

大营铀矿勘查中实物地质资料的开发利用 ——找矿思维的转变与创新

宋焕霞¹, 赵世煌¹, 赵桂军¹, 张广玉¹, 袁 伟²

SONG Huanxia¹, ZHAO Shihuang¹, ZHAO Guijun¹, ZHANG Guangyu¹, YUAN Wei²

1. 国土资源实物地质资料中心, 河北 燕郊 065201;

2. 内蒙古地质工程有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010010

1. National Resources Geological Sample Center, Yanjiao 065201, Hebei, China;

2. Inner Mongolia Geological Engineering Co., Ltd., Huhhot 010010, Inner Mongolia, China

摘要:简述了中国煤系共伴生矿产资源概况及勘查开发利用的重要意义。总结了大营铀矿“煤铀兼探”找矿模式的创新和煤系勘查钻孔实物地质资料二次开发利用发挥的作用。通过实例证明,开发利用煤系勘查实物地质资料是实现中国煤系共伴生多矿种兼探的有效途径,并认为这种“大营范式”具有广泛的推广应用价值。

关键词:大营铀矿;煤系共伴生矿产;煤铀兼探;实物地质资料二次开发

中图分类号:P619.14 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2016)11-1895-05

Song H X, Zhao S H, Zhao G J, Zhang G Y, Yuan W. Second-round development and utilization of the geological samples in the prospecting for Daying uranium deposit: Change and innovation of prospecting thinking. *Geological Bulletin of China*, 2016, 35(11):1895-1899

Abstract: The general situation of the paragenetic and associated deposits in coal strata in China and the important significance of the exploitation of these kinds of deposits are reviewed in this paper. The innovation of the prospecting model “coal and uranium joint-exploration” in the Daying uranium deposit and the significance and function of the second-round utilization of geological samples obtained from the past drilling cores in coal strata are also summed up. Through case studies, it is proved that the second-round utilization of geological samples obtained from the past drilling cores in coal strata is an efficient means to realize joint-exploration of paragenetic and associated deposits in coal strata. The authors also consider that the Daying prospecting model has extensive application and spreading value.

Key words: Daying uranium deposit; paragenetic and associated deposits in coal strata; coal and uranium joint exploration; second-round development of geological samples

中国煤炭资源时空分布广泛,成煤时代从早古生代到新生代均有。聚煤区广布于华北、西北、东北、西南和华南地区。含煤地层和煤层中的共生、伴生矿产种类十分丰富,有的已成为国家的优势矿种或是国内外市场短缺的矿种,其中以非金属沉积矿产占主要地位,如高岭土、耐火粘土、膨润土、硅藻土、石墨等,多为大型或超大型矿床。

尤其是石墨矿床储量居世界之首。此外,煤层本身或其顶底板中常富集某些贵金属、放射性和稀有金属,如金、铂、银、铀、锆、镓、钒等,许多在煤中富集形成工业矿床(如富锆煤、富铀煤、富钒石煤等)。其中,含煤岩系中的铀是铀矿床的重要工业类型之一。近年来,中国在煤系地层中发现了很多铀矿^[1],其中大营铀矿的矿床规模达到超大型,

收稿日期:2015-07-06;修订日期:2015-08-16

资助项目:中国地质调查局项目(编号:12120114086701)

作者简介:宋焕霞(1960-),女,高级工程师,从事固体矿产勘查及实物地质资料管理与服务。E-mail: 306303009@qq.com

成为中国目前最大的铀矿,结束了中国没有世界级铀矿的历史。

1 大营铀矿“煤铀兼探”模式与煤炭勘查实物地质资料二次开发的作用

1.1 “煤铀兼探”模式

“煤铀兼探”是近年中央地质勘查基金在大营地区的找矿勘查实践工作中,以煤田探矿工程部署为基础,结合找煤、找铀勘查的共同之处,辅以核地质工作手段,按照综合勘查、综合评价的要求,借鉴整装勘查的思路,联合煤田地质与核地质勘查队伍,在传统煤矿勘查与铀矿勘查方法基础上的发展与创新。

