

三十年的回顾

(代发刊词)

本刊编辑部

《核化学与放射化学》正好在举国上下欢庆我国建国三十周年之际诞生了。本刊同仁在这期间回顾了这门学科在中国发展的简短历史作为发刊词,并作为对这个伟大节日的献礼。让我们从艰苦岁月的回顾中得到鼓舞,勇敢地向新的高峰迈进。限于编者的水平和搜集材料的不足,文中提到的人物和成就肯定是很不完全的,甚或有与事实不符的,希望读者不吝提出意见,以便今后加以修改和充实。

玛丽·居里夫人(Marie Skłodowska Curie)是放射化学的创始人。她的得意门生、中国的郑大章,则是中国放射化学的创始人。郑于1921年勤工俭学赴法读书,二十年代后期曾在居里夫人实验室详细研究铀系元素镭的放射化学。1932年郑大章回国时,中国老一辈物理学家严济慈聘请他到镭学研究所担任化学组负责人。这个由严济慈创建的研究所拥有的主要物质基础是购自法国的57毫克镭。该研究所设有物理和化学两个组,但每个组只有三位科研人员。化学组除郑外还有杨承宗和李钿。郑大章是位优秀的放射化学学者,曾先后在法国和中国发表了十余篇论文。但是在国民党统治下的旧中国,科学研究是得不到支持的。镭学所不但没有钱买仪器设备,就连员工的工资也常常发不出。在抗战期间,郑大章终因贫病过早地死去了。中国最早研究核化学的是卢嘉锡。他于1939年首先在热原子化学体系中使用了添加剂,发现了添加剂的清除效应。但这一有意义的工作,是在外国做的。

新中国成立后,人民得到解放,科学也获得了新生。1950年,镭学研究所和由中国核物理学家钱三强于1948年自法国回国时创建的原子学所合并,在北京成立了近代物理所,由吴有训任所长,钱三强任副所长。该所有理论物理、核物理、宇宙线、探测器和放射化学五个组,但放射化学组只有两位年青人,所以由钱兼管该组工作。

钱三强在爱琳娜(Irene)居里夫人实验室研究核物理时,也注意让自己得到放射化学方面的训练,在回国时带回了可用来做放化工作的RaD、RaTh等放射源。他还在1950年年末为放射化学组购置了一些仪器,其中有分析天平、铂坩埚和石英器皿等。1951年杨承宗从法国回来,接任了化学组组长的职位。

杨承宗是在1946年由镭学所送至法国学习的,曾在爱琳娜居里夫人实验室研究有机离子交换剂用于放化分离,这在当时是比较新的一种方法。他从法国带回少量镭、可做放射性标准的碳酸镭钡和一些铀矿石。这些及钱三强带回和采购的物资,再加上探测器组研制成功的

盖革管和中子计数管等测量仪器,给开展放射化学工作创造了有利的物质条件。与此同时,放化组人员也有所增强,高级人员增加了物理化学家郭挺章,年青人按到所先后有林念芸、朱润生、朱培基、关景素、王凤祥、苏峙鑫、彭素仁、王方定、张积舜、邓佐卿等人。

1952年年底,近代物理所制订了五年规划,决定在八年内搞一个反应堆,放化组负责这项工作中的铀、高纯石墨和重水的研制工作。这个组在杨承宗、郭挺章的指导下,进行了铀矿分析,从矿石中提取铀并制备铀化合物,提取钋、镭、镤、钍等天然放射性同位素,以及制备重水和高纯石墨等方面的工作,工作场所也迁至在北京近郊新建的实验室。这些为后来成立的北京铀矿选冶研究所提供了科学储备,邓佐卿、杨承宗也先后调去,分别成为该所的业务骨干和技术领导。

