

以中国铀成矿理论集成和创新为导向的 地质科技管理方式创新与实践

王俊虎¹⁾, 张金带²⁾, 李子颖¹⁾, 秦明宽¹⁾, 范洪海¹⁾, 李林强¹⁾, 李晓翠¹⁾

1)核工业北京地质研究院, 北京, 100029; 2)中国核工业地质局, 北京, 100013

内容提要:“十一五”以来,铀矿找矿难度不断加大与铀资源量需求持续上升的矛盾日益凸显,为抓住铀成矿理论这一天然铀产业链的源头,核工业北京地质研究院开展了以中国铀成矿理论集成和创新为导向的地质科技管理方式创新与实践,依托铀资源勘查技术与地质工艺创新科技平台,组建了以总指挥和总地质师——“两总”为主控,以资深老专家为核心,中青年骨干和辅助人员为外围的环形科研团队;通过创新地质科技管理方式,实施组织管控扁平化,赋予了科研团队更多的创新自主权;通过实施环境赋能、激励赋能和文化赋能,强化目标任务考核,建立“物质—薪酬,精神—知识传承”的双重激励机制,营造了百花齐放、鼓励创新、容许失败的学术氛围,激发了科研人员开展原始理论创新的积极性;通过开展成果宣传、出版专著,实现了成果沉淀和经典流传。经多年勘查实践,为我国铀矿大基地和重点勘查区铀资源扩大突破提供了理论和技术支撑,取得了显著的经济效益和社会效益。本文从实施背景、主要做法、实施效果三方面论述了该项管理创新成果,旨在为同行开展科技管理创新提供有益借鉴。

关键词:铀成矿理论;集成和创新;地质科技管理创新;创新成效

核工业北京地质研究院(以下简称“核地研院”)成立于1959年3月,是一所以铀矿地质为主,遥感、物化探、分析测试、环境工程、仪器研发等多学科综合发展的全国核地质科技研究中心,为我国原子能事业的发展做出了重大贡献。自2012年起,针对铀矿找矿难度不断加大,而铀资源量需求日益上升的新形势,抓住铀成矿理论研究为天然铀产业链的源头,创新理论以指导新形势铀矿找矿的关键,夯实核地科技“领头羊”地位,核地研院开展了中国铀成矿理论的集成和创新。集成即“总结过去”,是以我国开展铀矿地质工作以来取得的丰富资料成果为基础,进行系统总结梳理和再认识,广泛集中不同学术观点,求同存异,确定理论集成创新的主攻方向;创新即“继往开来”,是在总结梳理已有成矿理论基础上,借鉴国内外最新研究进展,应用新理论和新技术,提出新的中国铀成矿理论,通过理论提升指出新的找矿方向,推动铀矿找矿向纵深发展。

为了实现上述战略目标,核地研院开展了以中国铀成矿理论集成和创新为导向的地质科技管理方式创新与实践,创建了一套以理论创新为目标导向的地质科技管理新模式,通过管理能力提升有效保障了中国四大工业类型及其他类型铀成矿基础理论的集成和创新,并带动了铀矿勘查技术方法的同步创新,显著提升了核地研院的行业竞争力。

1 实施背景

1.1 我国核能产业快速发展对铀资源保障提出了重大长远需求

我国是全球核电站在建规模最大的国家,根据国务院办

公厅正式发布的《能源发展战略行动计划(2014~2020年)》,2015年我国核电装机容量达到40 GW,2020年我国核电装机容量将达到58 GW,在建30 GW(人民网,2014)。根据此装机规模测算,2015年当年需要提供天然铀6250 t,2020年当年我国需供应天然铀11500 t。因此,我国核能产业快速发展对铀资源保障提出了重大长远需求,探明更多经济可采铀资源是支撑我国核电产业快速发展,调整能源结构,改善生态环境的基石。

新时期,核能产业的快速发展为铀矿地质勘查提供了新的发展机遇,铀矿地质勘查必将跨入一个新的发展时期。千载机遇必将伴随巨大挑战,如何创新发展铀矿勘查的理论技术水平,如何确定新时期铀矿找矿发展方向,如何优化铀矿找矿部署和突出勘查重点,如何推进我国铀矿勘查向纵深方向发展,以期实现核地质核心竞争力的全面提升等顶层问题摆到了核地科技工作者面前。核地研院作为中核集团铀矿勘查理论和技术支撑单位,承担着推动新时期铀矿勘查实现重大突破的历史重任。因此,肩负起解决铀矿勘查顶层战略基础性问题的重担责无旁贷。

1.2 规划我国中长期铀矿勘查战略格局,指明铀矿找矿方向的重要依据和支撑

中国发展需要中国理论的回应,世界历史的进程需要中国理论的出场。用中国理论回答中国问题,概括中国经验,解读中国道路是我国任何一个学科发展面临的迫切任务。因此,加强基础理论研究,以发现和认知自然作为创新源泉,

大幅提升原始创新能力,以理论创新推动和指导技术创新。

我国自 1955 年开展铀矿地质工作以来,在铀矿成矿理论研究方面取得了许多重要进展和成果,建立了“四大类型”铀矿成矿理论体系和勘查评价模式,形成了“双混合成矿模式”、“双重成因模式”等适合我国地质特点的铀矿预测评价模式和指导找矿的成矿模式;铀矿成矿区划研究、矿—岩时差研究、铀源研究、富铀(产铀)建造研究、铀成矿壳层研究、铀成矿的预富集序列研究、铀元素地球化学和矿物学研究等都处于国际较先进水平。近年,新发展了深源成矿、幔汁成矿、热点成矿、复合型构造系统成矿、沉积盆地氧化—还原复合成因成矿等理论和观点。上述成矿理论或新观点,为我国各大类型铀矿的攻深找盲和外围扩大提供了坚实的理论支撑,推动了铀矿勘查工作进展。

