州香薷斑斑点点的紫色。

### 3. 杨柳凹和小园坝区域

杨柳凹三叠纪黄马青紫色页岩层中，有一处废矿堆，海州香薷沿堆两侧生长，中央部分坡度较陡，冲刷较烈，土粒铜分都不易存留，形成不毛之地。另外在这废矿堆以北，有两个地方盛开海州香薷，这两个地方没有废堆痕迹，也看不到露头。但取这两个地方土壤

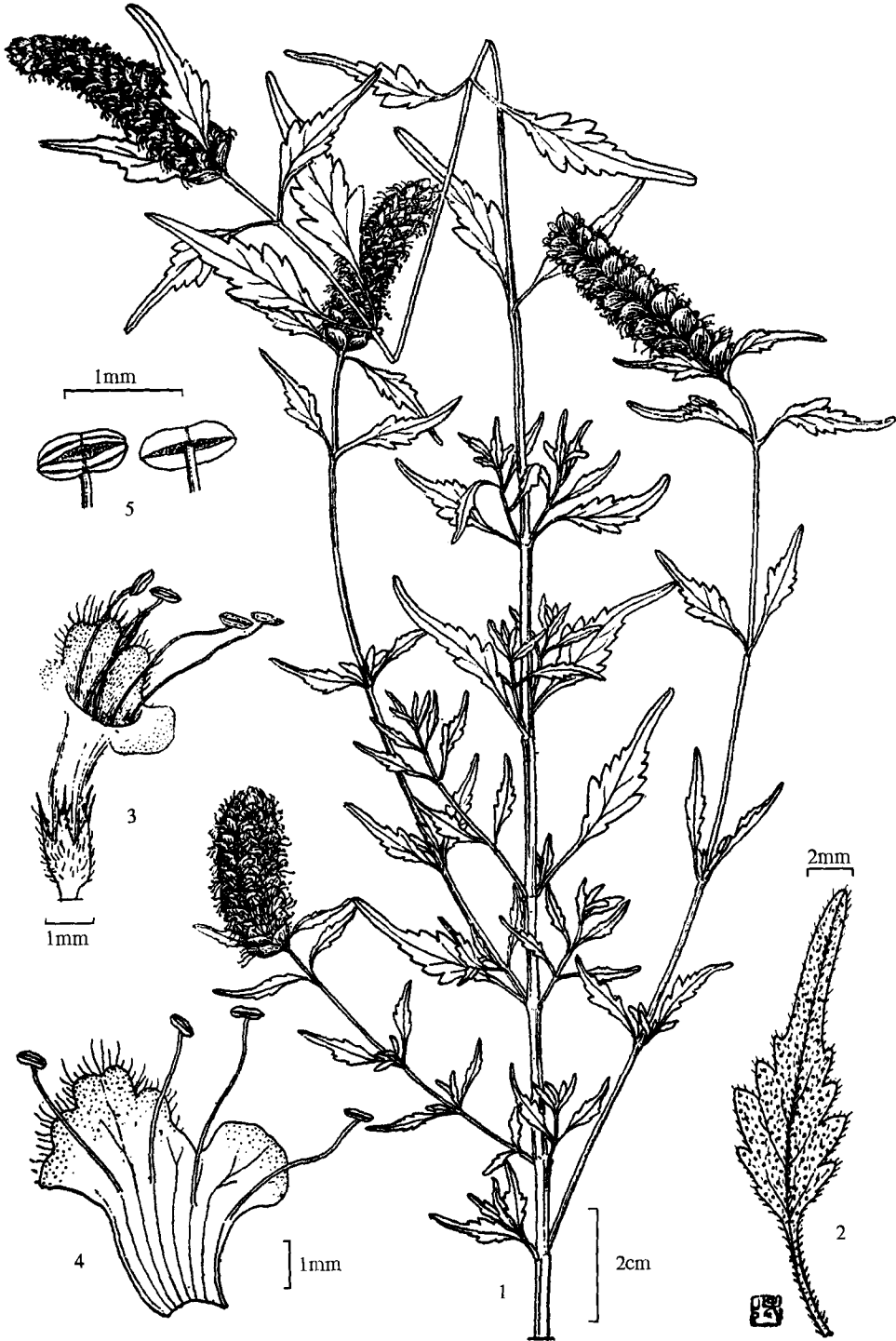


图1 海州香薷 (*Elsholtzia haichowensis* Sun, nom. nud) 形态图

1—着花的枝；2—叶背面，示油点；3—花的全形；4—剖开的花冠，示着生的雄蕊；5—花药

分析,含铜分都很高。小园坝区域是闪长岩,在一个古人挖过的半圆形铜矿坑,边上也遍生这种野草,另外一个没有废堆也没有露头,但土壤中铜分极高的地方也有这种野草在生长。

其他还有许多地区如谭家板、虎形山、铜塘洲等较小的废矿堆或矿渣堆上都遍生这种野草。

总之,凡有矿堆之处,几乎没有其他植物,只有海州香薷在独霸。而凡是海州香薷单独盛开之处,即使没有矿堆或露头,土壤中铜分亦必然很高,作者等发现了好几处这样的地区,深觉可以槽探一下。大废堆附近的土壤常常受到废堆上铜分的沾污,也因为如此,就有海州香薷在这些地方生长。看到地上和田塍上疏疏落落的海州香薷,常可预测到一个大矿堆定在附近不远。并且海州香薷的紫红色很鲜艳注目,很远就可以看见。作者等曾在小园坝遥见远处山上一片紫红色,结果在两里多路外发现了一个大废矿堆。

## 四、海州香薷内铜分的分析

### 1. 实验步骤

作者等大部分分析使用苯肼硫羰偶氮苯(diphenylthiocarbazone)作浸提滴定(extractive titration)<sup>[6]</sup>,将植物样品置于坩埚中,在高温电炉内加热至500℃,并继续维持在500℃,直至全部灰化为止。

称出一定量的植物灰,加5毫升盐酸及5~10毫升水,加热溶解,蒸干,再加酸及水,过滤,滤液在量瓶内稀释至一定的体积。将已稀释好的样品液置于10毫升的滴定管内,由滴定管内放一定量的样品液于有玻塞的20毫升试管中,加茴香蓝(Thymol blue)一滴,加1N的铵水,直至溶液由红变黄,再加0.5~1毫升10%柠檬酸铵溶液,然后加0.0008%苯肼硫羰偶氮苯的四氯化碳液5毫升,剧烈震荡一分钟后,由四氯化碳液所呈颜色计算铜量,另配三个标准液与它比较,三个标准液,一含铜4r(蓝绿色),一含铜5r(蓝紫色),一含铜6r(紫红色),配制手续与样品液同。如样品颜色尚未达到蓝紫色,则可再自滴定管内放下少量样品液重复震荡,直到试管中样品液颜色与含铜5r的标准液相等为止。

海州香薷含铜量与土壤中铜分的比较

| 产地  | 实验室编号 | r/g 铜 (植物灰) | r/g 铜根部土壤 | 土壤中 pH 值 |
|-----|-------|-------------|-----------|----------|
| 铜牛井 | 1a    | 3630        | 4200      | 5.48     |
| 铜牛井 | 2a    | 4460        | —         | —        |
| 铜牛井 | 3a    | 2480        | —         | —        |
| 铜牛井 | 4a    | 2600        | —         | —        |
| 虎形山 | 6a    | 1750        | —         | —        |
| 杨柳凹 | 7a    | 1070        | —         | —        |
| 杨柳凹 | 8a    | 1930        | 800       | 5.50     |
| 杨柳凹 | 9a    | 2720        | —         | —        |
| 杨柳凹 | 10a   | 4700        | 4200      | 5.67     |
| 小园坝 | 11a   | 2080        | 1900      | 4.55     |
| 犁头尖 | 12a   | 5320        | 2200      | 6.45     |
| 犁头尖 | 13a   | 1590        | —         | —        |
| 铁铺岭 | 14a   | 2950        | —         | —        |
| 铁铺岭 | 15a   | 3200        | —         | —        |

