

世界核动力堆性能对比*

王能明

王 玉

(四川大学原子核科学技术研究所) (四川省放射卫生防护所)

反应堆性能的通常量度是它的负载系数。如果在一年中反应堆以满功率不间断地运行,它就具有 100% 的负载系数。反应堆由于维修被关停或低于满功率运行,负载系数百分率将降低。根据 1987 年 9 月的统计,西方世界的 250 个大型核动力反应堆,按标志运行特点的负载系数对比,前 10 名中有 8 个是加拿大的坎杜型反应堆 (CANU — Canada Deuterium Uranium (Heavy Water) Reactor) (见表 1)。加拿大的坎杜型反应堆的运行性能一贯被证明是世界领先的。部分原因是加拿大的技术允许在反应堆运行中添加核燃料。世界上许多反应堆使用轻水 (普通水) 或石墨作慢化剂,需要浓缩铀作燃料。坎杜型反应堆用效率高的重水作慢化剂,可使用天然铀作燃料,具有较好的燃料效率。坎杜型堆具有良好的运行记录和经济效益,在加拿大的安大略省,1 度电售价仅 5.4 美分。

1988 年,负载系数达 100% 的,是加拿大 Ontario Hydro's Pickering 核电站的第 6 号反应堆和美国 Florida power and Light's St Lucie plant 的反应堆。世界上 272 个大型的 (超过 500MW) 各种设计的反应堆,在本年度,性能最好的前 10 名中有 4 个是坎杜型堆。除第 1 名 Pickering 6 号外, Pickering 5 号、7 号和 Pt. Lepreau 坎杜型反应堆依次名列世界第 6 位、第 7 位和第 8 位,负载系数分别为 97.9%、96.6% 和 95.7% (见表 2)。

在寿命性能上,坎杜型堆名列世界第 1,前 10 名中有 5 个是坎杜型堆。世界上寿命性能最好的大型反应堆是加拿大 Ontario

Hydro's Pickering 核电站的 Pickering 7 号反应堆。自从它 4 年前起动的以来,运转了 89.6% 的时间,比美国 Palo Verde T.J. 3 号反应堆多 10 分之 1 百分点。加拿大新不伦瑞克核电站的 Pt. Lepreau 反应堆占第 3 位,具有 88.8% 的寿命负载率。Pickering 8 号反应堆已商业服务 3 年,负载系数为 85.3%,占世界第 7 位。加拿大的 Hydro's Bruce Generating Station 的 6 号和 5 号反应堆都已服务 4 年,分别具有 85.7% 和 85.2% 的负载系数,占世界第 5 位和第 8 位 (见表 3。在表 2 和表 3 中所列的反应堆,功率都大于或等于 500MW,它们均在 1988 年 1 月 1 日前发电)。

表 1 1987 年 9 月世界反应堆寿命性能对比

国家	单 位	堆 型	负载系数%
1.加拿大	Bruce-5	坎杜型堆	87.7
2.加拿大	Pt. Lepreau	坎杜型堆	86.9
3.加拿大	Bruce-3	坎杜型堆	86.4
4.加拿大	Bruce-7	坎杜型堆	86.3
5.加拿大	Pickering-7	坎杜型堆	86.0
6.加拿大	Bruce-4	坎杜型堆	86.0
7.西 德	Philippsburg-2	压水堆	85.4
8.加拿大	Pickering-8	坎杜型堆	85.1
9.西 德	Grohnde A-1	压水堆	83.6
10.加拿大	Bruce-6	坎杜型堆	82.9

表 2 1988 年世界反应堆性能对比

国家	名次	单 位	堆 型	负载系数%
加拿大	1	Pickering-6	坎杜型堆	100
美 国	2	St. Lucie-2	压水堆	100
美 国	3	North Anna-2	压水堆	99.8
日 本	4	Sendai-2	压水堆	98.6
美 国	5	Farley-2	压水堆	98.3

国家	名次	单位	堆型	负载系数%
加拿大	6	Pickering-5	坎杜型堆	97.9
加拿大	7	Pickering-7	坎杜型堆	96.6
加拿大	8	Pt.Lepreau	坎杜型堆	95.7
美国	9	Millstone-1	沸水堆	95.5
美国	10	San Onofre-2	压水堆	95.4

