



高等学校试用教材

铀水文地球化学找矿



郝士胤 主编
俞璧 主审

原子能出版社

高等学校试用教材

铀水文地球化学找矿

(初 版)

郝士胤	主编
蒋维熙	编著
俞 璧	主审
孙亚民	审校
陈晓秦	

原子能出版社

高等学校试用教材
袖水文地球化学找矿

(初 版)

郝士胤 主编

蒋维熙 编著

俞 璧 主审

孙亚民 审校

陈晓秦

责任编辑 汪忠明

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

重庆印制一厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

☆

开本787×1092 1/32 ·印张 7.5·字数 166 千字

1992年 12 月北京第一版·1992年 12 月北京第一次印刷

印数1—1000

ISBN 7-5022-0664-7
TL·402(课)定价: 2.20元

内 容 简 介

本书共分八章，主要内容包括：铀水文地球化学场及水分散体；铀水文地球化学找矿标志；铀水文地球化学找矿的区调和普查；水异常解释、评价和判据；探矿工程中的铀水文地球化学找矿；分析测试技术及找矿实例等。本书较全面地反映了铀水文地球化学找矿的全过程、新概念、新观点和丰富的实践经验。

本书可作为高等学校铀矿水文地质专业的教材，亦可供从事铀矿地质方面的生产、科研人员参考。

* * *

本书由俞璧主审，经铀矿地质教材委员会水文工程地质课程组于1989年3月由李学礼、史维浚主持召开的审稿会审定，同意作为高等学校试用教材。

前 言

本书原据1984年12月北京召开的铀矿水文地质教材大纲审查会议审定的《放射性水文地球化学》大纲编写的。1988年4月北京教材会议复审书稿编写大纲时，将原《放射性水文地球化学》分为《铀水文地球化学》、《铀水文地球化学找矿》两册，前者以铀水文地球化学理论基础为主，后者侧重于水文地球化学找矿方法，两书分别独立编写和出版。1989年3月在北京复审该书稿时，本书章节调整为现在这样结构。

在铀矿勘查的综合方法中，水文地球化学找矿较为成熟，且具有低成本、高效率、快速度和寻找隐伏矿体的特长，加之与新技术、新方法的配合使用，使水文地球化学找矿理论与方法日臻完善，已具备和有必要把该书另成一册，作为高等地质院校水文地质专业和化探专业的试用教材。

本书内容由铀水文地球化学找矿基本原理、基本工作方法、资料整理、异常解释与评价及水文地球化学找矿实例等组成。编写过程中，编者吸收了1978年以来华东地质学院水文地质与工程地质系编写的几个版本教材的有关内容；收集了我国三十余年水文地球化学找矿方面的成果，以及多年野外实践的经验。

在本书编写过程中，曾得到华东地质学院领导和全系教师的大力支持和鼓励；李学礼、潘乃礼、史维浚和吴敬炳等教授、副教授对本书稿进行了初审；1989年3月俞璧、陈晓秦、孙亚民、史维浚等高级工程师、副教授和操达志对本书稿进行了复审。他们提出了很多宝贵意见，编者根据他们的

意见，调整了部分章节的编排，内容上进行了增删。最后，由主审俞璧高级工程师和有关同志作了最终审定与精心修改。本书还引用了核工业北京铀矿地质研究院、核工业地质系统各野外队和研究所的资料。全书插图由方季青工程师绘制。在此，编者谨向上述同志表示衷心感谢。

限于编者水平，书中定有缺点、错误，望专家、水文地质工作者、化探工作者和读者们批评指正。

编者

1990年9月

目 录

前 言	i
第一章 绪 论	1
第一节 铀水文地球化学找矿在铀矿地质中的地位	1
第二节 铀水文地球化学找矿发展简史	4
第三节 铀水文地球化学找矿法的应用条件、优缺点 及发展 方向	9
第二章 铀水文地球化学场及水分散体	12
第一节 概述	12
第二节 铀水文地球化学场	13
第三节 水分散体	22
第四节 水分散量	29
第三章 铀水文地球化学找矿标志	38
第一节 水文地球化学找矿标志的确定原则及分类	38
第二节 铀水文地球化学找矿标志的选择	41
第三节 铀水文地球化学找矿的直接标志	44
第四节 铀水文地球化学找矿的间接标志	51
第四章 铀矿水化学区调和普查	57
第一节 铀矿水化学区调和普查的任务及工作 比例尺的确定原则	57
第二节 野外工作	62
第三节 数据处理与成图	74
第四节 文字报告的编写	87
第五章 水异常解释、评价和判据	90
第一节 解释、评价的必要性与一般原则	90
第二节 水异常的地质背景	91
第三节 水异常的水文地质条件	97

