

十、中国放射化学和核化学

半个多世纪以来，放射化学在中国萌芽、生根、发展，并取得巨大成就。

1934年，玛丽·居里夫人的第二位中国学生郑大章在法国求学15年之后，回到了祖国。他从巴黎大学镭学研究所的居里实验室带回来了放射化学。当时，国立北平研究院物理研究所所长严济慈聘请郑大章参加筹建该院镭学研究所〔在北京东皇城根（即现在科学出版社社址）〕，开展放射化学研究工作。随同郑大章工作的学生先后有曹友德、杨承宗、李鋐及侯灏4人。郑大章是镭化学专家，经过一年多的筹备，工作迅速开展。主要放射物质有镭-226（共59毫居里）、镭-228（约1毫居里）及来自刚果的沥青铀矿石（约10千克），主要设备有各种静电计、石英压电发生器、不同类型的电离室、自制的闪烁和盖格计数装置，以及一座磁场强度为6000高斯的电磁铁等。在此基础上，郑大章及其助手发表了一系列镭的定量提取及其载体元素化学的文章。

当时，人们对铀系元素和钍镭系之间有无关系并不十分清楚。郑大章测定了沥青铀矿石中镭对钍的放射比例，从而论证了铀系对钍镭系的放射性分支的比值。为了在国内寻找镭矿石以供研究，郑大章等以捷克的育新斯泰铀矿附近温泉水中含异常高浓度的氡为借鉴，在我国各地广集温泉水，并测定其中氡的浓度。国外在60年代也曾采用这种方法（称为水法）来寻找镭矿，并取得实际效果。

中国最早研究核化学的是卢嘉锡。1937—1939年，他在英国与S. Sugden教授首先在热原子化学中使用添加剂，发现了添加剂的清除效应，从而提出了一种著名的浓集卤素放射性核素的方法，为定量地研究同位素交换动力学创造条件。

由于日本侵略中国，1936年镭学研究所不得不迁到上海。1938年郑大章带着重病转移到上海继续进行放射化学研究，他和杨承宗从大量铀盐中分离制得很强的 UX_{1+2} （ $^{234}\text{Th}+^{234}\text{Pa}$ ）放射源，发现射线的吸收系数随放射源周围物质的性质而改变，由此成为背散射法鉴别不同支持物质及其厚度的原理。抗日战争期间进行科学研究的条件更为困难，郑大章为此奔波，心力交瘁，1941年终因心脏病突发，在苏州不幸逝世。

吴征铠1938年曾对铀酰盐的红外及拉曼光谱学进行了研究。

1949年10月前最后完成的放射化学研究是在巴黎居里实验室。杨承宗对离子交换法进行了研究并应用于化学性质极为相近的放射性核素之间或与其载体元素的分离。不久，此法国在稀硫酸溶液中可浓集低浓度的铀而得到广泛的应用。

1950年，中国科学院成立近代物理研究所。杨承宗在所内开展了放射化学研究工作。从1953年起，近代物理研究所更名为物理研究所。到1954年，放射化学组的各级人员已增加到12名，承担试制高纯铀、石墨和重水任务。在地质和化工等部门的配合下，放射化学组从事含铀矿物的分析、提取和制备重要铀化合物的研究。与此相关，还进行了一些天然放射性元素如镭、氡、钋和镭的初步放射化学研究。另外，对电解水的同位素分离效应、超纯石墨的制备进行了探索，制定了有关材料中杂质的分析方法，建立了轻元素同位素的分析设备。

1955年秋，放射化学组研究人员增加到42名，引进了一些放射性核素，

开始推广其应用。1958年建成了由苏联援建的研究用重水反应堆和回旋加速器，1958年8月首次生产出 ^{24}Na 、 ^{32}P 、 ^{60}Co 等30种放射性核素，为全国开展放射性核素的应用准备了良好条件。同年，由中国科学院物理研究所放射化学组等组建成原子能研究所，包括了北京地区的两个研究基地。从1956年起，研究人员有大幅度的增加，相继有肖伦、冯锡章、刘允斌和刘静宜等参加了放射化学方面的研究工作。与此同时，中国还选派了相当数量的科技人员到苏联的科研和生产部门从事核化学和放射化学的研究工作。从1958年起，原子能研究所先后举办8期同位素应用讲习班，共培养了500多名应用核技术人员。

