《自然科学史研究》 第44卷 第2期（2025年）：197—215
Studies in the History of Natural Sciences Vol. 44 No. 2(2025)

从“贫铀”到“富铀”：苏联对铀矿的追逐(1938—1953)

张广翔 刘颜青✉
（吉林大学 东北亚研究中心，长春 130012）

摘 要 1938年核裂变反应被发现后，苏联科学界审视国内铀矿的探采和研究现状，指出“铀矿问题”将是科研和国家发展的一个重要领域。二战时期，苏联政界在考量和制定国家发展战略时，开始逐渐重视“铀矿问题”。1945年，苏联科学界和政界达成合作，制定核计划，并重塑铀矿工程，形成了新的统一管理体制。在这一体制下，苏联不仅建立了诸多研究“铀科学”和“铀工业”的科研院所，而且建立了铀矿工程知识体系，在短时间内对国内外铀矿进行大规模勘探和开采，使苏联从“贫铀”走向“富铀”。解读这段历史不仅能够展示苏联科学界与政界在“铀矿问题”上关系的嬗变，也有助于理解铀矿工程在核工程全生命周期中的重要地位与作用。

关键词 苏联；核计划；铀矿问题；铀矿工程
中图分类号 N09
文献标识码 A **文章编号** 1000-0224(2025)02-0197-19

1938年，德国科学家发现核裂变反应，这一消息在苏联科学界引发了强烈反响。于是，苏联科学界提出了一系列涉及铀矿勘探和开采，以及研究其地质学、物理学、化学特质的问题，即“铀矿问题”。此后6年间，苏联科学界和政界在这一问题上演绎出了复杂的关系，并最终实现了全面合作。1945年8月核计划（Атомный проект）出台，两者为解决该问题而打造的铀矿工程逐渐成为了一项集“技术要素”和“非技术要素”于一体的工程系统[1]，催生了便于统筹规划的管理制度、生产“嵌入性”技术知识的科研机构和负责工程实施的铀矿选采综合厂（Комбинат）。

作为核计划乃至整个核能领域的基础，“铀矿问题”本应成为重要的科学史议题，但目前相关历史研究尚显不足。在苏联时期，部分学者在人物研究中提及这一论题，但囿于档案资料的缺失，未能全面揭示其细节。[2-4] 苏联解体后，学界开始探讨部分铀矿基地的建设历程，其中，米哈伊洛夫（В. Н. Михайлов）、维特罗夫（В. И. Ветров）、普亚多夫

收稿日期：2023-12-01；**修回日期**：2024-02-05。
作者简介：张广翔，1957年生，吉林长春人，教授，博士生导师，研究方向为俄国史、苏联史；刘颜青，1997年生，黑龙江哈尔滨人，博士研究生，研究方向为俄国科学史，Email：yanqingl21@mails.jlu.edu.cn。
基金项目：国家社科基金重大项目“苏联核计划档案文献资料翻译整理研究”（项目编号：15ZDB064）。

(E. A. Пятов)等学者重点关注苏联国内的铀矿基地,但忽略了境外铀矿基地在核计划中所发挥的关键作用。[5-8] 切斯诺科夫(Н. И. Чесноков)、安德烈耶夫(Г. Г. Андреев)、波尔特(A. Port)、穆尔杜克(C. E. Murdock)等学者则侧重研究苏联在东欧各国的勘探和开采活动,但由于未充分利用苏联档案,未能揭示出核计划框架下苏联国内外铀矿基地之间的内在关联。[9-15] 更重要的是,上述研究均没有将铀矿的勘探、开采和研究视作一个完整的课题,从而忽视了苏联解决这一问题过程中科学与政策的关系。

笔者拟综合利用苏联核档案等相关资料,重点探究 4 个问题:第一,"铀矿问题"的缘起,以及苏联科学界与政界在该问题上的复杂关系;第二,铀矿工程管理体制是如何在核计划框架下形成和运转的;第三,铀矿工程知识体系在解决铀矿问题过程中发挥了何种作用;第四,研究时段内苏联最重要的国内外铀矿基地的建设历程,以及两者有何关联。本研究将有助于厘清在"管理—科研—生产"体系下[16],苏联解决该问题的历程,并重新认识铀矿工程对于苏联核工程全生命周期的重要环节所具有的特殊地位与重要意义。[17]

1 "铀矿问题"何以成为苏联面临的重要问题

从科学社会学的角度看,科学家们通常首选那些在本学科内部居主导地位的问题开展研究。[18] 因此,苏联"铀矿问题"的出现与当时国内外相关热点问题的研究进展有着密不可分的关系。

1.1 苏联科学界提出"铀矿问题"

在理论研究方面,1938 年德国科学家在中子轰击铀原子核的实验中发现了核裂变。[19] 次年 1 月,法国物理学家让·约里奥-居里(Jean Joliot-Curie)致信苏联同事约费(А. Ф. Иоффе)告知了这一发现,并描述了裂变过程和能量变化现象。[20] 不久后,核裂变链式反应现象和裂变"燃料"——铀-235 接连被发现。① 这引起了苏联科学界的兴趣,并使其专注于证明裂变时自由中子数量、链式反应发生条件等问题。在实验设备研究方面,1939 年苏联投入使用首座回旋加速器[22],标志着苏联在实验物理学方面具有了获取少量铀-235、独立开展进一步的裂变研究和探索其它裂变元素的物质基础。随着在理论和实验设备领域取得阶段性成果,铀矿也开始成为困扰苏联科学界的"问题"。

最先嗅到"铀矿问题"的是化学家赫洛平(В. Г. Хлопин)和地质学家维尔纳茨基(В. И. Вернадский)。1940 年 6 月,两人致信苏联科学院地质地理学部(Отделение геолого-географических наук АН СССР),阐明了当前苏联铀矿床情况和探采工作的困境,并建议由地质地理学部组织研讨相关措施。很快,地质地理学部责成地质学家费尔斯曼(А. Е. Ферсман)与赫洛平、维尔纳茨基一同制定措施草案。([23],113-115 页)7 月 12 日,维尔纳茨基和赫洛平围绕"铀矿问题"向科学院主席团提出了两点建议:第一,派遣一

① 中子在轰击铀原子后,后者会释放出 2—3 个自由中子,这一反应过程即"核裂变"。经约里奥-居里研究后发现,在首次轰击后,释放出的自由中子会继续击中邻近的铀原子,并释放出更多中子,这一不受控制且连续不断的核反应过程被称为"链式反应",期间所释放的能量即为核能。[21]

支旨在考察铀矿床的专家团;第二,向从事相关研究的科研单位提供铀盐①。([23],123 页) 同月 30 日,科学院成立了作为统筹机构的“铀问题委员会”(Комиссия по проблеме урана)。同时,组成一支由费尔斯曼领导的团队,并制定了同年秋季赴中亚开展铀矿考察的计划。([23],127-130 页)从关于“铀矿问题”的通信到成立铀问题委员会和中亚考察团,表明苏联科学界内部开始关注并着手解决该问题。

铀问题委员会为解决“铀矿问题”采取了两方面的举措。第一,组织勘探铀矿床。1940 年 10 月初,委员会讨论了位于中亚的矿床——塔博沙尔(Табошар)、阿德拉斯曼(Адрасман)、维吾尔赛(Уйгурсай)、迈利苏(Майли-Су)的情况,并对矿床进行了分类。② 一个月后,委员会听取了费尔斯曼的中亚考察汇报,并积极筹备翌年的考察活动。([23],202-203 页) 第二,制定研究计划。在 1940—1941 年的研究计划中,委员会要求一方面研发勘探设备,另一方面对中亚的矿石进行地质学和化学分析。③ 值得注意的是,铀问题委员会还适时地提出了建立原料基地的计划。赫洛平认为,这将推动科学界在核能利用领域开展更多的实验。([23],192-193 页)