## 2. 海州香薷各部分含铜的比较

为了研究铜分究竟聚集在海州香薷那一部分，我们特将植物的根、茎、叶、花分别加以分析，结果知道铜分主要聚集在根部，茎叶次之，花中所含最低，根的灰分中，含铜量最高可达3%。现将分析结果列表如下。

| 产地  | 根   |          | 茎   |          | 叶   |          | 花   |          |
|-----|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|
|     | 编号  | 灰分中铜 r/g | 编号  | 灰分中铜 r/g | 编号  | 灰分中铜 r/g | 编号  | 灰分中铜 r/g |
| 铜牛井 | 1b  | 9830     | 1c  | 2040     | 1d  | 2500     | 1e  | 1120     |
| 铜牛井 | 2b  | 7420     | 2c  | 3130     | 2d  | 2700     | 2e  | 1770     |
| 铜牛井 | 3b  | 30020    | 3c  | 3920     | 3d  | 4610     | 3e  | 390      |
| 铜牛井 | 4b  | 19010    | 4c  | 3340     | 4d  | 3080     | 4e  | 1130     |
| 铜牛井 | 5b  | 15170    | 5c  | 3270     | 5d  | 3920     | 5e  | 1330     |
| 虎形山 | 6b  | 2760     | 6c  | 1680     | 6d  | 1350     | 6e  | 1130     |
| 杨柳凹 | 7b  | 2970     | 7c  | 1690     | 7d  | 1320     | 7e  | 850      |
| 杨柳凹 | 8b  | 8590     | 8c  | 2270     | 8d  | 2510     | 8e  | 1120     |
| 杨柳凹 | 9b  | 5480     | 9c  | 2320     | 9d  | 2530     | 9e  | 1400     |
| 杨柳凹 | 10b | 5190     | 10c | 1680     | 10d | 3170     | 10e | 1090     |
| 小园坝 | 11b | 3950     | 11c | 3530     | 11d | 2130     | 11e | 1220     |
| 犁头尖 | 12b | 17240    | 12c | 3700     | 12d | 6580     | 12e | 1740     |
| 犁头尖 | 13b | 5230     | 13c | 1310     | 13d | 870      | 13e | 760      |
| 铁铺岭 | 14b | 13440    | 14c | 1660     | 14d | 2240     | 14e | 930      |
| 犁头尖 | 15b | 28630    | 15c | 4380     | 15d | 2250     | 15e | 940      |

## 五、海州香薷为铜分的聚集植物

我们在月山区观察海州香薷的生长与土壤中铜分的关系时，只发现一个例外，就是黑凹山地区，那里海州香薷生长很茂盛，但土壤中铜分很低。

黑凹山位于月山南七、八公里，山坡大都被农民开垦种山薯，但因山上有成群野猪出没，夜内常来挖掘山薯偷吃，农民照顾不过来，因此一部分已垦过的山坡又都放弃。这些荒废的土地俱已垦松，而且下过许多草灰、豆饼及人尿等肥料，因此上面野草长得很茂盛，海州香薷也掺杂在其他野草内生长。我们在这个海州香薷生长茂盛之处采了二十几个土样，分析结果，含铜仅达6~8 r/g，和整个月山区一般普通土壤内含铜量相似。把黑凹山区海州香薷生长情况和其他含铜区相比较，就可以发现：凡是只有海州香薷生长，而无其他植物杂生之处，土壤中铜分必高，海州香薷与其他植物杂生之处，土壤中铜分可能不高，这点探矿家必须加以注意。

根据 Lundegardh 研究<sup>[7]</sup>，用大量植物不需要或有害的金属离子来灌溉时，植物无法抗拒这些有害的金属离子，因为植物根部表面带负电，吸引一切阳离子，没有选择能力。但是有些植物对某些土壤中的金属有特别强的吸收能力，这类植物可以叫作聚集植物 (concentrator plant)。Robinson<sup>[8]</sup>描写了两种植物 *Thymus Serpyllum* (译名不详，似与海州香薷同属) 和蒲公英 (dandelion)，生长在含铜 0.2~0.4 r/g 的土壤中，而它们灰分中

