

## ● 国外电力 ●

# 美国 Summit 抽水蓄能电站的效益评价及经营的调查分析

Management Investigation and Benefit Evaluation  
for Pump Storage Station in U. S

广东抽水蓄能电站联营公司 罗绍基 (广州 510600)

**编者按** 本刊 1997年第3期发表了《抽水蓄能电站的效益评价及管理方式》，由于未与相关单位会审，文中有关广东抽水蓄能电站联营公司的经营情况与实际有些差异，现发表广东抽水蓄能电站联营公司罗绍基同志撰写的《美国 Summit 抽水蓄能电站的效益评价及经营的调查分析》，文中介绍了美国正在筹建的 Summit 电站 (6×250MW) 的经营模式和广东抽水蓄能电站联营公司的经营情况，供读者参考。

1996年8月，笔者在美国纽约与 Summit Energy Storage Inc (SES) 公司的总裁 Ms Carol H. Cunningham 就抽水蓄能电站经济评价及经营问题进行了研讨，从研讨中了解到美国一些公司对抽水蓄能电站动态效益的一些定价资料和计划兴建的 Summit 抽水蓄能电站与电网签订的租赁备忘录，现整理于下，供读者参考。

## 1 美国重视研究英国电网体制改革的经验

英国电力实行私有化后，建立了一个统调体制，统一处理购售电服务，在这个市场开放的体制下，发电厂售电和供电局购电都严格地通过调度中心进行，国家电网公司 (NGC) 控制着电网，并按需求安排和调度发电机组。机组的调度主要是根据各发电厂呈报的上网电价和设备可用率进行的，国家电网还承办“辅助服务”，包括无功补偿、热备用（旋转备用容量）、频率控制以及黑启动功能，这些辅助服务的费用以“上浮价”的形式向供电局征收。上浮价包括辅助服务、备用容量、可用率、计划投运和实际投运的差异以及机组可用率的增减等。1994年国家电网公司向各电厂所购买的全部辅助服务，平均每月超过 1650 万美元，以电网需要最高负荷 48 124 GW 计算，电网辅助服务的成本是 4.11 美元/(kw·a)。

英国国家电网公司的抽水蓄能业务处经营着迪诺威克和费士汀纽格两座抽水蓄能电站，装机容量 2 088 GW，由于性能优越，在竞争性市场中取得可观的辅助服务机会。1993/1994 财政年度获得辅助服务收入 6 600 万美元，折合每千瓦装机容量 32 美元，Summit 电站按此估计，租赁者如果租赁 300 MW 容量，在未来 30 年租赁合同期限内，就能获得净现值 1.57 亿美元的辅助服务效益。

## 2 动态效益价格

动态效益这个概念被美国电力系统运行人员广泛接受之时，用于描述这些系统服务功能的标准技术术语尚未充分开发，同时也没有关于这些效益的货币价值方面的一致认同，然而经调查得到的事实是：电网越来越愿意为动态服务支付，尽管动态服务不与发、变电量挂钩。目前，美国尚无关于动态运行效益估价方面的一致认识，但却有越来越多的系统服务合同被执行着，联邦能源管理委员会和某些州委员会也曾经提出过提供这种服务的价目表，但只能认为是一些参考价格，要想充分评价这些数据，还需详细查阅和研究有关单位的具体资料。

### 2.1 太平洋煤气公司及电力公司与 Destec 电力服务公司

根据 1994 年 12 月 26 日由太平洋煤气及电力公司在联邦能源管理委员会呈请备案的控制范围和输电服务协议如下。

旋转备用	4.07 美元/(kw·月)
能量偏差	4.93 美元/(kw·月)
自动出力控制	0.156 美元/(kw·月)

### 2.2 太平洋公司与 Clark 公用事业公司

根据 1994 年 12 月 8 日签订的蓄能与综合服务

收稿日期：1997-04-20

协议如下:

蓄能服务	0.01美元/(kw·h)
负荷跟踪	7.5美元/(kw·月)
调度	50000美元/月
计划事故备用	7.56美元/(kw·a)

### 2.3 中美能源公司

根据1994年11月在联邦能源管理委员会呈请备案的电网,公司定点和非公司定点输电服务价目如下:

负荷跟踪	年峰荷值×1.96美元/a
运行备用(热备用)	年峰荷值×2.9美元/a
运行备用(10min)	年峰荷值×0.44美元/a
调节服务	为成本的90%~150%

### 2.4 CIN 电力服务公司

根据1994年在联邦能源管理委员会呈请备案的电网综合服务,公司定点和非公司定点输电服务的价目如下:

