

上海核技术发展概况

吴 桂 刚

(中国科学院上海原子核研究所)

上海市自1958年开展核技术研究和应用以来,目前已发展到一定的规模,并有一定的特色。全市从事核科学技术研究、设计、生产、教育(培干)的单位已有200多个,从事核科学技术的专业人员约有7000多人,其中有研究和设计单位40多个,如中国科学院上海原子核研究所、上海市728工程研究设计院,上海加速器研究所、上海核医学研究所等,设有原子能科学技术专业的大专院校有十二所,如上海复旦大学原子核科学系、上海交通大学反应堆工程专业,上海科技大学和华东化工学院核辐射化学专业,上海同济大学同位素应用室等。上海有60多家医院设有同位素诊断和治疗科室。从事核仪器和设备生产的厂或车间有10多家,如上海核电子仪器厂、上海医用核子仪器厂,上海先锋电机厂,上海锅炉厂和上海跃龙化工厂等。全市已拥有各种类型的研究、生产应用小型加速器16台(包括10MeV医用电子直线加速器3台),2000居里以上的钴源7座,总强度18万居里以上,射线治疗机10台,每年用于诊断和治疗的中、短寿命医用放射性同位素约200居里。目前已建立的核科学技术专业有:核电站和反应堆的研究、设计和加工生产;小型应用加速器的研究、设计和加工生产;辐射化学和辐射加工技术;加速器医用同位素药物的研究和应用;放射性标记化合物的研究和生产;基础核医学和临床核医学;核分析技术及其应用;核辐射仪器仪表的研究、设计、生产和应用;海水提铀技术的研究,离心分离同位素技术的研究,激光分离同位素技术的研究,激光核聚变的研

究,放射性三废处理、核辐射监测和防护,理论核物理,实验核物理,原子能农业等。前面八个方面的核科学技术专业,已具有一定的特色,已从研究、设计阶段进入到生产应用阶段,有些已形成了一定的经济效益和社会效益。上海今后核技术发展的重点是核电站和核供热电站;辐射化学和辐射加工技术;小型应用加速器的研究、设计和生产;医用同位素和标记化合物的研究和应用;核辐射仪器仪表的研制和应用;核分析技术的研究和应用等六个方面。现就上述六个方面,分述在上海所处的地位,发展前景,以及对经济效益和社会效益进行初步预测。

核电站和核供热电站

1983年底全世界已有25个国家建成近300座核电站,投入运行的核电站装机总容量约有20000万千瓦。核电站每度电的成本要比烧油的火电站便宜30%以上,仅美国已运行的6000万千瓦核电站每年就比用火电站要多收益30亿美元。我国还没有建成核电站,上海是我国最早研究、设计核电站的地方,预计我国自己设计、生产、安装的30万千瓦的核电站将于1988年投产,比广东和香港合资引进的二个90万千瓦的核电站要早二年。到2000年时,上海及其附近地区可望建成250万千瓦的核电站和核供热电站,2000年前可发电900亿度,扣除投资成本,可获经济效益约20亿元。按目前上海市一度电可创造工农业产值4元计算,900亿度电可增加工农业产值3600亿元。

辐射化学和辐射加工技术

美国和苏联在五十年代就用辐射技术研究新型高分子材料，并在辐射消毒、灭菌、杀虫、辐射食品保鲜储存方面开展了许多研究工作。1958年苏联宣布辐照土豆的保鲜储存技术进入实际应用。1960年左右，我国开始辐射技术的应用研究，目前辐射加工技术已进入到推广应用阶段。1980年世界各国建成的工业生产性辐射钴源90多座，钴源总强度达1亿多居里，辐射功率约100万千瓦，辐射工业用电子加速器有400台，其加速器总功率为1400万千瓦左右，每年辐射消毒、灭菌的处理量在75万米³，其产值70亿美元，另有辐射加工改性高分子新材料其产值每年也在20多亿美元，所以国际上已形成一门新兴工业技术——辐射加工技术，而且每年以20%以上的速度递增。目前，我国虽有1000居里以上的钴源近500个，但绝大多数是医疗用钴源装置，18万居里左右的工业用钴源只有二座。钴源总强度只有100万多居里，工业用辐照电子加速器全国只有20多台，每台功率只有几千瓦，辐射加工技术的产值每年约1500多万元。上海辐射化学和辐射技术的应用在全国是处于较有利的地位，其人员、设备和产值约占全国的四分之一左右。（主要研究单位有上海原子核所，上海科技大学，上海化工研究院，华东化工学院等）主要研究DNA的辐射损伤、保护、敏化的三转移机理——即电子转移、氢离子转移、激发能转移机理；发展射线的辐射接枝、辐射交联、辐射聚合、辐射裂解技术，推广辐射消毒、灭菌、防虫、防霉的储存和保鲜技术。今后主要的研究和发展项目有：