然而,解决“铀矿问题”的科研团队面临诸多困难,其中不少源于政界的压力。一方面,20 世纪 40 年代初的苏联政界同其他国家一样,对核能的认知并不充分;另一方面,铀是一种稀有金属,其用途在当时极为有限。1940 年 10 月 2 日,铀问题委员会召开旨在讨论铀原料的会议,科学院主席团秘书斯维特洛夫(П. А. Светлов)提道:“要扩大铀的消费空间……在未来几年,将难以对铀矿进行大规模开采。”④ 这些因素导致国家职能部门没有重视“铀矿问题”。据维尔纳茨基称,有色冶金工业人民委员部(Наркомцветмет)委员洛马科(П. Ф. Ломако)等官员甚至中止了勘探塔博沙尔铀矿。([23],231 页) 同时,职能部门各级组织之间的相互掣肘加剧了“铀矿问题”的科研障碍。在吉尔吉斯,一些人民委员部和地质事务委员会(Комитет по делам геологии)均负责地质勘探,而面对吉尔吉斯人民委员会(СНК Киргизии)推出建立统一探采部门的方案时,费尔斯曼在实地考察后认为难以实现,仅进行部门间协调即可。([23],203-205 页)因此,在这一时期,“铀矿问题”尚未被政界意识到是亟待上升为国家战略层面的问题。

1.2　苏联政界意识到“铀矿问题”

为了引起政界的重视,1940 年 9 月,科学家们致信人民委员会,呼吁建立国家铀储备,并由人民委员会指派地质事务委员会、有色冶金工业人民委员部、稀有金属工业管理总局(Главредмет)等职能部门提供勘探、开采与资金上的支持。([23],141 页)然而,政界未能意识到“铀矿问题”的重要性。

---

① 铀原料需经过多道工序加工后才能成为武器级浓缩铀,并在每道工序结束后表现出不同的化学形态。在铀矿开发过程中,铀矿石是未经选矿或其他加工过程的原矿,不同地区矿石的铀含量也有所差异;铀盐即铀酸盐,是铀原矿经粗加工后得到的一种铀化合物。在统计时,铀矿储量是地质工作者对铀矿床中可供工业利用的铀的估算值,而铀产量是指从已开采铀矿石中提炼的、可供工业利用的铀的总量。

② 根据数据的完整程度,铀矿床被分为 A、B、C 三类,其中 A 类为研究最充分、进入准备开采阶段的矿床。同时,每类矿床又进行了细分,如 A1、A2 等。([23],168-185 页)

③ 该决议虽未得到通过,但可管窥委员会的规划方向。([23],191 页)

④ 铀的价格也十分高昂,每吨约为 50 万卢布,比其他贵金属的价格高出约 10 倍。([23],181 页)

虽然卫国战争的爆发打断了苏联科学界解决“铀矿问题”的计划①,但在科学界的一再提醒以及苏联情报部门的努力下,利用核能可以制出“新型炸弹”的信息终于引起了斯大林(И. В. Сталин)的兴趣。[24] 为了研制出核弹,国防委员会(Государственный комитет обороны)于 1942 年 9 月 28 日下达《关于组织铀工作的指示》(*Об организации работ по урану*),重启“铀工作”。([23],269-270 页)11 月 27 日,国防委员会颁布《铀开采决议》(*О добыче урана*),责成有色冶金工业人民委员部、地质事务委员会和苏联科学院协力解决“铀矿问题”。([23],275-276 页)这标志着“铀矿问题”引起了苏联政界的关注。特别是在 1943 年 7 月确定了核弹研制的可行性后,政界出台了更多与“铀矿问题”有关的政策。该月 30 日,国防委员会要求地质事务委员会和苏联科学院在各自内部组建负责“铀矿问题”的专门机构,同时执行勘探任务。此外,国防委员会还责成有色冶金工业人民委员部加快铀矿开采,并于年底前完成选矿厂的修建。([23],366-367 页)1944 年 4 月 8 日,国防委员会制定了一份部署铀矿勘探工作的文件《1944 年开展勘探放射性元素地况工作决议》(*О развитии геолого-разведочных работ по радиоактивным элементам в* 1944 *году*),提出从组织上解决“铀矿问题”的硬性要求,如要求内务人民委员部(Наркомвнудел)、北方海路总局(Главсевморпуть)等机构参与“在各自负责地区的勘探”等。([25],61-62 页)

上述政令标志着苏联政界不仅意识到“铀矿问题”,而且把“铀工程”从决策阶段推进到了启动工程实施阶段。然而,因为 1943 年是二战期间苏联夺取战争主动权的关键节点,一些职能部门虽然参与解决“铀矿问题”,但相比之下,完成当前的国防任务更为迫切。[26] 而且,战时的科研条件严重受限,所以“铀矿问题”并未得到立竿见影的工程效果。突出的难题是:从启动“铀工程”到 1943 年 7 月,尚未完成核弹研制的可行性论证,制造核弹所需铀矿的数量仍是未知数②。在此期间,实验对原材料的需求不大,正如“苏联核弹之父”库尔恰托夫(И. В. Курчатов)在 1943 年初的工作计划中所写:回旋加速器实验证明,使用少量铀-235 即可达到爆炸临界。([23],301-302 页)但自 4 月末开始,苏联科学界在从美国获取的情报中发现,苏联的铀研究存在严重问题:国内当时已有的铀储备量与开启核反应堆所需的铀矿数量相距甚远,甚至无力支撑计算增殖因子的实验。([23],335-340 页)苏联科学界随着对核反应堆结构及核弹原理研究的逐渐深入,才意识到问题的严重性:铀原料短缺竟然直接引发了科研危机。7 月,库尔恰托夫在研究报告中指出,实验型核反应堆的规模取决于铀原料的数量。“铀—石墨”反应堆虽在技术上较容易建造,但苏联目前的铀矿储量不足以支撑开展下一步研究。如果要进行充分研究,需在 1944—1945 年至少获得 100 吨铀。([23],352、373 页)但显然,在战时环境下,政府难以满足科学家的这一要求。截至 1944 年,受战争影响,几乎与核弹研制有关的所有事务都进展迟缓。对此,库尔恰托夫谈道:“在战时艰苦环境下,新组建的实验室没有人员、办公场所和设备仪器。”([23],75 页)

战争局势也塑造了铀矿工程的管理体制。实际上,铀矿工程并未像其他战时军事工

① 铀问题委员会因 1941 年战争爆发而停止活动。

② 1943 年初,针对核反应堆类型的研究尚不明朗,而这是决定所需铀矿数量的关键因素之一。

业一样，建立起独立的“管理—科研—生产”体系，而是依附于相关的职能部门，因此执行情况不容乐观。1943 年 1 月 26 日，负责监督工程进展的监察人民委员部(Наркомат госконтроля)副委员波波夫(В. Ф. Попов)致信国防委员会副主席莫洛托夫称：“有色冶金工业人民委员部未能贯彻落实国防委员会的(《铀开采决议》)……材料供应差……还未派遣工人……稀有金属工业管理总局未将塔博沙尔的矿石样品送往科学院……”([23]，302-303 页) 7 月 19 日，波波夫再次向莫洛托夫提出控诉，称塔博沙尔铀矿冶炼厂的设计工作本来应于年初完成，但却拖延至今。原因在于设计方仍未摸清矿床的储量。([23]，365 页)

面对这种情况，维尔纳茨基建议恢复铀问题委员会，以便统筹解决“铀矿问题”([23]，322-323 页)，但并未得到回应。至 1944 年，铀矿工程因缺乏统筹而积弊甚多。第一，有色冶金工业人民委员部、地质事务委员会、科学院等部门相互掣肘，各部门进度不一，致使科研部门多次因原料匮乏而中断研究。例如库尔恰托夫曾向时任人民委员会副主席的别尔乌辛(М. Г. Первухин)抱怨铀的供应量太少，阻碍了实验进程。[27] 而原料供应短缺与勘探工作效率低下不无关系，地质事务委员会在 1944 年组织了 64 支勘探队，仅有 30 支完成任务。([25]，147-148 页)第二，各部门“各自为战”的状态降低了资源分配的效率，从而引起物资短缺，全苏矿物原料研究所(Всесоюзный институт минерального сырья)六处处长谢尔巴科夫(Д. И. Щербаков)在总结 1943 年的工作时说道：“可用设备仅能满足 25%的勘探队。”([25]，10 页)

由此可见，苏联科学家通过前沿研究发现“铀矿问题”后，虽然他们努力试图解决，但因存在苏联政体结构中不同部门互相掣肘以及“二战”的压力等科学共同体难以控制的外在原因，科学界难以独立解决“铀矿问题”。随着战争接近尾声，苏联政界开始认识到“铀矿问题”的严重性，并着手解决。至此，铀矿工程从决策到实施的条件逐渐成熟。苏联政界开始反思铀矿工程迟缓的原因，意识到需要建立统一管理的铀矿工程系统，以便统筹解决“铀矿问题”。

