

核环境保护技术研究中的自然观与方法论探讨

王文涛,谢水波^①

(南华大学 国际交流与合作处,湖南 衡阳 421001)

[摘要] 文章从科技哲学的层面上探讨了核环境保护技术研究中,涉及铀矿冶生产与资源环境保护、放射性废物(水)处理处置、核素迁移模拟等技术研究中的自然观与方法论,并结合科研实践介绍了整体性观点在指导科学研究工作中的价值。

[关键词] 自然观; 系统论; 核环境保护; 铀矿冶

[中图分类号] N3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2009)01-0028-03

一 自然辩证法中的自然观

科学技术的发展,提出了自然观,包括系统自然观和生态自然观。系统自然观在马克思主义经典著作里有极为深刻的和丰富的系统思想,唯物辩证法中的普遍联系与相互作用其实质就是系统思想的哲学表达。马克思主义自然观认为,客观世界是相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程形成的统一整体,而客观世界普遍联系及其整体性的思想就是系统思想^[1]。

恩格斯在考察自然界时,也把自然界看成一个系统的整体,他说“我们所面对的整个自然界形成一个体系,即各种物体相互联系的总体”^{[2]409}。他指出,由于自然科学的进步,整个自然界是作为“种种联系和种种过程的体系而展现在我们面前”^{[2]538-539},系统中各个要素、各个过程的“相互作用是我们从现代自然科学的观点考察整个运动着的物质时首先遇到的东西”^{[2]574},这些相互作用是事物运动的真正的终极原因。

生态自然观是在生命科学、生物科学、环境科学与生态学的发展下提出的。马克思、恩格斯认为,在人类的物质生产活动过程中,在人与自然界的关系上,自然始终处在优先地位,在劳动过程中,“没有了自然界,劳动者就什么也不能创造”,自然界是我们人类生存的基础。生态学则深入地研究了生态系统中人与自然的关系,人类经济活动对自然界的影响,以及人与自然的关系在可持续发展中的决定性作用。人类必须保护自然——人类赖以生存的环境。

运用系统工程手段和生态学原理,有利于我们探讨生态系统的动力学机制和控制论方法,协调人与自然、经济与环境、局部与整体间在时间、空间、数量与结构间的系统耦合关系,使资源得以高效利用,实现人与自然高度和谐,环境经济持续发展。人类必须协调系统自然观和生态自然观,保护生态环境。

二 铀矿冶生产与资源环境保护中的自然观

工业的发展,经济效益成为众多企业生产的唯一目标。核工业企业从自然生态系统中索取资源,将生产过程中未被有效利用的大量的副产品以污染物或废物的形式排出。核工业的发展,给生态系统产生了强烈的生态胁迫效应,其本质是资源代谢在时间空间尺度上的滞留或者耗歇,系统耦合在结构、功能关系上的破碎和板结,社会行为在经济和生态管理上的冲突和失调。几乎所有早期的工业化国家的环境污染和殖民地国家的生态破坏问题在一些地区都不同程度地存在。

中国铀矿冶工业自1958年创建以来,建成了60多个矿井和3个较为集中的铀水冶厂,产生了大量的铀废石、尾矿砂和尾矿水,对地下水 and 地面水体构成放射性威胁。中国铀矿冶三废产率和核素含量高,以影响范围广、污染源对环境的辐射剂量影响大、放射性危害与非放危害同时存在以及已治理的污染源还存在继续对环境造成影响等为特点^[3]。国外铀矿冶退役治理实践表明,关停或退役治理后,外渗溢出水的水质一般需数十年乃至上千年才能逐步恢复。如果不

[收稿日期] 2008-12-16

[基金项目] 国家自然科学基金《铀矿冶地域地下水中核素迁移不确定性理论与方法》(编号:10745038)和《耐辐射、超富集铀基因工程菌的构建与应用基础研究》(编号:10775065)及湖南省教育厅教研项目(湘教通[2005]第62号)的部分研究成果。