1956年,根据我国制订的科学技术发展十二年远景规划,决定从苏联引进研究用重水反应堆和回旋加速器,并开始在远郊区建立相应的研究基地。这时在美国学习的两位核化学家肖伦(在伊林诺大学跟R. B. Duffield教授做过学位论文)和冯锡璋(在加州大学洛伦兹伯克利实验室的同步加速器上做过学位论文)先后回国,加强了放化科研的领导。原放化组扩大成立了研究室,由杨承宗任主任,肖伦任副主任,并新成立了核技术和同位素应用研究室,由冯锡璋任副主任。原子能所正式命名后举办了七八期同位素应用训练班,由赵忠尧主持,杨承宗、张家骅、肖伦和冯锡璋等人负责讲授。这个训练班为全国各地培训了好几百同位素应用方面的人才,为在全国各地、各部门普遍开展核技术应用打下良好的基础。这门课程的讲义后来整理成为《放射性同位素应用知识》一书,行销全国。这本书,还有当时由杨承宗、张志尧、杨启烈等人分别译著介绍苏联和英美工作的《同位素化学》、《放射化学分离程序汇编》和《用于原子核轰击工作的化学程序》等书都对普及核化学与放射化学知识和推动这方面的科研工作起了一定的作用。

1958年以重水反应堆和回旋加速器为中心的原子能科研基地建成后,近代物理所改名原子能研究所,由钱三强任所长。成立了同位素制备研究室,由肖伦任主任,业务骨干有孙懋怡、苏峙鑫等人;同时也成立了以后处理工艺研究为中心的放射化学研究室,由自苏联学习归来的刘允斌任副主任,业务骨干有罗文宗、林漳基等人。重水堆于1958年8月运转后,第一批就生产了 ^{24}Na 、 ^{32}P 、 ^{60}Co 等30余种堆照同位素,为全国开展同位素应用创造了良好条件。这时放射性同位素已在全国各大医院和许多其他单位推广应用,农业科研部门还为此专门成立了原子能利用研究所。

1958年至六十年代初,从原子能研究所调出一些科研人员支援了两个新成立的原子能研究基地。这两个机构一个是上海原子核研究所,以研究核技术应用为中心,主要设备有1.2米回旋加速器和十余万居里的强钴源;另一个是兰州近代物理研究所,以研究中、低能核物理为中心,主要设备有1.5米回旋加速器。前者在核技术应用和辐射化学方面,后者在重离子反应方面,都已成为国内主要研究基地。在这同一时期,各大专院校如北京大学、清华大学、复旦大学、中国科学技术大学和天津大学等学校也先后设立放射化学或放射化工专业,为国家培养了大量急需的核化学与放射化学人才。

1960年苏联政府继片面废止中苏双方关于国防新技术协定后,开始从中国撤退所有专家,全面废止中苏双方签订的各项合同。赫鲁晓夫当时竟狂妄地说,没有苏联的帮助,中国人一百年也休想搞成原子弹。苏联政府所有这些行为,不能不引起中国人民极大的愤慨,

也从反面激发了中国人民从速攻克科学技术尖端、打破核垄断的决心。许多大学教授和高级科学技术人员，也都纷纷响应党和政府的号召，改行走向原子能科学技术岗位。这样转到放射化学化工方面的就有姜圣阶、曹本熹、吴征铠、陈国珍、汪家鼎和汪德熙等人，他们都在不同程度上对我国放射化学和化工的发展做出了贡献。

1964年10月16日，中国爆炸了一颗原子弹；又经过仅两年零八个月时间，1967年6月17日爆炸了一颗氢弹。这个震惊世界的成就，是在毛主席直接关怀、周总理亲自指挥下，动员了全国各方面的力量，大力协同，配合有关的工业部门完成的。在这项工作中，中国的科技人员和工人在核化学与放射化学这个领域中也做出了自己应有的贡献。

为了早日得到第一次核试验所需的装料，需要在有关的科研单位和工厂中用简易设备赶制一批所需的原料。在这项任务中，既要解决铀化合物各步转化和纯化的工艺问题，又要解决各个中间产品和最终产品的质量分析和监测问题。所有这些技术问题，皆在北京铀矿选冶研究所、原子能研究所和科学院其他有关研究单位，以及设计和生产部门的大力协作下解决了。在同位素分离方面，也在大力协同下解决了若干重大的科学技术问题。

