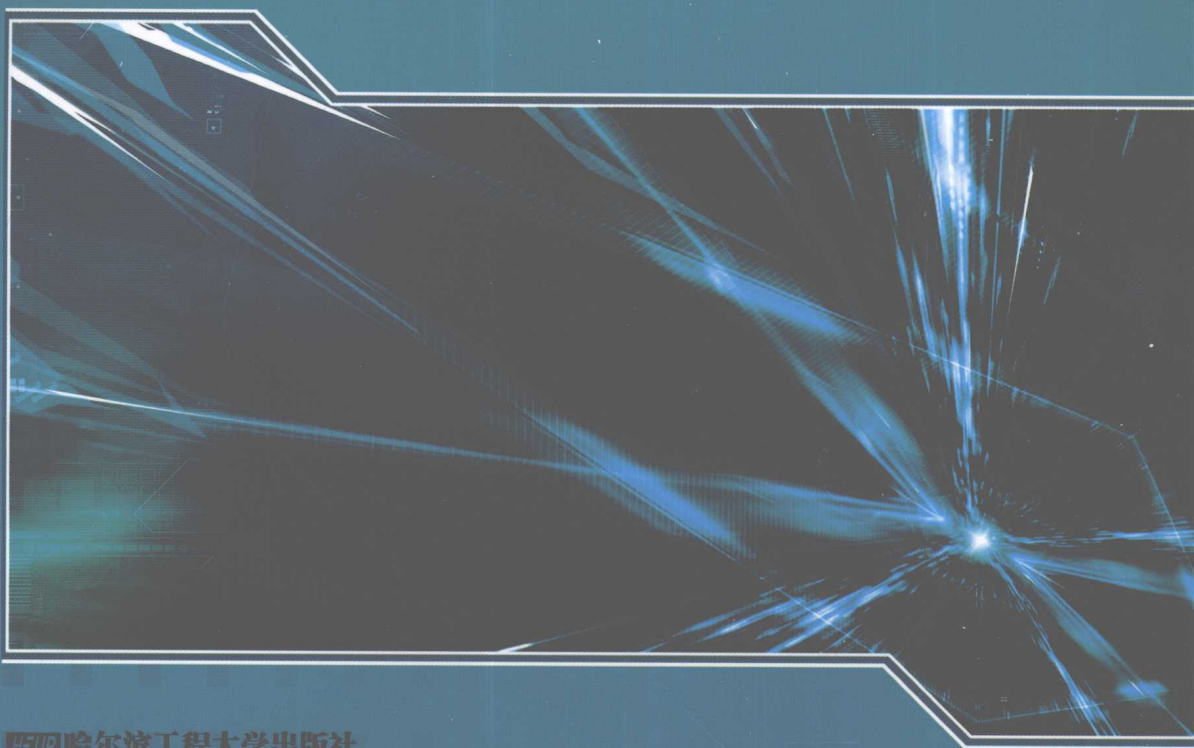




国防特色教材·核科学与技术

铀矿勘查学

—— 王正其 夏 菲 朱鹏飞 蔡煜琦 编著
张金带 范洪海 主审



14

507

HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社



中华人民共和国自然资源部
中国地质调查局

铀矿勘查学

王德成 王德成 王德成 王德成



特色教材·核科学与技术

铀矿勘查学

王正其 夏 菲 朱鹏飞 蔡煜琦 编著
张金带 范洪海 主审

哈尔滨工程大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书是一部介绍铀矿勘查地质理论与方法的著作,以我国主要铀成矿类型及现今铀矿地质勘查工作领域为重点,力图反映并构建最新铀矿勘查理论与勘查方法体系。全书共分十二章,由铀矿勘查地质理论、勘查技术方法与手段、勘查工程系统与设计原理、铀矿勘查类型与资源/储量估算方法、铀矿技术经济评价等知识模块组成。

本教材主要面向具有核地质特色的高等院校资源勘查工程专业本科生,也可作为从事矿产勘查领域的技术人员及相关专业本科生、研究生教学的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

铀矿勘查学/王正其,夏菲,朱鹏飞,蔡煜琦编著.—哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2010.1

ISBN 978-7-81133-627-6

I. 铀… II. ①王…②夏…③朱…④蔡 III. ①铀矿-地质
勘探-高等学校-教材 IV. ①P619.140.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 241294 号