第四节	水异常的水文地球化学环境	101
第五节	水中铀、镭、氡含量及其异常系数	105
第六节	水异常类型与水分散晕形态	107
第七节	水的化学成分及放射性同位素比值	112
第八节	水异常的水源类型	122
第六章	探矿工程中的铀水文地球化学找矿	128
第一节	探矿工程中的铀水文地球化学找矿的特点和意义	128
第二节	铀探工程中的铀水文地球化学找矿方法和步骤	129
第三节	钻孔铀水文地球化学找矿方法和步骤	133
第七章	分析测试技术	150
第一节	测试技术的特点和要求	151
第二节	常用的分析测试方法	152
第三节	分析方法的选择	174
第八章	铀水文地球化学找矿实例	176
第一节	区调阶段找矿实例	176
第二节	普查阶段找矿实例	199
第三节	探矿工程中的找矿实例	216

第一章 绪 论

第一节 铀水文地球化学找矿在 铀矿地质中的地位

铀水文地球化学找矿，旧称“放射性水化学找矿”或“放射性水文地球化学找矿”，冠以“放射性”，以示该法特指寻找放射性元素矿床。但目前来说，主要任务是寻找铀矿，因而确切地说，应为“铀水文地球化学找矿”。

铀水文地球化学找矿，是水文地球化学普查金属矿床的一个分支，属地球化学找矿范畴。其主要任务是：调查研究铀及其子体在各种天然水中的分布状况及其与各类岩石中铀分布的关系；研究水岩作用后铀在水中富集、迁移的基本规律及其在岩石中的再分散、再集中、重新分配的过程；通过铀及其伴生元素形成的水分散晕和水分散流*，研究地球化学规律和水动力特征，以寻找铀矿床并研究铀矿床的形成与破坏规律。

铀矿普查找矿的方法有多种，总的可归为三大类，即地质法、地球物理探矿法及地球化学找矿法。铀水文地球化学找矿法又是地球化学找矿法之一。为阐明铀水文地球化学找矿法在铀矿地质中的地位，需将各种方法逐一简介，并进行比较。

*水分散流与水分散晕的区别在于前者成晕水运移方向上较后者延伸较长。

地质法 地质法是通过大地构造、地质填图、地层结构、岩性及各种岩体特征等进行研究，以确定铀矿普查方案。在工作初期，它们是普查找矿设计的依据；在工作中期，地质填图和揭露、评价有利成矿岩层及进行地质研究，均是寻找各种矿产必不可少的基础。但对铀矿普查而言，铀具有放射性，充分利用其特性进行找矿是优越条件之一，还必须与其它各种方法相配合，方能取得良好地质成果。

地球物理探矿法 该法简称物探法，它是测定铀及其子体放射出的 α 、 β 及 γ 射线强度藉以寻找铀矿的方法。此法所用仪器繁多，可用于航测、地面普查和地下深部探测，可测固体、液体及气体，其优越性是直接、迅速、方便、准确，可现场得结果，既可定性又可定量，其优点是其它方法所不能比的。其不足之处是：往往受条件限制；仪器价格昂贵；所得结果虽直观，但需其它方法配合。

地球化学找矿法 该法又称地球化学探矿法，简称“化探法”。近年来因找矿难度增大，形势促使该法各分支在理论上、方法上、技术上及找矿效果上都有长足的发展，它们都已具备各自独立的理论基础、专用术语和工作方法，有的已发展到有成熟的一套“规范”。因而地球化学找矿法已从单纯的直接找矿方法，发展成为新兴的学科——勘查地球化学。目前，地球化学找矿的分支主要有：①岩石化学普查法，其基础是研究化学元素在岩石圈中的分布规律，根据岩石中的原生晕，也包括次（表）生晕、分散流等查明矿床。岩石化学法又可细分为原生晕岩石化学法、次生晕和分散流岩石化学法。这些方法都需在一定面积上、河溪底部或在勘探工程中进行系统采样、加工与分析测试，手续都较为复杂，周期较长，成本较高，解释也相对困难。②生物化学