2　铀矿工程管理体制的建立

1944 年底，苏联政界开始对铀矿工程进行统筹化改组，逐步建立了工程管理决策机构、工程技术决策机构和工程实施管理机构，使之实现了独立发展。1945 年核计划出台后，铀矿工程进一步整合管理、技术等要素，形成了更大规模的“管理—科研—生产”体系。

2.1　铀矿工程管理体制的独立化

铀矿工程的改组并非一蹴而就，其过程反映了国际新局势下政界和科学界关系的变化。具体而言，引起政界态度转变的原因主要是苏联科学界核能研究取得的进展以及同期获取的国外核情报。

1944 年 3 月，库尔恰托夫向贝利亚汇报了国内科学界铀研究的最新进展：2 号实验室已完成了理论工作，正在设计六氟化铀工厂和金属铀车间，但当下最紧迫的问题是缺少铀原料。5 月 19 日，库尔恰托夫再次警示：“我国缺乏足够建造出铀—石墨反应堆的铀(需

要 50—60 吨),核弹建造工作会被无限期推迟。”不久后,苏联获悉美国在核弹研发领域“汇集了史上规模空前的科学、技术与工程力量,且已经取得了重大成果”([25],39、77、127 页)。

刚刚缓释战争压力的苏联政府高层被这些情况搅得心神不宁,开始反思如何尽快重启铀矿工程。1944 年 11 月,国防委员会成员马赫涅夫(B. A. Махнев)在给贝利亚的报告中总结了过去两年内铀矿工程中存在的问题。他指出铀矿勘探几乎未取得任何进展,开采和科研面临困境,而这些问题在很大程度上是因为对铀矿认识不足和技术条件不佳所导致的。针对以上问题,马赫涅夫提议,将铀矿工程交由内务人民委员部统一管理。([25],150-154 页) 实际上,该报告一针见血地指出了解决“铀矿问题”过程中的制度性漏洞——缺乏统筹管理。

马赫涅夫的这份报告引起了政界高层的关注。于是,政界开始不再满足于仅通过向相关部门下达政令的方式推动铀矿工程,而是进行统筹化改组,以图建立独立的“管理—科研—生产”体系。1944 年 12 月 8 日,国防委员会决定在 1945 年 2 月 1 日之前,有色冶金工业人民委员部必须将一切用于铀矿地质勘探的人员、设备、资金,以及中亚各铀矿场移交给内务人民委员部。内务人民委员部成立专司铀矿开采的特殊金属局(Спецметуправление),承担铀矿勘探、开采、加工,以及相关工厂设计、建设和运营的任务。([25],180-184 页)由此可见,该项决定提升了铀矿工程管理机构的实权,旨在依托内务人民委员部在各部委中的特殊性整合铀矿工程的管理权限,达到令出一门、统筹规划的目的。

在此期间,苏联政界高层运用行政手段协调各方利益,以保证改组的顺利进行。11 月 23 日,即马赫涅夫的报告提交后不久,有色冶金工业人民委员部便致信国防委员会,认为内务人民委员部不熟悉相关专业,不宜管理铀矿工作。([25],160-161 页)但马赫涅夫、内务人民委员部副委员切尔内绍夫(В. В. Чернышёв)、扎韦尼亚金(А. П. Завенягин)认为,铀矿工程在有色冶金工业人民委员部管理期间进展缓慢,1944 年的铀盐产量仅为 4—4. 5 吨,相关技术也未得到开发。([25],167-168 页)最终,政界高层决定遵循工程效率的原则,采纳了马赫涅夫等人的建议。

在取得对铀矿工程的管理权后,内务人民委员部旋即制定相关政策,完善了铀矿工程的管理结构。具体做法是:内务人民委员部把铀矿工程交由采矿冶金工业营管理总局(Главное управление лагерей горно-металлургических предприятий)和器材供应局(Управление материально технического снабжения)统一管理。采矿冶金工业营管理总局下设特殊金属局和九局(9-ое Управление),器材供应局成立一个由 5 人组成的办公室,向特殊金属局提供必要物资([25],197-200 页)。特殊金属局负责制定 1945 年铀矿勘探开采和相关工程设计建造等计划,下设管理与文书处和生产与技术处。管理与文书处负责工程决策和推进“非技术要素”的演化,生产与技术处负责“嵌入性”技术的研发和工程设计。而九局负责工程的实施和运营事务([25],309 页)。特殊金属局和九局的成立标志着铀矿工程拥有了独立的工程管理体制。

独立铀矿工程管理体制的建立显著提高了工程效率。特殊金属局在成立 3 个月后,便提交了关于中亚铀矿储量的报告和矿石加工技术方案。([25],274-275 页)5 月 15

日，九局根据实际情况，为下属选采综合厂设置了生产指标，规定截至 1946 年 7 月 1 日，矿石的年开采量务必提升至 12.5 万吨。为保障九局完成生产指标，国防委员会向其拨发了 5 500 万卢布的建设经费。([25]，303 页)

2.2　核计划出台后铀矿工程管理模式的演变

二战结束前夕，美苏的潜在矛盾浮现。美国在首枚核弹试爆成功和对日核打击后，迅速扭转了对苏的外交姿态。[28]因此，苏联面临的国际形势再次严峻，这成为苏联政界推进开发核能相关工程的重要动力。同一时期，苏联科学界开始设计生产核弹的相关设施，如扩散工厂、重水厂、铀-重水反应堆等([25]，290 页)，这意味着需要一个规模更加庞大、管理更加集中的“管理—科研—生产”体系。

1945 年 8 月 20 日，苏联国防委员会宣布成立专门委员会(Специальный комитет)、技术委员会(Технический совет)和第一管理总局(Первое главное управление)，正式开启了核计划。从管理结构上看，专门委员会隶属于国防委员会，是核计划的最高决策部门，负责统筹涉及核计划的各项工程，而技术委员会和第一管理总局作为其下属机构，分别负责工程技术的决策和对生产单位的管理。国防委员会赋予 3 个新机构在政府各机关中的“优先权”。①

铀矿是实现核计划所需的重要原料，铀矿工程也因此成为核计划“管理—科研—生产”体系中的重要一环。从管理人员的配置上便可窥得铀矿工程在核计划中的地位。首先，内务人民委员部负责铀矿事务的副委员扎韦尼亚金被吸纳为专门委员会的成员；其次，研究铀矿的科学家赫洛平被安排进技术委员会；最后，铀矿工程师安特罗波夫(П. Я. Антропов)被任命为第一管理总局副局长(第一管理总局统管原先隶属于九局的一系列铀矿生产基地)。([29]，11-13 页)由此可见，随着核计划的出台，铀矿工程被从原先由内务人民委员部负责的独立工程提高至由国防委员会负责的直属工程。

核计划“管理—科研—生产”体系的形成还意味着铀矿工程的管理结构发生调整。首先，铀矿工程的管理决策机构与核计划其他相关工程的同类机构一道，被合并至专门委员会。其次，由于工程规模的扩大，铀矿工程的工程实施机构被调整。最后，随着技术分工的细化，铀矿工程还形成了以专业为中心的工程技术决策机构。

在工程技术决策机构方面，作为铀矿工程最为重要的专业之一，地质勘探相关机构在 1945 年也开始了改组。10 月 13 日，专门委员会下达决议，要求地质事务委员会成立“第一地质管理总局”(Первое Главное Геологоразведочное Управление)([30]，48 页)，负责管理全国的铀矿勘探队。截至 1946 年初，第一地质管理总局下辖探矿队、测绘队和监察队三类共计 206 个基层单位。([30]，399-401 页) 此外，地质事务委员会还成立了一系列旨在研讨和制定相关技术方案的单位。1945 年 9 月，地质事务委员会成立 A-9 地质勘探局(Управление геологоразведочных работ по А-9)，并应专门委员会的要求，召集安特罗波夫、谢尔巴科夫、斯米尔诺夫(С. С. Смирнов)、比利宾(Ю. А. Билибин)、格里高利耶夫(И. Ф. Григорьев)等地质学家组成委员会，在 A-9 地质勘探局的带领下参与拟定地