铀矿勘查学

王正其 夏菲 朱鹏飞 蔡煜琦 编著
责任编辑 刘凯元

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南岗区东大直街 124 号 发行部电话:0451-82519328 传真:0451-82519699

http://press.hrbeu.edu.cn E-mail:hcupress@hrbeu.edu.cn

黑龙江省教育厅印刷厂 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:17.25 字数:335 千字

2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷 印数:1000 册

ISBN 978-7-81133-627-6 定价:38.00 元

前 言

自《铀矿找矿勘探地质学》(徐增亮、隆盛银主编,1990年)出版以来,迄今已近二十个年头。该书是核工业成立以来,我国最早的、也是唯一的一本专门针对铀矿地质勘查的本科教材。多年以来,《铀矿找矿勘探地质学》一书在铀矿地质教学、科研、生产、矿山等相关部门得到了广泛使用和好评,为我国铀矿地质人才培养和地质勘查事业发展起到了积极的推动作用。但随着地质勘查领域的新理论、新方法、新成果、新认识的不断涌现,特别是随着铀矿地质勘查事业的不断深入和发展,铀矿找矿工作主要对象,找矿类型与勘查深度,铀矿成矿、预测与勘查的理论和方法等方面均已取得很大的发展创新,铀矿资源的评价体系和评价方法也发生了很大的变化。目前铀矿地质领域的找矿工作重点——深源铀成矿及砂岩铀成矿理论、勘查方法与评价体系在原教材中涉及甚少;此外,随着社会主义市场经济的发展,矿产(铀矿)勘查地质工作体系发生了很大的变化。显然,《铀矿找矿勘探地质学》一书与现代地质学科发展和铀矿地质生产,以及社会需求现状比较,其一些知识点及结构体系已显得陈旧或滞后。

大学本科教育应体现时代性、先进性和科学性,应与本学科理论发展、社会生产需求相一致,完善教材体系结构、提高教学内容的系统性和完整性,以适应新形势下的“面向生产,加强理论指导找矿”的大学教育要求和铀矿地质学科发展需要。为此,经东华理工大学申请立项,2007年国家国防科工局规划教材专著评审委员会对新编教材《铀矿勘查学》的编写目的、知识体系和知识点、编写提纲进行了评审,并将该教材纳入“十一五”国防特色规划教材进行重点资助。

《铀矿勘查学》是基于《固体矿产资源/储量分类》(GB/T17766-1999)、《铀矿地质勘查规范》(DZ/T0199-2002)等新的地质工作框架体系和原教材的基础上,结合铀矿地质勘查领域取得的新理论、新认识、新方法、新技术,以及多年野外一线工作经验、教学心得进行编写的。本书对原教材部分内容进行了较大幅度的增减或重新组合,教材简要介绍了铀矿地质勘查领域的最新研究进展和发展趋势,较全面阐述了不同类型铀矿的成矿地质条件、成矿规律研究进展,加强了铀矿成矿预测、铀矿找矿方法与勘查原理的论述,努力构建矿体地质研究与勘查类型、勘查工程系统与工程部署之间的有机联系,强化铀矿勘查设计原理与基本作业方法手段

的介绍和训练。教材主要由以下知识点构成:我国主要铀矿类型成矿基本理论与铀矿勘查发展趋势;铀矿成矿地质条件、找矿标志;铀矿勘查技术方法和手段;不同铀矿勘查阶段工作内容与任务要求;矿体地质研究方法;新的勘查类型与资源/储量分类体系;勘查工程系统、设计原理及工程部署方法;铀矿取样及数据处理;铀资源/储量估算的方法;铀矿技术经济评价原理与方法体系。内容上重点突出了在我国占主导地位,且为今后相当长一段时间内主要的找矿工作对象——砂岩型、火山岩型和花岗岩型等铀矿的成矿地质理论和工作方法体系;配套编写了旨在强化铀矿勘查基本技术技能训练的实习指导书。《铀矿勘查学》主要面向具有国防特色的核地质相关专业本科生为主,部分章节适用研究生教学,也可作为相关科研、生产或矿山单位的工作参考书。

《铀矿勘查学》是编著者多年从事铀矿地质生产、科研和教学工作获得的认识、经验与心得的结晶,其中也包含了众多核工业系统铀矿地质工作专家、前辈们的真知灼见。郭福生教授、隆盛银教授、张树明教授和范洪海研究员级高工等对本教材编写提纲的确立提出了很多宝贵意见;编写期间,东华理工大学刘庆成教授、孙占学教授、刘晓东教授、汤彬教授等领导多次过问进展情况并给予建议,地球科学与测绘工程学院院长潘家永教授在工作条件方面提供了很多切实关心,在此一并表示诚挚的敬意和衷心的感谢。本书的出版得到了国家国防科技工业局人教司的资助,东华理工大学教材委员会、东华理工大学矿产普查与勘探重点建设学科委员会也为本书的顺利出版给予了大力协助。编写过程中,东华理工大学硕士研究生王如意、蒙毅,本科生孙全宏为本书文字录入和图件绘制做了大量的工作,在此表示感谢。本教材由王正其主编,并负责编写第1,2,3,5,6,7,8,9,10,11章;朱鹏飞、蔡煜琦编写第4章;第12章由夏菲编写,最后由王正其统稿。

