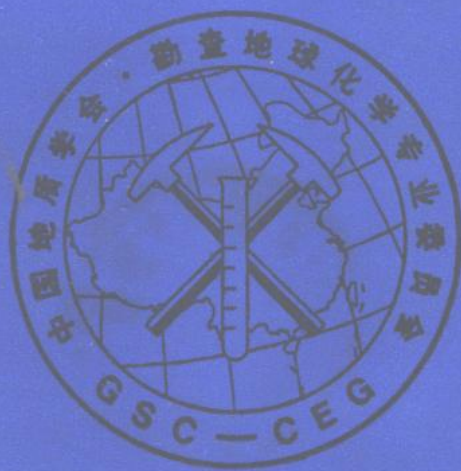


手册主编 G. J. S. 戈维特
本卷主编 R. J. 豪沃思
地质矿产部情报研究所 译

勘查地球化学手册

第二卷

化探中的统计学和数据分析



冶金工业出版社



200350743

41776

勘查地球化学手册

第 二 卷

化探中的统计学和数据 分 析

手册主编 G.J.S. 戈维特

本卷主编 R.J. 豪沃思

地质矿产部情报研究所译

5473/26



00290814

冶金工业出版社

内容简介

《勘查地球化学手册》是根据荷兰埃尔塞维尔科学出版公司1983年出版的《Handbook of Exploration Geochemistry》一书翻译的。本卷为手册的第二卷——化探中的统计学和数据分析。

本卷包括两篇共十四章：第一篇分章介绍了数据库的结构、存储和检索方法及各种方案；分析质量的监控和检查方法；地球化学数据的成因和解释方法，以及常用的单变量和多变量数据分析的基本原理、特点、应用方法和应用条件。第二篇着重介绍世界各地应用统计方法处理地球化学数据的特点、所采用的主要方法和应用效果。附录部分给出了常用统计检验的图表和使用方法。

本书可供地质、冶金、建筑、化工、核工业等部门化探工作人员、矿床地质和矿产找矿勘探的地质工作人员使用，也可供科研人员以及地质院校有关专业师生参考。

勘查地球化学手册

第二卷

化探中的统计学和数据分析

手册主编 G.J.S.戈维特

本卷主编 R.J.豪沃思

地质矿产部情报研究所译

责任编辑 姚参林

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 13 1/2 插页 6 字数354千字

1990年3月第一版 1990年3月第一次印刷

印数00,001~1,250册

ISBN 7-5024-0446-5

P·3 定价 9.40元

译者的话

当代的勘查地球化学肩负着地质普查找矿和解决一系列地质问题的重任。一项完美的地球化学勘查，不仅需要执行者具备深厚的地球化学、地质学和其他相邻学科的理论知识，设计和实施一套严密正确的野外工作方法和资料收集方案，还要很好地掌握所获资料的处理和解释方法。数理统计方法向勘查地球化学的引入和发展，电子计算机的应用和普及，为勘查地球化学数据的处理和解释提供了现代化的手段，对充分挖掘数据中蕴藏的地质信息，提高其地质研究水平和普查找矿效果，已经产生并且必将产生更深远的影响。

然而我们必须记住，在勘查地球化学中应用数理统计方法，是为在全面和充分地研究实际资料的基础上提高结论的可靠性和准确性服务的。使用电子计算机这一因素本身，并不能保证查明数据中隐藏的有地质意义的关系；不加思索地套用任何一种数学方法，而对该方法解决地质问题的能力和应用条件缺乏清晰的概念，反而会导致处理结果丧失地质意义。国内外的实践经验都证明，如果对拟用数学方法解决的地质和地球化学问题的实质没有一个清晰的概念，是不能采用数学方法的；而要想有效地使用数学方法，地质-地球化学人员必须搞清一些基本问题：在一项具体工作中和特定的地质条件下，打算解决的是什么问题；拟采用的数学方法和计算机程序能够解决什么问题；要解决这类问题应当准备什么样的资料和准备成什么形式；就给定课题所进行的计算具有什么样的一般意义；处理后的数据会以什么样的形式输出和有哪些可能的解释方案。总之，要想用数学方法之矢射中地质任务之的，必须瞄准目标，熟知弓箭性能。

