

循序渐进的加拿大原子能科技与工业

沙 振 元

(中国科学院上海原子核研究所)

摘要: 本文简单介绍了加拿大原子能科学技术与工业发展的一般概况和特点。

二十世纪三十年代末中子引起铀裂变现象的发现,使许多科学家猜测到可能存在核裂变链式反应,并预见,运用这一现象可制成瞬时释放出巨大能量的强力武器。二次大战前期,美、英、德等国就展开了以秘密研究、制造原子弹为目标的竞争与角逐。美国先行一步开始筹建反应堆,接着,从当时研究原子能的战略出发,决定再建立一台以探索生产原子弹基本核燃料——钚为目标的试验性反应堆。1942年8月,英国眼看即将沦落敌手,不适于建立此反应堆。于是,经过

商议,决定到加拿大去建堆,选址于安大略省东部地区渥太华河上游的巧克河旁。美、英、法、捷和加拿大的科学家相继云集一地,开始这项工程设计。经过努力,于1945年7月先建成一台石墨反射层零功率堆作为试验测试装置,至1947年7月,终于又使当时世界上具有最大中子通量的一台反应堆正式投入运行。

这个特殊的开端为以后加拿大原子能科技与工业发展提供了良好的前提。后来,各国科学家在这两台设备上做了大量测试性研

碰撞,能够揭示和研究过去闻所未闻的现象。当用相对论重离子碰撞时,同样能够深入研究作为多体系统的核,于是它成了新形势下的又一种加速器新类型,也就是超相对论重离子碰撞机。

除了上面的两种主要类型之外,还有一种类型值得一提,那就是洛斯阿拉莫斯的轻强子装置LAMPF II。它从现在的LAMPF 800MeV直线加速器把质子射入6GeV增压环,然后把提取出的质子束经分离注入45 GeV主同步加速器环,于是就同时得到GeV能量的中微子束。另外还可以产生次级k介子、 π 介子和反质子束。

已经提出的加速器装置都有一个共同的目的,那就是理解核中的全部自由度和所有物理现象。尽管它们在结构和原理上都十分不同,仍然能够在上述基本前提一致的情况下,相互取长补短,共同发展。但是它们又基本上是各自独立和自成体系的。

我们完全有理由相信,随着新类型加速

器的陆续建成,随着新类型实验的不断开展,随着核多体系统的理论进展,核物理学研究在未来的十年里,必然会呈现出光辉的前景并取得实质性进展。

参 考 文 献

1. J. J. Aubert et al., Phys. Lett. 123B (1983)275
2. A. Bodek et al., Phys. Rev. Lett. 51 (1983)534
3. T. Cowan et al., Phys. Rev. Lett. 54 (1985)1761
4. J. Kogut et al., Phys. Rev. Lett. 53 (1984)644
5. H. Wegner, Nucl. Phys. A 418(1984)
6. H. Bokemeyer et al., GSI Annual Scientific Report (1984) page 177
7. M. I. Sobel et al., Nucl. Phys. A251 (1975)502
8. W. Lichten et al., Phys. Rev. Lett. 54(1985)781
9. G. Fraser, CERN Courier. May 1986.

研究工作，从中也培养了一大批科技队伍。现在，巧克河实验室已经发展成为一个世界上有名的综合性原子能科技研究基地，而加拿大境内的核电站也广为分布。除堆工程以外的原子能科技研究单位，不列颠哥伦比亚大学，麦基尔大学、蒙特利尔大学、哈密尔顿大学、王后大学、多伦多大学、魁北克大学、萨斯卡通大学等核实验室，也均有一定规模。加拿大的原子能科技与工业，已经形成一个庞大的体系，在加拿大的国民经济中发挥了独特的作用。

加拿大的原子能是以发展反应堆科技、解决能源问题为主攻方向的。工作循序渐进、做得比较深入，反应堆的性能和结构独具特色。在巧克河零功率堆和第一台反应堆建成之后，1957年又建立了另一台大中子通量的反应堆(称NRU)，为后来开展先进核装置设计的材料考验和热转换试验提供了基本条件。1962年，在巧克河实验室附近建起加拿大第一个核电推动的汽轮发电机系统(称NPD)。另一个反应堆回路试验基地也在六十年代中期，在加拿大卑诗省东郊建成。在积累上述工作经验的基础上，工程技术人员开始着手加多型(Candu，即加拿大——重水——铀)反应堆系统的设计，以后在建造中还不断得到改进和发展，由此逐步形成了加拿大自己的原子能工业。

自1964年至今，在多伦多市、蒙特利尔市、圣约翰市附近和魁北克市西部分别建起了六座大型核电站，共计已建成运行发电的反应堆有16个，正在建造的有4个，反应堆的功率有20万千瓦、50万千瓦和88万千瓦不等。为了解决反应堆所需的大量重水，加拿大从1944年开始建立小型重水生产设备，1964年至1975年间，又逐步建成了三个年产量为400至800吨的大型重水工厂，从而为解决加拿大的能源供应提供了重要手段，同时也为以后的能源扩充开拓了广阔的前景。现在安大略省的能源供应充足，电费价格低廉，每度电仅合5加分多。除了当地的水力资源丰富

