

保加利亚

## 保加利亚的经验与前景

预料核电的份额会增加

### B. Dobrev 和 L. Spasov

第二次世界大战后一些年来，随着保加利亚人民共和国经济和社会的迅速发展，迫切需要加速发展能源生产，尤其是电力生产。电力消耗从1944年的3.11亿千瓦小时增加到1985年的459.25亿千瓦小时。

保加利亚的一次能源是不丰富的。由于没有别的选择，这个国家决定大力发展核电，核电有助于装机容量的更大集中和提高电力系统的经济性和技术。

1974年，随着科兹洛杜伊核电站的第一座反应堆调试，保加利亚成为当时世界上拥有核电的20个国家之一。科兹洛杜伊核电站1985年发电130亿千瓦小时以上，超过总发电量的 $\frac{1}{3}$ 。就核电占总发电量的份额来看，保加利亚不仅在欧洲，而且在世界都居领先地位。

#### 电厂调试

科兹洛杜伊核电站是保加利亚电力系统中最可靠和最稳定的单位之一。它的装机容量的利用率平均超过7000小时每年。该电站是在苏联的技术援助下建造的，为巴尔干国家核电之先驱。

这座电站由装备WWER-440型堆的4套机组组成。第一工期始于1970年4月。1号机组于1974年9月投入商业运行，2号机组在1975年11月投入商业运行。3号和4号机组属于第二工期，是按抗地震设计的，分别于1981年1月和1982年5月调试。

3号和4号机组调试运行的总持续时间为210至240天，而原计划为360天。这时间的大大缩短可能要归功于机组的老操纵员（他们在新机组中与新操纵员合作），以及科兹洛杜伊电站的苏联工作组在组织和技术上的帮助。

Dobrev 先生在原子和利用委员会任职，  
Spasov 先生在保加利亚人民共和国能源部任职。

除缩短了调试一些阶段的工期外，机组的物理启动和功率启动时间以及达到额定功率的时间也大大缩短了。例如，1号机组达到满功率运行花了90天时间，而2号机组只用了39天，3号机组只用了27天。

在苏联专家组织上和技术上直接的援助下，4套机组试运行的结果都证实了主要设计方案的正确性，並表明用于装备WWER-440型堆机组的苏联核设备的制造质量和运行质量是很高的。

#### 运行经验

该电站的总装机容量为1760兆瓦-电 (MWe)，通过220和440 kV 输电线向电力系统供电。科兹洛杜伊-克拉约瓦 (罗马尼亚) 220 kV 输电线用于保加利亚电力系统与经互会 (CMEA) 成员国“友谊”联合电力系统并联运行。

科兹洛杜伊电站10年来的可靠和安全运行证明，苏联核设备的制造质量是高的，技术上是可行的。根据在该电站获得的技术和经济参数，我们有充分的理由说，核电站正在可靠、安全和经济地运行。苏联和保加利亚核电工程师之间在科学技术和行政管理方面广泛的经验交流，为WWER-440型堆机组的安全运行作出了很大的贡献。

根据这些资料，我们可以得出结论，科兹洛杜伊电站的工作人员按照保加利亚电力系统机组所要求的不同运行条件(见运行经验附表)，已完全掌握了批量生产的WWER-440型反应堆设施的运行。通过与苏联专家在改善电厂管理和维修方面的合作，可以做到：经常培训工作人员，减少燃料的装卸料时间，使工艺流程最佳化，降低生产成本，以及提高电厂的安全性。

#### 提高效率 and 安全性

为了提高机组的效率，已采取许多组织上和技术上的

#### 保加利亚的电力消耗

年	电力总消耗		
	兆千瓦小时	平均年增长率 (%)	千瓦/人
1945	401		58
1950	819	15.4	113
1955	2106	20.8	281
1960	4685	17.3	596
1965	10 232	16.9	1246
1970	19 407	13.7	2286
1975	28 860	8.3	3320
1980	38 667	6.0	4360
1985	45 925	3.5	5135

措施。\*

用作为电厂标准监控系统的一部分的监测运行微型计算机系统,有可能更加周密地分析所有核的和辐射的安全性,使人们看到了一种提高科兹洛杜伊核设施安全性和经济性的有希望的方法。1981-1982年,在科兹洛杜伊电厂第二工期的3和4号机组的控制板上,成功地完成了用于处理WWER-440型反应堆机组启动运行结果的保加利亚微型计算机系统的试验。