负荷跟踪	月峰荷值×3%×6.75美元/kw
辅助运行备用	月峰荷值×3%×6.348美元/kw
计划外出力	为成本的90%~110%

从以上资料可见,美国一些系统服务合同,其动态效益是有价格的,并经联邦能源管理委员会认可,但系统间差别很大,这是可以理解的。SES公司认为:1984年美国电力研究所(EPR)发起召开过一个专题讨论会,定量分析动态效益。当时的与会者实际上都一致同意动态效益是有价值的,然而,在报告中所提出的估计值却千差万别:从黑启动容量的5美元/kw到旋转备用容量的600美元/kw不等。上述会议我国曾专门翻译出版过其论文集,国内许多文章中经常见到引用该论文集的观点和数据。

## 3 经济效益评价

Summit抽水蓄能电站在进行经济性论证时,并不是简单地套用上述公司的价格数据,而是委托Hemwood电力服务公司(HESI)研究了一个课题:即如果将一个基荷发电厂的出力固定在一个高水平时,使这个电厂的可用率提高,也就是将负荷跟踪任务从火电机组转移到抽水蓄能机组时所带来的动态运行效益。据此做了两个方案进行比较:一是燃气轮机扩容方案;二是Summit抽水蓄能电站方案。在这个方案中,由于抽水蓄能电站的优越性能,用以提供抽水用电的固定负荷的火电机组,其可用率可提高5%。在2000~2013年电网负荷曲线运行,结果产生430万美元/a至260万美元/a的动态运行效益。笔者体会,SES公司将此数据仅作为向租赁者推介的

一种资料,它并非代表SES公司能够获得的收入,但它仍然与SES公司所要求的容量租赁费有某种关联。

香港中华电力公司(以下简称中电),曾对多种调峰电厂进行过经济比较,并已在实践中使用,认为:如果用煤电抽水,并假定煤电成本是100%,用抽水蓄能电站调峰,其价格是133%,用电调峰,其价格是250%,用燃气轮机调峰,其价格达450%,所以在中电电网,将抽水蓄能调峰手段作为第一选择,正因为如此,中电宁愿少用甚至不用已建的燃油、燃气机组,另购抽水蓄能容量。有了抽水蓄能容量,甚至关闭了运行已久的燃气机组,这个经验是值得借鉴的。

## 4 租赁备忘录

尽管Summit抽水蓄能电站也曾估计过在运行后利用率为15%,即6×250MW装机容量年发电量为1.9TWh,但他们并不是以此作为经营依据。这是因为抽水蓄能电站的发电量不是天然来水所决定,而是由调度决定,且因网因年而异。Summit抽水蓄能电站同时为几个电网服务,不可能每年都有一个比较稳定的发电量。广州抽水蓄能电站的实践也确实如此。

SES公司是Summit抽水蓄能电站的业主,它是一个股份制企业,联合水电股份有限公司(CHI)占股份67.4%,联合抽水蓄能有限责任公司(建设监理,CPS)占9.2%,设备供应商ABB公司占5.5%,设备供应商Kvaerner公司占2.9%,SES公司向联邦能源管理委员会注册登记领取经营许可证,并获得电站所在地俄亥俄州电站选址局核准后筹建的,计划2001年7月1日投入运行。在建设之前,先和俄亥俄州电力公司即爱迪生电力公司商讨,并取得爱迪生电力公司承诺书。承诺书内容包括:(1)租赁电站200~400MW容量;(2)提供输变电服务,使其他租赁者能顺利地输入与输出电能;(3)改造变电所,适应Summit抽水蓄能电站输变电;(4)为其他租赁者提供调度和控制服务。

在办完上述手续后,SES公司即向其他电网或租赁者推介,目的是在电站建设前取得3个租赁备忘录(MOU),达到电站容量的80%以上,以此作为贷款保证金,使贷款得以偿还,股东利润得以落实。

租赁备忘录中较为重要的有以下条款:

(1)租任期限30年,从6台机组全部投入商业运行之日开始计算,期满后可按当时公平市价再续

约 20 年;

(2) 租赁期 30 年届满后, 租赁者可按当时公平市价或现时评估将来的公平市价, 购买其租赁的容量份额;

(3) SES 公司将出具一个设备可用率保证书给租赁者, 保证设备可用率为 80% ~ 95%, 机组启动成功率按 99% 设计;

(4) 参与投资者们对电站最终设计有审批权;