本书承蒙中国核工业地质局张金带总工程师、核工业北京地质研究院范洪海研究员级高工审阅并提出宝贵修改意见,谨表诚挚谢意。

王正其
2009年9月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 铀矿勘查学的性质、任务	1
1.2 铀矿勘查的发展历史和发展趋势	3
1.3 铀矿勘查学的研究方法	6
1.4 铀矿勘查的基本原则及勘查阶段划分	8
第 2 章 铀成矿地质条件	10
2.1 主要铀成矿地质理论简介	10
2.2 铀成矿地质条件	14
第 3 章 铀矿找矿信息	48
3.1 概述	48
3.2 地质信息	49
3.3 地球化学信息	57
3.4 地球物理信息	59
3.5 生物信息	61
第 4 章 铀矿成矿预测方法	63
4.1 概述	63
4.2 成矿预测的基本理论与准则	64
4.3 成矿预测层次与任务要求	68
4.4 铀矿成矿预测方法简介	75
4.5 铀矿成矿预测实例	82
第 5 章 铀矿勘查技术方法	90
5.1 概述	90
5.2 地质学方法	91
5.3 地球化学找矿法	95
5.4 地球物理探矿法	99

5.5	遥感地质找矿法	106
5.6	探矿工程法	108
5.7	勘查技术方法的综合应用	112
第 6 章	铀矿普查、详查与勘探工作概述	116
6.1	普查工作	116
6.2	详查工作	117
6.2	勘探工作	119
6.4	勘查工作基本程序	121
第 7 章	矿体地质研究与勘查类型	127
7.1	矿体地质研究的基本内容	127
7.2	矿体变化性的研究	130
7.3	矿体变化性的数学表征方法	135
7.4	铀矿床勘查类型	147
7.5	矿床地质勘查程度	150
第 8 章	勘查工程系统	153
8.1	勘查工程的总体部署	153
8.2	勘查工程间距的确定	157
8.3	勘查工程设计与实施	164
第 9 章	地质编录	170
9.1	地质编录的种类和要求	170
9.2	原始地质编录	171
9.3	地质综合编录	176
第 10 章	铀矿取样与质量评定	184
10.1	铀矿质量研究的主要内容	184
10.2	铀矿取样种类及要求	185
10.3	化学取样	191
10.4	样品分析与取样检查	201
第 11 章	矿产资源/储量估算	205
11.1	矿产资源/储量的分类	205

11.2	矿产资源/储量估算的一般过程和基本公式	212
11.3	矿床工业指标	214
11.4	矿体圈定和铀资源/储量估算参数的确定	218
11.5	矿产资源/储量估算方法	228
第 12 章	铀矿技术经济评价	238
12.1	概述	238
12.2	铀矿勘查的可行性评价	239
12.3	技术经济评价的影响因素与评价参数	241
12.4	铀矿技术经济评价方法与指标	255
参考文献		264

第1章 绪 论

1.1 铀矿勘查学的性质、任务

1.1.1 铀矿勘查学的性质

铀矿勘查学亦称铀矿找矿勘探地质学,是一门专门研究铀矿资源形成与分布的地质条件、矿床赋存规律、矿体变化特征和研究工业矿床最有成效的勘查理论与方法的应用地质学。铀矿勘查是在铀矿区域地质调查的基础上,根据国民经济、社会发展和国防建设需要,运用地质科学与铀成矿科学理论,使用多种勘查技术方法和手段,对铀矿床地质和铀矿资源进行的系统调查研究工作。铀矿勘查是铀矿床预查、普查、详查和勘探的总称。

铀矿勘查学是矿产勘查学的一个重要组成部分,具有实践性、综合性、数量性和政策性强等特点,也具有经济学属性。矿产勘查学从生产实践中总结和发展起来,并服务于生产实践。实践过程中,地质学理论、成矿学理论以及各种技术方法和手段(地质调查研究、探矿工程、物探、化探、航测遥感、实验测试、电算和数字化技术等)得以集中、综合的应用,指导生产实践,又在勘查实践中进行验证、完善和发展;同时实践过程也是一个发现地质新现象和新问题的过程,有利于相关地质学理论与成矿理论的延伸和拓展。因此,它是地质科学理论与资源勘查生产实践联系的重要纽带,也是地质科学与工程技术科学联系的桥梁。矿产勘查学涉及地质科学和社会经济科学两大研究领域,相互之间存在紧密依存和相互制约的关系。