① 1945 年 9 月，国防委员会被撤销，专门委员会被划入人民委员会，1946 年 3 月苏联人民委员会改组为苏联部长会议，专门委员会和第一管理总局成为其下属单位。([29]，3-4、11-13 页)

质勘探计划、分析勘探地区合理性等工作。同时,专门委员会还责成有色冶金工业人民委员部、石油工业人民委员部(Наркомнефть)等部门指定一名专员配合 A-9 地质勘探局的工作。值得注意的是,地质事务委员会组建了一个由梅希科(П. Я. Мешик)领导的委员会,负责任命各地质工作单位的负责人、制定管理制度和协调其工作,以确保勘探工作的效率最大化。① 12 月 15 日,地质事务委员会又成立 A-9 与 Б-9 科学技术委员会(Научно-технический совет по А-9 и Б-9)②,负责为铀矿和钍矿的勘探工作提供科学指导,斯米尔诺夫任主席,斯塔里克(И. Е. Старик)、沙茨基(Н. С. Шатский)等放射化学家和地质学家都参与委员会的工作。([8],13 页)总之,在专门委员会的要求下,负责地质勘探的工程决策机构得到了优化,工程经费从 1945 年的 1 800 万卢布增加至 1946 年的 1.15 亿卢布([30],394 页),根据 1951 年的规划,地质部(Министерство геологии,原地质事务委员会)获得了 5 亿卢布的铀矿勘探经费。([31],101 页)因此地质勘探也取得了显著的进展,苏联国内的铀矿储量(B 类和 C1 类)从 1945 年的 348 吨增至 1951 年的 9 177 吨。([31],636 页)此外,在工厂设计上,专门委员会增设了工程技术委员会(Инженерно-технический совет),该委员会下属的第五组负责管理采矿冶金企业和相关仪器的设计和建造等相关事务。([30],45 页)

在工程实施管理部门方面,随着铀矿勘探的推进和相关技术的突破,除中亚(第 6 综合厂)外,爱沙尼亚(第 7 综合厂)、高加索(第 10 矿务局)、远东(叶尔马科夫矿务局)等地也陆续发现了铀矿床。为了管理新建立的铀矿选采综合厂,1949 年 12 月 24 日,专门委员会决定成立第二管理总局(Второе главное управление)([29],413 页),安特罗波夫担任局长,下辖矿务企业与加工厂部、技术部、计划部等 14 个部门,负责管理第 6 综合厂、第 7 综合厂、第 8 矿务局等 7 个铀矿选采和加工基地。([32],388-390 页)

第二管理总局的成立极大地推动了铀矿工程中经费的有效合理使用。1952 年,该局获批 16.18 亿卢布用于工程建设。([31],100 页)开采事务也随之取得显著进展。据统计,截至 1952 年 12 月,第二管理总局的铀产量为 1 944 吨,管理网络遍布苏东各国(其中不包括苏联在德国和罗马尼亚的铀矿基地)。([31],775-776 页)

表 1 1952 年第二管理总局下属铀矿基地名单

国内铀矿基地						国外铀矿基地		
第 6 综合厂	第 7 综合厂	第 8 矿务局	第 9 综合厂	第 10 矿务局	第 11 综合厂	苏捷矿务委员会	苏保矿务委员会	苏波矿务委员会

资料来源:[31],775-776 页。

总之,在 1944—1945 年,铀矿工程的统筹化改组极大地推动了“铀矿问题”的解决。在新的管理体制下,各部门在资金、人员、设备等方面的需求得到了保障。同时,一系列科研部门陆续成立,带动了“嵌入性”技术的发展。

① A-9 为铀矿的代号。([29],24、660 页)

② Б-9 为钍矿(另一种放射性矿物)的代号。([29],54、661 页)

3　创建铀矿工程知识体系

不可简单地将苏联解决“铀矿问题”的过程归纳为铀矿的勘探史与开采史，更应该从苏联科学界探究铀矿石与矿床的物理学、化学和地质学特性的“科学知识”，以及研发勘探与开采工艺的“技术知识”，并将二者融合为铀矿工程知识的过程入手予以解析。此外科学家和工程师在实验室等科研机构内的研究活动，甚至科研机构本身的意义也同样值得关注。一方面，相关知识的出现及其“生产者”的活动体现了“管理—科研—生产”体系的变迁。自 1943 年以来，负责解决“铀问题”的科研小组、研究室相继成立，而在 1945 年管理制度改革后，更多科研单位成立，资金、设备等问题也得到了解决，制度对相关知识生产的引导作用也得以凸显。另一方面，在工程知识论的语境下，工程在科学和技术的关系中起到了“扳机”的作用。([17]，159-160 页)因此，苏联的铀矿工程实际上是科学知识转化为“嵌入性”技术，而后者逐步“工程化”([1]，43 页)，最后引导科学发展，从而解决“铀矿问题”的过程。

3.1　科学机构的组建

尽管苏联科学界较早地认识到了铀的价值，但在如何搜寻铀矿床的问题上，整个国际科学界起初莫衷一是。实际上，苏联科学界较晚才对铀矿床的地质学特征获得了相对清晰的认识。例如，谢尔巴科夫将铀矿床划分为 5 种类型。([3]，48-51 页)另外，此时的科学界尚无专门研究铀矿科学的机构，科研进展缓慢。

1942 年苏联政界认可核领域工作，启动“铀工程”。但由于铀问题委员会被解散，对铀矿的研究工作与勘探、开采等领域一样，陷入了缺乏统筹的状态。库尔恰托夫在 1942 年 11 月的报告中指出：“在铀问题的相关研究上，苏联科学大大落后于英美……为应对这一巨大且困难的任务，应成立一个隶属于国防委员会的专门委员会。”([23]，279 页)然而，此时的苏联政界对统筹“铀矿问题”并无明确思路，因此在科研方面仅采用了两种办法。第一，调动更多科研力量进入铀矿领域。例如 1943 年 7 月，国防委员会责成高等教育委员会(Комитет по делам высшей школы)于 8 月 10 日前挑选 18 名有相关领域研究或学习背景的物理学和化学专业的大学教师或毕业生，将其分配至地质事务委员会从事科研工作([23]，367 页)；第二，在一些科研机构内部抽调研究方向与之有关的课题组建成“铀部门”。例如，1943 年，在国防委员会的要求下，全苏矿物原料研究所成立了由谢尔巴科夫领导，旨在进行铀矿研究的六处。[7] 经此调整，众多科研单位成立“铀部门”，并汇聚了该领域一定数量的科学家。但是，由于缺乏统筹的机构，各科研单位的科学力量仍然难以进入分工明确的状态。

铀矿工程管理制度统筹化改组后，科研领域最为突出的表现是实现科研机构的建制化。1945 年 10 月 13 日，在专门委员会的要求下，全苏地质科学研究所(Всесоюзный единый научно-исследовательский геологический институт)地球物理研究室改组为全苏地质物理勘探科学研究所(Всесоюзный научно-исследовательский институт разведочной геофизики)，负责为勘探工作研发新设备和仪器。([30]，48-49 页)1947 年，全苏地质科学研究所成立了特殊成矿研究部(Отдел специальной металлогении)，负责研究特殊成

矿理论和编制成矿预测图的工作。[33]经过建制化调整,科研机构“各自为战”的状态得到了有效改善。铀矿科研成为铀矿工程的一部分,需要遵循上级决策管理部门的要求实现知识生产。例如,在 1946 年 1 月,地质事务委员会便责成全苏地质物理勘探科学研究所尽快研制出新的勘探方法和设备。([30],101 页)

这些新变化说明苏联铀矿工程的科研逐渐从“自主研发型”向“政策导向型”转化。一方面,科学界作为科学知识和工程知识的生产者,在政策的统筹下形成了全苏地质物理勘探科学研究所、全苏矿物原料研究所、苏联科学院地球物理理论研究所(Институт теоретической геофизики Академии наук СССР)等机构并存的局面。同时,全苏范围内相关专业人才被高度集中,研究效率大幅提升;另一方面,政界是科学知识和工程知识的赞助者和使用者,通过地质事务委员会及其下属的 А-9 与 Б-9 科学技术委员会这类统筹机构把握研究动向,既可合理分配科研任务,也能很快将最新的科研成果“工程化”。