(5) 建设期间将成立一个工程监督委员会, 成员包括 SES 公司, 各租赁者代表, 他们各有一半裁决权。另外, 再由双方聘请一名公正而有主见的工程师对电站的设计和施工进行监督, 工程师费用由双方分担。遇到不同意见, 由该工程师作最终裁决; 关于发电日期, 由 SES 与承租者商定一个最早投产日期与最晚投产日期, 双方同意这个时间差为两年, 两年内产生的延迟费用由 SES 公司支付;

(6) 运行期间, 电站的运行和维修 (O&M) 将聘请一个单位来承担, 但爱迪生电力公司有优先谈判权。承租者与 SES 公司还成立一个监委会来进行监督。电站运行维修费用和抽水用电量由租赁者按租赁容量份额负责, 它不包含在租赁费之内。如果运行维修单位连续两年不能使电站可用率维持在 80% 以上, 监委会有权接管和更换运行维修单位。除非原来这个运行维修单位本身就是承租者。

## 5 容量租赁费

在租赁期 30 年内, 单位千瓦容量每月基本租赁费 (美元 / kw · 月) 如下:

月份	基本租金
1~ 60	10 1326
61~ 120	10 5186
121~ 180	10 9036
181~ 240	11 2880
241~ 300	11 6736
301~ 360	12 0596

前面已经介绍过, 电站运行与维修费用, 以及低谷抽水用电都是由承租者提供的, 因此租赁费实际上仅包括建设投资的偿还以及投资者利润, SES 公司总裁未提实际的建设投资额及股本金与贷款的比例, 仅介绍利润率是 15% ~ 20%, 采取的是“高风险, 高回报”策略。用初始基本租金 10 132 6 美元 / (kw · 月) 为依据, 按 360 个月计算, 以假定的长期借款利率 8% 贴现, 得出现值是 20 71 亿美元, 这里关键是贴现率 8% 的高低。目前, 美国一年期贴现率是 5%, 1994~ 1996 年为 3.5% ~ 5.25%。SES 公司

提出的租金水平是在 1995 年, 说明 8% 是个高值, 虽然 SES 公司总裁介绍 20 71 亿美元相当于“基本投资额”, 笔者分析它已包含了可获利润在内。

SES 公司声明, 上述“基本投资额”是基于建设期贷款利率 7.75% 和到期保值利率 3.25% 时决定的, 如果上述两个利率有变化, “基本投资额”及基本租金须作相应调整

基本租金还要根据电站平均综合效率作相应调整 (见表 1)

表 1 基本租金调整数

平均综合效率 (%)	基本租金调整数 [美元 / (kw · 月)]
75	- 0 1560
76	- 0 0766
77	0
78	+ 0 0757
79	+ 0 1487
80	+ 0 2199

由于 Summit 抽水蓄能电站是按代替燃气轮机考虑的, 所以承租者除支付容量租金外, 还要逐月支付燃料费给 SES 公司。燃料费单价可用固定和浮动两种计算方法计算, 固定支付办法的实际价格参见表 2

表 2 支付固定燃料价格

年份	固定实际天然气价格 (× 10 <sup>6</sup> 美元 / Btu)	支付固定燃料价格 [美元 / (kw · 月)]
1998	5 120	0 1636
2000	6 228	0 3001
2005	9 880	0 7306
2010	15 100	1 3964
2015	22 488	2 3793
2020	33 504	3 9176
2025	49 916	6 2987
2030	74 367	9 9575

注: 1 Btu = 1 05506 J

## 6 广州抽水蓄能电站的经营概况

拥有 1 200 MW 广州抽水蓄能电站一期工程的广东抽水蓄能电站联营公司 (以下简称“广蓄能”) 有 3 个股东, 即广东省电力集团公司、国家开发投资公司与广东核电投资公司。为使大亚湾核电站能够稳定运行, 出售了广州抽水蓄能电站一期工程 50% 容量使用权给香港抽水蓄能发展有限公司 (以下简称“港蓄发”), 因此广蓄能只有 50% 容量在广东电网经营, 其余 50% 容量系由港蓄发在香港中电电网经营, 港蓄发的经营模式类似租赁。从中华电力公司 1995 年年报获悉, 占股权 49% 的中华电力公司即获利 9 000 万港元。广蓄能在广东电网经营的容量开始

采用来电加工模式,以电量作为唯一计费标准,由于抽水蓄能所发电量不是自然条件决定的,它随电网结构和调度而异,是可变的,因此来电加工的经营模式风险很大,电量远远少于设计所预计,用设计预计的电量经营产生亏损,因此实践未能成功。从1995年下半年开始改为容量租赁方式即由广东电网和核电联合租赁后,才走上正常轨道,电站被电网充分利用,核电得以稳定运行,电网和核电满意。股东贷款得以偿还并分配到联营合同规定的利润,投资者满意。目前已在建设,并计划于1998~1999年投产的二期工程1200MW也已由广东电网承诺租赁,因此笔者认为,租赁模式实践证明是成功的,它对充分发挥电站作用,提高电网供电质量和效益,发展我国抽水蓄能事业有着更深一层的意义。

