

加拿大与世界核能开发利用近况*

王能明 王 玉 编译

(四川大学原子核科学技术研究所)(四川省放射卫生防护所)

摘要:加拿大核能的开发与利用已取得了显著的经济效益与社会效益。本文介绍了世界反应堆性能对比和世界反应堆容量,着重介绍了加拿大动力反应堆和核能开发利用的其它有关情况。

加拿大核能的开发与利用已取得了显著的经济与社会效益。从全世界已开发利用的核动力堆来看,加拿大的核动力堆在某些方面居于领先地位。据1987年加拿大核年鉴记载:核能的开发利用为加拿大社会就业直接提供了3万个工作,其中许多属于高技术工作,总共几乎提供了10万个工作。在经济上,1986年的年度贡献为40亿元,其贡献水平类似于化学和汽车工业。使用铀而不是煤使加拿大安大略(省)已节省外汇约70亿元。到2000年安大略的核能规划累积利润将达200亿元。1986年加拿大生产了11720吨铀,多于加拿大全年石油生产可利用能量的两倍,同时多于加拿大年度石油和天然气生产能量之总和。加拿大是世界铀的主要出口国,每年销售收入10亿元。

政府对核研究的投资已得到极好的报偿:到1985年底在西方世界按每花费1美元研究费所获得的电力对比,加拿大的效益最好(表1)。安大略电力的一半来自坎杜型堆(CANDU—加拿大重水铀堆)。坎杜型堆使安大略在世界上保持着最廉价的电力(表2)。

在运行可靠性方面,坎杜型堆发电站居世界领先地位。坎杜型堆一贯被评价为在世界范围内300多个反应堆中的前十名。

在防止损坏环境方面,如果安大略利用烧煤发电厂产生如核电厂至今已获得的相同电力总数,它可能已释放出600万吨酸性气

体进入大气,同时产生几乎2000万吨煤灰。加拿大所有核电厂用过的核燃料可能只够填满一个冰球场达到约半腰的高度。如果烧煤,其煤灰将需要25000倍这样的空间。而且已用过的核燃料还具有循环产生非常多能量的潜力。

在反应堆出口方面,流行的加拿大坎杜型堆占有世界动力反应堆市场的5%。在进入新世纪的时候预期这种堆将迅速增长。比之多数其它工业这是一个较大的份额。

附带利益方面,核能可提供许多附加的利益而且加拿大在这些开发方面处于前列。

保健和医药—诊断、癌治疗、仪器、以及敷料消毒。

食品和农业—农作物改良、害虫控制、食物保存,畜牧业。

工业—测量、分析、示踪元素、导航设备。

展望:正期待着的许多重要的开发是主机翼分区加热设想,石油砂提取,聚变能等。

大多数工业国家都有一个强有力的委员会开发核能,到1990年将有500个动力堆投入服务。核发电站功率达40万兆瓦时,就意味着超过了世界上所有水力发电厂的能力。

世界反应堆性能对比

按照所测量的累积负载系数,到1986年

*王能明、王玉摘编自Nuclear Canada Yearbook 1987

年底坎杜型堆的运行时间性能在前十名中占有四个位置(表3)。在1986年年度性能方面坎杜型堆在前十名中占两个。日本装备的反应堆增强了竞争性,取得了前四名地位(表4)。作为整体来说,按反应堆类型,压水堆(包括坎杜型堆)处于领先地位。加压重水反应堆平均具有68.4%的运行时间负载系数。压水堆为63.7%;镁诺克斯型堆(Magnox—天然铀镁合金包壳气冷石墨慢化堆)为61.1%;沸水堆为60.5%;改进型气冷堆为33.7%。这些数字取自国际核工程杂志,包括西方世界所有的动力堆。由于缺乏资料,经互会国家只包括了匈牙利。数表中包括规模超过150兆瓦总电力和运行时间超过一年的反应堆。

世界反应堆容量

到1986年底在世界范围已有397座完全商业性核反应堆,具有总净发电能力为285,349兆瓦。此外有156座反应堆已订购或正在建设中,具有设计容量为143,108兆瓦电功率。这些总数中不包括低于30兆瓦电功

率的反应堆,但包括了一些规模不大明确的反应堆(表5)。

表1 至1985年底西方世界按每花费1美元研究费所获电力对比

国家	每美元花费所获电力(千瓦小时)	总耗资(10亿美元)
加拿大	189	2.5
英国	127	6.0
美国	103	31.6
日本	94	9.6
法国	84	12.2
西德	56	11.2
意大利	25	3.4

表2 电力价格对比(1986年8月平均住宅行情)

国家或地区	1千瓦小时电售价(美分)	购买1千瓦小时电所需工作时间(分)
安大略	5.4	0.28
瑞典	6.2	0.47
旧金山	11.5	0.54
法国	11.9	1.15
底特律	12.8	0.45
东京	19.4	1.43
纽约市	20.7	0.97

表3 至1986年底反应堆运行时间性能对比

堆名	国家	类型	兆瓦(总电力)	负载系数(%)
1) Paks 1	匈牙利	压水堆	440	89.0
2) Philippsburg	西德	压水堆	1349	87.4
3) Bruce 3	加拿大	坎杜型堆	815	87.3
4) Bruce 4	加拿大	坎杜型堆	825	86.5
5) Bruce 5	加拿大	坎杜型堆	885	86.2
6) PL Lepreau	加拿大	坎杜型堆	680	85.9
7) Beznau 2	瑞士	压水堆	364	85.3
8) Hunterston A2	英国	镁诺克斯型堆	169	85.1
9) Grohnde	西德	压水堆	1361	84.5
10) Paks 2	匈牙利	压水堆	440	83.5