3.2 推进建设铀矿工程知识

在美国核垄断的压力和苏联科学界的努力下,铀矿工程在科研领域取得了重大进展。需要注意的是,在科学界与政界联合的过程中,科学界所秉持的观点之一便是知识必然带来实用价值。([34],146-147 页)因此,在探究该工程科研领域的演化历程时,有必要关注科学、技术和工程三者之间的关系。具体而言,一方面,苏联科学家利用地球物理学、地球化学、地质学等方法研究铀矿及矿床的特性,以此探索铀矿勘探标准的理论,并将其应用于研发工程所需的设备和技术工艺。另一方面,在铀矿工程推进过程中出现的工程问题又成为科研机构和企业技术部门进行知识生产的动力。

苏联科学院地球物理理论研究所是研究铀矿的主要力量之一。1946 年 2 月 20 日,人民委员会责成该所成立一支由 89 人组成的地球物理综合勘探队(геофизическая комплексная экспедиция),负责研究利用地球物理法勘探铀矿床。同时,鉴于各地铀矿床可能存在的差异,勘探队被分为中亚和波罗的海 2 个分部,研究地球物理学范畴的电测、磁测和地震探矿法,并研制相关设备。([30],124-127 页)8 个月后,勘探队取得了重大进展。所长施密特(О. Ю. Шмидт)报告,利用地球物理法能够检测和追踪隐藏在沉积物下物质的组成元素,可以此作为判断铀矿的标志。同时,勘探队经多次测试,证明了电测、磁测和地震探矿法的可行性,并研制出了微震监测台(Сейсмическая станция для микроразведки)、差分电磁指示器(Дифференциальный электромагнитный индикатор)等仪器。([35],517 页)

同时,全苏矿物原料研究所也为苏联在铀矿研究领域的进步做出了贡献。1945 年,该所地质学家梅尔科夫(В. Г. Мелков)凭借对阿尔卑斯造山运动时期地层的研究经验,在北高加索矿务局发现了含铀玉滴石,这不仅为次年发现贝什套(Бештау)矿床奠定了基础,还开创了地质学新的研究方向。([36],13 页)此外,1946 年 2 月 26 日,人民委员会责成地质事务委员会与全苏矿物原料研究所研究波罗的海地区页岩铀矿,并要求财政人民委员部等为此项研究提供资金和物质支持。([30],129 页)值得注意的是,在 20 世纪 40 年代末 50 年代初,该所的阿尔豪森等学者提出了铀(以及钒、钼等元素)在含有巨大潜在矿物的海相页岩、黑色黏土和磷灰岩中共生富集的理论,从而加深了苏联科学界对波罗的海铀矿床的认识。([36],13-14 页)除探矿理论外,该所地质学家雅克布维奇(А. Л. Якубович)于

1946 年发明了著名的航空伽马能谱仪(Аэрогамма-спектрометрическая аппаратура)。这是一种能够在飞机沿特定高度和速度飞行时,以高灵敏度和低惯性的辐射计测量地表的伽马辐射,并记录其异常表现的机载设备。[37]尽管雅克布维奇的设想曾在所内引起了激烈的争论,被不少科学家质疑,但谢尔巴科夫认为,由于自然界并不存在辐射点源,任何的异常区域都会在仪器中形成一个晕圈,因此雅克布维奇的想法从理论上是可行的。最终,该仪器获得拨款,并在测试和后来的使用中发挥了重要作用。([36],14-15 页)据统计,自 1947 年装备该仪器后,勘探的面积不断扩大,从 1947 年的 9.3 万平方公里增加到 1952 年的 34.3 万平方公里(图 1),这意味着该仪器成为勘探工作者使用的主要设备。([8],17 页)

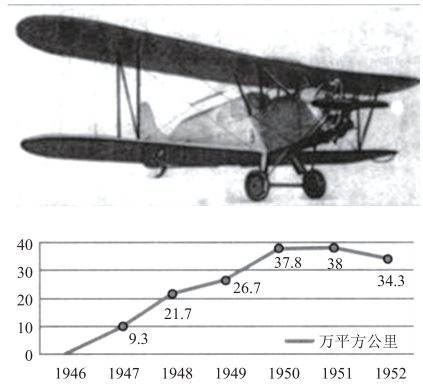


图 1　装有航空伽马能谱仪的 ПО-2с 型飞机与该仪器勘探面积变化([36],15 页)

除上述 2 个科研机构外,全苏地质物理勘探科学研究所、全苏地质科学研究所特殊成矿研究部也参与到了对铀矿的研究之中。其中,全苏地质物理勘探科学研究所下设设计局和实验站,负责研发铀矿勘探的新方法和新设备。([30],48-49 页)同时,在勘探和开采过程中发挥着重要作用的预测成矿图也值得关注。在这一领域,全苏地质科学研究所特殊成矿研究部的学者做出了突出贡献。该研究部自 1947 年成立以来,比利宾等科学家依托成矿理论,评估了个别地区矿石的铀含量,并在此基础上编制出比例为 1∶5 000 000 和 1∶2 500 000 的预测成矿图。[33]总之,在科学界和政界的联合下,苏联在铀矿研究领域取得了长足进步,所产生的知识在铀矿探采等工程实践中发挥了显著作用。例如,截至 1952 年中期,仅地质部就收到了 7 000 多台辐射仪和 3 000 多台其他类型的辐射测量仪器([31],851 页)。由此可见,铀矿工程知识不仅仅是科学知识和技术知识的叠加,更是为解决“铀矿问题”应运而生的具有独立性的工程知识。

4　探矿之旅:从萨克森到远东

随着铀矿工程管理机构的改组,铀矿选采综合厂成为苏联国内工程实施的主体。然而截至 1945 年,苏联国内已探明的铀矿储量依旧不足。在美国看来,苏联仅掌握不足世界铀矿储量 5%的铀,这使其难以研制出核武器。[38]于是,苏联决定利用其在东欧和中欧的优势,开采更为优质的铀矿。

表 2 苏联铀矿基地产出矿石的铀含量

	基地名称	平均铀含量(%)
国内铀矿基地	第 6 综合厂	0. 06
	第 8 矿务局	0. 05
	第 10 矿务局	0. 11
	第 11 矿务局	0. 19
国外铀矿基地	德国萨克森州	0. 2-5
	捷克斯洛伐克雅西莫夫	0. 2-5
	波兰库兹涅佐夫	0. 1-3

资料来源:[31],851 页。

4.1 中亚

中亚是苏联最早发现铀矿床的地区,截至 1945 年初,这一地区已探明的铀矿储量约为 430 吨。([25],274-275 页)同年 3 月,苏联内务人民委员部在其接收的中亚铀矿设施的基础上成立了第 6 综合厂([25],184 页),总部设于列宁纳巴德(Ленинабад)。该厂的成立对缓解核计划铀矿短缺有着重要意义。因此,在第 6 综合厂的厂长奇尔科夫(Б. Н. Чирков)上任前,库尔恰托夫亲自拜会他,并激动地说:"非常,非常,极其需要原材料。大量的原材料。"([39],2 页)

在第 6 综合厂建设和运营过程中,勘探和开采同步进行。在勘探方面,地质事务委员会根据 1945 年 3 月 8 日的决议责成中亚各加盟共和国的地质局组建了 20 余支考察队,并在其直属单位建立了若干检测实验室。([25],239-242 页)8 月 14 日,地质事务委员会主席马雷舍夫(И. И. Малышев)向贝利亚汇报了在中亚的新发现:第一,在乌兹别克的布哈拉州(Бухарская область)发现了新的铀矿床,铀含量为 0. 03%—0. 4%;第二,在吉尔吉斯贾拉勒阿巴德州(Джалалабадская область)纳伦河此前已查明的铀矿点发现了 375 米的矿带,在 250—300 平方千米内有 5 个高浓度含铀点,一些采矿巷道内的铀含量高达 0. 1%—0. 5%;第三,确认维吾尔赛矿床的铀矿分布具有规律性,并在此地以北 500 米处和西南 70 千米处发现了新的铀矿层。([25],349-350 页) 3 个月后,马雷舍夫再次汇报了中亚的勘探进展:第一,丘斯特—帕普勘探队在距维吾尔赛矿床不远处发现了钾钒铀矿的矿槽;第二,纳马干勘探队在卡拉—温库尔河(р. Кара-Ункур)和苏姆萨尔河(р. Сумсар)流域分别发现了钒钙铀矿和钾钒铀矿;第三,塔吉克地质局阿克乔普斯克地质队在阿克瑟肯湖(Ак-Сыкен)附近发现钾钒铀矿。([25],387 页) 然而,在 11 月 13 日,安特罗波夫在结束中亚调研后指出,主要矿场的铀矿储量仅增至 475 吨([25],380-381 页)。地质学家鲁萨科夫(М. П. Русаков)在致斯大林的信中则直接说道:"苏联已知的铀矿床的储量难以解决国家当下最紧迫的问题。"([30],455 页)