50年代末到60年代初，中国核科学技术发展迅速。第二机械工业部(更名为核工业部后为核工业总公司)和其他部门都相应地建立了与核科学技术有关的研究所。其中，北京铀矿选冶研究所、北京铀矿地质研究所、中国计量科学研究院、冶金工业部有色金属研究总院、中国医学科学院、中国农业科学院原子能研究所等单位都开展了放射化学及放射性核素的分析及其应用工作。与此同时，从原子能研究所调出了一批科研人员建设两个新的核科学研究所。一个是中国科学院上海原子核研究所，该所以研究核技术应用为主；另一个是中国科学院兰州近代物理研究所，该所以研究中、低能核物理为主。

1960年，为了发展中国的核科学研究，一批其他方面的专家转而从事放射化学、化工方面的工作，其中有姜圣阶、曹本熹、吴征铠、汪德熙、陈国珍、王金堂等。此外，中国科学院的有关研究所也应国家紧急需要开展了大量的有关核化学和放射化学的研究，并做出了显著贡献。

1964年10月14日中国原子弹首次爆炸试验成功，1967年6月17日又爆炸成功了一枚氢弹。这两次震惊世界的成就是全国各方面力量大力协作完成的。其中，中国的核化学与放射化学工作者也做出了自己的贡献。

十年动乱，核化学和放射化学遭到了很大摧残。许多大专院校的放射化学专业被迫停止招生，一些研究单位的放射化学研究工作被迫放慢、停止或遭彻底破坏。

1978年以后，各方面的工作逐步走上正轨。中国各地区都有从事核化学与放射化学工作的研究机构，许多高等学校设有这方面的专业。1979年4月，在中国化学学会工作会议期间，成立了中国化学会核化学与放射化学专业委员会，由杨承宗任主任，吴征铠、汪德熙任副主任，并制定了《放射化学学科规划(草案)》，创办了《核化学与放射化学》、《核技术》等刊物。

特别要说明的是，中国放射化学家、核化学家、核化工专家为“两弹”的研制成功做出了卓越的贡献，这是因为在核工业中要生产供铀同位素分离用的六氟化铀；在反应堆中实现铀-238转化为钚-239的核反应过程；对辐照过的反应堆元件进行化学处理，分离提纯钚；将铀和钚的化合物冶炼成金属并加工制造成原子弹和氢弹的核装药部件；生产氢弹用的热核材料金属锂、氘和氚化锂。这些涉及到化工、冶金、核物理、放射化学、辐射化学、反应堆工程、热工水力学、材料学、精密机械加工、自动控制、远距离操作技术、超微量分析技术、辐射防护、临界安全、特种建筑技术等众多学科和技术领域。当时中国在以上学科和技术领域基础薄弱，有些甚至还是空白，而国际上对核工业生产各个环节的技术又严加保密，正是在这种情况下，中国的放射化学家、核化学家和核化工专家起了开拓者的作用。

放射化学在杨承宗、郭挺章领导下，开展了：天然放射性元素的提取、

纯化、分析、测定工作；铀化学及从矿石中提取铀的研究工作；重水的制备和测定的研究；反应堆用石墨的制备工艺的研究；光谱分析；质谱仪的试制；用放射化学方法，测定 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 含量比等工作；辐射化学的研究工作。培养了林念芸、朱润生、朱培基、王方定、关景素、苏峙鑫、邓佐卿、林漳基、孙懋怡等一批科技骨干。此外，为了达到核纯的要求，长春应用化学研究所袁秀顺等进行了大量的铀分析化学研究，有机化学研究所袁承业合成了直接吸附分离铀的树脂和特种萃取剂。