[作者简介] 王文涛(1966-),女,湖南长沙人,南华大学国际交流与合作处副研究员。

^①南华大学教授。

开发特别的技术,铀尾矿(库)地域外溢渗出水中的放射性污染成为长期的环境危害。

我国有些企业只看到了产业的物理过程,忽视了其生态过程;过于重视产品的社会服务功能,忽略了其生态服务功能;注意企业的经济成本,而忽视了生态成本。中国的铀资源就没有多大优势,以低品位含硫的铀资源为主。在核工业生产中曾经也出现了追求生产效率,把生产和环境治理分割开来,在生产工艺上对资源的综合利用与环境保护考虑不够。如在铀矿开采中大量使用硫酸或硝酸,生产效率上去了,但采矿结束后,大量的强硫酸留在尾矿中,产生的大量强酸放射性废水,个别矿山长期存在地下水污染,治理难度大、成本高,以致需要花更大的代价来进行生态环境修复。

系统的观点对铀矿冶生产和核环境保护具有重要的指导意义。在役矿山采矿工作是主要矛盾,矿山退役后,环境保护与生态恢复就成了主要矛盾。核环境保护问题是一个系统问题,系统自然观的科学基础是现代系统科学,系统工程方法论就是系统工程处理问题的一般方法。从系统观点来看,应该将铀矿冶生产与核环境保护作为一个系统来考虑,在进行铀矿山设计的同时,必须认真进行环境影响评价,从铀矿开采,到生产工艺,生产废物的分类处理与回收,进行全面优化,从总体上实现铀资源的高效利用与生态环境切实保护,提倡绿色开采或者无废开采。

将铀矿冶系统看作一个复杂的系统,需要从铀资源的可持续开发利用,放射性环境保护的长期性,铀的开采与核素迁移的联系,以及铀资源的合理利用与环境保护的整体协调的观点来分析、设计、组织与管理。铀矿冶系统工程就是对铀资源利用复杂系统进行科学规划、最优化设计和优化运行管理的一门交叉工程技术学科。从系统的角度看,铀矿冶系统是由铀矿开采、铀的加工与利用,环境与生态保护等要素组成的。铀矿的开采、加工与利用,以及环境保护之间具有一定的联系,它们存在相互作用,相互制约,相互转化等相关性,只有全面协调各个因素之间的关系,推行清洁生产,才能实现铀矿冶的可持续发展。

铀矿冶系统的技术科学包括运筹学、系统论、控制论等,它的哲学是辩证唯物主义和历史唯物主义。它是介于哲学方法论和专门科学方法论之间的一般科学方法论,它一端与哲学方法相连,另一端与其他专门科学方法紧密结合,沟通了哲学与各专门科学,推动了科学方法论向整体性、深刻性和普适性方向不断发展。

解决铀矿冶系统各要素之间、各要素与各子系统之间、各子系统之间、系统与环境之间的协调问题,是系统整体的最优化。系统工程具有多学科综合性的特点,它要求综合运用系统科学、自然科学、数学与计算科学、工程技术、管理科学、经济学与社会学等知识。

三 放射性废物(水)处理处置工艺研究中的系统自然观

在放射性废物(水)处理处置研究的许多环节中都包含系统自然观和生态自然观。我们不自觉地用整体的观点确定研究目标,结合各个单元过程的工艺特点,从总体上进行工艺组合优化。例如,在科学研究过程中通过固定某些工艺

参数(如pH值)来分别研究各个工艺参数对处理效果的相关性,即相互作用;通过对工艺参数的相关性分析确定主要影响因素与相互联系;通过对机理的系统分析,寻找相互影响的致因等。通过协调各工艺参数的关系,提高整体处理效率,实现生态环境保护。

针对我国特定的铀矿开采方式和大量低品位含硫的铀资源,需要高效低耗、在较长期内有效的铀尾矿地下水铀污染控制技术,同时要有利于低品位铀资源的回收。铀等重金属具有放射性,又是有毒有害的重金属,是其特殊性。在放射性废水处理工艺研究中,系统自然观具有重要指导意义。现有的放射性废水处理工艺各有其特点,如膜处理技术的处理效果很好,但膜容易受到重金属污染,不利于资源的回收,成本较高;蒸发处理技术,处理效果很好,但能耗高。普通生物处理方法单独使用不适合放射性废水的处理,如果开发基因工程菌,系统进行组合,就有整体优势。我们不能光考虑单元过程的处理效率与效果,要从整个工艺过程的效果来综合考虑,在渗滤墙(PRB)系统中,为了确保工艺整体效果,需要调节pH值,降低进入PRB系统的负荷,牺牲某些单元过程的效率。