国家	名次	单位	服务年限	堆型	总负载系数%
美国	11	Polo Verde-3	1	压水堆	94.6
加拿大	12	Gentilly-2	5	坎杜型堆	94.5
美国	13	Oconee-1	15	压水堆	94.2
美国	14	Monticello	18	沸水堆	93.5
芬兰	15	Olkiluoto-1	10	沸水堆	92.9
芬兰	16	Olkiluoto-2	8	沸水堆	91.9
美国	17	Susquehanna-1	6	沸水堆	91.4
美国	18	Vermont Yankee	16	沸水堆	91.1
日本	19	Fukushima II-3	3	沸水堆	90.8
西德	20	Grohnde A-1	4	压水堆	90.0
日本	21	Fukushima I-5	11	沸水堆	89.8
美国	22	Callaway	4	压水堆	89.7
美国	23	Calvert Cliffs-2	12	压水堆	89.1
美国	24	River Bend-1	3	沸水堆	88.9
加拿大	25	Bruce-5	4	坎杜型堆	88.8
加拿大	26	Pickering-1	17	坎杜型堆	88.4
美国	27	Beaver Valley-2	1	压水堆	87.8
比利时	28	Tihange-2	6	压水堆	87.8
美国	29	North Anna-1	11	压水堆	87.4
日本	30	Takahama-4	4	压水堆	87.2
西班牙	31	Asco-2	3	压水堆	87.1
比利时	32	Doel-3	6	压水堆	87.1
美国	33	Grand Gulf-1	3	沸水堆	87.0
美国	34	Point Beach-1	18	压水堆	87.0
比利时	35	Tihange-3	3	压水堆	87.0
瑞典	36	Barsebäck-2	12	沸水堆	86.9
阿根廷	37	Embalse	5	坎杜型堆	86.8
比利时	38	Doel-4	3	压水堆	86.7
西班牙	39	Cofrentes	3	沸水堆	86.6
西班牙	40	Almaraz-2	5	压水堆	86.6
西德	41	Philippsburg-2	4	压水堆	86.1

美国	42	St.Lucie-1	12	压水堆	86.1
瑞典	43	Oskarshamn-2	14	沸水堆	85.6
瑞士	44	Gösgen	9	压水堆	85.3
西班牙	45	Asco-1	5	压水堆	85.0
英国	46	Hunterston-B1	13	气冷堆	84.7
瑞典	47	Barsebäck-1	14	沸水堆	84.6
美国	48	Point Beach-2	16	压水堆	84.6
西德	49	Unterweser	9	压水堆	84.2
加拿大	50	Pickering-3	17	坎杜型堆	83.9

表3 世界反应堆寿命性能对比

国家	名次	单位	堆型	负载系数%
加拿大	1	Pickering-7	坎杜型堆	89.6
美国	2	Palo Verde-3	压水堆	89.5
加拿大	3	Pt.Lepreau	坎杜型堆	88.8
西德	4	Grohnde A-1	压水堆	86.2
加拿大	5	Bruce-6	坎杜型堆	85.7
西德	6	Philippsburg-2	压水堆	85.6
加拿大	7	Pickering-8	坎杜型堆	85.3
加拿大	8	Bruce-5	坎杜型堆	85.2
比利时	9	Tihange-3	压水堆	84.9
美国	10	St.Lucie-2	压水堆	84.6

国家	名次	单位	服务年限	堆型	总负载系数%
西德	11	Stade-1	17	压水堆	83.7
比利时	12	Doel-3	6	压水堆	83.4
加拿大	13	Pickering-6	5	坎杜型堆	83.4
西德	14	Grafenrheinfeld	7	压水堆	83.3
加拿大	15	Bruce-3	11	坎杜型堆	82.7
加拿大	16	Pickering-5	6	坎杜型堆	82.6
加拿大	17	Bruce-4	10	坎杜型堆	82.4
西德	18	Krümmel	5	沸水堆	82.2
日本	19	Genkai-2	8	压水堆	81.8
比利时	20	Doel-4	3	压水堆	81.4
加拿大	21	Pickering-4	16	坎杜型堆	81.4
美国	22	Farley-2	7	压水堆	81.4
芬兰	23	Olkiluoto-1	10	沸水堆	80.9
瑞士	24	Gösgen	9	压水堆	80.2
瑞典	25	Barsebäck-2	12	沸水堆	79.9
瑞典	26	Oskarshamn-2	14	沸水堆	79.8