含铜竟高达 200r/g 以上。为了研究海州香薷在含铜量低的土壤中的吸收能力，我们分析了一个黑凹山所采的样品，结果如下：

| r/g 铜 (植物灰) | r/g 铜 (土壤) | 浓缩因数 |
|-------------|------------|------|
| 218         | 8          | 27   |

因此，海州香薷不但在高铜土壤中能忍受铜毒而生存，而且在低铜土壤中，对铜有很大吸收能力。作者等在此次工作中，未采集在黑凹山与海州香薷杂生的其他植物，因此不能将其他植物灰分中铜量与海州香薷相比较。

由上面的一些不完全的数据也可看出，在土壤中铜分为 8 r/g 时，海州香薷的浓缩因数为 27，当土壤中铜分超过 1000 r/g 时，浓缩因数变化极小，大约是 1~2 左右。作者等缺乏自 8~1000 r/g 间的数据，如能种植海州香薷，并以各种浓度铜水灌溉，再作分析，定可得出“浓缩因数—土壤中铜分”的曲线。

## 六、其他地区情况

为了要进一步证实海州香薷与铜分的关系，就必须在许多其他地区作观察，首先是海州香薷生长很多的扬子江流域作观察。作者等在月山区的发现初步提出后，马鞍山技术室篠田恭三，以及地质部许多先生就陆续在湖北大冶、安徽铜官山、江苏江宁铜井各地区发现这种植物与铜分的密切关系，使海州香薷在探矿上应用价值大大增加。现将他们观察所得略述于后。

(1) 湖北大冶阳新情况：篠田先生赴石灰窑，一下码头就看到江边铁矿石堆上开满紫花。象鼻山、狮子山、龙洞、纱翅帽、铁门坎各处，海州香薷也开得非常灿烂，这些地区的铁矿含铜分大约在 0.2%~0.3% 之间，亦即 2000~3000 r/g 之间。在大冶铜绿山以及阳新铜矿区内，谢家荣、黄懿等先生见到这种植物也分布极广。鄂城、灵乡的铁矿向以含铜极低著称，在那个地区，一株海州香薷也找不到。由此可知，这种植物与铜有极密切关系，与铁没有关系。

(2) 江宁铜井情况：有十余处废堆及小铜矿都开满海州香薷。

(3) 铜官山情况：殷维翰、张绉言、刘宗琦等先生曾注意到这种植物生长在闪长岩石灰岩接触带——石榴石带，特别是在笔山，有三处只长海州香薷而不生其他植物的地段，但他们没有想到它与铜分的关系。1951 年底，谢家荣先生将作者等的发现消息带至铜官山，就与他们在老山、宝山、白家山、天鹅抱蛋山以及东西狮子山、白芒山一带，凡是有接触带并含有铜绿的地方，都发现长满这种植物。相反的，在鸡冠山，不含铜绿的铁矿地带，就找不到这种植物。

各地区海州香薷含铜量分析如下：

| 产地 | r/g 铜 (植物灰) | r/g 铜 (土壤) |
|----|-------------|------------|
| 大冶 | 2278        | 2500       |
| 铜井 | 941         | —          |

## 七、结 论

根据上面的讨论,可得出结论如下:

(1) 海州香薷是铜矿的指示植物,已在许多地区,初步证实。

(2) 海州香薷的分布相当广泛,它所分布的许多地方像扬子江下游等地,都是有希望发现金属矿的区域,故希望野外调查家随地注意这个问题,并建议有关地质机构能把这种植物的重要性和详细描写备文各级政府,依靠群众的力量找出许多海州香薷茂盛生长的地区,采集这些地方的植物和土壤样品送交化学分析室分析,如果分析出铜分高,就可以派出野外工作人员前去考察。要是能好好组织这一工作,可能根据植物的线索,发现新的铜矿。