矿产勘查事业发达程度与一个国家和地区科学技术水平和经济发展状况密切相关。地质矿产勘查是国民经济建设的“先行”和“基础”,是社会经济实现可持续发展的重要保证,直接影响国民经济的布局、经济成分构成和经济建设效果。勘查生产活动是在地质上可能、技术上可行、经济上合理、社会上存在需求的特定条件下开展和实现的。实践过程必须遵循勘查的经济规律,讲求矿产勘查的经济和社会效益。如何实现勘查过程周期短、低成本、可靠地质成果多且效益好是矿产勘查学及铀矿勘查生产实践中必须研究与解决的一个基本问题。

1.1.2 铀矿勘查学的研究任务

铀矿勘查学研究对象主要为铀矿勘查远景区和铀矿床,研究的主要内容涉及铀成矿预测、铀矿勘查及矿产技术经济评价三个基本方面。拟解决的主要问题是评价各种地质环境中铀矿床存在的可能性及其工业意义,提高铀矿资源勘查的地质与经济效果,提供可靠的铀矿资源。与其他学科类似,研究工作具有预见性,包括预测潜在的铀成矿远景区(带),预测铀成矿

类型及其规模,预测矿体的赋存部位和特征(形状、产状、规模、有用组分等),预测铀资源储量和分布等。

铀矿勘查学的主要任务包括以下几方面:

(1)研究铀矿床空间分布及铀矿体赋存规律,分析已知铀成矿区特有的成矿地质条件、找矿信息和找矿标志,为找矿远景区的合理选择及攻深找盲提供理论依据;

(2)研究成矿预测的工作内容、要求、方法与步骤,拟定铀成矿预测的一般工作程序;

(3)研究矿床评价的各种参数,建立矿床评价体系或评价模型,合理制定矿床评价的各项工业与经济指标;

(4)研究矿体变化性特征、矿床勘查类型,选择有效的勘查方法与技术手段,尽可能地提高勘查工作经济效益;

(5)研究铀矿资源/储量估算方法及工作步骤;

(6)研究铀矿床水文地质、工程地质和环境地质;

(7)研究铀矿石选冶加工工艺条件;

(8)研究矿床成因(成矿模式)和找矿模式。

1.1.3 铀矿勘查学与其他学科的关系

铀矿勘查工作从发现“铀矿床”开始,首先需要回答的问题是“从哪里找?”“找何类型?”,因此,与其关系最密切的学科是“铀矿床学”。铀矿床是在一定条件下各种地质因素综合作用的产物,其形成与空间分布受到构造运动、岩浆活动、沉积环境、流体活动及变质作用等地质条件影响和控制。显然,结晶学、矿物学、岩石学、古生物学、地史学、构造地质学、水文地质学、地球化学和矿床学、遥感地质学、地理信息系统等相关学科基础理论与知识,构成了铀矿勘查学的基础和理论依据。反过来,铀矿勘查实践成果与认识可以验证这些基础学科理论,并促进相关研究领域的延伸和发展。铀矿勘查学与上述各地质基础学科和专业学科之间是相辅相成、互相促进的关系。

对预测或发现的潜在铀矿床,需要解决“如何控制和评价?”“经济价值如何?”等问题。也就是说,铀矿勘查必须借助诸如勘查地球物理(特别是放射性地球物理)、勘查地球化学、全球定位系统、钻探技术与钻井工程、坑探技术与掘进工程等各种技术手段与方法去完成其自身任务。最优勘查方案确定和勘查过程最优化,通常需在一定的矿床数学模型基础上去实现。此外,矿产勘查工作与大量数据打交道,如何提取、分析、处理及显示这些数据 and 信息并作出正确判断和评价,离不开概率论、数理统计、多元统计分析等数学基础和计算机技术。勘查工作必须遵循经济学规律,不言而喻,矿床经济价值评价与经济学理论、现代经营管理学之间关系密切。在西方,有学者将矿床学及矿产勘查学合并统称为“经济地质学”。

铀矿勘查是铀矿业生产活动的第一步,铀矿勘查成果是矿山设计与建设的基础。不同的采矿工艺,对铀矿勘查工作内容及勘查程度要求并不完全相同。不了解铀矿床采、选、冶的基本工

艺和要求,就不可能对铀矿床作出正确评价,也不可能全面正确地完成铀矿勘查工作。因此,铀矿地质工作者需了解“铀矿采矿工艺学”“铀矿石冶炼学”等学科的基本知识和技术原理。

当今,环境问题已成为影响铀矿勘查与开发的重要问题,铀矿勘查必须考虑生态环境保护问题和矿冶活动可能造成的环境效应问题。

总而言之,铀矿勘查学是一门涉及面广、综合性强的应用地质学科,需要多学科理论与知识的共同支撑。同时,铀矿勘查学的深入发展,对其他相关学科提出了新的研究课题和发展方向,从而推动了各学科研究领域延伸和发展。