外，采用核能发电也是重要原因。

加拿大的科技工作者，在反应堆科技的大量研究工作中，开辟了一条采用天然铀作反应堆燃料的路子。这就是说，在整个原子能工业中，省去了把铀235浓缩的繁复过程。为了解决燃料棒束在反应堆中燃耗快、需要频繁更换的矛盾，他们摸索了一套反应堆运行过程中同时更换新燃料棒束的技术。因而，这种反应堆的成本虽比通常的堆型稍大，但可大大提高反应堆的运行效率。据近几年世界各国反应堆运行效率统计，加拿大的反应堆约占半数进入了前十名。

大量核电站的建立，核废物也随之增加。于是，对核废物的处理就成为一个引人注目的问题。一些专家们提出了把核废物长久性深埋的设想，其基本思想是在地下500米到1000米的岩洞内建立贮藏库和专用装备，把反应堆用后呈棒束的废元件和其他强放废物存放于库内，采取一系列措施使其密闭，确保仅有微量放射性物质逐步溢出，并经过长时期渗透进入人类活动范围以前早已衰变殆尽，这样就可以从根本上保障人身的安全。这个设想已被正式列为研究和发展计划，从1978年开始着手进行。由于该计划的科技与工程内容极为广泛、综合，耗资估计要达200亿加元，它是加拿大研究发展史上最大的项目之一。预计本世纪末可解决研究与发展问题，那时可再根据核废物的容量设计、建立正式的贮藏库。这样，人们对大量核电的采用就可无后顾之忧了。

加拿大在原子能科技和工业发展过程中，还十分注重核技术在工农医方面的应用及其商品价值。早在1952年，就在渥太华市成立了加拿大原子能有限公司，后来在巧克河等实验室也设立了相应的机构，专门从事商品经销业务，供应本国与国际市场。随着科技工作的发展，经营范围逐步扩大。除输出到亚洲等地的反应堆外，主要的供应商品还有：用钴60或铯137作放射源的同位素医用辐照装置；200万居里级的大型钴60器具

消毒装置；为保存食品用的辐照装置；医用直线加速器等，各种放射性同位素的销售如：钴60、铯137、碳14、钼99、碘125和碘131等，市场更为广泛，是目前世界上最大的供应单位。为适应工业、军事研究的需要，1970年又开始设计一种小型、低成本的反应堆，供活化分析或热源使用。目前这种反应堆已发展了五种型号，在加拿大和好几个国家使用。

原子能科技与工业，综合性强，需要大量技术储备。加拿大主要采取政府投资的形式。比如巧克河实验室，除了堆工程研究外，同时在材料科学、固态科学、放射生物、环境科学、医学科学、固体物理和重离子物理等领域内也开展大量的基础研究和应用研

加拿大所建核电站一览表

名称	地点	功率 (兆瓦)	建成期
NPD	安大略省	22	1962
Douglas Point	安大略省	208	1967
Pickering A	安大略省	514 × 4	1971—73
Bruce A	安大略省	746 × 4	1976—79
Gentilly 2	魁北克省	638	1979
Point Lepreau	新布朗斯维克省	633	1980
Pickering B	安大略省	516 × 4	1981—83
Bruce B	安大略省	769 × 4	1983—86
Darlington	安大略省	850 × 4	1985—88
Gentilly 3	魁北克省	600	—
KANUPP	巴基斯坦	125	1971
RAPP 1	印度	203	1972
RAPP 2	印度	203	—
Cordoba	阿根廷	600	1980
Woesung 1	南朝鲜	629	1982

究，其经费是通过加拿大原子能有限公司向政府申请获得。他们在科技活动中，从外部获得的收入，也一起列入计划向上统一结算。各大学核实验室所需要的科研经费，则大都通过加拿大自然科学和工程研究理事会获得。所有这些政府投资的单位的另一个重要任务是培训、选拔人才，他们可以向自然科学和工程理事会一类机构申请一部分资助学生参加科技活动的经费，象巧克河那样专门从事研究活动的实验室，也设有相当规模的展览厅、电影室，还有各种普及原子能知识的资料供人阅读。那里地处偏僻，但每年接待参观者不下1万人次，其中多数是中学生，可见他们对培养人才的重视。除了支持这些单位进行科技活动和人才培养之外，对那些有可能发展为商品生产的成果，政府一般采用支持有专长的科技人员，从研究机构中脱勾，自行开业的办法去开发生产，比如象堆工程中所需要的某些特种金属材料、化工处理设备制造工厂，就是为此建立起来的，这样做的目的就在于加快原子能科技与工业的发展速度。

近年来，加拿大在原子能科技与工业发展中的最大问题是资金来源不足，不能满足原有规模和科研发展的需要。这样，就迫使他们削减许多工作。堆工程的研究主要集中在重水堆的深入和小型、低成本反应堆研究方面。各核实验室的基础研究也正逐步趋于集中、提高质量或转而开展较多的应用研究。看来，这种趋势在今后几年还会进一步增长。