安全方面还必须作进一步的改善。这些包括完善和扩大堆芯内自动测量系统,设计一种用于剂量和放化监测的自动化系统,以及用于培训人员的WWER-440和WWER-1000反应堆运行模拟器。

### 辐射排放量

在整个运行期间,电厂厂房和环境中的辐射水平都远低于健康和标准规定的最大容许值。通过烟囱的气体和气溶胶年排放量不超过7-10天的设计值。值得一提的是,在1977年3月罗马尼亚地震以后,电厂厂房内和环境中的辐射水平仍保持不变,虽然第一工期的机组继续以满功率运行。

建立在特定级别地震活动时紧急停堆基础上的专门自动地震保护系统,业已设计并建成。

### 更大的核电份额

保加利亚核电的发展是与其装机容量集中化的趋势密切相关的,这是电力工程技术进展的一种特有标志。到1987年,科兹洛杜伊电站的装机容量将达3760MWe。WWER-1000型反应堆的5号机组已准备好物理启动,6号机组正在建造中。

科兹洛杜伊核电联合企业是根据保加利亚政府的决议建立的。除核电站外,这个联合企业还有一个电站设备修理和备用部件生产的车间,一个一回路设备集中修理车间,一个乏燃料贮存库,一个专门用于测量与控制仪表及设备的修理和生产的车间,以及一个运行人员培训中心等。

\*例如,在1981年对3号机组K-220-44透平冷凝器中的球丸自净化系统效率作了测定试验之后,决定在1985年底以前对所有透平冷凝器管子(1-4号机组)都安装这种系统。为了提高二回路设备的可靠性和故障安全性能,分析了1981年提出的校正过的水化学试验结果(1号机组K-220-44透平凝结水管道中按比例加入胂溶液),并决定在1-4号机组的所有8个透平中应用这种做法(胂浓度为150-200 μg/kg)。这样就大大降低了二回路设备热交换器表面上的腐蚀产物和沉淀物的浓度。此外为净化全部透平凝结水用的过滤器是1981年开始安装的,这一措施也会提高机组在整个服役期间的可靠性和经济性。

装机容量集中的政策将继续下去,保加利亚第二座核电站贝列内已开始建造,其装机容量为4000MWe。保加利亚和苏联已就这个电站的建造签署了政府间协定。到2000年,保加利亚打算使核电厂发电量达到总发电量的40%以上。

随着核电技术的发展和吸收消化,核能在国民经济各个领域内的多种用途和综合利用将会出现新的可能性。当前保加利亚特别感兴趣的是尽快引进核能地区供热厂,这对改善源材料和燃料的平衡是非常重要的。

保加利亚的许多专家的技能已有提高,这要感谢原子能机构向他们提供了许多参加机构组织的各项活动和接受专门训练的机会。

科兹洛杜伊核电站1-4号机组的主要技术和经济指标

	1980	1981	1982	1983	1984
装机容量*	880	1320	1760/ 1540	1760	1760
电力生产					
1号机组	3080	3066	2902	3069	2979
2号机组	3072	2912	3018	3177	2868
3号机组	13	3141	2875	2969	3383
4号机组	—	—	1951	3102	3505
总计	6165	9119	10746	12317	12735
负荷因子**					
1号机组	83.80	83.42	79.17	83.50	80.74
2号机组	83.58	79.25	82.36	86.52	76.87
3号机组	—	85.46	78.44	80.63	90.16
4号机组	—	—	79.11	84.39	94.03
总计	82.13	82.71	79.83	83.76	85.47
运行时间比(%)					
1号机组	85.94	85.71	89.72	90.73	91.47
2号机组	82.71	81.68	88.40	91.62	84.98
3号机组	—	89.58	92.12	83.60	93.42
4号机组	—	—	—	92.64	93.79
电站内负荷因子(%)***					
1号机组	7.37	7.47	7.45	—	7.61
2号机组	7.13	7.31	7.60	—	7.50
3号机组	—	7.76	7.74	—	7.33
4号机组	—	—	7.58	—	7.21
总计	7.28	7.52	7.59	7.44	7.40

\* 年平均容量, MWe。

\*\* 420MWe机组年平均装机容量百分数。

\*\*\* 包括启动时间和无负荷功率运行时间。