1.2 铀矿勘查的发展历史和发展趋势

1.2.1 铀矿勘查简史

世界上对铀矿的开采始于19世纪初,当时主要是从铀矿石中提取镭,用于医学上治疗一些疑难病症,铀的用途很窄,仅作为染料用于纺织、玻璃和陶瓷等工业。从1942年开始,因为发现铀原子经人工裂变可产生巨大的能量,美国率先研发成功核武器并应用到军事和战争,引发了世界上一些工业大国竞相开展核武器的研制,出现了世界性的第一次找铀高潮。

20世纪60年代末至70年代初,石油价格大幅度上涨造成了世界性能源危机。一些工业大国为了开辟新的能源,掀起了一个研制和建设核电站的高潮,使铀矿资源的应用从军事工业转向核电,从而掀起了世界性的第二次铀矿勘查高潮。许多老矿区得到进一步扩大,开辟了许多新地区,发现了一批新类型铀矿,找到了一些巨型和大型铀矿床,如南非的 Witwatersrand 矿床等。

20世纪70年代后期,由于世界铀矿探明储量急剧增加、能源危机消除和核裁军,以及人类对核电安全性能忧虑等因素,铀矿资源的消耗量增长缓慢,形成了铀矿石供过于求的局面,铀产品价格持续走低。直至2000年,Nuesxco交易所的 U_3O_8 现货交易价格不到10美元/磅,对铀矿勘查事业和矿山生产带来了负面影响。一些国家与矿山为了求生存,开始积极探索开采新工艺,如地浸工艺和堆浸工艺的研发。随着地下浸出采铀工艺成功实现,可地浸砂岩型铀矿成为一些国家铀矿勘查的重点。值得注意的是,该阶段内一些重要铀矿山的勘查深度取得重大进展,如俄罗斯的 Streltsovka 矿田勘查垂幅已达2 600米,我国相山邹家山铀矿床矿化垂幅700~800 m也未封底,为铀矿深部找矿提供了借鉴依据,拓展了铀矿找矿空间。

21世纪以来,由于铀资源的战略地位和环保因素,全球核电发展重新复苏,铀需求量逐年增长,铀矿产品价格开始回升。特别是近三年来,国际市场上的铀价持续上涨,截至2007年4月, U_3O_8 现货价格已升至138美元/磅。目前全球每年消耗约7.85万吨 U_3O_8 ,其中来自铀矿的产量仅能满足约62%的需求,其余38%来自库存或二次供应源(郭志锋,2007)。据美国能源信息署(EIA)《2005年度国际能源展望》预测,未来一段时期内世界对核能的需求将以年均1.6%的速度增长,而发展中国家将以4.9%的速度增长。需求增长和铀价的高涨带动了新一

轮全球范围的铀资源开发热潮。可以预料,未来相当长的一段时期内,铀矿勘查事业将是一个稳定的发展过程,铀矿勘查类型和勘查深度也将会有新的发展。

我国铀矿勘查事业始于 20 世纪 50 年代中期,当时得到了前苏联专家的帮助。早期的铀矿勘查队伍主要部署在西北、西南和中南地区,以地面放射性普查为主,开展了一定面积的航空伽玛测量。通过较大范围的普查,找到了一大批铀的异常点和矿化点带,并探明了一批具有工业价值的铀矿床,为我国第一颗原子弹的研制提供了原料,同时也培养和锻炼了一批地质技术骨干和管理人员。

从 20 世纪 60 年代起,我国铀矿勘查事业在“独立自主、自力更生”方针指引下,通过大胆实践,勇于创新,开拓了一条具有中国特色的铀矿地质发展道路。从初期找露头矿,发展到利用各种微弱的地质矿化信息,破覆攻深,探测隐伏的盲矿体;由单纯依靠辐射仪、射气仪找矿到重视地质理论研究,应用铀成矿规律和综合物化探方法找矿,进而发展到研究矿床成因和定位机制,利用成矿模式进行预测;对成矿的认识不断深化,如由单一成因论到复成因论,由一次成矿论到多次成矿论,由矿质来源的一元论到多元论,由浅源成矿理论到深源成矿理论;找矿领域不断扩大,找矿效果不断地提高。特别是我国花岗岩型、火山岩型、碳硅泥岩型、砂岩型等四大类型铀矿床的突破;积累了找矿勘探经验,丰富了铀矿成矿理论,使我国铀矿地质科学研究在某些领域迈进了世界的先进行列。

在勘查技术和勘查手段方面,把放射性物探、普通物探、化探和钻探、硃探工程探矿有机地结合起来,建立起一套完整的铀矿勘查体系。找矿仪器由盖格计数发展到闪烁化、能谱化;钻探技术和取芯工艺日益改进和更新,加快了勘查工作的速度,拓展了勘查深度,保证了质量,降低了成本,铀矿勘查经济效益得到显著的提高。