随着我国铀矿地质找矿工作的逐步深入,浅部近地表的铀资源已基本被探明,今后乃至将来很长一段时间,铀矿找矿工作的重点将是隐伏的深部。因此,急需发展新的铀成矿理论指导铀矿的找矿工作。南方热液型铀矿床铀与其它多金属矿成矿时空关系及成矿体系研究还比较薄弱,关于铀在特定地质时期、特定地质环境集中富集成矿及其与多金属矿共(伴)生的控制因素、识别标志缺乏系统研究(杜乐天等,2011;黄净白等,2011)。因此,严重制约了对其它矿种成矿理论的借鉴、利用和结合。北方沉积盆地砂岩型铀矿资源储量的扩大势头很好,6 大盆地已取得重大突破,3 个盆地已有重要发现,但也有个别盆地久攻未果,还有大批盆地研究程度很低,急需深化研究砂岩型铀矿超常富集的区域地质构造背景、盆地基底和盖层的结构构造、成矿机理、油—气—煤—铀的关系、深部热源与铀成矿的关系、古水文地质的作用、古地貌恢复、铀储层分布等基础地质问题,以指导开辟新区(陈祖伊等,2011)。

没有先进技术支持的理论是落后的,没有理论指导的技术是盲目的。因此,针对以往铀矿地质研究工作的薄弱点和重视不足的关键基础地质问题,通过系统研究我国已探明所有铀矿床,全面总结全国铀成矿规律,剖析影响铀矿勘查的重大地质问题,提升、创新铀成矿地质理论,创建系列铀矿床式,指出新的找矿方向,为我国中长期铀矿勘查部署提供重要依据和支撑。

1.3 创新科技管理方式,实现核地研院核心竞争力全面提升的内在需求

进入新世纪以来,随着铀矿找矿工作难度的不断加大,以先进铀成矿理论指导找矿实施的需求愈加紧迫,形式逼人、挑战逼人、使命逼人的发展业态已将找矿体系的源头——“基础理论研究”推至极其重要的一环。为了继续保持核地研院在国内竞争中处于铀成矿理论创新、技术创新“双创”的引领地位,必须开展中国铀成矿理论的集成和创新,从理论上突破制约找矿的瓶颈。

但与以往科研团队的组建和项目管理方式不同,对我国形成的四大类型及其他类型铀成矿理论进行集成和创新,非以自 1955 年铀矿地质工作开展之始,便投身于此的老一辈

专家为主体的研究人员不可。该年龄层级的老专家均已退休多年,可投入工作的时间和精力与青壮年科研人员不可同日而语,如何管理以退休老专家为主,中青年科研人员为辅,并囊括四大类型和其他铀成矿类型的科研团队,并在实施载体、制度安排、政策保障和环境营造上给予特殊支持,有效激发该团队各类科研人员的创新激情和活力,作为新的管理要求摆在了科技管理人员面前。这就要求必须变革传统科研项目的管理模式,建立基于中国铀成矿理论集成和创新的新型科技管理方式。

2 主要做法

2.1 梳理我国铀成矿基础理论发展现状,确定中国铀成矿理论集成和创新的研究目标

2.1.1 梳理我国铀成矿基础理论发展现状

我国铀矿地质的发展,充分体现了铀矿勘查与综合研究密不可分,相互融合,相互促进,相得益彰。早在 1957~1958 年,铀矿地质工作者通过极短暂的时间便提交了蒲魁堂、达拉地等第一批可供矿山开采的铀矿床。同时,在 20 世纪 60 年代初期,初步形成了砂岩型、花岗岩型、碳硅泥岩型、煤岩型等铀矿的规律性认识,开始应用我国铀矿地质学家总结的成矿规律,尤其是热液型铀矿的理论研究成果,指导全国铀矿找矿(张金带等,2014)。

在 20 世纪 70 年代~80 年代,铀矿勘查得到全面大发展,全国铀矿成矿地质条件和区域成矿规律的研究也进入一个全新的阶段。至 20 世纪 80 年代初,全国铀成矿区划研究取得重大进展,厘定出 11 个铀成矿带和 4 大远景区。到 90 年代初,演变发展为 5 个铀成矿省、12 个铀成矿带、8 大铀成矿远景区。至此,具有中国特色的花岗岩型铀矿酸碱热液成矿理论、火山岩型铀矿“双混合”成因模式、碳硅泥岩型铀矿热液叠加改造成矿作用、煤岩型铀矿地下水改造成因等铀成矿理论体系基本形成,指导探明了如相山、下庄、青龙、苗儿山、若尔盖等一批著名的铀矿田和圈定了一批具有相当远景潜力的铀矿化集中区(核工业部地质局,1982;李子颖等,2014)。

到 20 世纪 90 年代,铀矿勘查处于历史低谷,但成矿规律的研究和总结工作仍取得新的进展。铀成矿地质背景、成矿作用和成矿时代、铀矿床分类、成矿模式、找矿标志、找矿方向等方面均取得一系列成果,先后完成了一系列 1:2000000 至 1:1000000 地区性铀矿地质编图、1:2000000 全国性的铀矿地质编图和《中国铀矿找矿指南》等编著工作。

进入 21 世纪,铀矿地质勘查逐步走出低谷,北方中—新生代沉积盆地砂岩型铀矿的调查评价和勘查工作得到进一步推进,找矿也取得重大突破,相继发现了一批大型、特大型砂岩型铀矿床。从 2006 年开始,南方重点铀成矿带、矿田的勘查工作得到恢复,部分重点地区很快取得了较显著的找矿成果。在此期间,积极吸收大陆成矿学、区域成矿学、区域地球化学、盆地分析和层序地层学的理论,在学习借鉴苏联“水成铀矿理论”的基础上,创新性地发展和完善了我国铀成矿理论,尤其是砂岩型铀成矿理论研究取得令人瞩目的进

展,相继建立了伊犁、鄂尔多斯、二连、松辽等盆地砂岩型铀矿成矿模式。同时,编制出版了华东、华南、中南、西南、东北五大区的铀矿地质志,对50年来铀矿勘查和研究成果作了全面的系统总结,并积累了宝贵的铀矿地质资料,为我国铀矿地质研究和勘查进一步拓展新领域奠定了基础(陈祖伊等,2011;杜乐天等,2011;黄净白等,2011;仇宝聚等,2011;赵凤民,2011;张金带等,2015)。