国际勘查地球化学工作者协会委托 R.J. 豪沃思主编的《勘查地球化学手册》第二卷，正是应这种需要编撰的。撰文者包括

英、加、苏、法、德、瑞典、挪威、土耳其等国的著名地球化学家、应用数学家、分析化学家和地质学家。论题涉及数据库、取样设计、分析质量监控、各种数据处理方法、成图技术，以及世界各地地球化学数据处理技术应用状况的综述等。论述方式并不侧重数学公式的推演，而是从地质-地球化学工作者的实际需要出发，着重说明各种数学方法的本质和特点，以及它们的优越性和局限性，并以大量实例阐明具体做法，使复杂的数学模型变得形象具体，便于理解。毫无疑问，这卷手册中文版的问世，定会成为我国地质-地球化学工作者的良师益友，对我们的勘查地球化学数据处理水平和地质找矿效果的提高起很大促进作用。

本书是受中国地质学会勘查地球化学专业委员会委托，在许多部门和单位大力支持下翻译出版的。许多专家和富有工作经验的同志参与了译、校、审工作。前言，吴传璧译；第一章，杨竹溪译；第二章，徐年生译，吴传璧校；第三章，唐礼廉译，阮天健校；第四章，李泽九译，阮天健校；第五章，林存山译；第六章，周蒂译；第七章和第八章，张长年译，吴传璧校；第九章，赵维勇译，张肇元校；第十章，吴传璧译；第十一章和第十二章，孙瑞玲译，吴传璧校；第十三章，王雪曼译，张肇元、石宏仁校；第十四章和附录，吴传璧译。全书由吴传璧负责审校，程金柱参加了审校工作。由于译者水平所限，如有不当，敬请指正。

译者

一九八八年三月

编者前言

这套《勘查地球化学手册》的任务，是以便于从事地球化学工作的野外地质工作者直接使用的形式，对勘查地球化学的各个方面分卷作一介绍；同时，也就此学科提供一个综合评述，作为研究工作者的一个参考资料来源。目前正在编写的这套手册的其他题目是：矿产勘查的岩石地球化学；矿产勘查的水系沉积物地球化学；矿产勘查的土壤地球化学；矿产勘查的生物地球化学和地植物学；矿产勘查的挥发性元素。

在《勘查地球化学手册》第一卷（化探分析方法）的编者前言中，我曾指出，勘查地球化学进步的最大促进力，来自快速、廉价和可靠的多元分析技术的同步发展，同时要与计算机已有的效率结合起来，以处理与日俱增的分析数据。本卷，即这套手册的第二卷，专门论述勘查地球化学数据的处理和解释问题。

地球化学数据的处理和解释，是成功地应用勘查地球化学的最困难（也是最重要）的环节之一。尽管统计学的教科书种类繁多，收编了各种各样的数据处理技术，令人眼花缭乱，然而一般工作人员面临的问题，还是要对何种方法适用于某个具体地球化学课题作出抉择。此外，各种杂志中的地球化学专题论文，往往摆出学识专深的样子，对实际方法细节的解释十分有限。本卷（仅有的专门论述勘查地球化学数据处理和解释问题的英文书）的宗旨就是要解决这些问题。我很高兴，理查德·豪沃思博士同意进行颇为使人生畏的编写本书的尝试，我为他成功地邀集了该领域内那么多著名的专家而深感欣喜。

本卷辟出了足够的篇幅论述方法问题。这些章节在数学上必然有不同程度的难点，但本书作为一个整体，对于大部分地质工作者来说应该是可以理解的。在许多章节中采用了循序渐进的陈述方式，并广泛引用了各种数据处理方法的有效实例，应该能使

X

地质勘查工作者可以针对大部分情况选定适当的处理技术。

第一篇的组织办法，是要使读者按正常的数据处理过程（从数据的存储和提取，通过分析结果的监控方法，单变量分析，取样方法，成图技术，直到多变量分析的最复杂的方面）对它们有一个符合逻辑和逐步深入的了解。第二篇是对世界各地目前使用的具体技术和方法作一述评。计算机是帮助我们处理大数据集和作复杂统计运算的基本工具，对它的应用作了详细介绍，但对较简朴的技术也进行了讨论。图示技术只在附录中涉及。

过去，对勘查测量中所得地球化学数据的解释极少注意。本书有意克服产生这种缺陷的主要原因之一——地质工作者缺乏应用这些数据的必要知识。在微计算机日益普及的时代，这本书的出版应该使地球化学数据解释的范围和成功率明显增大，同时，通过运用勘查地球化学，矿床发现率可望随之增大。

G.J.S.戈维特 (Govett)

悉尼，新南威尔士州，澳大利亚

前 言

最近40年来,使用地球化学作为一种矿产勘查手段,从起初尚被怀疑的一种新奇方法,已经变成了与地质和地球物理等其他技术协同使用的常规勘查方法。同时,多元素分析的潜力在不断增强,它已经向人们展示,目前在一项计划的执行过程中可能产生的数据量已十分巨大,由5000件样品测定30种元素而得出的一套数据,将不是什么新异之事了。地球化学勘查的基础是对多种多样取样介质中的元素含量值进行测定,并对指示着潜在矿化或值得做更详细调查的地区的异常浓度(通常是含量水平增高,而不是贫化)进行鉴别。