为了尽快开展铀矿采矿生产,第 6 综合厂迅速投产建设。然而,该厂面临着物资、设备、人员等方面短缺的困境。据奇尔科夫回忆:

> 在施工现场……木材、煤和其它货物混堆在一起……一共配给了 70 辆汽车,而其中 13 辆被当地党委调走……虽然目前已经到三月初了,可第一季度的浓缩物生产

> 计划还未完成一半……碎石机功效很差，仅能应对小块矿石……高达 90%的工作量都是依靠人工完成。甚至选矿吹氧操作也靠手工……矿工和地质学家只能凭经验判断矿脉。([39],4-8 页)

为了扭转第 6 综合厂的困境，政界加大了资金投入力度并明确了生产指标。1945 年 5 月 15 日，国防委员会决定：第一，向第 6 综合厂拨款 4 500 万卢布；第二，要求年内确定该厂管辖的 14、15 号矿的工业价值和规模；第三，10 月 1 日前完成 12 号矿的复产工作，要求日产矿石达到 50 吨；第四，在第四季度完成 11 号和 13 号矿的复产，要求年产分别达到 3 万吨和 1.5 万吨；第五，扩建电厂、仓库等配套设施。([25],303-304 页) 半个月后，针对该厂亟需劳动力的问题，内务人民委员部决定动用古拉格系统，派遣了 2 000 名劳改犯参与施工。([25],316 页) 显然，在科学界的倡导下，政界意识到“铀矿问题”的解决有赖于长期的政策支持。1946 年，政界对第 6 综合厂的投资力度加大。据统计，该年仅 3 个季度的投资额便高达 7 700 万卢布①，而在 1947 年，仅用于其基础建设的投资额便达到了 1.7 亿卢布([35],132 页)。巨额的财政预算、“先建造后支付”[40] 等政策极大地刺激了第 6 综合厂各类设施的建造速度。

第 6 综合厂的领导层则注重从技术要素着手，力图通过因地制宜生产“技术知识”的方法推动工程系统整体的演化。1945 年，该厂成立了中心实验研究所(Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы)，下设物理辐射测量、矿物等 5 个实验室，在改进湿法冶金技术和探索处理不同类型铀矿的工艺方面做出了重要贡献。([41],107 页) 最终，第 6 综合厂摆脱了成立之初的困境。1946—1949 年，井下工人的劳动生产率提高了近 3 倍，而主要生产工序的机械化水平增至 50%。([5],186-187 页) 在地质勘探上，1948 年初，铀矿储量增至 1 144.2 吨。([32],490 页) 1950 年 8 月，根据部长会议的要求，隶属于第一地质管理总局的克拉斯诺戈尔斯克勘探队(位于列宁纳巴德)被划入第二管理总局。([8],14 页；[31],56-57 页) 此举强化了第 6 综合厂的勘探能力，截至 1951 年 10 月，该厂已探明矿床的铀矿储量达到 2 900 吨，矿石中铀含量为 0.06%。([31],636、710 页) 在铀产量上，1945 年该厂年产仅为 14.5 吨([31],679 页)，1951 年初增至 353.5 吨，约占国内铀总产量的 80.5%②。第 6 综合厂形成了完整的“研发—勘探—生产”链，成为苏联境内最大的铀矿开采基地之一(图 2)。

4.2　德国

1945 年春，为缓解国内铀矿短缺的困境，苏联决定勘探德国潜在的铀矿资源。4 月 11 日，内务人民委员部向贝利亚汇报称，德国在 1942 年将从比利时掠夺的铀转运到了西里西亚等东部地区。([25], 267-268 页) 5 月 4 日，2 号实验室工程师戈洛文(И. Н. Головин)报告称，德国有一个专门开采镭矿和铀矿的企业“镭辛迪加”(Радиевый синдикат)，在多瑙河上游地区，很可能存在放射性矿石。([25],279-281 页) 次日，贝利亚分别收到了来自库尔恰托夫和切尔内绍夫的信函，两者均提出了派遣人员赴德开展转移核原料和调查德国科学家的建议。([25],282-283 页)

---

① 第二季度投资额未公布。([30],161、251 页；[35],57 页)

② 1950 年苏联国内铀总产量为 441 吨。([31],679-681 页)



图 2 20 世纪 50 年代第 5 和第 6 综合厂的活动区域([41],99 页)

经初步考察,苏联科学家认为萨克森州蕴藏铀矿。① 然而,德国地质学家对这一观点持悲观态度。② 因此,苏联人在审讯德国学者之后,决定自行开展地质勘探。8 月,苏联地质学家克莱特尔(B. M. Крейтер)率领勘探队造访德国萨克森州,不久后,内务人民委员部 9 局总工程师亚历山德罗夫(П. С. Александров)也带领专家团抵达该州。([42],27 页)

苏联地质学家抵达后,旋即开展了大规模的勘探活动。在克莱特尔的授意下,弗莱贝格矿业学院(Горная академия Фрайберга)地质所所长舒马赫(Friedrich Schumacher)成立了旨在勘探铀矿储量的"有色金属办公室"(Office for colored metals)。([42],28 页)1945 年 9 月,专门委员会责成内务人民委员部组建萨克森铀矿勘探队(Саксонская ураново-поисковая партия)。([6],52 页)10 月 8 日,舒马赫提交了报告,认为该州铀矿前景黯淡,仅施内贝格因靠近捷克斯洛伐克雅西莫夫(Яхимов)铀矿床而可能存在 80—90 吨的氧化铀。([42],28 页)然而,苏联地质学家并未因此而停止勘探。1946 年 4 月 4 日,部长会议决定将萨克森铀矿勘探队改组为由豪斯托夫(Н. М. Хаустов)领导的萨克森生产勘探队(Саксонская производственно-поисковая партия),负责调查施内贝格(Шнееберг)、安娜贝格(Аннаберг)、约翰乔治城(Иогангеоргенштадт)、上维森塔尔(Обервизенталь)、弗莱贝格(Фрайберг)等地的铀矿储量,并拨款 250 万德国马克作为活动资金。([30],167-168 页)7 月 29 日,萨克森矿务局(Саксонское горное управление)成立([30],272-273 页),并开始在该州的上施莱马(Обершлема)矿泉区进行首次钻探,随后逐渐向德捷边境扩展。[43] 不久后,地质学家们取得重大进展,在上施莱马发现了 7 条富铀矿脉,铀矿储量高达 700 吨,具有极高的工业价值。([35],36-37 页)

德国萨克森州铀矿作为苏联发现的首个大型富矿床,迅速被纳入了铀矿工程系统。1947 年 5 月,部长会议在萨克森州成立了旨在开发铀矿床的维斯穆特公司(Висмут)。截至 1951 年初,维斯穆特公司所在矿床的铀矿储量增至 900 吨,且矿石的铀含量高达

① 弗廖罗夫等科学家曾在 1945 年 5 月参与赴德转移铀原料、前往萨克森州首府德累斯顿的战俘营审讯曾从事与铀相关工作的德国科学家等活动。([25],312 页)

② 战时的德国科学家对萨克森州矿床进行了勘探,但认为其是贫矿床,故未进行开发。([30],374-378 页)