(3) 必须是只有海州香薷单独生长,或只有海州香薷茂盛生长,其他植物很少生长的地区才有注意的价值。并且根据作者等的数据,这种植物都是生长在 pH7 以下的酸性土壤中。另外作者等观察了月山区马鞍山生长在石灰岩内的钢铁地带,没有找到一株海州香薷,因此可以初步断定在 pH 很高的含铜土壤中,这种植物可能不会生长。

(4) 可以利用这种植物和土壤的分析材料,在已知或未知铜矿区,决定钻眼和槽探的位置。

(5) 香薷属植物据裴鉴先生说,在我国有二十种之多,是否只有这一种植物与铜矿有关系,其他种植物情况如何,值得研究。

(6) 要继续在海州香薷分布地区,云南、贵州、四川、西康、甘肃及扬子江流域等铜矿地区作观察,来进一步证实海州香薷与铜矿的密切关系。

本文写成蒙中国科学院植物研究所南京工作站裴鉴教授热心协助,代作鉴定,周太炎先生代拟植物形态说明,韦光周先生代绘植物形态图,特此致谢。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Rankama, K., and Sahama, Th. G., 1949, *Geochemistry*, p. 334
- [ 2 ] ———, ———, 1949, *Ibid.*, p. 714
- [ 3 ] Beath, O. A., Gilbert, C. S., and Eppson, H. F., 1941, The use of indicator plants in locating seleniferous areas in Western United States. IV. Progress report. *Am. J. Botany*, 28, 887
- [ 4 ] Vogt, Thorolf, 1942, *Geokjemisk og geobotanisk malmleting II. Viscaria alpina(L)G. Don som "kisplante."* Kgl Norske Videnskab. Selskabs Forh. 15(2), 5(as quoted in Rankama and Sahama, *Geochemistry*)
- [ 5 ] Vogt, Thorolf, og Brandlie, O., *Geokjemisk og geobotanisk malmleting IV. Plantevekst og jordbunn ved Rro-smalmene.* Kgl. Norske Videnskab. Selskabs Forh. 15 (7), 25 (as quoted in Rankama and Sahama, *Geochemistry*)
- [ 6 ] Sandell, E. B., 1944, *Colorimetric determination of traces of metals.* p. 85, footnote
- [ 7 ] Rankama, Kalervo, 1947, Some recent trends in prospecting. Chemical, biogeochemical, and Geobotanical methods. *Mining and Met.* 28, 282
- [ 8 ] Robinson, W. O., and Edington, Glen., 1948, Minor elements in plants and some accumulator plants. *Soil Science*, 60, 15

# 地球化学岩石测量的工作方法 与解释推断方法<sup>①</sup>

## 一、工作方法

原生晕方法在普查找矿中应用的时间还很短，目前生产工作者还只能根据自己的经验及文献上的知识来安排工作。在制定完整的工作规范的条件尚未成熟前，把文献上有关这方面的资料与我们已有的一些经验加以整理，对于今后原生晕找矿工作的开展无疑是有益处的。

### 1. 试验研究工作

在目前情况下，在每一地区开展工作时，事先的试验研究非常必要，即使在将来制定了详细的工作规范，这种研究工作仍旧无法被其他工作代替。矿床原生晕以及其他类型的原生异常往往是复杂的，每个地区的情况都会有所不同。往往会有难以预料的因素影响了某一地区原生异常的一般特征。如果事先对该地区的这种因素未加掌握，在布置工作及进行解释推断时就具有一定的盲目性。因而选定已知地点进行事先的试验研究，然后再在其四周条件类似的未知地区进行工作，这种从已知到未知的工作方法是较正确可靠的工作方法。对已知地区原生晕了解的详细程度往往是在类似的未知地区找矿成败的关键。

这种工作方法不仅是合理的而且也是具体可行的。原生晕方法的作用主要是找盲矿，而盲矿在绝大多数情况下应在已知矿地区的外围找寻，因而在实际工作中，选取进行事先试验研究工作的地点往往并不困难。

在这类工作中应该研究已知矿床原生晕的各种特征，包括形态、延伸特征及延伸方向、宽度、强度、均匀性、浓度梯度变化与矿体空间位置关系，以及晕中组分的特征等等。研究的详细程度随晕的复杂性及工作任务的难易而有所不同。