为了核燃料的取得，1961年前后，原子能所在二机部设计院、酒泉原子能联合企业的协助下，建成了六氟化铀简法生产装置，为兰州铀浓缩工厂提供了急需的六氟化铀原料，并为六氟化铀生产厂攻克技术难关，培训技术人员。同时研究所组织以吴征铠、王承书、钱皋韵为首的负责铀同位素分离研究组和金星南领导的计算数学小组，协同负责铀同位素分离理论、实验和试制等研究工作，获得了气体扩散法的理论和实践经验。在钱三强的领导下，以钱皋韵为首的科技攻关小组，组织科学院（包括原子能所）和冶金部研究单位联合试制成功扩散分离膜，并开始批量生产，使我国成为继美、苏、法以后第四个解决了扩散分离膜的国家。

在热核燃料方面，原子能所进行了一系列工作：研究所将刘允斌和轻同位素小组成员调到二机部包头核燃料元件厂，为该厂铀同位素生产线作出贡献。金星南等研究并掌握了铀同位素分离法的理论，解决了该厂铀同位素分离塔级联理论和计算问题。在肖伦指导下，孙懋怡等开展制备、提取、浓缩氟和关键设备生产的研究，为我国氟工厂的设计与生产提供了工艺和技术。这些工作为我国第一颗原子弹和氢弹所需要的核材料作了及时的科学支援，也为中国核燃料的发展奠定了基础。

为了取得第二种核燃料——钚，1964年前，原子能所和二机部核工程研究设计院等单位，对苏联的沉淀法工艺进行消化吸收与改进。清华大学汪家鼎完成了萃取法实验室小试，原子能研究院联合清华大学完成了中试。1964年二机部组织以汪德熙为首的专家小组进行调查后，决定进行萃取法提取钚的研究。原子能所、清华大学、二机部核工程研究设计院、酒泉原子能联合企业后处理厂、中科院化学所和应化所联合攻关，成功地设计了萃取流程，按新流程设计的工厂建成投产后，主工艺由三循环改为二循环，经济效益有了明显提高，同时提高了钚的产量和纯度。

在贝时璋、梁超、李德平等领导下，有效地组织了核安全防护工作。另外，在肖伦领导下，开展了较大规模的放射性同位素的制备工作。

此外，在全氟润滑油、全氟密封圈，硼-10同位素分离，高能炸药等方面都作出了二机部需要的成果。

在和平利用原子能方面，在80年代中国原子能科学研究院同位素研究所，开发了以得-99药物为首的放射性药物，年产值达数千万元以上。

中科院“八五”重点项目“重（轻）离子合成新核素及其衰变性质、核结构和生成机理研究”1997年在兰州通过验收。该项目负责人近代物理研究所罗亦孝汇报了项目实施5年来所取得的丰硕成果：在重质量区合成了6种重丰中子新核素（钨—202、汞—208、铪—185、钽—237、镉—239、铟—175）和一种超铀缺中子新核素镅—235（其中，钨—202由上海原子核所合成），不但实现了我国在新核素合成中零的突破，而且使我国在重质量丰中子区处于国际先进地位；首次建立了铟—153、镱—157、钆—209和铪—130等重要

核素较完整的衰变纲图，在核衰变性质研究中取得突破性进展；在质量数约为 130 和质量数约为 190 区高自旋态核结构谱学研究中，取得了一批具有国际水平的重要研究成果，对核结构理论的发展具有重要意义；在生成新核素反应机制研究中也取得了一系列重要进展；建立了一批先进的实验设备，研究成功了我国第一条中能放射性次级束流线，为今后进一步发展提供了良好实验条件。

远至 1950 年肖伦在美国伊利诺伊大学留学期间就曾发现了钽—183、钽—185 和钨—185 等新的放射性核素。1951 年，他在当时世界上最大的加速器上以 α 射线轰击水银得到放射性金—201，被认为是中国第一个成功的炼金师。