党的“十六大”以来,国家实施“积极推进核电建设”的能源建设政策。我国核电发展的宏伟目标,迫切需要巨大的铀资源储量作保障,历史又为铀矿地质勘查提供新的发展机遇,铀矿地质勘查将跨入一个新的发展时期。如何及时把握住发展机遇,如何提升铀矿勘查的理论技术水平,如何确定新时期铀矿找矿战略和方向,如何优化部署和突出勘查重点,如何推进我国铀矿勘查向纵深方向发展等等顶层问题,历史性的落在了核地研院铀矿地质工作者的肩上。

2.1.2 确定中国铀成矿理论的集成和创新目标

为把握机遇,迎接挑战,巩固核地研院在国内铀矿地质科技领域的战略性引领地位,决定组织实施中国铀成矿理论的集成和创新研究,确定研究目标为以我国开展铀矿地质工作以来取得的丰富资料成果为基础,借鉴国内外最新研究进展,应用新理论、新技术、新方法,通过系统研究我国已探明的近350个铀矿床,确定铀矿床分类方案,全面总结我国铀矿成矿规律,剖析影响铀矿勘查的重大理论问题,集成创新中国铀矿地质理论,建立系列典型矿床式、铀矿成矿模式和找矿模式,明确全国各大工业类型铀矿新的找矿方向和资源潜力增长方向,为我国近期和中长期铀矿勘查部署提供依据。

2.1.3 加强立项申报,从多渠道争取千万级项目经费支持

在确定开展中国铀成矿理论集成和创新的研究目标后,为保证项目目标实现,核地研院通过多渠道积极争取经费,成功获得了中国核工业地质局和中国地质调查局经费支持,项目经费达千万级,为中国铀成矿理论集成和创新攻关提供了经费保障。

2.2 与国内外相关理论进行对标,明确需重点攻克的关键技术、总体思路和技术方案提供依据

2.2.1 跟踪国内外相关理论发展现状

国外地浸砂岩型、不整合面型、角砾杂岩型、石英卵石砾岩型、钙结岩型、碱交代型等类型铀矿探明的矿床规模大,部分矿床品位高,铀成矿理论和远景预测研究较为充分和先进。国外基础地质理论创新与勘查技术进步相互依存、相互促进,在大陆成矿动力学、深源成矿论、古河谷型和不整合面型铀矿以及生物成矿等领域取得了一定理论进展,进一步拓宽了不整合面型、白岗岩型和古河谷型等铀矿找矿类型(IAEA/NEA,2016)。美国于20世纪70~80年代创建了“卷型砂岩铀矿”成矿理论,合理地解释了“卷型”砂岩铀矿的成

矿作用和矿床的定位空间;俄罗斯(含前苏联)在卷型铀矿理论上发展并创建了具俄罗斯特色的“层间渗入成矿理论”,并总结了砂岩型铀矿的三大区域成矿判据(Dahlkamp,1993)。尽管近几十年来已有诸多学者对铀成矿理论进行了深入研究并发表了众多文献,但现有的铀成矿理论还远不完善,如对热液型铀矿床最基本的形成机制缺乏统一的认识,那些矿床储量巨大的产铀国家在幔汁热液成矿理论、铀成矿的预富集序列等问题所给出的研究结果还难以令人信服。

随着我国铀矿找矿工作的逐步深入,浅部近地表的铀资源已基本被探明,今后铀矿找矿工作的重点应该主攻深部。因此,急需发展新的铀成矿理论指导铀矿的找矿工作。南方热液型铀矿床铀与其它多金属矿成矿时空关系及成矿体系研究还比较薄弱,关于铀在特定地质时期、特定地质环境集中富集成矿及其与多金属矿共(伴)生的控制因素、识别标志缺乏系统研究。因此,严重制约了对其它矿种成矿理论的借鉴、利用和结合。北方沉积盆地砂岩型铀矿资源储量的扩大势头很好,6大盆地已取得重大突破,3个盆地已有重要发现,但也有个别盆地久攻未果,还有大批盆地研究程度很低,急需深化研究砂岩型铀矿超常富集的区域地质构造背景、盆地基底和盖层的结构构造、成矿机理、油—气—煤—铀的关系、深部热源与铀成矿的关系、古水文地质的作用、古地貌恢复、铀储层分布等基础地质问题,以指导开辟新区。另外,在以往铀成矿理论研究过程中,提出的一些定义、概念不够严谨,对有关重大地质基础问题的研究不够深入,分析测试数据少而不统一,不同人员对许多科学问题与地质问题存在不同观点等,上述所有问题亟待进一步研究和解决。

2.2.2 确定需重点攻克的关键技术

通过与国内外相关理论进行对标,确定了需重点攻克的铀成矿理论集成和创新的关键技术为海量基础数据甄别技术、铀矿床式和找矿模型构建技术、铀成矿理论集成技术和铀成矿潜力评价技术,并对攻克上述关键技术存在的技术难点进行了深入剖析,提出了项目实施过程中应充分注意的几项关键点:

(1)在研究过程中注重铀成矿理论的提升,放开思路,充分吸收现代成矿理论和我国近期地学研究成果,广泛集成不同学术观点,求同存异,立意创新,注重实际应用,旨在有效指导今后找矿实践,推动铀矿找矿的新突破。

(2)矿床研究范围包括了全国范围的所有铀矿类型和铀矿化,铀矿床不分大小、资源量不分多少均进行一次全面的甄别归类,形成一个完整的中国铀矿床分类体系;同时,还积极借鉴国外典型铀矿床的资料,实事求是地分析我国尚未取得实质性突破的铀矿类型在未来的找矿潜力和找矿思路。