与世界上铀矿勘查历史相似,20 世纪 80 年代末至 21 世纪初期,是我国铀矿勘查工作的一个相对低谷期,铀矿勘查重点主要是北方中新生代盆地中具有低品位、大矿量特点的可地浸砂岩型铀矿。值得庆贺的是,我国相继发现并探明了若干个大型、特大型砂岩铀矿床,并逐步建立了符合中国地质条件特点的可地浸砂岩型铀成矿地质理论和找矿方法。

日前,为落实《国务院关于加强地质工作的决定》(国发[2006]4 号)精神,全面实施《核电中长期发展规划(2005~2020 年)》和《核工业“十一五”发展规划》,国土资源部和国防科工委联合下发了《关于加强铀矿地质勘查工作的若干意见》(国土资发[2008]45 号),明确提出要加大铀矿地质科研和加强铀矿勘查技术研究投资力度,允许社会资本投入铀矿勘查、开发领域,探索在社会主义市场经济条件下铀矿地质勘查工作新思路,促进铀矿勘查工作可持续发展,提高铀资源对国防建设和核电发展的保障能力。由此可见,铀矿勘查工作正迎来全新的历史发展机遇。

1.2.2 铀矿勘查工作发展趋势

如何勘查并提供足够多的铀资源来满足国防与核电建设的需要,将是广大铀矿勘查工作者面临的巨大挑战。铀矿资源既是战略性物质,具有政治敏感性,同时也是一种商品,具有经

济属性,这就要求铀矿勘查活动必须遵循市场经济规律。易开发、低成本、价格低廉的铀矿产品始终是勘查工作和市场追求的共同目标。

通过长期的勘查实践,主要成矿区带大部分近地表或浅层铀矿已被揭露或控制,其隐伏矿床和深部找矿空间的拓展将是未来铀矿勘查工作的主要方向之一。我国国土的铀矿勘查程度极不平衡,将近 50% 可查面积的铀矿勘查和研究程度很低,这些空白区和工作程度低的地区也是未来铀矿勘查的重点方向。如何有效地预测、揭露并控制深部潜在铀矿体,是铀矿勘查学必须正视、急需解决的问题,也是难点所在。因此,强化地质科学研究,与大陆动力学、区域成矿学、区域地球化学、现代沉积学和沉积盆地动力学等理论密切结合,坚持理论创新,以新的成矿地质理论体系为指导,深化研究铀成矿作用、成矿规律和找矿方法,拓宽找矿思路 and 找矿领域;运用由先进的物探、化探、水文地质、遥感地质、钻探、分析测试、试验工艺等构成的勘查技术体系、GIS 预测方法体系和数字化地质图件系列进行综合预测、优选靶区、区域评价、勘查、地质工艺评价和经济可利用性评价等,是铀矿地质勘查面临的重要任务和发展方向。

在不久的将来,我国铀矿地质勘查与开发工作的投资主体的多元化格局将会逐渐形成。

铀矿勘查学的发展趋势主要是以下几个方面。

(1) 强化学科联合,坚持理论创新,发展铀成矿地质理论体系

地质科学研究正处于建立以地球系统科学为核心的新一代知识体系的重大转折时期。在地球动力学指导下,岩石圈构造不连续与成矿作用、大陆演化过程中的成矿作用、地幔柱与成矿作用、流体与成矿作用、后造山岩浆作用与大规模成矿作用、盆地形成演化与大规模成矿作用等研究取得了巨大进步。成矿理论体系通常决定了地质勘查行为与方向。因此,面对新形势、新任务、新要求,强化地质科学研究,对传统的铀成矿理论进行革新和完善,创新并形成新的铀成矿理论势在必行。

(2) 深化成矿规律和成矿预测研究工作,开拓找矿新类型,拓展找矿新空间

已知的露头矿和浅层矿逐渐枯竭,铀矿勘查对象将主要由浅部转向深部(隐伏矿体和深部矿)。要有效地提高深部地质勘查目标的成功率,在新的成矿理论体系指导下,深化成矿规律与成矿预测工作则是基础保证。要实现满足铀资源军民两用长远需求的发展目标,寻找和落实更多的大型铀资源基地,除了以老基地、常规铀成矿类型为重点突破口外,尚需积极探索新的经济型铀矿,不断开辟新区,拓展铀矿勘查的“第二空间”。

(3) 加强矿床模型和矿床勘查模型研究,实现“科学理论找矿”