法。此法是以查明矿石指示元素在活的生物及生物残骸中的次生分散晕，即以生物化学为基础。目前找铀矿在国内外均只用地面植物及其残骸(泥炭、森林垫和土壤腐殖层)为主要采样对象，该法属于更为间接的找矿方法，在美国、加拿大已被采用。我国也曾进行了实验性工作，在某些地区地质效果尚好，其影响因素较多，单独开展工作解释、评价异常困难较多，牵扯的学科面也较广，往往需各方面专家配合。③气体化学普查法。该法是研究与矿产有关的气体组分在土壤中和近地表大气中的分布特征，以查明矿产气体分散晕。经实验与生产实践证明，气体化学法普查矿产是最有远景的。目前，可将能形成矿床气体分散晕的气体划为三类：第一类气体是原生气体，即成矿过程中的气体组分。对热液作用而言，气体有 CO_2 、Ar、 H_2S 、 CH_4 、H及卤素和其它一系列元素的挥发性化合物。第二类气体是沿断裂带从地下深部上逸的气体，其组分有 CO_2 、He、H、Ar、Hg、水蒸气和烃气，是地球脱气作用的产物以及岩石化学反应与核素衰变产物——Rn、Tn、An及He。第三类是由氧化带中发生的各种作用而生成的气体组分：诸如酸性硫酸盐溶液与矿石、围岩相互作用产生的气体；硫化物被细菌分解后能积聚 CO_2 、 H_2S 、 SO_2 等气体，同时 O_2 降低；在表生带含Hg矿物能被还原成自然Hg，并进一步转变为气体Hg。总之，与其它方法相比，水文地球化学找矿法可在野外迅速得到任何地貌、气候条件下隐伏矿化信息。因为所有指示元素都能在天然水中溶解，特别是气体组分He等有很大的穿透能力，可迅速以水为载体而迁移，这是水文地球化学法与气体化学法的结合，因此，水文地球化学法可普查所有矿产(床)。

以上三种方法都各有优点与不足，互相配合，取长补短

短，方能取得良好成果。地质法根据地质构造、地层、岩性等来寻找有利岩层与矿产。因此，只要地质体中有天然水存在，从天然水中就可得到矿化的信息。而物探法是寻找放射性矿产最直接、迅速、有效的方法，水文地球化学法可弥补其不易发现的深部矿化，同时，可配合鉴别氡、钍异常等。

水文地球化学法还因为铀的物理、化学特性而更加显示其独特的优越性：①铀是变价元素，矿物众多，遭破坏后形成六价铀，易溶于水，以水作为载体而迁移。当溶液条件改变时，六价铀可被吸附或在还原环境中呈四价而成矿，便于借助水化学法找到矿体。②铀是放射性元素，子体很多，而且多数溶于水、仪器或化学方法均可测定水中铀及其子体的富集程度，藉以找到铀源。③铀元素及其子体以水为载体，水平迁移时形成矿侧晕；垂直运动时可下渗形成矿下晕，呈越流上溢可形成矿上晕；尚可远离矿体形成水分散流，借助于水化学法易于发现矿源。④铀的衰变气态子体——Rn、He等也溶于水，可沿各种通道、裂隙运移形成矿上、矿侧或矿下晕，以指示矿体方位，便于找到矿床。

总而言之，根据上述简介与对比，铀水文地球化学找矿，在铀矿地质工作中占有极其重要地位。但也应指出，该法虽有很多优点，然而它却不能取代其它方法，只能因地制宜，采取综合措施，互相取长补短，达到找矿目的。

第二节 铀水文地球化学找矿发展简史

一、国外铀水文地球化学找矿发展简史

水文地球化学找矿法创立于本世纪30年代，在初期阶

段，该法以研究金属矿床水分散晕为主，仅局限于利用水化学成分资料，试验普查金属矿产的可能性，很少结合地球化学进行综合研究。40年代后期，该法就用于普查金属矿产，对硫化物矿床的水分散晕进行了常量组分与微量元素的研究，用以确定、预测含矿地段和远景区，显露出实际成效，因而从不同矿种、矿产的普查找矿出发，水文地球化学法引起了人们的关注与重视，得到了迅猛的发展。