我们还可以利用现代环境生物技术开发耐酸耐放射性的功能微生物,将生物技术、核环境科学与工程实践相结合,来实现对放射性废物(水)的有效处理处置。由于地浸酸性放射性废水中大量存在硝酸盐,在处理过程中,氧化作用优先,使得硫酸盐还原作用受到抑制,影响了硫酸盐还原菌对铀和硫酸的还原作用,大大增加了放射性废水的处理难度,如果改进生产工艺,在生产中改用硫酸或者少用硝酸,可能对采矿效率有一些影响,但可以大大降低放射性废水的处理难度,且有利于低品位铀资源的回收。

四 核素迁移模拟中的系统思想与方法论

马克思主义哲学是科学的世界观与方法论,为环境模拟的发展提供了系统的方法指导。确定性思维是从事物的必然性出发,根据试验建立模型和本构关系,在特定的条件下求解。这种传统的方法不可能将复杂的核素迁移与转化问题的研究提高到一个新的高度。只有将核环境模拟问题看成一个不确定系统,用系统思维、全方位对其进行研究才可能提高理论和数值分析结果的可靠性并在实用方面获得新的突破。我们要预测未来1000年甚至10000年以后地下水中核素的环境行为。通过对核素迁移污染生态系统的复杂反馈机制的分析,发现核素在环境中存在许多不确定性因素,如地下介质的非均质性、气候变化、地震影响等。通过对复杂性研究的一些基础概念,如混沌、不可预测性等的辩证本性的分析,表明核素在地下介质中迁移转化的复杂性现象的规律并不神秘且是可以逐步认识的,关键要了解介质的非均质性以及随机环境条件。

科学研究工作中,科学知识是基础,科学探索精神是灵魂,是指导和制约其他要素的核心,科学方法与作风则是实践中的表现形式。获得知识,掌握真理,不是终极目的,归根到底是要通过实践从属于和服务于人的生存和发展需要,强化人的本质力量。在水环境模拟软件开发上,方法学是软件

工程理论的重要组成部分,在软件开发过程中,科学方法论起到了至关重要的作用。软件开发活动既体现着科学方法论的知识,又丰富了科学方法论。解决软件开发中的新问题,需要运用科学方法论知识,构建新方法。

随着核环境模拟与污染控制技术的发展,我们对污染物的环境行为有了更清楚的了解,但受科学工具和实际对象中各种复杂因素认识程度的制约,要得到客观、真实的认识,仍存在许多亟待解决的困难。在科学研究中,有时需要对同一问题从不同尺度上进行研究。例如为了更好地认识铀等污染物在河流、湖泊底泥中的环境行为,既需要在宏观层次上,又需要在细观、甚至微观层次上进行研究,但是如何将不同层次的现象联系起来,尤其是对核素、难降解有机污染物,结构形态复杂,影响因素很多,加上地下介质的非均质性,在环境模拟计算仿真领域仍是一个难题。

五 铀污染控制与资源化技术研究中的整体性观点

从整体观点出发,以完善铀尾矿(库)铀等核素放射性污染地下水处理技术为目的,围绕六价铀和四价铀的溶解态和难溶态转化规律,我们进行了固定与分离技术的关键影响与控制因素的研究,并最终构建了现代生物技术与渗透反应墙相结合的铀尾矿(库)铀污染控制的生物与化学综合截留技术。

总体研究思路是,对放射性污染物进行减容,最大限度地实现低品位铀的资源化,提高处理效率、降低处理成本。在工艺中,为了确保整体方案的最优,有的单元就要为其让路。研究中以铀矿冶地域的环境地质为对象,分析铀在地下水环境中存在的形态,确定铀的可能的化学形态;从平衡常数与反应自由能变化值的关系式等基本热力学理论出发,结合热力学参数计算平衡常数。通过试验研究零价铁、赤铁矿对溶解性 U(VI) 的处理特性。通过反应前后零价铁的环境扫描电镜分析,赤铁矿的形态观察与 X-射线衍射图谱分析, X-荧光光谱分析,研究其相关机理,抓住其主要矛盾。