大营铀矿不仅是含煤岩系的共生矿产,且铀矿的形成演化过程与含煤岩系密切相关,铀与煤的成矿直接具有成因联系。大营“煤铀兼探”找矿新思路实现了“一矿变双矿”的创举。由中央地质勘查基金投资并组织实施的内蒙古中部大营铀矿勘查取得重大突破,不仅发现了国内目前最大规模的世界级可地浸砂岩型超大型铀矿床,同时还探明煤炭资源储量 $510\times 10^8\text{t}$ 。不仅节省了大量铀矿前期找矿投资,同时也缩短了4~5a的铀矿勘查周期。大营铀矿的找矿成果,尤其是“煤铀兼探”的找矿模式,已经形成了“大营范式”找矿突破的新模板。其勘查项目的实施,真正把综合勘查、综合评价落到了实处,在成矿理论和管理模式的创新及实践经验的推广方面意义深远,其重要意义大大超过了找矿成果本身,对华北乃至整个北方地区的铀矿勘查具有重要的示范意义,引发了一场全国范围内多矿种兼探的勘查思维革命。

1.2 铀矿勘查中煤系勘查钻孔实物地质资料二次开发的作用

传统的浸砂岩型铀矿找矿方法,具有找矿难度大、探索性强、钻探运用较早、工作量使用较多、勘查周期长、技术要求特殊的勘查特点。大营铀矿“煤铀兼探”采用的勘查模式,是以煤田探矿工程部署为基础,结合找煤、找铀勘查的共同之处,辅以核地质工作手段,进行综合找矿勘查和综合评价。其中,在勘查找铀初期对前期煤系勘查施工钻孔实物地质资料的二次开发利用^[2]发挥了关键作用。通过一孔多用,不仅奠定了找铀突破的基础,且节省了钻探工作量和经费投入,还大大缩短了勘查周期,

提高了勘查效果。

2007年5月,以“统一部署、统一施工、整装勘查、综合评价”为原则,以“煤铀综合勘查”为指导思想,开展了艾来五库沟-台吉召勘查区煤炭普查项目。至2007年12月底,对艾来五库沟、漫赖、柴登、阿不亥、速贝梁和台吉召6个勘查区煤炭勘查施工的91个钻孔,完成放射性 γ 测井65396.09m。此后,对目的层直罗组和延安组上段的勘查施工岩心样品进行放射性 $\gamma + \beta$ 编录43803.5m,采集和测试放射性岩石样品511组,进行了铀、镭、钍、钾、湿度、密度等测试分析^[3]。发现了工业铀矿化孔2个、异常孔7个、伽玛增高孔13个;对直罗组层间氧化带前锋重新进行了圈定;研究了铀矿化与预测层间氧化带的关系,并确定了3个有利成矿地段,为进一步铀矿勘查提供了依据^[4]。

2008年,除对艾来五库沟-台吉召6个勘查区的煤炭普查钻孔(92个)继续进行铀矿综合勘查外,还开展了对阿不亥找矿靶区的验证,钻探工作量3500m。2009年下达钻探工程量9000m,对阿不亥地段矿体继续进行追踪控制,初步控制铀矿带的长度、宽度及含铀量、平米铀量等重要数据,估算铀资源量(334)数千吨,并对艾来五库沟和台吉召2处靶区进行了验证,大致控制了古层间氧化带前锋线的空间展布特征。

继艾来五库沟-台吉召勘查区铀矿综合勘查取得较好的成果之后,2009年中央地勘基金管理中心又在东胜煤田杭东、车家渠-五连寨子12个勘查区部署了更大规模的铀矿综合勘查^[5],对所有煤炭勘查钻孔进行放射性 γ 测井,对中侏罗统直罗组和延安组的第V岩段进行放射性 $\gamma + \beta$ 编录。杭东勘查区完成钻孔186个,放射性 γ 测井171947.54m;车家渠-五连寨子勘查区完成钻孔174个,放射性 γ 测井147334.78m。

大营铀矿找矿勘查期间,针对铀储藏识别和铀异常预测^[3-4,6-8],对二维地震资料进行了二次开发^[2]处理分析,识别出一些高角度正断层,并在有限钻孔测井约束下完成的地震反演还识别出铀储层和铀异常,解决了井间对比问题。通过反演识别出的铀异常,在随后的钻探中大多数得到了证实。实践证明,大营铀矿的找矿突破,前期煤炭勘查施工钻孔实物地质资料的二次开发作用至关重要,其中,钻孔实物地质资料的二次开发利用勘查共生矿