国家	名次	单位	服务年限	堆型	总负载系数%
日本	27	Ikata-2	7	压水堆	79.7
日本	28	Sendai-2	3	压水堆	79.6
西德	29	Unterweser	9	压水堆	79.5
比利时	30	Tihange-2	6	压水堆	79.3
美国	31	Prairie Island-2	14	压水堆	79.2
美国	32	Point Beach-2	16	压水堆	79.1
加拿大	33	Bruce-1	11	坎杜型堆	78.7
加拿大	34	Bruce-7	3	坎杜型堆	78.7
西班牙	35	Cofrentes	3	沸水堆	78.4
芬兰	36	Olkiluoto-2	8	沸水堆	78.4
美国	37	Hope Creek-1	2	沸水堆	78.2
西班牙	38	Almaraz-2	5	压水堆	78.2
日本	39	Fukushima II-3	3	沸水堆	77.9

美国	40	Kewaunee-1	15	压水堆	77.8
美国	41	Calvert Cliffs-2	12	压水堆	77.8
日本	42	K-Kariwa-1	3	沸水堆	77.8
加拿大	43	Pickering-3	17	坎杜型堆	77.8
南朝鲜	44	Wolsung	6	坎杜型堆	77.7
日本	45	Takahama-4	4	压水堆	77.3
日本	46	Sendai-1	4	压水堆	77.1
日本	47	Takahama-3	4	压水堆	77.1
西德	48	Brokdorf	2	压水堆	76.7
美国	49	Beaver Valley-2	1	压水堆	76.5
美国	50	Prairie Island-1	15	压水堆	76.3

*资料来自加拿大核学会,需详细信息者,可与
The Canadian Nuclear Association 111 Elizabeth
Street Toronto, Ontario M5P 1Z8 1-800-387-4477
联系。

简 讯

核技术与文物保护

刘文达

(福建省核学会,华侨大学)

近半世纪以来,科学家,尤其是化学工作者对文物保护和修复工作进行了很多工作,并提出了理想文物保护方法应满足的要求。六十年代以来,核技术等新兴技术,又为文物保护和修复工作开辟了新途径,如埃及亚美二世的木乃伊“住院”的消息,引起人们的关注。亚美二世是古埃的法老(帝王),活了九十岁,死于公元前1210年,他长眠于地下三千多年,1881年被发现,是一具完整的木乃伊,是埃及珍宝的文物,陈列于埃及博物馆供人参观。由于护理不善,大量的灰尘和病菌,使木乃伊受到感染,“病”况日趋恶化,埃及政府请求法国帮助“治疗”。对这具僵硬枯干又举世闻名的无价古尸,常规消毒灭菌法都不适用。法国格勒诺布核中心,应用伽玛射线辐射灭菌法, (又称“冷杀菌”),使这具古尸原来感染的89种病菌全部根除,亚美二世古尸“康复”出院了。埃及又送去十几具珍贵的木乃伊进行辐射“治疗”,该

中心自1978年以来为保护历史珍贵文物作出了重大贡献。

古代价值连城的名画或书法等作品,过去靠少数对书画有经验的人来鉴别其真伪,任意性较大。现可借助核技术中的离子束分析法,对古代工艺品的成分,如名贵油画、陶瓷、金属制品等,根据其成分和含量,可判断其出处,鉴别其真伪。由于离子束分析是无损分析法,对名贵文物的鉴别尤为适宜。

核技术在揭开历史疑案上也发挥了重大的作用,如历史上战功赫赫有名的法国皇帝拿破仑一世,滑铁卢被英国普鲁士联军打败后,成为英国俘虏,囚禁离法国很远的圣赫勒岛,1821年5月死于该岛上。对于他的死因,一百多年来各国专家争论不休,1960年瑞典牙科医生斯登·福苏弗波德,在英国哈密尔顿教授的支持下,历经20年,应用核技术的中子活化法,研究拿破仑头发中砷(砒霜)的含量,发现他头发中