(3)鉴于我国已探明的铀矿床大多数在500 m以浅、深部找矿具有巨大前景的实际现状,应注重深部找矿问题研究,为深部找矿提供理论支撑。

(4)体现综合研究的概念,综合找矿是今后铀矿勘查中的一项重要原则和任务。因此,本次研究应将铀矿地质置于“大地质”的范畴来考虑,尤其是对铀—多金属、铀—稀土金

属、铀—稀有金属、铀—贵金属等综合找矿问题列为一项重点研究内容。

(5) 体现超前意识,我国铀矿地质工作还有大量的空白区及工作程度很低的地区,应尽量对该类地区的找矿类型、找矿方向做出较明确的超前预测。

2.2.3 制定铀成矿理论集成创新的总体思路

在确定需重点攻关的铀成矿理论集成和创新的关键技术和需注意的重要事项后,有针对性地制定了本项研究的总体思路:针对以往铀矿地质研究工作的薄弱点和重视不足的关键地质问题,从我国地质构造背景和铀矿成矿的实际特点出发,充分借鉴国内外地球科学的最新研究成果,特别是在中国在区域地质研究和现代成矿理论研究方面的新认识,系统研究中国不同类型铀矿床分布规律、产出的地质环境、矿化特征,建立成矿模式、找矿判据和找矿模型,进行成矿远景带(区)的划分,并对铀矿成矿潜力做出定性评价,为有效指导今后找矿实践,推动铀矿找矿的新突破提供依据。

2.3 组建了“三环一控”科技攻关团队,构建了即聚焦又碰撞的横向团队运作模式和纵向组织管理架构

2.3.1 依托中核集团铀资源勘查与评价技术平台,组建了“三环一控”科技攻关团队

根据项目研发需要,依托中核集团铀资源勘查技术重点实验室,组建了中国铀成矿理论集成创新研究的“三环一控”科技攻关团队。“三环”是指优选自 1955 年我国开展铀矿地质研究以来便投身于此直至退休,知识经验最为丰富的老一辈铀矿地质专家(其中,多人为留苏专家)为团队核心,相关研究领域中青年科研骨干为核心内环,青年科研辅助人员为外环的环形科研团队。以老一辈铀矿地质专家为团队核心,即由其主导项目的具体实施,充分发挥老专家几十年积累的渊博知识和丰富经验,引导中国铀成矿理论的集成和创新;但老专家工作时间和精力有限,且在办公自动化、信息化手段的使用上又不易上手。因此,为其配属了精力旺盛的中青年科研骨干配合其开展工作。该类人员技术理论功底虽欠深厚,且经验不足,但善于学习,追求创新,渴望前辈引导而提升自己,又精通现代化的办公设备和信息化手段,与老专家合作相得益彰;另外,考虑到项目开展过程中日常琐碎性事务(如提交各类报表、经费预算、财务报销等)繁多,为使核心科研人员集中精力开展科学研究,避免不必要的精力分散,配备了更为年轻的科研辅助人员,该类人员具有相关工作经验,具备相关工作技能,积极主动且执行力强,基于向前辈学习的心态也乐于承担此项业务。作为团队成员的最外环,虽然技术贡献远不及内环及核心成员,但却有效保障了项目研究的高效推进,与核心成员相辅相成,亦不可缺。“一控”是指聘任管理和技术经验兼备的两位高级铀矿地质专家为总指挥和总地质师,联合把控铀成矿理论集成和创新的核

心内容和主体方向,协调解决项目执行过程中出现的重大问题,引领项目研究如期高效完成(图 1)。

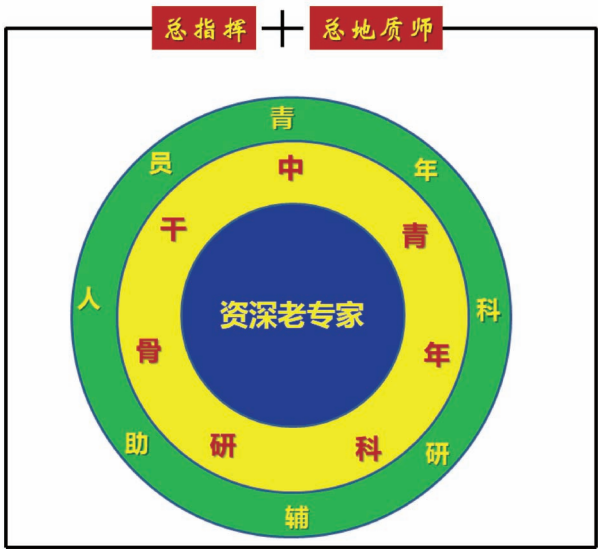


图 1 “三环一控”科研攻关团队组成示意图

“三环”式人员配置模式与传统科研团队组建模式相比,为传统的以中青年科研骨干为核心,老专家为辅助指导模式的角色倒转,即突出了退休老专家不可替代的核心地位和作用,使其干劲十足。又充分发挥了中青年科研骨干的技术优势,传承经典,实现了老、中、青人员的有机结合,开拓了一种以老带新的传承渠道。

2.3.2 构建了既聚焦又碰撞的横向团队运作模式和纵向组织管理架构,集中力量开展科研攻关

为集中专业优势力量开展技术攻关,将中国铀成矿类型总体分为四大类(花岗岩型、火山岩型、砂岩型、碳酸盐岩型)和其它类型,分别形成各类型铀成矿专业领域的技术子团队,实现了技术聚焦、经验聚焦和人才聚焦。以定期集中和日常分散的方式,不同子团队老中青各层次技术人员开展交流探讨、集思广益,重点解决单一子团队难以攻克的技术难点,实现了思想大碰撞,智慧擦火花的效果。组建了决策层、管理层和实施层的纵向组织管理架构,实施层——各子团队开展日常项目研究,管理层——科技处负责日常项目管理,决策层——“两总”决定项目的执行方向。该架构既保证了项目实施的统一指挥和专业管理,又便于实施层的相对独立与横向协同配合。实现了“专业人做专业事”,克服了单一团队力量不足、思路单一的弊端,集中力量开展科研难点的技术攻关(图 2)。