六十年代初期在核燃料后处理科研工作上遇到一个很大的困难就是实验量的钚供应断绝。原子能所的有关科技人员经过一段时期的探索，用TTA萃取和阴离子交换纯化的方法，于1962年和工人在一起从重水堆辐照燃料中提取了近百毫克高纯度的钚盐，完全满足了科研工作的需要。

在后处理方面最初对沉淀法、萃取法和离子交换法都进行了研究，并根据当时的具体条件把重点放在沉淀法上面。通过实践，六十年代初，有关部门的领导及时组织国内专家和科技人员对萃取法工艺进行了详细调查研究，并对沉淀法存在的问题进行了认真审议之后，决定把科研和设计的重点转向萃取法。在原子能所、清华大学和有关设计、生产部门共同进行的大量科学试验的基础上，使我国完全依靠自己的力量确立了后处理普雷克斯(Purex)萃取法工艺。科学院吉林应用化学研究所和北京化学研究所也在这方面做了大量工作。

在这一段时期内，我国的化学和化工科技人员在核化学与放射化学工作中还研制并及时地向国家提供了各种急需的稳定的和放射性的核素和化学制品。在建立燃耗测定方法上也做出了重要的贡献。

在进行和完成上述这些工作的过程当中，我国的核化学和放射化学（包括同位素化学和辐射化学）的科研工作得到了蓬勃发展，在科学院、大学和有关工业部门建立了若干研究据点，一支又红又专、大力协同、能打硬仗的核化学和放射化学科技队伍建立起来了。

在我国整个科学文教事业遭受林彪、“四人帮”严重干扰破坏的时期，核化学和放射化学方面的科学研究也未能幸免，这支科技队伍同样遭到了很大的摧残，许多大专院校的放化专业停止了招生，不少研究据点放慢了甚至完全停止了工作。但是，即使在这样的情况下，由于广大科技人员自觉地抵制林彪“四人帮”的反革命路线，仍有不少单位坚守在工作岗位，并且在核化学与放射化学的科研、设计和生产中做出了出色的成绩。

粉碎“四人帮”后，全国人民在华主席和党中央领导下开始了向四个现代化进军的新长征。在这支浩浩荡荡的长征队伍中，中国的核化与放化科技人员也获得了新的生命力，核化与放化科研工作又一次展现了繁荣昌盛的局面。1978年在中国化学会年会上，首次报告了核化学与放射化学方面的论文。这一年，核化学与放射化学学会在中国化学会和中国核能学会的

双重领导下成立了筹备委员会,制订了放射化学学科规划(草案),并在1979年9月正式成立了学会,举行了全国性的学术报告会。这一发展时期的特点是,在完成应用研究的基础上,力求更多地进行应用基础和基础性质的科学研究,在国内、并和外国广泛地开展学术交流活动,在科学院、大学和工业部门中努力壮大和提高核化学和放射化学的科技队伍。

根据不完全的资料,下面从九个方面简述三十年来一些主要的工作和成就。

1. 核燃料循环

在前处理方面,北京铀矿选冶研究所在铀的浸取、纯化及浓缩以及产品的分析鉴定方面进行了大量的科研工作;在分离方法方面除溶剂萃取和离子交换外,还对流态化技术在浸出、固液分离和矿浆离子交换中的应用以及流态化数学模型进行了研究,有些成果已在工艺上采用。此外,该所从含铀煤和磷酸盐矿物提取铀的工作也已取得较好结果。海洋研究所和一些沿海城市的科研单位开始研究从海水中提铀并取得可喜的成果。天津大学在研究火焰炉连续还原技术用于铀化合物的转化方面做出了较好的成绩。