在渗透反应墙前面设计生物吸附段,利用生物吸附的优势尽量将地下水中溶解性的六价铀吸附回收,大大降低污染物进入渗透反应墙的负荷。调节 pH,通过生物、化学方法在 PRB 内将溶解性 U(VI) 转化为难溶的 U(IV) 固定。

对野生硫酸盐还原菌(SRB)进行的分离与驯化,筛选了耐酸耐铀 SRB。研究零价铁(ZVI)对 SRB 还原活性的强化机理,探讨 ZVI 以及 SRB 与 ZVI 协同去除铀等重金属的机理,提高零价铁对水中 U(VI) 的去除性能。弄清零价铁以及工程菌种与目标水体中不同形态的铀的作用机制,为零价铁负载工程菌增强它们的协同作用作基础;研究菌体固定化方法,以增加铁-菌组合体的稳定性、耐冲击性、多孔性、亲水性。菌体富集铀或其它核素饱和后,铀的回收及菌体的重复使用或直接处理或处置的研究。利用生物吸附的优势和零价铁等无机材料在 SRB 存在环境下的特性,找到富集核素的优势微生物菌株和高效低耗的 PRB 渗滤材料。

通过综合运用非线性科学、生物吸附与回收、化学还原和生物转化技术,掌握了铀截留过程中生物控制的关键影响因素,经过系统集成,在国内外首次提出了地下水中核素迁

移模拟与污染控制科学方法——铀尾矿(库)铀污染控制的“生物与化学综合截留技术”。该技术的核心是生物吸附材料与填充材料,生产实践证明它是一种高效低耗的就地污染控制与资源化技术,可使铀尾矿出水中铀等的浓度达到国家排放标准。

在国内首次系统研究了柠檬酸杆菌、枯草芽孢杆菌等四种微生物及预处理菌对铀的吸附机制,证明了它们是优良的生物吸附材料。研究证明了控制 pH 值、硝酸盐等污染物浓度,是防止铀等重金属迁移造成二次污染的关键,在反应墙中应充分利用屏障材料对铀的性能,形成生物与化学协同截留作用。研究具体问题时,能够利用整体观念和事物是普遍联系的观点,站在更高的角度分析问题,敢于质疑前人的成果,从理论和实际应用两方面进行深入分析,提出改进意见。

六 对科学研究与科技哲学的几点体会

科学研究的是针对特定领域、某一局部的问题,揭示自然界或社会现象的特殊本质和规律。哲学则把整个世界作为研究对象,揭示其共同本质和普遍规律。哲学是一种特殊的思维方式,随着科学的发展而发展,具有高度的概括性和抽象性,是对人类认识和实践活动成果进行的反思、总结和概括,对具体科学起指导作用。环境科学是研究污染物及其环境行为规律的科学,它既是基础科学,又是工程技术基础。核环境科学则是把核素作为研究对象,研究其环境行为规律与迁移转化特征。核环境科学技术是人类有意识地认识和改造自然所取得的成果,其基础是人们承认自然规律的客观存在和服从并利用自然规律。

科学研究包括科学调研、选题、科学试验(计算)及结果分析讨论等要素,这些要素间存在相互联系、相互作用。对于研究者来讲,首先是如何正确选择研究方向和研究课题。这可以通过跟踪国际前沿研究动态或者结合我国生产实践中需要解决的问题来考虑。国际上前沿的研究热点是本领域的科学家长期努力形成的,是先进国家生产实践经验总结,也是发展中国家在一定时期内将要面临的问题。要使研究工作处于国际先进水平,就必须借鉴发达国家的研究经验。

在马克思主义理论中,生产需要及发展是科学发现的源泉,辩证唯物主义是进行科学研究的最好方式。社会一旦有技术上的需要,则这种需要就会比 10 所大学更能把科学推向前进^[4],而在科学的探索过程中,一个民族想要站上科学的高峰,就一刻也不能没有理论思维^[5],这种思维方式就是辩证的思维。恩格斯也曾说过,生产的需要是科技发展的最大动力。科研工作的最终目的是服务生产实际、为人们物质和文化生活的进步作贡献。实践中遇到的问题是应该重点解决的课题。在提出研究课题时,还应该重视学科交叉,注意结合自己的科学研究兴趣,发挥自己的业务专长。

[参考文献]

- [1] 教育部社会科学研究与思想政治工作司. 自然辩证法概论[M]. 北京:高等教育出版社,2004.