2.4 针对项目团队成员“三大特征”,创新科技管理方式,实现组织管控扁平化

因项目团队成员的年龄结构、知识结构、薪酬结构和“三观——价值观、世界观和人生观”结构等存在明显差异,尤其是资历深厚的退休老专家作为核心研发成员,使项目团队呈现出了复杂性、多元性和不确定性“三大特征”。“复杂性”是指项目团队成员的知识结构复杂,在执行过程中如何挖掘

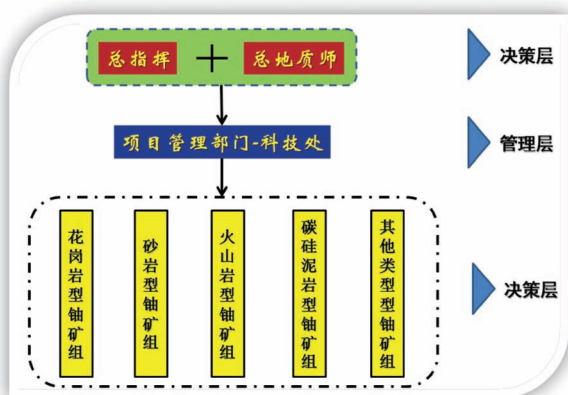


图2 科研攻关团队组织管理架构图

人才、识别人才、管理人才,愈加复杂化;“多元性”是指项目团队成员年龄结构跨度在 25 岁~75 岁,年龄结构的多元化使得不能使用一种观点、一种思维、甚至一种理念去管理人才,必须具备多元化的管理视角、包容的管理心态才能实现高效管理;“不确定性”是指团队成员往往有着强烈的自尊和意愿,且在老专家身上表现尤为突出。尽管他们依然对单位忠诚,对事业热爱,却必须与自尊产生必要的关联。若仍用传统的管理方式管理,则必将面临极大的挑战。

为有效应对科研团队呈现的“三大特征”,须对传统的科研项目管理方式进行变革,实现传统的组织管控到组织扁平化管理转变,即简化科研过程管理,强化科技创新主体地位。具体来说,中国铀成矿理论集成和创新攻关涉及基础理论创新和勘查应用实践,且核心研发人员为退休的资深老专家,高难的科研团队任务和独特的人员组成,决定了必须简化科研过程管理,切实减轻科研人员负担,保障科研人员将更多的时间和精力投入科技研究。在满足相关项目管理基本要求情况下,减少了月报、季报、半年报编制和提交等过程管理,放松了上下班打卡和坐班考勤,建立了上午集中办公,下午分散交流的非约束性工作时间制。聘请了财务助理编制项目预算和执行情况统计,切实减轻了科研人员负担,保障了科研人员将更多的时间和精力用于科技研究。值得一提的是,所有退休的老专家上午均在办公室集中办公,下午不定来时来院办公,已入古稀的忙碌背影感动并带动了年轻科研人员的工作热情。

2.5 创建舒适宽松、科研便利的工作环境,以“环境赋能”焕发科研人员创新活力

因项目核心成员多为退休老专家,而该类成员退休时已腾退固定的办公场所。为实现既聚焦又碰撞的横向团队运作模式,使项目高效实施,在项目执行之初,便为老专家配备了宽敞明亮、舒适宽松的办公场所,且均集中在同一楼层办公,办公室内配置了轻便实用的专业仪器(显微镜、放大镜等),团队中的中青年科研骨干和辅助人员均调配到临近楼层办公,便于及时响应老专家需求。为方便老专家随时查阅

存档资料,为其办理了核地研院档案馆借阅证明。为使其及时了解最新的科研学术进展,为科研辅助人员配备了网络期刊文献查阅账号,辅助老专家查阅下载相关文献资料。通过创建舒适宽松、科研便利的工作环境,营造良好的环境氛围,调动了科研人员积极工作的活力,以“环境赋能”焕发了科研人员创新活力。

2.6 构建以“四紧一松”为考核原则,“物质—薪酬,精神—知识传承”双重激励并重的绩效管理体系,以“激励赋能”释放科研人员的创新潜能

为保证科研任务按期高质量完成,在强化科研周期内的目标任务考核前提下,必须充分调动科研人员的科技创新积极性。因此,结合项目独特的团队成员特征,构建了以“四紧一松”为绩效考核原则,并通过多项目联合定向薪酬激励——物质激励,以及著书立转、知识传承——精神激励的绩效管理体系,以“激励赋能”释放了科研人员的创新潜能,确保最终目标任务的实现。

2.6.1 制定“四紧一松”的绩效考核原则

鉴于中国铀成矿理论集成和创新是基础的理论研究类项目,科研团队又具有“多元性、复杂性和不确定性”三大特征。为将科研人员从繁琐的过程考核和材料提交中解脱出来,又能保证目标任务的高质量完成,制定了“四紧一松”的绩效考核原则(图)。“四紧”即紧抓项目目标任务为绩效考核依据,紧抓项目团队为绩效考核单位,紧抓项目关键节点为绩效考核周期,紧抓项目结果为绩效考核始终;“一松”指宽松项目过程管理。具体来说,即在项目执行过程中,紧紧抓住应用于铀矿找矿实践的中国四大类型及其他类型铀成矿理论的集成和创新这条主线作为目标任务进行考核,强调四大类型及其他类型铀成矿理论科研团队的荣辱与共作为绩效考核单位,抓牢铀矿床归类、矿床式建立方案、成矿理论创新、找矿方向拓展等关键点作为绩效考核周期,突出中国铀成矿理论集成和创新成果报告和相关专著作为绩效考核始终。在“四紧”考核框架下,对项目实施过程考核实行了宽松化管理,即前文所述的扁平化过程管理。“松紧结合”的绩效考核原则为最终目标实现奠定了坚实基础。