在铀同位素富集方面除对现有工艺的提搞,也对新的富集方法进行了研究。

在后处理方面,在建立了以磷酸三丁酯-煤油为基础的低燃耗辐照燃料的萃取工艺之后,对于模拟动力堆燃料和模拟高浓铀燃料的后处理工艺也进行了比较深入细致的研究,取得了良好的结果。另外,也对电解还原反萃和电解氧化调价的应用、快速萃取设备和乳化问题等进行了研究。对于胺类萃取流程和氟化挥发干法流程,进行了探索。在开展放射化学研究的同时,先后开展了对铀、钚、钍和镅等元素和其他有关材料的分析化学研究,建立了光谱、分光光度、原子吸收、电化学、X射线荧光分析、质谱、色谱及过程流线分析等方法。最近建立起来的等离子体光谱,扩大了分析范围并提高了灵敏度;还有新建立的色谱质谱联用方法,较好地解决了材料分析任务。在辐照燃料的燃耗测定方面,建立了放射化学、锆(铯) γ 能谱和质谱方法。这些工作主要是在原子能所和有关生产、设计部门进行的。另外,原子能所、清华大学和上海原子核所共同对辐照钍元件的萃取法流程进行了探索。

2. 废液处理和综合利用

兰州大学研究了从强放废液中提取若干有用核素和分离稀土元素的加压阳离子交换方法,为热试验和工艺设计提供了参数并对排代法的离子交换动力学和平衡进行了研究。北京师范大学对于蒙托土、蛭石、斜长沸石以及磷酸锆、磷酸二氢钛和多锑酸等无机离子交换剂在分离废液中的铈和铈方面进行了较多的研究工作。原子能所对于强放废液中裂变产物元素的萃取法分离工艺进行了研究,并制备提供了我国第一批自己生产的纯度较高的钼-147。该所也在研究离子交换色层方法,包括各种无机离子交换剂在废水处理 and 综合利用方面的应用。

有关生产单位,已具备从放射性废水中提取铈-90、铈-137、钼-147等核素的能力。

在中放废液处理方面,原子能所和有关设计部门对于沥青固化处理进行了研究,并已证明硝酸钠-沥青体系在低于250℃时就发生放热反应。在其他科研单位,也研究了塑料固化和水泥固化的方法。低放废液处理三段流程在总结运转经验的基础上,开始研究一些提高效率的方法。

3. 放射性同位素

原子能所研制并供应市场的放射性同位素和标记化合物(包括标记中草药)已超过140

个品种, 用户达 800 余家, 在一定的程度上满足了我国国民经济各个部门和医药上的需要 (详情已在《核技术》杂志今年第三期发表, 此处不赘)。

兰州近代物理所, 原子核所和原子能所还研制了少量加速器制放射性同位素。

北京铀矿选冶研究所研制了数种天然放射性同位素如镭、钍和钷等。

此外, 国内不少科研单位对标记化合物的制备进行了较好的研究工作, 例如北京师范大学用碘-131 标记胆固醇的工作以及中国农科院原子能利用研究所和上海原子核所的一些工作。

原子能所和一些其他科研单位结合同位素的研制, 开展了各种标记方法特别是氚标记方法 (包括微波技术) 的研究; 钋-210 基本化学的研究; 各种放射源制备方法的研究; 利用热原子效应制备高比度核素的研究; 离子交换和高压反相色谱用于分离纯化的研究; 以及在质量监测方面各种物理测定和化学分析方法的研究, 包括 α -量热法、低能 β 测量、 $4\pi\gamma$ 绝对测量, 色谱质谱联合分析和纸上色层分析等等。

4. 同位素分离

截至目前为止, 除氘、氚、锂、铀外, 我国研制的稳定同位素从氢-3 至铅-207 共约 30 多种元素、100 种核素, 供应四、五十家科研单位使用, 研制的方法包括扩散、精馏、热扩散、化学交换、电磁分离和激光等等。

上海化工研究院是碳-13、氮-15、氧-18 和氖-22 的主要研制和生产单位。重水主要是在北京大学协作下、硼-10 主要是在北京化学研究所协作下, 由化工部门进行研制和生产的。原子能所、上海有机化学研究所和有关设计、生产部门对一些其他重要轻同位素的分离也进行了基础研究并作了重要贡献。

北京大学在张青莲指导下对于重氢的同位素化学和重水的分析测量技术进行了不少优秀工作, 例如对珠峰地区冰雪河水中氢氧同位素组成的测定。他们最近还测定了 CO_2 和 H_2O 交换体系的分离系数。内蒙古师范学院也对某些氧的同位素交换体系的分离系数进行了理论计算。