0.2%—5%([31],367 页),位居世界前列(图 3)。

苏联在勘探德国铀矿床的同时,也没有放松对矿石的开采。早在 1946 年底,当政界意识到德国铀矿床可能的前景后,便立即指派苏联驻德军事管制局在苏占区内征调劳动力。据统计,仅 1947 年 9 月 1 日至 11 月 12 日,各州军事管制局共征调劳动力 7 449 名。[44]同年,公司的铀产量便达到 150.4 吨,甚至超过了苏联国内的铀产量(133.4 吨)。([31],680 页)德国“惊人”的铀产量进一步刺激了苏联的兴趣,更大规模的开采势在必行。然而,在 1947—1948 年之交,苏占区的自由劳动力面临枯竭[45],1947 年 12 月征调任务的执行程度不容乐观(其中萨克森—安哈尔特州的完成度仅为 5.8%)。对此,苏联驻德军事管制局决定允许各州军事管制局从战犯和劳改犯中招募自愿赴“维斯穆特”公司工作者,并从其他企业工厂(苏联在德国的股份制企业除外)中招募劳动力。[46]1952 年初,“维斯穆特”公司共有 15 万职工,其中德国人约占 93%。([31],728 页)大批劳动力的注入推动了矿场的建设进度,截至 1951 年初,公司共建有 157 座矿山,6 座选矿厂。同时,铀产量也逐年提升,其增幅在 1949 年时甚至达到了 139.1%。(表 3)([31],680-682 页)1953 年,“维斯穆特”公司的铀产量已增至 3 093.9 吨,成为苏联核工业体系中最大的铀矿基地。([12],116 页)

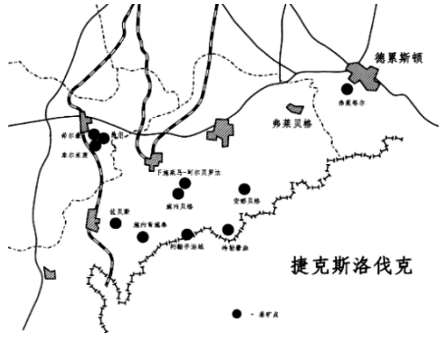


图 3　德国维斯穆特公司矿场分布([8],23 页)

表 3　1946—1951 年苏联的铀产量　　单位:吨

	1946	1947	1948	1949	1950	1951
总量	113.4	362.5	636.5	1269.4	2028.7	2321
国内	51.5	133.4	183.2	280.8	441	636
国外	61.9	229.1	452.4	988.6	1639.7	1685

数据来源:[31],680-682 页。

总之,在新的“管理—科研—生产”体系下,铀矿开采问题得到了解决。如表 3 所示,苏联的铀矿产量在 5 年内增加了近 20 倍,为苏联核弹的研制和量产奠定了良好的原料基础。

5　结　语

20 世纪中叶是一段动荡的岁月,美苏等国的核计划作为科学界与和政界联合的典

例,打开了核武器这一“潘多拉魔盒”。在工程史的语境下,20 世纪 40 年代美苏等国的核计划不仅促进了科学技术的发展,而且启动了许多新工程,开创了许多新兴产业。在当时的苏联,铀矿研究、铀矿工程均是全新领域。而它们所带来的“铀矿问题”一度成为钳制苏联科学界和政界的枷锁。因此,为了解决“铀矿问题”,科学界和政界的联合便产生了深刻的历史内涵。

自 20 世纪 30 年代末苏联科学界提出“铀矿问题”以来,科学界与政界的关系经历了三个阶段,并最终达成联合。二者的合作关系并未因 1949 年核弹研制成功、核弹工程目标达成而消失,反而不断深化。具体而言,苏联科学界出于对“科学发现优先权”[47]和增加集体利益①的追求,而政界则因与德国的战争形势,以及在战争末期和战后与美国对抗的需要,与对方合作成为趋势,铀矿工程与核计划的政策得以相继出台。在这样的背景下,科学界获得了科研所需的条件与资源,而政界获取了由科学界参与生产,且形成具有独立性的铀工程知识,这推动了合作关系的持续,并通过完善相关机构的方式得以巩固。例如,苏联在 1953 年成立了旨在管理核工业的中型机械部(Министерство среднего машиностроения)。为保持与科研机构的联系,该部设立了科学技术委员会(Научно-технический совет),镭研究所所长维多文科(В. М. Вдовенко)、地球化学与分析化学研究所(Институт геохимии и аналитической химии, ГЕОХИ)所长维诺格拉多夫(А. П. Виноградов)、全苏无机材料科学研究所(Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов, ВНИИНМ)②所长博奇瓦尔(А. А. Бочвар)、国家特殊设计所(Государственный специальный проектный институт, ГСПИ)③所长尼丰托夫(Б. И. Нифонтов)等著名科学家均为其重要成员。[48]显然,该委员会对从事与铀矿有关的科研机构开展进一步研究有着重要的指导作用。

铀矿工程及其各要素的演化也是值得关注的。首先,从管理与制度要素来看,在研究时段内,“管理—科研—生产”体系的演化使“铀矿问题”得到了统筹化解决,工程所需的资金、人员、设备得到了保障。其次,从技术要素来看,管理与制度要素的演化推动了科研资源的合理配置,从而加速了科学知识和技术知识发展,并走向“工程化”的进程。最后,从资源要素看,铀矿的分布不仅决定了选采综合厂的选址,同时还塑造了不同类型的企业制度。此外,苏联铀矿企业早期的粗放生产和管理模式所引发的社会问题也不容忽视。

总之,20 世纪中叶是“核子时代”(Atomic Age)[49]开启的年代,而苏联“铀矿问题”与其紧密相关。随着铀矿工程从决策走向实施,苏联逐渐解决了“铀矿问题”,并从“贫铀”国转变为“富铀”国。梳理这一历程,能够使今人理解科学界与政界的关系,有助于反思苏联“铀矿问题”与“铀矿工程”,乃至整个“核计划”带给今日的遗产。

致 谢 本文修改过程中得到了两位匿名评审专家,以及中国科学院自然科学史研

① 根据科学知识社会学家迈克尔·马尔凯(Michael Mulkay)的理论,在苏联,科学界通过利用政界对国防力量的追求而为其勾勒出“核弹蓝图”,以期后者提供政治和经济资源。([34],145 页)

② 原内务人民委员部下属的特殊金属局。

③ 负责设计苏联、东欧和中欧各国铀矿开采与加工工厂的科研单位。

究所邹大海研究员等的帮助与指导，谨致谢忱。

参 考 文 献

[1] 殷瑞钰，等. 工程演化论[M]. 北京：高等教育出版社，2011：91.

[2] ВОЛЬФСОН Ф И и др. *Петр Яковлевич Антропов*[M]. М: Наука, 1985.

[3] ВОЛЬФСОН Ф И. *Дмитрий Иванович Щербаков*, 1893-1966[M]. М: Наука, 1987.

[4] УШАКОВА Н Н. *Виталий Григорьевич Хлопин*[M]. М: Наука, 1990.

[5] МИХАЙЛОВ В Н(гл. ред.). *Создание первой советской ядерной бомбы*[M]. М: Энергоатомиздат, 1995.

[6] МИХАЙЛОВ В Н. *Атомная отрасль России: События. Взгляд в будущее*[M]. М: ИздАТ, 1998.

[7] ВЕТРОВ В И, ЕРЕМЕЕВ А Н. Создание сырьевой базы урана для атомного проекта (1943—1954 гг.)[M]// ГАПОНОВ Ю В(отв. ред.). *Наука и общество. История советского атомного проекта (40-50-е годы), Т.* 1. М: ИздАТ, 1997: 101-115.

[8] ПЯТОВ Е А. *Стране был нужен уран: история геологоразведочных работ на уран в СССР*[M]. Москва: РИС ВИМС, 2005.

[9] ЧЕСНОКОВ Н И. *Создание и развитие уранодобывающей промышленности в странах Восточной Европы*[M]. Москва: Информ-Знание, 1998.

[10] АНДРЕЕВ Г Г(авт. текста и сост.). *Уран для мира. История СГАО «Висмут»*, 1945—1990: *в* 3 *ч.* [M]. М: [б. и.], 2013.

[11] PORT A. When Workers Rumbled: The Wismut Upheaval of August 1951 in East Germany[J]. *Social History*, 1997, 22(2): 145-173.

[12] HEITSCHMIDT T L C. *The quest for uranium: The Soviet uranium mining industry in Eastern Germany*, 1945-1967 [D]. California: University of California, Santa Barbara, 2003.

[13] MURDOCK C E. A Gulag in the Erzgebirge? Forced Labor, Political Legitimacy, and Eastern German Uranium Mining in the Early Cold War, 1946-1949[J]. *Central European History*, 2014, 47(4): 791-821.

[14] 张泽宇. 二战后苏联对德国核资源的争夺与使用(1945—1949)[J]. 安徽史学，2014(2)：82-90.