2.6.2 实行“物质—薪酬、精神—知识传承”并重的双重激励机制

考核仅是把控目标任务完成的手段,而激励则是项目顺利实施的有效催化。按照《核地研院科研人员岗位津贴管理办法》,科研人员当年度薪酬同承担的科研项目挂钩,按所承担科研项目年度经费定岗定级,并按比例计提奖金。鉴于中国铀成矿理论集成和创新是基础的理论研究类项目,研究周期长,团队人员多,资料整理、编制图件等基础工作量大,专项经费所定薪酬仅能保证核心团队较高的薪酬待遇,而对于青年科研骨干和辅助成员则体现不足。为此,为充分调动团队成员的工作积极性,激发青年团队成员对枯燥的基础性理论研究类项目持续投入的工作热情,鼓励青年团队成员结合项目关键技术和创新难点,申报技术基础、铀矿地质科

研、院长青年基金等渠道项目,并在择优遴选中予以倾斜。据此,共为团队科研人员配套支持十余项,总经费超过 500 万元的科技攻关项目。配套多项目联合的定向薪酬激励机制,充分调动了青年科研人员的积极性,保持了本项目科研队伍的相对稳定,同时又借力打力,提升了配套支持项目的科研成果。同时,数十名青年科研人员得到培养和锻炼,逐渐成长为承担重任的项目负责人。

薪酬激励有效调动了青年科研人员的积极性,但对于退休多年,生活丰裕的老专家来说并不能发挥很好的效果。退休老专家之所以在古稀之年全身心投入此项目,更多的是一种期待和祈望,期盼看到其毕生所学能沉淀下来,传承下去。因此,在项目设计之初,项目“两总”便制定了项目主要成果之一即是著书立传和人才培养,将老专家数十年所学、所用、所悟以专著和带团队的形式积淀传承。这种精神层面的激励,有效激发了老专家内心的渴望,工作欲望和创新积极性大大提升。

2.7 建设“年龄有代沟、学术无代沟;科研有风险,创新容失败”的团队主流文化,以“文化赋能”激发科研人员的创新动力

2.7.1 构建“年龄有代沟、学术无代沟”的团队交流文化,建立横纵贯通、畅所欲言的沟通交流机制,营造百花齐放、百家争鸣的学术氛围

中国铀成矿理论集成和创新团队成员的年龄结构跨度在 25 岁~75 岁间,老、中、青相结合的三环式年龄代沟明显。老专家知识经验最为丰富,但思路相对固定,对自己秉持的学术观点相对坚持。青年科研人员思路相对活跃,容易学习、吸纳不同的学术观点,但知识经验欠缺,也不易接受说教式的管理。

中国铀成矿理论的集成和创新是对国内外已有铀成矿理论的重新梳理和再认识,在批判性继承的基础上创新提出新的成矿理论,是一次铀成矿基础理论研究领域的思想大碰撞。不同的人对同一成矿理论可能持有支持、怀疑或否定的态度,尤其是工作经历丰富的老专家,其理论倾向性更强。因此,项目执行过程中,实施层不同专业分组横向间以及决策层、管理层和实施层纵向间,必须开展广泛的沟通交流,以广开思路,广泛集成不同学术观点。项目实施伊始,便制订了横向自由交流、纵向定期研讨的工作交流机制。至项目实施结束,共组织了二十余次纵向工作交流会。每次交流会,决策层、管理层和实施层参会人员均无拘束、毫无保留的发表自己的意见,在与会人员广泛交流研讨的基础上,管理层求同存异,总结制定相应的工作方案,经决策层签批后下发执行。这种横纵贯通的团队交流文化改变了传统工作会组织性强的交流方式,不以行政决策代替学术决策,赋予了科研人员创新自主权,尊重了科研人员创新的主体地位,营造出了百花齐放、百家争鸣的学术氛围。

2.7.2 创建“科研有风险,创新容失败”的团队创新文化,提升项目成员的创新自信心

中国铀成矿理论的集成和创新的核​​心是重在理论集成,重在基础创新,实现继往开来、承前启后的铀成矿理论提升。凡是科学研究均有失败的风险,尤其是基础性理论的科学研究风险更大;科技领域创新难,基础性理论的科技创新更难。为了提升项目成员的创新自信心,增强自主创新能力,项目实施过程中容纳不同的观点,即使是当前认为的错误观点,支持在可接受范围进行不同的试验,即使是可能失败的测试。创建出一种“科研有风险,创新容失败”的团队创新文化,使鼓励创新,包容创新的理念深入科研人心,让所有参研人员均敢为不断创新而怀有“亦余心之所善兮,虽九死而犹未悔”之豪情。

2.8 及时开展成果宣传,出版中国铀成矿理论专著

2.8.1 加强铀成矿基础理论创新成果宣传,及时撰写发表学术论文,组织省部级成果鉴定

在项目开展过程中,凡是新的有学术价值的研究成果,均组织相关科研人员及时撰写学术论文,并选择具一定影响力的期刊刊登,及时对取得的科研成果进行宣传,并接受同行学者的批评指导。自项目伊始,基于本项目研究所刊登的学术文章数十篇,所提出的新的学术观点如一种新的花岗岩富矿类型、花岗岩岩体热隆抽拉构造成矿等引发了地学界广泛的学术反响,及时指导了野外找矿实践。项目完成后,请核工业专利中心对项目取得创新点进行了查新,并出具了专业的查新报告,证明了项目研究成果的创新性。此后,申请中国核工业集团公司组织专家组对本项目成果进行了综合鉴定,并出具鉴定意见,专家组一致对本项目取得的学术成果给予了高度认可。

2.8.2 编制出版四大类型及其他类型铀成矿理论研究专著,确保成果沉淀、经典流传

项目立项之初便确定了出版相关专著的目标,以出版专著的高度开展本项研究,制定了边研究,边总结,边编写的工作原则。至项目结束,历时 4 年多,集中大量的人力、物力和财力,形成了共约 780 万字,插图和照片 2500 余幅,内容十分丰富、资料十分翔实的 5 卷 10 册之专著。该四大类型及其他类型铀成矿理论研究专著不仅具有很高的地质理论和找矿应用价值,也具有重要的铀矿地质史料价值,承接了成果沉淀、经典流传的传承重任。