产的模式,在中国煤系共生多矿种兼探工作中,具有广泛的应用前景。

2 大营铀矿找矿思维的转变与创新

2.1 成矿理论与成矿模式的创新

大营铀矿勘查会战期间,探索出一套完整的铀矿化空间定位预测技术方法体系,并及时对工程设计、钻孔部署进行优化调整,为大营铀矿会战实现低成本快速突破,提供了坚实的理论依据和关键技术支撑,使探明的主要含矿层位资源量占矿区总资源量的80%。

在铀矿勘探过程中,系统地总结了微弱聚煤作用下的铀成矿模式,使“煤铀兼探”的新思路成功地得以实践和推广应用。与此同时,全面分析了鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿的地质条件,总结了大营地区的铀矿成矿规律和找矿标志^[6-8],分级别提出了大营外围的找矿靶区和远景区,为继续扩大大营铀矿的找矿成果提供了勘查部署依据。

中国地质大学(武汉)科研团队、核工业二零八大队、专家组共同组成专题研究课题组,揭示了聚煤作用与铀矿化的密切关系,进一步深化了“古层间氧化带型”砂岩铀矿床成矿机理的研究,完善了铀成矿模式^[9-10],有效地指导了勘查部署,并及时优化设计,扩大了找矿成果,为“煤铀兼探”的勘查思想提供了理论依据。

在陆相沉积盆地中,砂岩型铀矿床的形成和发育在很大程度上取决于铀储层的特征。铀储层的成因和结构直接制约含矿流场和层间氧化带的空间分布规律,进而制约铀矿化作用过程和铀富集空间(铀储层)^[5]。

在含铀岩系形成发育的构造背景、铀源分析、等时地层格架、目标层判别等背景分析的基础上,结合二维地震铀储层反演识别和铀矿化空间定位综合判别,重点进行铀储层、层间氧化带和成矿规律的研究,构成了铀成矿规律与预测研究^[6-8,11]的研究思路。

(1)地层格架:侏罗系直罗组是一个三级体系域,下段(低位体系域)可细分为下亚段和上亚段,均具有铀矿化迹象,上亚段铀矿化更活跃。

(2)微弱聚煤作用:直罗组下段普遍存在具有根土岩的薄煤线和炭质(暗色)泥岩,说明沉积期有微弱的泥炭沼泽化发生,且与含矿层间互出现。这

不仅可以作为含铀岩系地层对比的重要标志,也可以大大增强铀储层的还原性,尤其是当薄煤层或炭质泥岩同时出现在铀储层顶、底板,或是在铀储层中间以一种滞留沉积物(镜煤碎屑)出现时,将对层间氧化带的发育起明显的抑制作用。微弱聚煤作用可能是迄今为止直罗组下段上亚段在鄂尔多斯盆地成为唯一含矿层的主要地质因素。

(3)古层间氧化带定位预测:充分运用铀储层中具有古氧化性质和还原性质的砂岩信息,定量地给予古层间氧化带以科学的空间定位,并据此划分出古完全氧化带、过渡带和还原带。在直罗组下段上、下亚段2个铀储层中,具有还原性质的灰色砂岩含量与具有古氧化性质的绿色砂岩含量呈此消彼长的关系,因此可以依据具有不同岩石地球化学性质的砂岩厚度和所占百分含量,定量标定铀储层中古层间氧化带的分带边界。

(4)铀成矿规律研究:大营铀矿属于层间氧化型砂岩型铀矿。研究表明,古氧化-还原的过渡带是铀矿化最活跃的空间。大营铀矿由4个矿体组成,铀矿化体在剖面上多为板状,平面上呈现向北开口的“U”字型,随着层位的抬升,铀矿化作用增强,并依据古层间氧化带的迁移而逐渐具有向南东方向迁移的特征。

(5)控矿因素:综合研究发现,制约古层间氧化带作用的关键是铀储层的非均质性及铀储层内部和外部还原介质的丰度,前者制约古层间氧化带发育的轨迹,后者则控制古层间氧化带发育的里程,古层间氧化带前锋线附近是铀矿化的场所。

