

1986年世界核电发展报告

朱 维 和

(秦山核电厂)

1986年世界核电发展的特点是,虽然发生了核电史上最严重的苏联切尔诺贝利事故,但是世界范围内的核电站建设并没有受到什么影响,核电发展仍然稳步前进。

一、1986年世界核电统计

据西德《原子经济与原子技术》杂志(1987, No.3)报导,至1986年底,世界上有26个国家(地区)建成(投入运行)377座核电站(机组),总装机容量为285707MWe;有25个国家正在建造149座核电站,总装机容量为142729MWe;有20个国家在筹建(已订货)78座核电站,总装机容量为78181MWe,三项总计为604座核电站,总装机容量为506617MWe。建成的核电站装机容量美国居世界之首为87590MWe(98座),法国位居第二为47155MWe(49座),苏联名列第三为29313MWe(50座)(见表1)。

至1986年底全世界累计的核发电量为10142529GWh(不包括苏联),其中美国最多为3896844GWh。1986年世界核发电量为1514.6TWh,其中美国最多为414TWh。1986年核电占世界总发电量的份额为16%,

核电占本国总发电量的份额最大的是法国为69.8%,其次是比利时(67%)和瑞典(50.3%)(见表1)。

1986年并网的核电站有22座(22076MWe),其中法国6座,美国5座,西德、加拿大、捷克、日本、南朝鲜各2座,匈牙利1座;其中压水堆16座,沸水堆3座,重水堆2座,钠冷快堆1座。1986年投入商业运行的核电站有17座(17708MWe),其中美国6座,法国4座,加拿大、南朝鲜各2座,西德、西班牙、印度各1座;其中压水堆13座,沸水堆1座,重水堆3座。1986年开建的核电站有1座(日本,846MWe压水堆)。1986年订货的核电站有11座(8990MWe),其中印度4座,中国、法国、南朝鲜各2座,日本1座;其中压水堆7座,重水堆4座。

在建成的核电站中采用最广泛的堆型是压水堆,计206座(173514MWe);在全部核电站中压水堆占356座(323770MWe),均占总数一半以上。

至1986年底全世界发电反应堆总运行服役时间已达4211堆年,最多的是美国为1051堆年(见表1)。

类 型	用 途	内径 (mm)	外径 (mm)	钢带转动角度	钢带窗口高度 (mm)	造 价
美国 ORTEC 公司 飞行时间谱仪靶室	单用途	φ250	φ300	185°	30	10万美元
法国 ORSAY 核物理研究所飞行时间谱仪靶室	单用途	φ307	φ405	188°	41	/
三 维 多用途靶室	多用途	φ600	φ660	190°	44	7.476万元

表 1 世界各国核电站统计 (至1986年底) Atomwirt.-Atomtech. 1987, №3

国家(地区)	建成		在建		定建		总计		1986年发电量 (TWh)*	1986年核电占总发电量的%	至1986年底总运行经验 (堆年,月)*	1986年平均负荷因子%
	机组数	装机容量 (MWe)	机组数	装机容量 (MWe)	机组数	装机容量 (MWe)	机组数	装机容量 (MWe)				
美国	98	87590	27	32002	4	4752	129	124344	414.0	16.6	1050,11	57.8
法国	49	47155	15	20028	2	3000	66	70183	241.4	69.8	384,6	68.8
苏联	50	29313	37	36890	37	40280	124	106483	148.0	10.0	579,11	...
日本	34	25846	11	9914	1	1180	46	36940	166.5	24.7	321,6	76.2
联邦德国	21	19851	4	4313	3	3944	28	28108	112.1	29.4	235,5	75.8
英国	22	12593	4	2640	1	1285	27	16518	51.8	18.4	733,10	53.6
加拿大	18	11516	5	4551	1	685	24	16752	67.2	14.7	169,3	63.5
瑞典	12	9836	—	—	—	—	12	9836	67.0	50.3	111,2	73.5
西班牙	8	5815	4	3881	1	1070	13	10766	35.9	29.4	64,10	74.3
比利时	8	5741	—	—	—	—	8	5741	37.1	67.0	72,1	77.1
中国台湾	6	5144	—	—	—	—	6	5144	25.8	43.8	32,1	61.3
南朝鲜	6	4893	3	2850	2	1900	11	9643	26.6	43.6	21,7	73.0
瑞士	5	3034	—	—	2	2174	7	5208	21.3	39.2	58,10	83.0 /
捷克斯洛伐克	6	2594	10	6496	—	—	16	9090	16.2	21.0	28,6	...
芬兰	4	2296	—	—	—	—	4	2296	18.0	38.4	31,4	88.8
南非	2	1930	—	—	—	—	2	1930	8.8	6.8	4,3	55.0
民主德国	5	1830	2	880	2	880	9	3590	12.2	11.6	62,5	...
保加利亚	4	1760	2	2000	2	2000	8	5760	11.2	30.0	34,6	...
意大利	3	1334	3	2058	2	1960	8	5352	8.2	4.5	72,10	75.3
印度	6	1320	4	940	6	1410	16	3670	4.5	2.7	60,8	42.9
匈牙利	3	1320	1	440	4	4000	8	5760	7.0	18.3	6,9	85.1
阿根廷	2	1015	1	745	—	—	3	1760	5.4	11.3	16,7	66.1
南斯拉夫	1	664	—	—	—	—	1	664	3.8	5.4	5,3	69.1
巴西	1	657	2	2618	2	2600	5	5875	0.1	0.1	4,9	2.5