近年来激光分离同位素的研究工作在我国不少科研单位和大学活跃地开展起来, 在分离硼和硫同位素方面已做出较好的结果, 并在分离碳-13 和氘方面有所进展。有些单位并对激光分离同位素的理论进行了研究, 例如中国科学技术大学的一篇关于激光分离同位素动力学的论文业已在今年的《物理学报》杂志上发表。

5. 锕系元素化学

伴随着核燃料工业的建立和发展, 我国不少科研单位和大学都对锕系元素基本化学和分析方法进行了研究, 其中做过较多工作的有北京大学、清华大学、复旦大学、四川大学, 和原子能所、北京铀矿选冶研究所、上海有机化学研究所、吉林应用化学研究所、北京化学研究所等等。

北京大学对于 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2\text{-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}/30\%$ (体积) TBP-煤油体系中分配系数进行了大量测定, 有关设计部门和该校还初步研究了这一体系的数学模型。清华大学除研究水溶液体系外, 还研究了 U-Pa 和一些其他元素在熔盐-熔融金属相之间的分配。复旦大学近日在水溶液体系的激光化学方面取得了一些进展, 初步研究了 U(VI) 在 $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}/\text{TBP-煤油}$ 体系中在激光照射下可能发生的各种变化。四川大学开始对铀钍的冠醚络合物进行了研究, 并用光

化还原方法制备 U(IV)。上海有机化学研究所曾系统地研究了某些中性磷型和胺型萃取剂的结构和它们对铀萃取行为的关系。北京大学也曾研究了螯合和中性络合剂对铀的协同萃取。

原子能所对铀、镭、钋的萃取和离子交换行为、氧化还原性能和分析方法进行了多方面的研究工作。该所在提取分离镭钋的工作中,采用了高压离子交换和流线分析技术,研究了影响分离的因素和纯化条件,得到了一定数量的高纯度的镭-242和镭-244。

6. 重离子反应和裂变化学

兰州近代物理所在重离子反应工作中用 ^{12}C 离子轰击 ^{238}U ,合成了 ^{240}Cf 并用阳离子交换分离鉴定了得到的镅。该所还用 ^{14}N 轰击 ^{238}U 得到了 ^{240}Es ,用 ^{16}O 轰击 ^{238}U 得到了 ^{250}Fm 。

在裂变化学方面,兰州近代物理所用 ^{12}C 轰击 ^{197}Au , ^{209}Bi 和 ^{238}U 等重核素,用放化方法测定了裂变产额,发现质量分布宽度随着 Z^2/A 的增加而迅速增大。该所还测定了 ^{238}U 和 ^{232}Th 在14MeV中子轰击下的裂变产额。原子能所用热中子和裂变谱中子轰击 ^{235}U 并研究裂变产物的质量分布,发现了钼-99的裂变谱产额显著高于热中子产额这一有趣的现象。在分析鉴定方面,原子能所对裂片产物做了较多的研究,而高能物理所则在放射性同位素稀释法和固体径迹探测器方面具有自己的特色。

7. 环境科学和活化分析

在我国环境科学的研究工作中,核化学与放射化学日益起着重要作用。许多单位对环境中的放射性核素进行经常性的监测并为此研究建立了一些分析方法。近期的工作,有四川大学对环境中的 ^{90}Sr 的快速测定,和原子能所对海水中 ^{106}Ru 的测定等等。用示踪技术研究三废在环境中的扩散,最近开始采用活化分析技术,例如原子能所和清华大学用铀稳定核素活化示踪研究烟囱排放物在大气中扩散分布情况;浙江农业大学和某皮革厂在原子能所协助下用中子活化法研究灌溉水中铬在土壤和农作物中的扩散,并分析了各省市88个土壤样品中铬的本底;广东测试分析研究所用14MeV快中子测定了工业废水中的氟含量。