3 实施效果

3.1 中国铀成矿理论集成与创新研究成果,荣获多项荣誉和奖项

中国铀成矿理论的集成和创新研究,全面总结了我国各大工业类型铀矿成矿规律,建立了各大类型铀矿的成矿模式、区域找矿模式及预测模型,构建了典型铀矿床的矿床式,在四大铀成矿类型及其他类型领域均取得了重要的理论创新成果:

(1)发现了一种新的花岗岩型铀矿找矿类型——绢英岩化型,进一步阐述了成矿热液不是来自花岗岩岩浆分异而是慢汁的观点,为华南新增了一种重要的富矿找矿类型,大大提升了华南花岗岩型铀矿的找矿潜力,创新发展了世界铀矿地质理论。

(2)创新提出了火山岩型矿床均为深源热流体成矿,发现了火山岩型铀矿床特有的垂向富集规律,指出富大矿体主要形成于火山盆地底部不整合上、下过渡带附近,建立了中国东部火山岩盆地“两层楼”、“三层楼”的成矿模式,拓宽了找矿思路。

(3)提出了层间氧化带型砂岩铀矿的沉淀富集机制,指出层间氧化成矿作用中还原含铀地下水中的铀并使其在前锋区富集的是砂岩中的有机质在缺(无)氧条件分解所产生的还原性气体—— H_2S 和 H_2 ,这一创新性认识解释了层间氧化作用各亚带中铀与有机质的同步消长关系,丰富和发展了层间渗入砂岩铀矿成矿理论。

(4)对于碳硅泥岩型铀矿中的热液亚类铀矿,提出了其成矿热液来源于深源热水与深循环大气降水的混合水,铀主要来自热液形成与流经的地壳深部;建立了碳硅泥岩型铀矿的找矿模式和预测模型,阐明了沉积—成岩亚型与外生渗入亚型成矿条件和富铀地层形成机制。

(5)提出了产铀伟晶岩的源岩不是来源于花岗闪长岩,产铀伟晶岩和花岗闪长岩的形成不是一个连续过程。首次定义了我国碱交代铀矿床“酸质成矿场”,并确定了成矿场物理化学特征以及碱交代铀矿床热液酸碱演化的定位规律。

2013年经中国核工业集团公司组织的成果鉴定,项目成果总体达到国家先进水平,部分理论达到国际领先水平。集成上述铀成矿理论开展的“地浸砂岩型铀矿快速评价技术及应用”于2012年荣获国家科学技术进步二等奖,“全国铀矿资源潜力评价技术体系与总量预测”于2014年荣获国防科学技术进步二等奖,“中国铀成矿理论的集成和创新”于2016年荣获中国核能行业协会科学技术一等奖等奖项10余项;向中国地质学会申报的“中国铀矿床研究评价”、“全国铀资源潜力评价”等8项成果荣获2010~2017年(2014年和2016年除外)中国地质学会十大地质科技进展。

3.2 支撑落实了一批新的铀矿勘查基地,有效保障了核电发展需求

中国铀成矿理论的集成和创新成果成功应用于我国核地勘单位铀矿勘查工作中,并取得了显著的找矿效果。其中,花岗岩铀成矿理论创新成果指导核工业二三〇研究所优化了花岗岩铀矿勘查钻探工作部署,并在秀才洞地区钻遇视厚度达18m的厚大矿体。目前,该地区已落实为中型铀矿床,成为我国南方地区重要的花岗岩铀矿勘查基地;指导核工业二九〇研究所在长江和下庄铀矿勘查区均发现了新的铀矿化,落实了新增铀资源量。砂岩和火山岩铀成矿理论创新成果指导核工业二一六大队在雪米斯坦、扎伊尔火山岩铀成矿区,伊犁和准噶尔砂岩型铀成矿区取得了铀矿找矿新突破,落实了新增铀资源量。

3.3 指导了我国铀矿勘查规划编制和工作部署,指明了铀矿找矿方向

该项目大大丰富和发展了我国铀矿成矿理论,为我国铀矿地质勘查指出了新的找矿方向 and 新的类型,花岗岩型、火山岩型、砂岩型和碳硅泥岩型铀矿系列创新成果自2011年起已在全国主要铀矿勘查区得到全面推广应用,为铀矿大基地和重点勘查区资源扩大突破提供了理论指导,并取得突出的应用效果。该成果有效指导了铀矿地质勘查“十二五”、“十三五”勘查规划的编制,对我国“十二五”、“十三五”乃至中长期铀矿勘查战略部署具有十分重要的理论支撑意义和实际应用价值,并可扩展应用于其他金属和能源矿产资源的勘查。

3.4 双创并进,显著提升了核地研院学术地位和综合影响力

中国铀成矿基础理论创新有效驱动和指导了铀矿勘查技术创新。在四大工业类型和其他类型铀成矿理论的指引下,开发和改进了遥感、地球物理、地球化学和钻探工艺等铀资源勘查技术方法,加强了砂岩型、热液型铀矿攻深找盲有效技术方法组合集成研究,基本形成了以地质、航天遥感、航空高光谱遥感、高分辨地球物理勘查、深穿透地球化学测量技术为主,以水文地质、钻探、分析测试技术为辅的“天空地深”一体化攻深找盲技术方法体系,综合探测深度已超过1300m,为开辟我国铀矿“第二找矿空间”提供了强有力的技术支撑。成功实施2818m的我国铀矿第一科学深钻,开创了世界铀矿勘探的最大深度,实现了铀矿科学深钻场址定位关键技术的突破;首次在相山火山盆地发现上“铀”下“铅锌铜”多金属矿化垂向排列的现象,拓展了我国火山岩型铀矿的深部找矿空间,该成果于2013年得到新华社、中央电视台、人民网、《国土资源报》、《科技日报》等多家主流媒体的报道,显著提升了核地研院学术地位和综合影响力。