铀水文地球化学的研究始于1896年，从本世纪初期起，人们对岩石、矿物及水的放射性进行了系统的研究。1902~1904年间，科学工作者发现某些矿泉水中含有镭射气——氡，于是就把含有高氡的水命名为放射性水。以后该术语不仅用于高含量氡水，而且把其它含有放射性元素的水也被称为放射性水，也就是铀水文地球化学找矿旧称——放射性水化学找矿的渊源。

1950年后，由于核能利用的需要，找铀任务大增，作为铀矿地质普查中的综合方法之一的铀水文地球化学找矿法也随之发展，并取得良好的成效，从而也就得到了公认。A. H. TOKAPEB和A. B. ИЛЕРБАКОВ合著的《放射性水文地质学》就是作者根据自己和他人的研究与工作成果写成的。其内容有铀地球化学、铀矿物学及铀水文地球化学的理论，也有铀水文地球化学找矿的实践经验。该书的问世标志着该法迈进了一个新的历史阶段。理论上的成熟，生产上的需要，也促进了各行各业专家、学者对水文地球化学找矿法从理论和方法上进一步进行研究，并运用于找石油、稀土、金和其它金属矿产的实验与生产实践。

铀水文地球化学找矿法，在苏联、美国和加拿大等国家，都成功地得到了运用，不论是在陆地还是湖区水域，该

法都显露了头角。这方面苏联有不少成功的实例。在加拿大 R. W. BOYLE 等也有不少论述。有些地区在普查时十余平方公里采一个水样，就可圈定远景区和成矿有利地带，这是其它方法难以与之相比的，也是铀水文地球化学法得以迅速发展的因素之一。

目前，在区调或小比例尺的普查找矿中，国外已将水文地球化学法和河谷底沉积法列入铀矿地质工作中的战略性方法，特别是苏联已将其纳入《固体矿产化探规范》之中，要求作为地质总设计内容之一。人们预计，不久的将来，铀水文地球化学找矿法会出现新的突破。

二、我国铀水文地球化学找矿发展简史

我国是文化历史悠久的古国之一，许多科学思想早已产生，水文地球化学知识和运用也早已出现，例如用其寻找矿产及用矿水防病、治病。远在游牧生活时期，水文地球化学知识就用于寻找人畜所需淡水，矿水的防治疾病已列入《本草纲目》。与此同时，从水中提炼某些元素、组分，也远远早于别国，例如，自贡采盐场在秦朝（公元前 221~前 207 年）就开始采盐，汉朝时就可从深达 130m 的井中汲卤水而熬盐。这些都足以说明，在很久以前，我国劳动人民就知道确定地下矿（卤）水存在的标志和方法，这就是水文地球化学找矿的初始。遗憾的是，古时的水化学找矿的经验与实例没有成套的专著或详细记述，都残缺不全地散落在民间，只言片语地写在古籍中。

1949 年后，随着地质事业和地球化学学科的迅猛发展，水文地球化学找矿也毫不例外地从实验阶段逐渐被广泛应用

于生产。我国的水文地球化学找矿工作，从实验到应用，已有40年历史，初期阶段也只是用于找硫化物矿，如江西德兴铜矿的发现，水文地球化学法显示了其找铜的有效性，继而在地质院校教学中增设了水文地球化学找矿内容。各地质单位也根据各自寻找的矿种，开展了水文地球化学找矿，将其用于找石油、钾盐、稀土和铀等。

铀水文地球化学找矿，随着我国原子能工业的发展而发展，其发展过程大致分为以下几个阶段：

(1) 195.~1960年。这期间为铀水文地球化学找矿的初始阶段。50年代初期，在铀矿地质队中，铀水文地球化学找矿多是属于顺便普查，只有矿区和揭露点才配备专门水文地质技术员，成立水文地质组，其余都是由物探人员兼搞该项工作，因而发展迟缓，效果也不显著。然而，铀水文地球化学找矿在攻深找盲（隐伏矿）中却取得了成绩，组织形式、工作方法也有了改进。1956年秋，中南地区成立了铀水文地质找矿专业队，在粤桂等省、自治区进行了这一工作并发现了铀矿点。1958年新疆组建了铀水文地球化学汽车调查小队，三年内发现了一些地区的水异常，经揭露找到了有远景的铀矿点。