原子能所远在六十年代初在反应堆和加速器建成后不久,就用堆中子活化技术测定了铀产品中痕量稀土元素,并用带电粒子活化分析测定了铝、钙和硅中的硼含量。近年来,我国除这两种方法外又建立了质子激发X射线分析(PIXE)方法。这些方法,已经在环境科学、材料科学、地球和宇宙科学、生命科学、考古学和法医学中得到广泛应用。

不少单位用堆中子活化分析技术研究环境中痕量元素的本底,为环境质量评价及污染防治提供了若干依据。其中高能物理所对北京、南京地区土壤、空气和水库河流(包括淤泥和生物)中几十种元素本底的测量做了大量工作。原子能所对珠峰冰雪河水中许多元素进行了本底测定。兰州近代物理所用重离子 ^{12}C 活化法测定空气中的铅,灵敏度达 10^{-8} — 10^{-9} 克。原子核所用超过滤和PIXE结合测定了上海黄浦江水中的8个金属元素的含量。

在半导体材料研究方面,有色金属研究院和原子能所用堆中子活化、原子核所用带电粒子活化方法进行了多种杂质元素的测定;原子核所为了测定痕量氧并建立了快速分离 ^{18}F 的方法。北京师范大学测定超纯石英中的铜的工作也取得了较好结果。

在生命科学中活化分析的应用,原子能所做了大量工作;原子核所用PIXE法能够区别出白血病患者和健康人全血样中痕量元素含量的不同,而原子能所用这方法也发现患白血病的小白鼠和健康的小白鼠肝、脾中铜和铅的含量有明显的区别。

对吉林陨石雨的研究工作中,原子能所测定了陨石中14种稀土和5种铂族元素的含量;

原子核所测定了其中若干轻元素含量。

在考古学方面的例子, 有上海原子核所和复旦大学用PIXE方法分析了出土文物越王勾践宝剑的合金组成。

8. 核化学其他方面

北京大学用卤代苯的(γ , n)反应研究了卤素热原子化学中含氮、含氧和含硫各种添加剂的作用, 探讨了可能的作用机理。

高能物理所和北京大学合作, 开始在自然界寻找超奇重氢和超奇重水, 以确定层子的存在。

兰州近代物理所开展了在自然界寻找超重元素的工作。

用正电子湮没方法研究金属和固体物质的结构, 也已在高能物理所开展起来了。

9. 辐射化学

在我国有关辐射化学的研究工作, 在五十年代末期就在原子能所开始了, 当时研究过辐射固氮, 和目的在于提高活性成分的六六六辐射异构化。

在后处理萃取法工艺建立前后, 原子能所、原子核所、上海有机化学研究所和北京大学等单位进行了一些有机萃取剂、溶剂和离子交换树脂辐射降解的研究工作, 有助于这些材料的筛选。

近年来高分子辐射化学在我国逐渐成为一个十分活跃的领域, 进行这方面研究工作的有上海原子核所、上海有机化学研究所、上海化工研究院、吉林应用化学研究所和北京铀矿选冶研究所等很多单位, 甚至在边远省份如四川、黑龙江和新疆都开展了研究工作。研究的内容有单体和包括含氟单体在内的辐射聚合与共聚合, 各种高分子材料的辐射交联、辐射接枝与辐射改性等方面。根据这些研究的结果, 有关部门研制并向国家提供了一批急需的具有特殊性能的材料。

这里所列举的只是各个方面有代表性的一部分工作。我们的很多工作都是在有关单位大力配合和协作下完成的, 千千万万科技工作者、工人、干部在核化学与放射化学领域的各个工作岗位上辛勤工作、埋头苦干, 取得了丰硕的成果, 使这一门在我国比较年青的学科卅年来有了迅速的发展。诚然, 我们也清醒地看到, 我们仍远远落后于科技先进的国家, 我们一定要急起直追, 迎头赶上。

核化学与放射化学会的成立和今日本刊的出版, 标志着在我国这门学科发展历史上一个崭新阶段的开始。全国从事核化学与放射化学工作的同志们! 让我们团结起来, 在祖国走向四个现代化的新的征途上奋勇前进吧!

THIRTY YEARS IN RETROSPECT

—Celebrating the birth of JNRC

The Editorial Board