大营铀矿含铀岩系沉积期的泥炭沼泽化与后期的铀矿化事件密切共生。通过含铀岩系中聚煤事件的研究,揭示了煤与铀的成因联系。铀储层周边的微弱聚煤事件(薄煤层、炭质泥岩)成为大营铀矿区的重要找矿标志,也为研究区直罗组下段上亚段成为鄂尔多斯盆地唯一的工业铀矿化新层位找到了最佳的地质答案。铀储层结构和还原剂是制约铀矿化的2项关键地质因素。铀储层的非均质性,制约着古层间氧化带发育的轨迹。无论是铀储层内部的还原剂,还是铀储层周边的还原剂,都控制着古层间氧化带前锋线的具体位置,进而控制铀矿化作用。所以,准确预测和控制古氧化-还原过渡带是铀矿勘查工作最为核心的焦点,也是指导大

营铀矿找矿突破和扩大前景预测的根本地质理论和基础。

在综合分析鄂尔多斯盆地北部大区域控矿因素的基础上^[5,12],总结了适合于大营地区的铀矿化规律的系列找矿标志——相对稳定的构造背景、适当规模的铀储层、稳定的区域隔水层、微弱的泥炭沼泽化作用、区域的氧化-还原地球化学障等,这些找矿标志成为实施钻前部署和优化调整的主要地质依据。事实证明,大营铀矿会战期间,钻前预测成功率很高,矿化孔达到91%(其中工业孔占57%)。

2.2 找矿思维和勘查管理模式创新与实践

在以往的地质找矿工作中,由于专业所限,各行业地勘单位都是单打独斗,从单个项目看,每个单位都做得很好、很合理,但最后将其工作汇总在一起后,整体上却不合理,既造成工作量的浪费,又很容易漏掉找矿线索,即便是发现了铀矿线索,也只是简单提及而未进行综合评价,往往是煤炭项目勘查完毕就算完成任务。而中央地勘基金管理中心在大营铀矿勘查工作中,调动地矿、煤炭、核工业等不同行业的地勘单位,开展“煤铀兼探”大会战,进行综合勘查和综合评价,有效地减少了工程量投入,降低了勘查投资,缩短了找矿周期,取得了显著的经济和社会效益。

大营铀矿的发现,是因为大营矿区不仅有煤,且的确有铀的存在,这是客观事实,也是发现铀矿的前提条件。但大营铀矿的发现不是偶然事件,其理论和地质方面的依据源于大营矿区与核工业地质队发现的一处铀矿,二者同处于一个大的成矿地质构造单元中。根据区域成矿规律,同一地质构造带的不同地段,成矿地质条件很可能赋存有相似矿床^[9]。将已知铀矿区与大营矿区联系起来进行类比分析^[7],判断具有类似地质条件的大营矿区有可能找到类似的铀矿^[13]。因而决定,在大营矿区实施就矿找矿式的“煤铀兼探”。

用发展变化的思路指导找矿是快速发现大营超大型铀矿的重要因素。大营矿区在第一阶段找煤过程中,对施工的90多个钻孔开展钻孔实物地质资料编录、样品测试分析和放射性测井,发现有2个钻孔有铀矿存在后,立即将找矿方针由“以找煤为主”转变为“煤铀兼探”;当发现大营铀矿可能具有较大远景时,又果断地将找矿方针从“煤铀兼探”转变为“以找铀为主”。随着勘查工作的推进,矿区发

现了新的含矿情况,并通过及时调整找矿指导方针,最终发现了一个世界级规模的超大型铀矿。

大营铀矿这一重大成果的发现,主要得益于勘查思维和管理模式的创新^[14]。从开始的煤炭勘查,发展到“煤铀兼探”,再到后来的多矿种兼探勘查思维的创新,以及在勘查过程中采取“统一设计部署、统一技术要求、统一施工调度和统一成果编制”的原则组织实施,是中央地勘基金全额投资项目通过联片勘查、煤铀兼探、部门联合、组织会战、配套科研、旁站监理6项重要管理模式创新,这些创新在实现找矿突破中起到了至关重要的作用。首先是联片勘查,遵循成矿地质规律,将18个煤炭勘查项目整合为3个勘查区块;其次是“煤铀兼探”,利用煤炭勘查钻孔进行铀矿地质编录、测试和放射性测井,进而圈定靶区;第三是集团会战,调集分别隶属于中国核工业集团、中国煤炭地质总局、内蒙古国土资源厅和内蒙古地勘局的4支勘查队伍精心组织和科学施工,一举实现大营铀矿勘查的快速重大突破;第四是产、学、研一体,创造性地在铀矿勘查项目中配套设置了相应的科研项目,引入中国地质大学(武汉)等专业铀矿科研团队,实现了科研、生产、教学的紧密结合与相互促进。