与此同时，在已知铀矿点（床）及其外围地区，配合其它方法进行了普查和详查，发现了一些新的点带，对扩大老矿区、突破新基地都起了积极的作用。至此铀水文地球化学找矿艰苦地走过了第一历程。

(2) 1961~1969年。此期间铀水文地球化学找矿是大量实践阶段，不仅在找矿方法上有突破，而且也取得了一批有创新性的成果。

① 铀水文地球化学找矿，已从单纯寻找水异常、提供

找矿线索，进入了既找异常提供信息，同时也要揭露评价异常，找出铀矿，并且开展了铀水文地球化学成矿作用研究。在西北、中南等各地区都有新的矿点发现；在扩大老矿区、开辟新基地方面，该法也作出了新的贡献。

② 闯出钻孔抽水找矿新路。钻孔抽水找矿在国外文献中未见报道过。工作在生产第一线的我国工程师们，根据工作区的特点，进行了人工抽水、排水、定深及定时采集水样，分析水中放射性元素和常量组分以寻找铀矿的实验研究工作，很快就从实验用于生产，在解释、判别铀矿体埋深、规模及赋存部位等方面取得了成效。从而进一步扩大了钻探工程的地质效果，也增加了铀水文地球化学找矿攻深找盲的作用。

③ 改进水中铀分析方法，研制新仪器。水中微量铀的分析方法，直接影响着铀水文地球化学找矿工作的开展，珠球荧光比色法适用于半固定实验室，不能在现场得到结果，周期较长，影响及时评价异常。我国的水文地质工作者与分析人员合作，经多次实验，终于在1967年实验成功了野外“目视比色法”测量水中铀，尽管灵敏度较低，但可在现场立即得到结果，分辨出异常，并可在数分钟内重复检查分析。时隔不久，又研制成功了FD-52光电比色计。分析方法的改进，新仪器的研制，推动了铀水文地球化学找矿的发展，摘掉了水中铀分析周期长和普查过程中“马后炮”的帽子。

④ 制定自己的“规范”。生产的发展，普查找矿的需要，形势的要求，不应总是照搬外国的一套规程，应制定适合我国国情与自然地理条件的“规范”。1961年我国制定了《放射性水文地质普查规范》(草案)，这对推动铀水文地球化学找矿的发展、工作方法和要求的统一、资料的综合整

理、编制全国性铀水文地球化学图打下了良好的基础。

(3) 1970~1979年。此期间为铀水文地球化学找矿的普及成熟阶段。在核工业地质系统该法已大为普及，各地区都建立了铀水文地球化学找矿专业分队。在地质矿产部系统的地质队，也先后开展了此项工作。

(4) 80年代以来。此期间为我国铀水文地球化学找矿的大发展时期，铀水文地球化学找矿队伍大增，技术人员较50年代初增加近50倍。铀水文地球化学普查面积遍及全国很多地区，发现水文地球化学异常晕几千个，圈出许多远景片，提交了大量的揭露点。

第三节 铀水文地球化学找矿法的应用 条件、优缺点及发展方向

一、应用条件

任何找矿方法都不是万能的，都各具长短，有其使用条件。该法最适宜的条件是：①地表水系和地下水露头发育或较发育地区；②多山地区，特别是中高山区，地形切割较为剧烈区；③地下水流经矿体或原生、次生晕及围岩蚀变带地段；④地表径流与地下径流有水力联系、且地下水补给地表水地区；⑤地下水与矿体（石）有较长时间的接触，水交替适宜；⑥陆台区的层间水、深层潜水区，其它方法难以开展工作的地区，特别是植被厚、覆盖发育区。

不利于应用该法的地区是：①雨量极充沛的潮湿区，水中元素和组分被冲淡至检测限以下地区；②干旱缺水、潜水埋藏很深地区；③不利于元素水迁移地带；④铀矿物难溶于