3.5 沉淀专著,肩负了经典流传的传承重任

我国开展铀矿地质勘查工作已有60余年,倾注数十年芳华岁月,为我国铀矿地质科技事业做出突出贡献的科学家多已年近八旬,这些老前辈们具备着扎实的专业理论知识,积累了丰富的野外实践经验,只有代代薪火相传、永不失传才能保障中国核地科技领域的优势地位。中国铀成矿理论集成和创新沉淀的共约780万字,插图和照片2500余幅,5卷10册之《中国铀矿床研究评价》专著,犹如一座宏伟的丰碑,镌刻着中国铀矿勘查不平凡的历史和取得的辉煌成果。可以说是中国铀矿找矿和成矿理论最新的全面升华,具有很高的地质理论价值和应用价值,也具有重要的铀矿地质史料价值。其中,很多成果不仅在我国国内矿床学界,而且在国际铀矿地质界均属首创,具有广泛的应用价值和社会效益。该专著问世,对我国铀矿地质研究起到了继往开来的作用,引领后来者站在巨人的肩膀上,不断开拓前进。

4 结论

核地研院开展的以中国铀成矿理论集成和创新为导向

的地质科技管理方式创新与实践,创新发展了一套成熟的适用于特殊人群、特定目标为导向的新型地质科技管理方式,有效保障了中国铀成矿理论集成和创新目标的实现,填补了铀矿地质基础理论研究的多项空白。编撰形成的专著是迄今最系统、最全面研究我国四大类型及其他类型铀成矿的系列科技文献,是我国铀矿地质科研史上的一座重要里程碑。自中国铀成矿理论的集成和创新项目实施以来,相继取得的多项理论创新成果,成功应用于核地研院铀矿地质科研和勘查项目中,扩大了核地品牌在国内地学领域的影响力,显著增强了核心竞争力。通过科技管理能力提升,助力核地研院“走出去”战略成功实施,先后与加拿大、澳大利亚、俄罗斯、乌克兰、巴基斯坦、沙特等国家相关科研单位在铀资源勘查领域建立了良好的双边合作关系,并开展了相关铀钍资源调查评价和技术服务,加快了迈向国际一流企业的步伐。

致谢:衷心感谢杜乐天、黄净白、陈祖伊、赵凤民、仇宝聚、胡绍康、陈戴生、刘正义、方锡衡、谢佑新、古抗衡、冯明月、王木清等研究员和王文广高工等老一辈铀矿地质学家在中国铀成矿理论集成和创新中付出的努力,谨以此文向他们表示最崇高的敬意!

参 考 文 献 / References

陈祖伊,陈戴生,古抗衡,等.2011.中国铀矿床研究评价(第三卷——砂岩型铀矿床)[R].中国核工业地质局,核工业北京地质研究院,总前言:Ⅱ~X.
杜乐天,王文广,刘正义.2011.中国铀矿床研究评价(第一卷——碳硅泥岩型铀矿床)[R].中国核工业地质局,核工业北京地质研究院,总前言:Ⅱ~X.
核工业部地质局.1985.中国铀矿床发现和发展实例(1955~1985)[R]:10~20.
黄净白,方锡衡,谢佑新.2011.中国铀矿床研究评价(第二卷——火山

岩型铀矿床)[R].中国核工业地质局,核工业北京地质研究院,总前言:Ⅱ~X.
李子颖,熊继祖.2014.核工业北京地质研究院发展史(1959~2014)[M].北京:中国原子能出版社:4~13.
人民网,2014.国务院:2020年全国核电装机容量达到5800万千瓦[OL][2019-03-23]http://energy.people.com.cn
仇宝聚,胡绍康.2011.中国铀矿床研究评价(第五卷——其他类型铀矿床)[R].中国核工业地质局,核工业北京地质研究院:Ⅱ~X.
张金带,李子颖,蔡煜琦,等.2014.中国铀成矿区带划分和铀资源的区位优势[R].中国核工业地质局,核工业北京地质研究院:1~10.
张金带,李子颖,徐高中,等.2015.我国铀矿勘查的重大进展和突破——进入新世纪以来新发现和探明的铀矿床实例[M].北京:地质出版社:3~17.
赵凤民.2011.中国铀矿床研究评价(第四卷——碳硅泥岩型铀矿床)[R].中国核工业地质局,核工业北京地质研究院:Ⅱ~X.
Dahlkamp F J.1993.Uranium Ore Deposits[M].Berlin:Springer-Verlag:20~40.
IAEA/NEA.2016.Uranium 2016:Resources,Production and Demand[R].Paris,OECD/NEA:30~50.

WANG Junhu, ZHANG Jindai, LI Ziyang, QIN Mingkuan, FAN Honghai, LI Linqiang, LI Xiaocui: Innovation and implementation of geological scientific and technological management methods based on the Chinese uranium mineralization theory integration and innovation
Keywords: Uranium mineralization theory; integration and innovation; geological technological management innovation; innovation effectiveness
Manuscript received on:2019-03-03; Accepted on:2019-04-03;
Edited by: ZHANG Yuxu
Doi: 10.16509/j.georeview.2019.03.020

GEOLOGICAL REVIEW

Vol. 65 No. 3 2019

CONTENTS

Scholarly Discussion

The asthenosphere of the Qinghai—Xizang (Tibetan) Plateau and subduction of the Tethys Ocean YANG Wencai, QU Chen, REN Haoran, HUANG Lianjie, XU Yi, YU Changqing, LIU Xiaoyu (532)

Sedimentary response to Late Ordovician—Early Silurian Yichang uplift in Daba Mountains area XIONG Guoqing, WANG Jian, LI Yuanyuan, YU Qian, MEN Yupeng, ZHOU Xiaolin, XIONG Xiaohui, ZHOU Yexin (550)

Mechanical simulation of 3D spherical shell model for Permian Pangaea supercontinent and its tectonic significance LI Jianghai, SONG Juechen, MAO Xiang (557)

Sulfur isotopic composition of sulphate in Oligocene Series in Yingxi area, Qaidam Basin, and its geological significance CHEN Qilin, ZHANG Xiaojun, HUANG Chenggang, LI Xiang (572)

Petro-tectonics of volcanic rocks from the Shamuluo Fomation in Anglonggangri area located in west segment of Bangong Lake—