表4

1986年前十名反应堆的性能

堆名	国家	类型	兆瓦(总电力)	负载系数(%)
1) Ikaia 2	日本	压水堆	566	100.0
2) Mihama 3	日本	压水堆	826	99.6
3) Genkai 2	日本	压水堆	559	99.4
4) (Tied)Ohi 2	日本	压水堆	1175	99.4
5) Hunterston, A2	英国	镁诺克斯型堆	169	97.9
6) St. Lucie 1	美国	压水堆	842	97.6
7) Bruce 5	加拿大	坎杜型堆	885	97.3
8) Mihama	日本	压水堆	340	96.3
9) TVO 2	芬兰	沸水堆	735	94.2
10) Pt. Lepreau	加拿大	坎杜型堆	680	94.0

表5

世界反应堆容量

国家或地区	数量	已建成反应堆		数量	在建设中反应堆	
		类型	总兆瓦电(净)		类型	总兆瓦电(净)
阿根廷	1	坎杜型堆	600	1	加压重水堆	692
	1	加压重水堆	335			
奥地利	1	沸水堆	692			
比利时	1	压水堆	5450			
巴西	1	压水堆	626	2	压水堆	2490
保加利亚	4	压水堆	1760	2	压水堆	1906
加拿大	18	坎杜型堆	11804	4	坎杜型堆	3524
中国				3	压水堆	2100
古巴				2	压水堆	880
捷克斯洛伐克	7	压水堆	2770	6	压水堆	2840
芬兰	2	压水堆	890			
	2	沸水堆	1420			
法国	43	压水堆	41525	14	压水堆	17675
	4	气冷堆	1915	1	液态金属冷却	1200
	1	液态金属冷却 快中子增殖堆	233		快中子增殖堆	
东德	5	压水堆	1702	6	压水堆	3432
西德	11	压水堆	11718	7	压水堆	8777
	7	沸水堆	6930	1	液态金属冷却	295
	1	高温堆	296		快中子增殖堆	
匈牙利	3	压水堆	1230	3	压水堆	2410
印度	2	沸水堆	320	4	加压重水堆	880
	2	坎杜型堆	404			
	2	加压重水堆	440			
意大利	1	沸水堆	875	2	沸水堆	1964
	1	气冷堆	150	1	轻水冷却 重水慢化堆	40

	1	压水堆	257	2	压水堆	1920
日本	16	沸水堆	12476	8	沸水堆	8083
	15	压水堆	10856	8	压水堆	7733
	1	气冷堆	159	1	液态金属冷却	250
	1	轻水冷却	148		快中子增殖堆	
		重水慢化堆				
南朝鲜	5	压水堆	3851	3	压水堆	2786
	1	坎杜型堆	629			
墨西哥				2	沸水堆	1308
荷兰	1	沸水堆	55			
	1	压水堆	445			
巴基斯坦	1	坎杜型堆	125			
菲律宾				-1	压水堆	620
波兰				6	压水堆	3736
罗马尼亚				1	压水堆	440
				5	坎杜型堆	3100
南非	2	压水堆	1840			
西班牙	5	压水堆	3773	7	压水堆	6851
	2	沸水堆	1415	2	沸水堆	1950
	1	气冷堆	480			
瑞典	9	沸水堆	7020			
	3	压水堆	2630			
瑞士	3	压水堆	1620			
	2	沸水堆	1310			
台湾	4	沸水堆	3104			
	2	压水堆	1780			
英国	26	气冷堆	5206	3	改进型气冷堆	2020
	11	改进型气冷堆	6900			
	1	重水慢化沸腾	92			
		轻水冷却堆				
	1	液态金属冷却	250			
		快中子增殖堆				
美国	67	压水堆	60413	17	压水堆	19456
	38	沸水堆	32420	3	沸水堆	3510
	1	高温气冷堆	330			
	1	轻水冷却	860			
		石墨慢化堆				
苏联	22	压水堆	14363	19	压水堆	17950
	22	轻水冷却	14875	7	轻水冷却	8150
		石墨慢化堆			石墨慢化堆	

	2	液态金属冷却 快中子增殖堆	900
	1	沸水堆	50
南斯拉夫	1	压水堆	632

表6

加拿大动力反应堆

堆名	地址	功率(总兆瓦)	经营者	商业经营时间
NPO	安大略	25	OH/AECL	1962
Pickering 1	安大略	542	OH	1971
Pickering 2	安大略	542	OH	1971
Pickering 3	安大略	542	OH	1972
Pickering 4	安大略	542	OH	1973
Bruce 1	安大略	815	OH	1977
Bruce 2	安大略	825	OH	1977
Bruce 3	安大略	815	OH	1978
Bruce 4	安大略	825	OH	1979
Point Lepreau	新不伦瑞克	680	NBEPCL	1983
Gentilly 2	魁北克	685	HQ	1983
Pickering 5	安大略	540	OH	1983
Pickering 6	安大略	540	OH	1984
Pickering 7	安大略	540	OH	1985
Pickering 8	安大略	540	OH	1986
Bruce 5	安大略	885	OH	1985
Bruce 6	安大略	885	OH	1984
Bruce 7	安大略	890	OH	1986
Bruce 8	安大略	890	OH	1987
在建设中的动力反应堆				
Darlington 1	安大略	935	OH	1989
Darlington 2	安大略	935	OH	1988
Darlington 3	安大略	935	OH	1991
Darlington 4	安大略	935	OH	1992

(AECL—加拿大原子能有限公司, OH—Ontario Hydro, HQ—Hydro Quebec, NBEPCL—新不伦瑞克电力委员会)