过去,数据的采集量常常是相当低的,依据数字进行的描述、分析和数据成图,用手工方法就可以完成。在涉及的元素种数不多的情况下,这种方法仍然是可行的;不过如若当初的地球化学图件不完全令人满意,过去采用的又是手工方法,就很难有条件重新分析数据和制图了。当前,在大单位里计算机的使用已相当普遍,微型和小型计算机的普及可能有助于降低常规地球化学计算的成成本,即使如此,在一些情况下数据的最终成图还是要用手工进行。

本书的目的是对下述课题作一评述:实验室数据质量控制的可方法,以及嗣后的野外和实验室资料的存储和检索方法;单元素和多元素数据的统计分析方法;地球化学数据的图示方法。较为先进的多变量数据分析方法也要予以讨论。本书的宗旨是,让读者在使用数学或统计方法分析数据时,有能力对这些方法所涉及的概念融会贯通,而又不致陷入代数推演之中。每一章都自成一体。我们希望,作为对地球化学数据分析方法的现今见解的一个综述,勘查管理人员和地球化学专业人员都能从中找到有益的东西。本书的案例取自金属矿床化探人员最熟悉的样品介质(岩

石、土壤、水系和湖泊沉积物)的应用实例;同时,从火成岩岩石学或矿床地质学,甚至沉积地球化学的观点看来,这些原则同样能很好地适用于从事地球化学研究的人员。我们同样希望,所有从事地球化学研究的人都将本书中找到一些对他们有益的东西。

本书的第二篇包括一些对世界不同地区完成的工作按类型作的综述。尽管最终也未能对世界范围的基本情况作出详尽而周全的综述,但可看出,现代的成图技术和统计技术目前正在世界大部分地区被积极地使用着,以力求改善勘查地球化学数据的解释工作。随着多元素数据的研究已成为常规工作,可以期望,明智地解释数据将帮助地球化学工作者更好地理解在自然界发生的基本地球化学作用过程。反过来,这也将使我们对见矿率较高地区的辨识和理解更加犀利。

本卷的篇幅大大超过了当初的设想,有几章已突破了篇幅修订意见的字数。感谢诸位执笔者很有耐心地等待着本书问世。J.尼尔森小姐和P.A.米尔女士为本卷的手稿打字,A.F.利奇小姐协助编辑了文献索引,在此一并致谢。

R.J.豪沃思 (Howarth)

伦敦

目 录

编者前言	G.J.S. 戈维特
前言	R.J. 豪沃思
第一篇 地球化学数据的处理和解译技术	(1)
第一章 数据存储与检索	T. 马蒂斯克 (1)
引言	(1)
数据存储和检索系统	(2)
数据存储介质	(5)
穿孔卡片	(5)
磁带	(6)
磁盘和磁鼓 (海量存取或随机存取的存储器)	(7)
混合介质	(8)
数据类型	(8)
区域踏勘数据	(9)
局部性数据	(9)
地质数据	(10)
数据组织	(10)
记录类型	(12)
数据文件	(13)
顺序文件	(14)
直接存取或随机存取文件	(15)
索引顺序文件	(15)
倒排文件	(16)
多索引文件	(18)
数据存储和检索系统的结构	(19)
数据的输入和核实	(19)
数据存储	(21)
数据检索	(22)

I

程序设计问题	(24)
程序设计语言	(24)
处理和程序设计问题	(25)
通用数据库系统	(30)
数据库系统的要素	(31)
数据库程序包的选择	(32)
数据库系统实例	(34)
结论	(39)
参考文献	(39)
第二章 地球化学分析质量的控制方法 ····· M.汤普森	(42)
引言	(42)
地球化学分析及数据质量	(42)
分析质量控制的统计学基础	(44)
定义	(44)
对正态分布的偏离	(47)
准确度和精密度的变差	(50)
实验室控制方法	(52)
需要控制的因素	(52)
使用标准样的控制方法	(53)
“统计系列”法	(56)
标准样的使用流程	(58)
不要求特殊标准样的方法	(59)
多元素分析的一些特殊问题	(62)
参考文献	(63)
第三章 单变量分析 ····· A.J.辛克莱	(65)
引言	(65)
集中趋势与离散	(65)
直方图	(67)
密度分布	(68)
正态分布的拟合	(72)