3 结 语

大营铀矿勘查重大突破是中国建立“公益先行、商业跟进、基金衔接、整装勘查、快速突破”的地质找矿新机制以来的一次成功实践。其中,在勘查找铀初期对前期煤系勘查施工的钻孔实物地质资料进行二次开发利用,起了关键的作用,为进一步开展铀矿勘查提供了依据。通过一孔多用,奠定了找铀突破的资源基础。大营铀矿找矿突破的创新与实践,破解了中国长期以来存在的科研与生产“两张皮”现象,是近年来“找矿突破战略行动”中对异体共生矿床进行就矿找矿的重大成果,是“煤铀兼探”找矿新思路的成功范例,为中国固体矿产勘查领域提供了一个快速、高效、低成本、大成果的成功典范,极具推广价值。

应用大营铀矿范式,进一步扩大大营铀矿成矿规律预测系列成果的应用范围和研究深度,推动了全面开展综合勘查找矿突破的战略行动。目前,在国土资源部的积极推动下,大营铀矿“煤铀兼探”思路已经得到广泛的推广和应用,新的铀矿找矿成果

不断涌现,促进了中国铀矿勘查开发格局的转变,新一轮铀矿找矿热潮正在兴起。目前,中国北方地区砂岩型铀矿勘查中,已有很多新发现。中央地勘基金管理中心积极组织由大营铀矿矿区向外围扩大矿床远景。中国地质调查局华北地质调查中心发挥基础调查优势,积极开展煤炭勘查地质资料的二次开发,已在华北地区圈出数十处找矿远景区。

开发煤系共伴生矿产是落实《矿产资源法》的重要措施,是煤炭企业发展的不可忽视的新途径。煤系共伴生矿产绝大部分作为煤层的顶板或底板或煤层的夹层赋存,利用煤矿生产系统开发共伴生矿,既可以节约勘探开发投资,又可以提高矿井利用率,还可以取得显著的经济效益和社会效益。

致谢:编写过程中得到内蒙古地质工程有限责任公司等单位多位专家的大力支持和帮助,在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献

- [1] 张金带,李友良,简晓飞.中国铀资源勘查状况及发展前景[J].中国工程科学,2008,1:54-60.
- [2] 郭真,赵向辉.浅谈地质资料信息资源的二次开发与利用[J].吉林地质,2002,21(4):75-77.
- [3] 韩晓青,赵英俊,方茂龙.铀资源信息管理与分析系统的研制和开发[J].铀矿地质,2007,23(4):239-243.
- [4] 常树帅.砂岩型铀矿勘查中航空、航磁信息开发研究[J].铀矿地质,2006,22(5):300-304.
- [5] 向伟东,方锡珩,李田港,等.鄂尔多斯盆地东胜铀矿床成矿特征与成矿模式[J].铀矿地质,2006,5:257-266.
- [6] 翟裕生.关于矿床学研究前景的探讨[J].矿床地质,1999,18(2):146-152.
- [7] 毛景文,华仁民,李晓波.浅议大规模成矿作用与大型矿集区[J].矿床地质,1999,18(4):291-299.
- [8] 翟裕生,邓军,彭润民.中国区域成矿若干问题探讨[J].矿床地质,1999,18(4):341.
- [9] 苗爱生,陆琦,刘慧芳,等.鄂尔多斯砂岩型铀矿床古层间氧化带中铀矿的产状和形成[J].地质科技情报,2009,28(4):51-55.
- [10] 李盛富,张蕴.砂岩型铀矿床中铀矿物的形成机理[J].铀矿地质,2004,20(2):80-84.
- [11] 王泽明.松辽盆地可地浸砂岩型铀矿成矿地质条件[J].矿业科技,2013,11(5):349-352.
- [12] 陈正乐,陈宣华,王小凤,等.可地浸砂岩型铀矿床特征及成矿条件初析[J].矿床地质,2002,21:853-856.
- [13] 彭云彪.改变中国铀矿资源分布格局的勘查实践——核工业二〇八大队近年来内蒙古铀资源勘查工作综述[J].西部资源,2013,3:81-82.
- [14] 王立彬.内蒙古发现世界级铀矿中国“贫铀”论将有所改变 终结中国无世界级铀矿的历史——就大营铀矿突破专访中央地勘基金管理中心负责人[J].西部资源,2013,1.