1、食品辐射保鲜保藏

食品辐射保鲜保藏技术比加热处理、化学药物薰蒸、冷冻法具有投资少、收效快，能耗低、公害少、安全可靠等优点。目前已有23个国家批准辐射剂量不超过100万拉德的

39种食品投入市场销售。我国也批准了大米、土豆、洋葱、大蒜、菇蘑、花生六种辐照食品的试行卫生标准，这对发展辐照食品保鲜保藏技术是必不可少的措施。食品保鲜经济效益和社会效益巨大，据初步统计，我国每年储存的粮食因霉烂、虫蛀造成的损耗近200亿斤，损失30亿元，毛皮纺织品每年霉烂、虫蛀造成的损失7亿元以上，水果霉烂的损失10多亿元。上海市的蔬菜、水果季节性很强，一季生产要保全年供应，储存中损耗十分严重，造成市场供应“多时愁、少时急、旺季烂、淡季断”的被动局面，每年损失几千万元。所以上海市决定将蔬菜、水果辐照保鲜技术作为十个重大科技攻关项目之一，要求近期完成对土豆、洋葱、大蒜、苹果、草莓、一些干果和花式蔬菜及脱水蔬菜的辐射保藏试验研究工作，并为此由中国科学院上海原子核所与上海市蔬菜、果品公司等联合攻关，力争1985年建成一个30万居里的辐照中试基地，年辐照处理70万担以上食品，将其损耗率降低到5%，每年为国家增收100多万元，三年即可收回投资。目前其辐照装置设计已经完成并已在加工之中，最佳辐照条件的工艺研究即将完成，营养成分、剂量标准、毒理试验，卫生标准的研究也已完成了大部份，土建施工也按计划进度胜利进行，1986年可望投产。

2、辐射化工产品的研究、开发与生产

上海市近几年在辐射化工方面的研究成果有60多项，有些已在小批生产、推广应用。其主要项目有：辐射接枝法制备优质功能高分子薄膜材料——NF系列离子交换膜的最佳生产工艺条件研究、镶嵌膜的平整度、均匀性、传质能力的研究，如果研究完成，投入推广使用，全国500家电镀厂，年处理10000米³镀铬浓废液，比目前已有旧工艺要节省能源和酸碱，并可回收铬，可获得经济效益3000万元以上，如再推广到其它稀有金属冶炼厂去，则其经济效益将以亿元计算。还有辐射研制的聚乙烯碱性电池主隔膜和聚丙烯

毡电池隔膜，用于微电池上可提高电池寿命一年以上。制成微型、高效、长寿命电池，目前已在国内推广，并有部分产品外销。用聚四氟乙烯废料辐射裂解制成超细粉，可以用于工程塑料添加剂，制成复合工程材料；用于润滑脂的稠化剂，制成高级高效润滑剂，高级涂料等，其经济效益也很高。上海科大的丙烯酸酯涂料的电子束辐射固化，是上海地区准备作为发展的第二个重点，并将建成辐射方面的第二个中间推广应用基地。在电线电缆绝缘层的辐射交联，聚乙烯辐射交联的泡沫塑料，半导体器件的辐射改性，硅橡胶的辐射硫化，感光材料用高分子辐射制备，木材-塑料复合材料的应用开拓，都是上海地区将在工业上推广应用的一批辐射化工成果，预计将具有较大的经济效益和社会效益。

3、医疗用品及药物的辐射消毒、灭菌

这是开发的第三个重点。辐射消毒是冷消毒，耗能小，且无热分解的问题。它穿透力强，可杀死内部的细菌，进行深部消毒，密封消毒也最方便。目前世界上大量使用高分子材料制造医疗用具，如注射器、输液导管、输液输血袋、手套、各种医用瓶具等。很多国家对这些医疗用具采取“一次性使用”政策，出厂时要消毒好，要求包装后消毒，防止再次污染，这只有用辐射消毒最简单方便，最经济可靠，最节省能源和人工。仅北美和西欧，这种一次性使用的高分子塑料医疗用具用品，1980年就销售了360亿件。世界上已有65个钴源装置，10多台电子辐照加速器在进行这项工作。上海正在筹建这方面的技术装置，其经济和社会效益是巨大的。

4、辐射化学应用基础方面的研究

目前在开发、应用、推广的辐射化学成果，都是六十年代、七十年代研究的项目。要使辐射化学和辐射技术在工、农、医和人民生活中大量推广，还有许多基础和应用基础的项目要研究。如辐射分解产物和辐照食品的安全性的关系如何，目前国际上限制

辐照食品的剂量在100万拉德之内，其原因在于100万拉德以上的辐照食品的分解产物和其毒理学的内在关系没有弄清楚。又如能否研究出一种降低辐照产品最佳吸收剂量的敏化剂，或防止辐射损伤又无副作用的抗大剂量辐射药物。至于用辐射技术研究新型的生物工程材料，例如将稻草、麦秆加上一些催化剂、添加剂后进行辐照处理后，使其变成高级饲料或食品等。还有环境污染的辐照处理、辐射大剂量标准的建立、有机物质的辐照合成等，都是对国民经济发展可能会起很大作用的应用研究课题。至于辐照装置的现代化、自动化、标准化，辐射技术研究、设计、生产、销售的横向、纵向大协作网络，布局的合理、规划的统一和协调等，也是增加经济效益，可以得到事半功倍的很重要的课题。