根据这些研究资料，结合工作者过去的经验及知识来决定在其后的生产工作中所选用的工作方法，如采样技术及采样对象、采样网的布置、分析方法以及所用的指示元素。

应该运用那些能获得最好地质效果的工作方法，但同时必须要有经济观点。要在可以获得同样地质效果的情况下，选用工作量最小、最经济并最节约时间的工作方法。这些都必须依靠已知矿地区的事先试验研究工作才有可能确定。

在事先的试验研究中还可以大致估计到原生晕方法在该一地区可能起的作用以及可以解决的问题，从而决定它与其他普查勘探方法如何配合使用。

---

<sup>①</sup> 本文由谢学锦和邵跃合著，1965年刊载于地质部地球物理探矿研究所所编的《物探化探研究报导》（内部资料）第5期。

在对未知地区获得的异常进行解释推断时，除了根据过去的经验与已确定的原生晕一般特征的知识外，主要是根据已知矿地区的情况来进行对比。例如对晕的圈定需根据事先获得的当地背景值分布资料，对晕的评价需根据与已知矿地区晕的强度和组分特征的对比，对盲矿体位置的估计需根据已知矿床原生晕中浓度梯度与组分分带的变化等等。

概言之，事先的试验研究工作主要应了解或研究下列的一些问题或其中某一部分问题；至于以哪一些问题为研究的重点，需视当地地质、原生晕特征以及工作目的而定。

(1) 了解背景含量的分布，根据需要，有时得了解区域的、矿区的、不同岩性的背景含量分布。

(2) 了解金属含量在近矿、远矿及外围的变化，确定晕中浓度分带及组分分带的模式。

(3) 了解晕在矿床中心部位及边缘部位的强度及规模上的变化。

(4) 了解晕在不同岩性及构造中的强度变化。

(5) 选出一定地段或一定的剖面，进行系统的地表及钻孔或坑道中的采样工作，以了解晕的形状及内部结构特征。

(6) 了解晕在前缘的延伸特征。在已知矿地区，矿体往往出露地表，这类资料有时难以获得。应尽量设法获得有关这方面的直接与间接资料，因为它是在未知地区找盲矿时最重要的参考资料。

(7) 检验矿石中的微迹元素，挑选可能的指示元素，并推测它们在晕中的可能浓度级次。根据这些资料，用光谱方法及化学分析方法扫视晕中可能存在的指示元素，在扫视时应该事先估计到分析方法所需的灵敏度。

(8) 比较所用的各种工作方法与分析方法。从地质及经济观点出发，选定最适合于该地区生产工作的工作方法及分析方法。

(9) 其他专门性的研究工作。

## 2. 采样网的布置

合理的采样网的布置决定于对晕的形态及内部结构的了解。另外它也受到采样条件及地表与地下工程分布的一定限制。

对于在一定构造带或岩层中分布着的线状及带状异常，采样线应与矿化带或含矿构造带的方向垂直。如果不是受到采样条件的限制，最好布置简单而规则的采样网，测线的间距根据已有资料所推测的异常的延伸长度而定。在普查工作中要求至少有1~2条测线“捉住”异常。在详查中测线的加密需根据晕的沿走向长度与盲矿体沿走向长度的比例。此比例越大，越需加密测线。如能可靠地圈出最有希望的地段，还应考虑矿体的连续性与矿石组分变化的稳定性；连续性及其稳定性越差，测线越需加密。

具体采样点距的要求，在普查工作中至少有2~3个点在晕中，以便“固定晕”；在详查中视晕的宽度、晕的均匀性以及采样条件而定，一般在穿过晕心部位的测线上至少应有4~5点至10余个点。岩石中的晕比土壤中的晕一般要窄一些，如有可能，采集岩石样品的采样点比一般金属量测量采样点要密。

通常使用的对线状及带状异常的采样网为：

比例尺 1:50 000 的普查测量，点线距 500 米×(50~20)米，关键地段加密至 10 米。

比例尺 1:10 000 的详查测量，点线距 100 米×(20~10)米，关键地段加密至 5 米。