矿床模型是在总结多年找矿经验,详细研究成矿作用和成矿过程的基础上建立起来的,是矿床工业类型的进一步深化和精化,在指导找矿,特别是从分析成矿地质环境入手,类比矿床模型区与研究区的地质环境,从而评价寻找类似矿床的潜力、优化地质勘查方案等方面发挥着重要的作用。据此开展“科学理论找矿”,可以更好地避免地质勘查工作的机械与盲目性。

(4) 加强新技术、新方法的研究与应用

由于隐伏矿床将是未来铀矿勘查的重要对象,单纯用传统方法越来越难以有效发现和评

价深部潜在的矿床。正因如此,在大力发展新技术、新方法的研究与应用日益加强的背景下,许多国家把进一步研究地质、地球物理、地球化学、航天遥感等新技术和新仪器,加大探测深度、精度和可靠性,以及在相邻学科新成就基础上,研究全新测试设备和直接找矿的仪器与方法作为整个地质学研究领域中最重要任务之一提了出来。此外,应加强铀矿开采、选冶新工艺的研发,这是提高资源利用水平的前提。

(5) 铀矿地质勘查过程经济评价和环境效应分析日益受到重视

铀矿勘查的成本是铀矿资源经济效益的重要组成部分,并在一定程度上制约着铀矿勘查事业的生存与发展。如果矿床勘查和随后的矿床开发不考虑其环境效应,不考虑保护生态环境的要求,那么铀矿勘查工作将不可能得到可持续发展。经济可行性以及生产过程的环境影响效果应是铀矿勘查工作评价与决策的重要因素。

1.3 铀矿勘查学的研究方法

与其他矿产资源类似,铀矿成矿作用是一个长期而复杂的地质过程,成矿控制因素和影响因素众多。要认识和反演这个过程,必须有一套行之有效的科学研究方法。通过多年铀矿勘查实践,铀矿勘查学已逐渐形成了一套较为完整的研究方法体系,概括起来有以下几个方面。

1. 地质调查与研究

铀矿地质勘查过程,主要是运用地质科学理论与方法对铀矿客体及其相关的各种现象,进行反复不断地系统调查研究,力求正确认识和反映其客观规律的过程。这就要求充分开展对客体的野外调查研究,并结合室内显微观察,力求从可视的角度掌握地质矿化现象的基本特点和变化规律。地质调查包括野外调查(包括地质、遥感、物化探等手段)和室内显微观察,是对客观地质现象、成矿过程与迹象取得感性认识的基本途径,也是后续各类研究工作的前提。地质调查研究是铀矿勘查学最基本的研究方法,贯穿铀矿地质勘查过程始终。

地质调查必须从实际出发、实事求是,采取严肃认真和客观的态度,力求真实准确,切忌以主观臆想代替客观实际。一切不重视实际现象的调查观察和不严肃对待原始观察资料的真实性和准确性的做法都会导致不良的后果。在地质现象调查的基础上,必须及时并反复地运用地质科学理论对调查资料进行综合整理、分析、研究,做出科学的推理、判断,指出规律。既要防止不认真研究实际资料只凭主观臆想轻率地下结论,也要避免不联系地质科学理论进行综合概括和深入思考,只是机械地拼凑与资料罗列。

2. 统计分析与综合研究

铀矿地质勘查是一项综合性很强的工作,专业涉及面宽,获得的资料信息多,这些资料从不同的角度反映了矿床的局部性特点。然而,要掌握矿床的整体特点,并且上升到理性认识的角度,则必须以地质成矿理论体系为指导,对这些资料进行综合整理、综合研究,去粗取精,去伪存真。

与勘查工作直接有关的许多问题,如矿体变化性研究、勘查方法合理性的研究、勘查成果的精确性和可靠性的研究及储量估算方法等诸多方面,需应用统计学分析方法予以研究并解决。有机地开展综合统计分析对提高勘查工作质量,提高铀矿勘查学科的水平都有重要的意义。在统计分析的基础上开展综合研究,已成为本学科中一个很有发展前途的、重要的研究方法。

值得注意的是,在勘查过程中开展地质统计分析时,必须在工作中具有明确的目的性,必须与解决生产实际问题紧密联系,必须以地质观察研究为基础并充分考虑地质现象或地质数值的特殊性,避免形式主义和烦琐哲学。地质统计分析法不仅不可能完全代替地质观察研究法,而且如果脱离了地质观察研究的基础就有可能是毫无意义的,甚至导致错误的结论。

3. 试验研究法

在铀矿勘查过程中,地质观察必不可少,但只限于宏观或微观现象的研究,还有许多问题得不到解决,如铀矿资源质量、铀矿石物质成分及某些结构构造特征、矿石加工技术性能、原地注浸工艺、堆浸工艺等,还需要借助于分析测试手段和试验研究。故试验研究也是铀矿勘查工作的重要研究方法。