## 7 结束语

抽水蓄能电站的建设、运行和经营在我国尚起步不久,吸取国外经验,结合我国实际情况,有分析地采用十分重要。广蓄是我国第一个建成营运的抽水蓄能电站,并且是集资办电,采用项目法人负责制建设和经营的实例,在工作过程中有成功的经验,也有失败的教训。结合美国SES公司的经验和广蓄的情况,笔者认为以下认识是值得探讨的。

### 7.1 不应将发电量作为论证项目经济可行性和经营的唯一指标

抽水蓄能电站的发电量是不稳定的,设计部门预测的发电量不能和常规水电的设计发电量同等对待,用此推算上网电价并将它作为电站经济可行性的评价依据是不尽合适的,把它作为唯一经营指标对投资者风险很大。因此,笔者认为将其作为一个参考数据较为稳妥,电网如果实行合理的峰谷电价差,将会给抽水蓄能电站发展创造一个良好的市场条件,这是不容置疑的。但根据国外经验,抽水蓄能电站发电利用小时一般仅800h~1000h,最多1500h。以广蓄为例,同时为广东和香港中电两个电网使用,而且是租赁方式的放手地不计价使用,两个电网负荷峰谷差都很大,核电、大型火电、汛期西南水电等低谷电很多,运行3年,其发电利用小时也仅800h~1000h,因此用数量不大的电量来论证项目经济可行性和经营终归是困难的。设计部门对我国新兴的抽水蓄能电站缺乏经验是可以理解的。所以设计部门与实际生产调度部门相结合,更多了解国外实际资料,并分析目前设计方法的合理性,提高预测值的可信度,是十分重要的。

### 7.2 开展动态效益定量分析及其价格的研究

电网动态效益是兴建抽水蓄能电站必须考虑的,但各种动态效益必须要有明确的定义,应组织科研等部门对各种动态效益的定量价格进行研究。这不是短期所能解决的,而且是因地、因网、因时而异。重要的不是将科研、设计部门计算出来的数值强加给电网,而是电网根据电力法认为需要这种效益,并愿为此付出代价,而商请科研和设计部门研究提出的意见由电网决定。因此,建议电网决策者对提高供电质量的各种措施进行研究,笔者深信抽水蓄能电站是具有很大竞争性的。如果电网内有强烈要求只担任基荷的独立核算的核电、大型火电或径流水电厂,那么理所当然地它应当把满载发电的收益分利给电网或抽水蓄能电站。

### 7.3 容量租赁经营模式是一种最为可行的方法

抽水蓄能电站的市场是电网,但并不是只有电网才能独家兴办,集资办抽水蓄能电站同样是能够经营的,应当鼓励调动社会资金来发展我国的电力工业,鉴于我国电力市场多数尚无合理的两部制电价和峰谷电价比,保证用户供电质量的制度及经济责任尚未规范,抽水蓄能电站还难以界定其定量经济效益,因此容量租赁这个经营模式不失为一个最为可行的方法,即使是市场经济十分发达的国家,据了解,卢森堡1000MW的抽水蓄能电站,就是租赁给德国RWE电网使用,租赁期长达99年。德国南部Schluchseewerk公司5个抽水蓄能电站1840MW,也是租给德国两个电网使用的。美国Summit1500MW抽水蓄能电站开工前就决定用租赁模式。广蓄电站一期工程在广东电网使用的600MW,1995年开始采用租赁模式,其结果是电网满意、核电满意、投资者满意。不少实践证明:容量租赁的经营模式是成功的,也是可操作的,是适应集资办电要求的。要加快发展我国的抽水蓄能事业,不宜事事等待,不宜对一些效益如何定量费时争论。至于租赁费,Summit电站的经验可供参考。根据目前我国情况,还是以成本、税收、利润来定价为好,建设投资过大,利润要求过高,对刚刚起步的我国抽水蓄能事业是不利的。集中精力,切实搞好建设管理及运行管理,提高科技水平,使电站做到低造价、低成本可能是抽水蓄能事业工作者面临最现实的课题。

## 8 参考文献

罗绍基. 抽水蓄能电站的经济评价. 水力发电, 1995年; (8)

(责任编辑 郭晓)