(下转第 83 页)

和特色既是大学文化的本质特征,也是一所大学赖以持续发展的重要条件。因此,充分运用文化的力量,立足大学办学实践,实现特色发展,是大学文化建设的一项重要任务。首先,大学要强化特色办学。大众化阶段高等教育发展的一个基本特征,就是大学在贯彻党和国家教育方针前提下的多样化发展,即大学办学定位、发展目标和模式、学科建设和人才培养等层面上的特色化。其次,大学要发挥特色文化对科学的办学定位、办学理念的影响力,在不同学科领域和教育层次上努力创造自身的个性和特色。第三,大学要通过制度建设,使大学文化贯穿于教学科研和服务社会的全过程,通过文化创新促进教育创新、科技创新和管理创新。第四,大学要通过富有个性化的校徽、校训、校歌以及校园环境、校园景观的建设和资源开发,凸显自身的文化特色,营造独特的育人环境和学习、工作氛围,使大学核心价值、大学精神、大学传统,以及优良的校风、教风、学风等在潜移默化中成为广大师生的自觉行动,使大学文化成为推动大学特色发展的重要力量^[6]。

[参考文献]

- [1] 蔡劲松. 大学文化的哲学视角及本质内涵[N]. 光明日报, 2008-03-26.
- [2] 李木旺. 试论高校校园文化与校园和谐的内在联系[J]. 内蒙古民族大学学报, 2007(3): 102.
- [3] 胡锦涛. 在省部级主要领导干部提高构建社会主义和谐社会能力专题研讨班开班仪式上的讲话[EB/OL]. [2005-02-19]. <http://www.Xinhuanet.com/>.
- [4] 邱占勇. 和谐理念下的大学文化建设[J]. 辽宁教育研究, 2007(3).
- [5] 清华大学科学发展观理论与实践课题研究组. 和谐校园文化建设的方向与内涵[N]. 光明日报, 2007-04-25.
- [6] 李元元. 对加强我国大学文化建设的几点思考[J]. 高等工程教育研究, 2007(4): 15-16.

Harmonious Campus and University Culture

KUANG yong, ZHAO Hong

(University of South China, Hengyang 421000, China)

Abstract: Harmonious campus can't be separated from the lead and support of University culture. University culture can provide powerful spirit force to harmonious campus. At Present, in order to build harmonious campus, we must understand the connotation and characteristic of university culture sufficiently, and analyse the inner link between harmonious campus and university culture, conscientiously and clearly further principle and direction of building university culture. We should build university culture energetically, which causes harmonious development of Higher education.

Key words: university culture; harmonious campus

(上接第30页)

- [2] 马克思,恩格斯. 马克思恩格斯全集:第20卷[M]. 北京:人民出版社,1971.
- [3] 周星火,邓文辉. 退役铀矿山和水冶厂尾矿、废石治理的代价——利益分析[J]. 铀矿冶, 2002(1): 26-28.
- [4] 马克思,恩格斯. 马克思恩格斯选集:第4卷[M]. 北京:人民出版社,1972: 505.
- [5] 恩格斯. 自然辩证法[M]. 北京:人民出版社,1982: 47.

Sense of Nature and Methodology under the Research on Nuclear Environmental Protection

WANG Wen-tao, XIE Shui-bo

(University of South China, Hengyang 421001, China)

Abstract: Based on the level of philosophy of science and technology, sense of nature and methodology under the research on nuclear environmental protection are investigated, concerning the production of the uranium mining and metallurgy and resource protection, disposal of radioactive waste and waste water, the simulation of radioactive nuclide migration. Combined with the practice of scientific research, the influence of the integrity views in scientific research was introduced in this paper.

Key words: sense of nature; system theory; nuclear environmental protection; the uranium mining and metallurgy