代表提供了“切尔诺贝利事故及其后果”的报告，报告中详述了事故发展过程，事故分析，事故原因，事故后所采取的应急措施，为减轻后果所采取的措施，并提出一些提高核能安全性的建议。

鉴于这次核事故的影响超越国界，故深为各国政府和公众所关注。因此各国在核安全的国际合作态度上表现出十分一致。在维也纳会议上与会代表提出了改进核安全的13点建议，并签订了“核事故早期通报公约”和“核事故紧急救援公约”。代表们认为从这次事故中可得出下列值得注意的一些经验教训：

1. 堆设计方面

鉴于PBMK型堆(石墨沸水堆)缺乏固有安全性，其堆设计在实现安全准则上有缺陷。为此苏联已决定对现有PBMK型堆采取一些弥补性的安全措施，并决定今后不再发展这类反应堆。

对于一般的压水堆安全壳设计究竟能否经得住类似堆芯碎裂事故的爆炸载荷的问题(美国核管会准备进行计算机模拟试验)，各国准备采取一些加强安全性的措施：法国已设计并准备在其所有核电站上安装沙堆过滤器(一种与安全壳相连的经过过滤的泄压排放装置)。西德认为有需要为核电站配备开有卸压孔的安全壳，并对安全壳进行更经常的全面检查。

2. 运行管理方面

运行是确保核电站安全的最重要环节。设备缺陷和建造质量问题最终也是通过运行来暴露的。高质量的运行人员和严格的运行管理可以防止事故的发生和限制事故的发展。因而必须提高运行人员的核安全教养，加强运行管理，加强运行人员与研究设计人员之间的沟通，并处理好人机关系。

此外，独立的安全监督，对严重事故的应急准备(包括制订应急法规，配套相应的技术性安全导则，投入运行前制订好事故应急计划，作好应付核事故的技术准备等等)，

加强国际核安全经验的反馈和交流，对于各国核电安全顺利发展亦具有重要作用。

这次事故导致了一次国际性有关核电安全性的彻底大辩论。IAEA讨论会的基调就是肯定继续发展核能，而不是废弃核能，但又承认核能有危险性，只有采取高度安全措施才能防止危险。会议的最后文件中强调，核动力将继续成为社会和经济发展的主要能源，最高水平的核安全对更好利用核能是必不可少的。罗马的世界核能会议的结论亦是，“放弃核电站是不明智的，但必须使它更加安全”。人们从这次事故中得出的结论是，进一步采取措施提高核电的安全性，核电应在最大限度地保证人和环境安全的条件下发展。