置信限	(73)
χ^2 拟合优度检验	(73)
F检验与t检验	(75)
方差分析	(76)
固定方差分析	(76)
随机方差分析 (不同层次的方差分析)	(78)
数据组的划分	(79)
概率图解	(82)
参考文献	(87)
第四章 取样方法	R.G.加勒特 (89)
引言	(89)
靶标总体和样品总体	(89)
取样计划的目的	(90)
协方差	(91)
普查方法	(94)
网格普查法	(94)
随机分层普查法	(95)
方差分析	(99)
均衡取样设计	(100)
非均衡取样设计	(101)
方差分析的计算方法	(102)
最佳取样设计的战略	(108)
假分层随机取样	(110)
图件可靠性因子	(111)
探查异常所需的样品数量	(112)
结论	(116)
参考文献	(117)
第五章 编 图	R.J.豪沃思 (121)
引言	(121)
图件类型	(122)

IV

级的选择方法	(123)
外部控制的分级	(124)
特定数据的分级	(124)
顺序分级	(125)
小结	(134)
点-符号图	(134)
等值线图	(140)
趋势面分析	(140)
局部拟合的面	(146)
区带划分法	(147)
网格化法	(147)
三维透视图	(168)
图件滤波技术	(170)
低通滤波器	(174)
高通滤波器	(175)
框形滤波器	(175)
柯尔莫哥洛夫-斯米尔诺夫滤波器	(175)
滤波器的比较	(179)
实例应用	(184)
讨论	(186)
互相关图	(189)
多元素图	(190)
饼状图	(191)
比例线符号	(192)
三角图	(194)
彩色原理	(195)
参考文献	(200)
第六章 多变量分析 R.J.豪沃思, R.辛丁-拉森	(209)
引言	(209)
研究案例数据	(211)

簇群分析	(220)
定群数 (k) 划分法	(222)
等级簇群分析	(224)
非线性映射	(227)
簇群的优度	(228)
相关分析	(234)
主成分分析和因子分析	(238)
主成分分析	(240)
旋转	(250)
因子分析	(252)
双投影法	(259)
Q式因子分析	(262)
偏相关分析	(263)
回归分析	(264)
典型相关分析	(277)
判别分析	(286)
计算程序的来源	(293)
参考文献	(294)
第二篇 世界各地使用的地球化学数据处理和解释方法选介	(304)
第七章 瑞典地质调查所用于解释地球化学数据的回归分析	O. 塞利奴斯 (304)
引言	(304)
方法	(305)
结果	(306)
参考文献	(313)
第八章 模式分类法在冰碛物地球化学中的应用	N. 古斯塔夫森 (314)
引言	(314)
课题简介	(315)

VI

方法的选择	(315)
图示方法	(316)
实例	(319)
讨论	(320)
参考文献	(321)

第九章 泰国北部含锡花岗岩的地球化学特征

..... S.瑞德 G.温.登.布姆	(322)
引言	(322)
可用元素的选择	(322)
分类问题	(325)
定义.....	(325)
经验判别分析PATREC 1	(326)
最佳取样设计的确定	(328)
模型.....	(328)
算法.....	(330)
实际工作中靶区图的计算	(333)
参考文献	(334)

第十章 地球化学异常的统计模型..... P. И. 杜鲍夫 (336)

引言	(336)
模型的类型	(336)
最简模型	(336)
分类模型	(336)
回归模型	(339)
秩拟合法: 方法的原理	(340)
统计分布的拟合	(344)
多元回归分析	(347)
补充说明	(350)
结论	(351)
鸣谢	(351)
参考文献	(351)

第十一章 北美的数学和统计学工作 ·····R.G.加勒特	(353)
引言	(353)
数据管理	(354)
普查理论	(354)
取样和分析结果的变异性	(355)
单变量统计	(356)
分布型式	(356)
背景和异常下限	(356)
曲面拟合	(357)
多变量分析	(358)
回归分析	(358)
因子分析和主成分分析	(359)
簇群分析	(361)
判别分析	(361)
确定性模型	(362)
讨论	(362)
参考文献	(363)
第十二章 西欧的地球化学数据处理 ·····P.利马丽	(379)
评述	(379)
参考文献	(384)
第十三章 非洲的地球化学数据处理案例 ·····K.A.维温	(389)
引言	(389)
土壤地球化学取样结果的数据处理和解释	(392)
多元素高密度水系取样	(392)
区域性多元素水系踏勘测量	(395)
航空地球化学测量数据的处理和解释	(397)
参考文献	(398)
第十四章 东欧的地球化学数据处理 ·····V.涅麦克	(400)
评述	(400)

VII

参考文献	(402)
附录 某些统计检验的图解手段R.J. 豪沃思	(407)
说明	(407)
参考文献	(415)