[15] 刘颜青. 1945-1953 年苏联对德国核原料的开发与利用研究[D]. 长春：吉林大学，2021.

[16] 鲍鸥，周宇，王芳. 科技革命与俄罗斯(苏联)现代化[M]. 济南：山东教育出版社，2017：137-153.

[17] 殷瑞钰，等. 工程哲学(第四版)[M]. 北京：高等教育出版社，2022.

[18] 罗伯特·金·默顿. 十七世纪英格兰的科学、技术与社会[M]. 范岱年，吴忠，蒋效东，译. 北京：商务印书馆，2000：81-82，88.

[19] 罗伯特·容克. 比一千个太阳还亮——原子科学家的故事[M]. 钟毅，何纬，译. 北京：原子能出版社，1991：46.

[20] RHODES R. *Dark Sun: The Making of the Hydrogen Bomb*[M]. NY: Simon and Schuster, 1995: 27.

[21] VON HALBAN H, JOLIOT F, KOWARSKI L. Number of Neutrons Liberated in the Nuclear Fission of Uranium[J]. *Nature*, 1939, 143(3625): 680.

[22] 张广翔，高腾. 粒子加速器建设与苏联核计划——核物理研究实验基础的构建(1932—1957)[J]. 史学集刊，2022(2)：43-58.

[23] РЯБЕВ Л Д (общ. ред). *Атомный проект СССР: Документы и материалы. Том I.* , 1938-1945. *Часть* 1[G]. М: Наука. Физматлит, 1998.

[24] АРТЕМОВ Е Т. *Атомный проект в координатах сталинской экономики*[M]. Москва: РОССПЭН, 2017: 31-33.

[25] РЯБЕВ Л Д(общ. ред). *Атомный проект СССР: Документы и материалы. Том I.* , 1938-1945. *Часть* 2[G]. М: Наука. Физматлит, 2002.

[26] ЗАГОРУЛЬКО М М(под ред). *Сталинградская область в постановлениях Государственного Комитета Обороны (*1943—1945*): документы и материалы*[M]. Волгоград: Издатель, 2011: 160-164.

[27] ПОНОМАРЕВ-СТЕПНОЙ Н Н(отв. ред.). *Курчатов И. В. Собрание научных трудов. Т.* 3[M]. М: Наука, 2009: 406-407.

[28] 莱斯利·R·格罗夫斯. 现在可以说了——美国制造首批原子弹的故事[M]. 钟毅, 何伟, 译. 北京: 原子能出版社, 1991: 254.

[29] РЯБЕВ Л Д(общ. ред). *Атомный проект СССР: Документы и материалы. Том II.* , 1945-1954. *Кн.* 1[G]. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005.

[30] РЯБЕВ Л Д(общ. ред). *Атомный проект СССР: Документы и материалы. Том II.* , 1945-1954. *Кн.* 2[G]. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000.

[31] РЯБЕВ Л Д(общ. ред). *Атомный проект СССР: Документы и материалы. Том II.* , 1945-1954. *Кн.* 5[G]. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005.

[32] РЯБЕВ Л Д(общ. ред). *Атомный проект СССР: Документы и материалы. Том II.* , 1945-1954. *Кн.* 4[G]. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003.

[33] МИРОНОВ Ю Б, КАРПУНИН А М. К 70-летию образования Отдела геологии урановых месторождений и радиоэкологии ВСЕГЕИ[J]. *Региональная геология и металлогения*, 2017(70): 105-115.

[34] 迈克尔·马尔凯. 科学与知识社会学[M]. 林聚任, 等, 译. 北京: 东方出版社, 2001.

[35] РЯБЕВ Л Д(общ. ред). *Атомный проект СССР: Документы и материалы. Том II.* , 1945-1954. *Кн.* 3[G]. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2002.

[36] МАШКОВЦЕВ Г А(под ред.). *Урановая геология ВИМСа* - 70 *лет*[M]. Москва: РИС ВИМС, 2013.

[37] МЕЛКОВ В Г. *Поиски месторождений урана*[M]. М: Госгеолтехиздат, 1957: 161.

[38] HELMREICH J E. *Gathering Rare Ores: The Diplomacy of Uranium Acquisition*, 1943-1954[M]. New Jersey: Princeton University Press, 2014: 42、45.

[39] ЧИРКОВ Б Н. *Воспоминания первого директора комбината №* 6[M]. М: [б. и.], 1967.

[40] ЮСУПОВ Х Б. *Город нашей юности*[M]. Чкаловск: Изд-во «Вароруд», 2001: 24.

[41] ПЕТРУХИН Н П. *Создание и развитие минерально-сырьевой базы отечественной атомной отрасли*[M]. М: АО «Атомредметзолото», 2017.

[42] ZEMAN Z A B. *Uranium Matters: Central European Uranium in International Politics*, 1900-1960[M]. NY: Central European University Press, 2008.

[43] NAIMARK N M. *The Russians in Germany: A History of the Soviet Zone of Occupation*, 1945-1949[M]. Cambridge, Mass. and London: Harvard University Press, 1995: 238.

[44] Докладная записка начальника УСВА земли Саксония Д. Г. Дубровского зам. Главноначальствующего СВАГ по экономическим вопросам К. И. Ковалю о направлении рабочей силы на предприятия акционерного общества "Висмут"[R]//Управление Советской Военной Администрации Саксония. Архив фондов Советской военной администрации в Германии 1945-1949, 1947-11-19. Москва: ГАРФ, Фонд. 7212, Опись. 1, Дело. 311, Л. 122-123.

[45] Докладная записка начальника Сектора труда, заработной платы и социального обеспечения УСВА земли Саксония В. И. Данилова начальнику Отдела рабочей силы СВАГ П. В. Моренову о выделении рабочих на предприятия акционерного общества "Висмут"[R]// Советская Военная Администрация Земли Саксония Отдел Труда, Зарплаты и Соцобеспетчения. Архив фондов Советской военной администрации в Германии 1945-1949, 1947-09-12. Москва: ГАРФ, Фонд. 7212, Опись. 1, Дело. 311, л. 133-134.

[46] Приказ № 003 Главноначальствующего СВАГ о мерах по обеспечению рабочей силой предприятий государственного акционерного общества "Висмут" в Германии[R]//Главноначальствующий СВАГ. Архив фондов Советской военной администрации в Германии 1945-1949, 1948-01-13. Москва: ГАРФ, Фонд. 7317, Опись. 7, Дело. 78, л. 7-12.

[47] 罗伯特·金·默顿. 科学社会学：下册[M]. 鲁旭东, 林聚任, 译. 北京: 商务印书馆, 2003: 406-408.
[48] РЯБЕВ Л Д(общ. ред). *Атомный проект СССР: Документы и материалы. Том III.* , 1945-1956. *Кн.* 2[G]. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2009: 436-440.
[49] LAURENCE W L. Drama of the Atomic Bomb Found Climax in July 16 Test[N]. New York Times, 1945-09-26: 1.

From “Poor Uranium” to “Rich Uranium”: The Soviet Pursuit of Uranium Mines (1938—1953)

ZHANG Guangxiang, LIU Yanqing
(*Center for Northeast Asian Studies, Jilin University, Changchun, Jilin* 130012, *China*)

Abstract After the discovery of nuclear fission in 1938, the Soviet scientific community began to scrutinize the current state of uranium mining and research within the country, identifying the “uranium problem” as a significant area for scientific and national development. During World War II, Soviet policymakers increasingly recognized the importance of the “uranium problem” in the context of national development strategy. By 1945, a collaborative effort between Soviet scientists and policymakers resulted in the establishment of a nuclear program and the restructuring of the uranium mining industry, leading to a new unified management system. Under this system, the Soviet Union not only founded numerous research institutes dedicated to “uranium science” and the “uranium industry” but also developed a comprehensive body of knowledge on uranium mining engineering. This enabled the large-scale exploration and extraction of uranium both domestically and internationally in a short period of time, transitioning the Soviet Union from a state of “uranium poverty” to “uranium abundance”. Analyzing this historical period not only elucidates the evolving relationship between the Soviet scientific community and policymakers regarding the “uranium problem” but also highlights the critical role of uranium mining engineering in the full lifecycle of nuclear engineering.

Keywords Soviet Union; nuclear program; uranium problem; uranium program