当然，切尔诺贝利事故后核电技术界也认识到，现在把核电站造得越来越大，保安措施越来越复杂，并非是保证核电站安全的妙法。尽管现在核电站设计者已将发生严重事故的几率降到十亿分之一，对于一些控制和保护系统采取双保险、三保险，但即使如此，也难以保证核电站的绝对安全，因为任何系统和装置都有发生故障的可能。为了确保核电站的安全性，已提出了一种新的设计概念，即将核电站由繁化简，尽可能利用堆的物理特性和结构的几何形状来达到安全目的。为此有些国家(如美国)已肯定了发展核电的新战略：即发展具有内在安全性的模块化的小型堆。这种堆型的优点是：1.具有内在安全性，故不需要复杂的安全系统；2.模块化：能在工厂预制，实现标准化；3.小型化：经济性研究表明，800MW以上的堆由于技术复杂风险大反而不经济。

诚然，发展核电客观上存在着安全问题，但应当看到，今天的情况是有足够先进的科学技术保障，发展核电的风险已降到人类可以接受的水平。尽管切尔诺贝利事故的后果是严重的，但它并未超过发生过的其他自然灾害和人为事故的危害规模。只要我们正确地使用安全准则和知识，进行严格的安

全管理，核电仍是一种造福人类的安全能源，核电站的设计和运行还在不断改进，核电的安全前景是肯定的。

3. 切尔诺贝利事故对未来世界核电发展的影响

切尔诺贝利事故是迄今世界核电发展史上最严重的一次核事故，它结束了核电站运行30多年来从未发生过人身伤亡事故的历史，它对未来世界核电发展有着深远的影响。

事故后，很多国家对是否应改变本国的核电政策有过剧烈的争论，但多数国家认为：核电是当今世界无可替代的能源战略抉择，发展核电的大方向不应改变，各国核电发展计划将不受影响。

苏联政府宣布：不会停止进一步利用核能，并将继续执行其核电发展计划。受影响最大的东欧国家在事故后开会签署了加速发展核能计划，宣称他们将继续与苏联合作，发展本国的核电事业。事故初期反应强烈的西欧各国认识到核电对经济发展的重要性，表示要按既定核电发展计划推进。曾遭受过核灾难的日本还着手制定了面向21世纪的核电长期发展计划，加速本国的核电建设。

由此可见，世界核电发展的总的增长趋势不会因这次事故而有所改变，而更不可能走回头路。

但亦不能不看到，由于苏联未能及时公布这次核事故的真相和事故的原因，因而受到世界舆论的谴责，同时也给予西方随意猜测大事渲染的机会，对核电发展带来极为不利的影响。它败坏了核电站的声誉，给已经萧条的世界核电市场蒙上了一层阴影。这次事故推迟了核电的复苏，也许会影响未来世界核电发展的速度。据英国剑桥能源研究公司(CER)预测事故后西方国家的核电装机容量将比3年前的预测值有明显的下降。预计至2020年非社会主义国家总计划装机容量的

上限值比1983年的预计值减少1/3，而下限值降到低于原先估值的一半（当然，增长率的下降不能全归之于这次事故，还有一些其他原因）。他们估计，到1990年现在建的一批核电站完工后将使装机容量增长20-40%，到那时世界核电装机容量将达到400GWe，核电占总发电量的20%（上限值）。1990年以后，北美增长率将持平，欧洲将落后于世界平均值，太平洋地区（主要是日本）增长率最高。

国际原子能机构(IAEA)预测世界未来核电装机容量及占总容量的份额的下限值：1995年为414GWe，占12%，2000年为505GWe，占13%。根据世界上核电发达国家在切尔诺贝利事故发生后重申的发展计划，到本世纪末，全世界核发电量可望翻番。

总之，切尔诺贝利事故后，世界各国都将在更加重视设备先进性和管理科学性的前提下，沿着开发利用核能的道路继续坚定地走下去，使核电事业达到更大的规模和更高的水平。核电是世界上目前一种清洁、安全而且比较现实的替代能源，无论从节约能源还是减少环境污染的角度来看问题，都必然会走这条路，发展核电显然是人类在能源发展史上一个不可逾越的阶段。

参考文献

1. Atomwirt. - Atomtech., 1987, No.3, p. 148
2. IAEA Bull., 1987, No.1, p.60
3. 国际原子能机构简报, 1987, No.5
4. IAEA Bull., 1986, No.3
5. 核动力工程, 1987, No.1, p.1
6. 核动力工程, 1987, No.2, p.21
7. 国外科技动态, 1987, No.3, p.24
8. Nucl. Eng. Intern., 1986, No.386, p.8
9. Nucl. Energy, 1986, No.5, p. 250