小型应用加速器的研究和生产

目前，全世界有大、中、小型加速器7000多台，比十年前增加了三倍。从表1世界上各种加速器统计表中可以看出，能区0.03~0.3MeV的加速器约有4300台，其中电子加速器占63%，主要用于电子束焊接，电子束冶炼和金属材料的退火，而离子束加速器主要用作中子管、中子发生器以及离子注入机。

能区范围在0.31~1.0MeV的加速器共有980台，其中电子加速器占38.7%，主要用于塑料的改性、涂层的固化等，而离子加速器主要用于离子注入机，中子发生器。

能区在1.1~3.0MeV的加速器约有500台，其中电子加速器占70%，主要用于消毒、杀菌、材料改性、电力电缆辐照交联等。而离子加速器主要用于核参数测定，核分析技术，固体物理和表面物理等。

能区在3.1~10MeV的加速器有1480台左右，其中电子加速器占94.6%，主要用于工

业无损探伤、治疗肿瘤、橡胶硫化、核爆模拟实验、消毒、杀菌等。而离子加速器主要用于核分析技术，核物理实验，模拟宇宙空间辐照，材料辐照效应研究等。

能区在11.0~33.0MeV的加速器有515台左右，其中电子加速器占66%，主要用于高分子材料辐照改性，废水辐照处理，工业无损探伤，治疗肿瘤等，而离子加速器主要用于同位素生产，核物理研究，模拟宇宙空间辐照，中子治癌等方面。

我国有小型加速器近200台，其中200KeV以下的离子注入机、中子发生器占一半以上。电子加速器约30多台，质子静电加速器，高压倍加器各有20多台。回旋加速器4台，质子直线加速器一台。但是我国自己研制生产的加速器的性能比国外先进水平还有一段差距；离子源寿命只有几百小时，比国外短几十倍，电源稳定性比国外差一个数量级，束流的离子种类、能量散度和稳定性、束流的脉冲、扫描性能、束流聚焦和靶点、加速管的寿命、自动控制等方面和国外先进水平差距都较大，需要我们吸收国外先进技术、组织联合攻关、迎头赶上。但我国已有1000多人的加速器研究、设计人员，上海占200多人。今后上海要发展成为我国小型加速器的研制生产基地，准备引进一些加速器的先进工艺和技术，组织研究、设计和生产联合攻关，形成横向协作网，使上海小型加

速器的研制生产水平和产量有一个显著的提高。

表一： 世界各种加速器台数统计表*

能 区 MeV	1972年统计台数		1983年统计台数		1983年合 计台数
	电子加 速器	离子加 速器	电子加 速器	离子加 速器	
0.03—0.3	1000	550	2800	1500	4300
0.31—1.0	180	80	380	600	980
1.1—3.0	150	85	350	150	500
3.1—10.0	250	56	1400	80	1480
11.0—33.0	150	60	340	175	515
合 计	1730	831	5270	2505	7775
总 计	2561		7775		

*说明：上述统计是不完全的，有一定误差。

上海从1961年JJ-2型电子静电加速器投产以来，22年共研制生产了约40台小型加速器，其中电子静电加速器15台，最大功率10千瓦左右，而国外已投产了100千瓦的加速器，正在研制300千瓦的加速器。上海还生产了高压倍加器13台，质子静电加速器4台，10MeV电子直线加速器4台，还有离子注入机、中子发生器各几台。主要研制生产单位有上海原子核所、上海先锋电机厂、复旦大学等。今后主攻大功率电子辐照加速器和强流离子注入机，并使其产量提高到每年十台以上。（未完待续）

（上接3页）

我们讨论了 π 介子的两种相反的观点：单一强的束缚 $q\bar{q}$ 对和按非微扰QCD真空的集体激发。集体模型的主要优点是它提供了 π 介子的Goldstone玻色子性质和 $q\bar{q}$ 准结构之间的联系。集体 π 介子有大为减小的 $q\bar{q}$ 分量和小的半径($R_\pi < 0.4$ 费米)。遗憾的是，发展的模型迄今仍然很粗陋，并且太简单以致于不能进一步做出定量的结论。作为一个

束缚 $q\bar{q}$ 对的 π 介子，它的方均根半径相当于甚至大于电荷的半径，那么它与Goldstone玻色子的联系是难以理解的。

在某种程度上，从手征袋和孤粒子模型中类点 π 介子的引入来看，集体 π 介子有较小的尺度这还是正确的。这也有助于了解为什么单 π 交换核子-核子相互作用工作在大距离处是很精确的。