4. 类比法

类比法是铀矿地质勘查工作中最常用的方法之一,是长期矿床研究和矿床勘查实践的结晶。它包括成矿模型类比和勘查模型类比。前者的理论依据是,在相近似的地质环境和地质条件下,可以形成矿种相同和类型相似的矿床;它是指导新区或未知区开展相应类型、相应级别铀矿勘查工作的重要依据。后者则是根据已经勘查或开发过的矿床,经过深入研究不同规模的矿床或矿体的基本地质特征相似性及其勘查方法的基础上,总结归纳出来的一系列勘查方法体系的总和,可应用于指导新区相似类型新矿床的勘查工作方案与实施过程。

类比法在矿产勘查的各阶段均可应用,是目前矿产勘查工作中应用最广、最主要的方法。相似不等于相同,由于成矿作用和成矿条件的复杂性,自然界没有也不可能有完全相同的两个矿床。因此在开展类比研究时要注意被类比对象的特殊性,需紧密结合新区或新矿床的实际情况,灵活运用,适时修正和补充,切忌不加分析、盲目照搬、机械类比。

5. 技术经济评价法

矿床技术经济评价是从工业开发利用的角度出发,依据矿床的技术条件和经济条件,对矿床能否被开发利用,进行技术可能性和经济合理性的分析论证。其目的在于通过评价对矿床进行逐步筛选,以便择优进行勘查与开发,减少风险,提高勘查与开发的经济效益。铀矿勘查工作中,对于已经发现的铀矿床或矿点要进行概略研究评价或预可行性研究评价,对于已经查明的铀矿床或矿点要进行可行性研究评价,对已经开发的铀矿床还要进行工业开发利用评价。

可见,铀矿床或铀资源的技术经济评价,贯穿于铀矿勘查与开发工作的始终,只有通过评价才能使赋存于自然界的铀矿资源转变为可被开发利用的物质财富。

1.4 铀矿勘查的基本原则及勘查阶段划分

1.4.1 铀矿勘查的基本原则

1. 因地制宜原则

因地制宜原则是矿产勘查的最基本和最重要的原则,是由矿床复杂多变的地质特点和勘查工作性质所决定的。大量勘查实践的经验证明,只有从铀矿床实际情况出发,实事求是地决定地质勘查各项工作,才能取得比较符合矿床实际的地质成果和更好的经济效益;如果脱离铀矿床实际,主观臆想地进行工作,必然使勘查工作遭到损失和挫折。要想做到按照铀矿床客观实际情况部署各项工作,必须加强对铀矿床各方面特点的观察研究工作,同时又要加强与矿山设计建设单位的联系,以便使铀矿勘查工作既符合矿床地质实际,又能满足矿山设计建设需要与开采工艺要求,避免或者勘查程度不足,或者勘查过度,造成投资损失。

2. 循序渐进原则

循序渐进原则反映了人们对矿床认识过程的客观规律。认识过程不可能一次完成,而是随着勘查工作的逐步开展而不断深化。所以铀矿勘查应本着由粗到细、由表及里、由浅入深、由已知到未知的这一循序渐进原则。

循序渐进过程要正确处理好“点”与“面”的关系。从点到面,是指选择有代表性的点进行重点解剖,力争重点突破,取得良好的地质成果和有用的地质认识,推广到相似地区的找矿工作,逐步扩大勘查范围;面中求点,是指在有利的成矿远景区带,通过开展一系列地质调查工作,逐步缩小勘查范围,进而发现矿床或矿点。合理运用从点到面、面中求点、点面结合的勘查策略,对于从战略上纵观全局,统筹兼顾,有效提高地质经济效果是有益的。

3. 全面研究原则

全面研究原则是由铀矿勘查目的与铀矿资源的特殊性质所决定的,反映在对矿床进行地质、技术、环境效应和经济全面的研究评价。只有通过全面研究铀矿床特征、勘查与开发所涉及的各种因素进行全面研究,才能实现全面阐述矿床的工业价值,得到合理的可行性评价结论。

4. 综合评价原则

实践表明,对一个铀矿床而言,构成铀矿体的铀矿石或附近围岩通常伴生一个或多个有益组分,且往往可以产生较大的经济价值。因此,铀矿勘查工作必须遵循综合评价原则,尽可能做到各有益组分的综合利用,充分挖掘和提升铀矿床的价值。它可以使矿床由单一铀矿变为综合性矿床,使无意义的贫铀矿变为可供开发利用的工业矿床。

5. 经济合理原则

铀矿勘查本身就是一项经济活动,它受市场经济规律的制约。历史证明,“有利可图”是实现矿床有效开发和铀矿勘查工作可持续发展的前提。因此,在保证勘查程度的前提下,用最合