

抽水蓄能电站运行指标的探讨

罗绍基

(广东抽水蓄能电站联营公司, 广州, 510600)

刘国刚

(广州蓄能水电厂, 广东从化, 510950)

摘要 在对国外一些抽水蓄能电站运行指标调查研究的基础上, 通过对广州蓄能水电厂投产以来的运行情况 and 主要运行指标的分析, 探讨了如何衡量我国抽水蓄能电站运行管理水平的问题。作者认为, 可用率、启动成功率和跳机次数是衡量抽水蓄能电站运行水平的 3 个重要指标。从国外引进设备的电厂, 设备进入稳定运行期后, 上述 3 项考核标准可定为: 可用率 80%~90%; 启动成功率 96%~99%; 每台机组年跳机次数 2.5 次~4 次 (或年跳机率 0.25%~0.4%)。实际考核中, 还应注意 3 项指标间的辩证关系。

关键词 抽水蓄能电站 运行指标 可用率 启动成功率 跳机次数

1 概述

抽水蓄能电站自 19 世纪问世以来, 以其运行方式灵活, 启动快速, 调峰调压性能好等特点, 对电网的安全稳定运行以及提高电能质量起到了极为重要的作用, 也因此得到迅速发展。在国外, 特别是西方国家, 对如何衡量抽水蓄能电站的运行管理水平已有成熟的经验, 并形成一定的法规。但在我国, 抽水蓄能电站的建设和运行管理还处于起步阶段, 对用什么样的指标以及多高的指标来衡量其运行管理水平等问题, 仍需要结合我国国情不断地摸索。本文通过对国外一些抽水蓄能电站运行指标的调查, 以及广州蓄能水电厂 (以下简称“广蓄电站”) 3 年来的运行情况和运行指标的分析, 探讨如何衡量我国抽水蓄能电站运行管理水平。

2 抽水蓄能电站的主要作用

抽水蓄能电站的作用, 概括而言主要表现在调峰填谷, 事故备用和配合大型火电、核电机组运行以保证电网的安全稳定等几个方面。当然, 在不同国家和地区以及不同电能结构的电网中, 抽水蓄能电站的作用和主要运行方式存在着一定的差别。如英国 Dinorwig 电站, 除了调峰填谷和事故备用之外, 还承担了系统的调频任务; 我国广蓄电站, 地处广东省电网 500 kV 环架北部, 加上机组具有调相运行功能, 因而自 1993 年 6 月第 1 台机组投产以来, 每年均吸收了电网大量的无功, 对电网无功控制和电压调整起着重要的作用, 特别是在节假日电网负荷较轻的情况下, 广蓄机组常处于调相运行, 吸收了电网大量的无功。广蓄电站运行 4 年来, 吸收电网无功逐年大幅度增加 (如表 1 所示), 1996 年全年吸收无功达 4.6 亿 kvar·h, 吸收无功电量约为有功电量的 1/3 对稳定电网电压效益十分明显。

除此之外, 由于广蓄电站机组具有低周切泵和低周启动发电机等功能, 因此常用作特殊负荷来配合大亚湾核电站或沙角 C 厂等大型核电、火电机组的甩负荷试验, 使得在保证各项试验进行的同时, 电网得以安全运行。

表 1 广蓄电站有功、无功电量及机组启停次数统计

年份	有功 / 亿 kW·h		无功 / 亿 kvar·h		机组启动台次
	吸收	发出	吸收	发出	
1993	1.89	1.59	0.11	0.19	
1994	11.56	9.11	0.81	1.58	2 826
1995	13.68	10.7	1.35	0.59	3 399
1996	13.55	10.68	4.6	0.19	3 883

注: 表中 1993 年数字为该年 6 月份以后的统计数

3 衡量抽水蓄能电站运行管理水平的几个重要指标

3.1 可用率和启动成功率

如何正确评价抽水蓄能电站的运行管理水平? 笔者认为, 从理论上讲, 可以从多方面来进行衡量, 但最直接、最客观的反映就是它能否最大限度地发挥各项功能来满足用户或电网的要求。由于抽水蓄能电站的主要作用是调峰填谷和事故备用, 因而必须保证:

- (1) 机组随时处于备用状态, 即有较高的可用率;
- (2) 机组可按照电网的需要随时开机运行, 即要求有很高的启动成功率。对电网的安全运行而言, 此点显得尤为重要。

北美对考核抽水蓄能电站运行水平的规范规定, 电站机组启动成功率要求按 99% 设计; 可用率为 80%~95%, 低于 80% 要受到用户处罚, 高于 95% 则有奖励。

英国南部的 Dinorwig 电站和北部苏格兰的 Foyer 电站, 均在电站经营合同中对动态效益有明确规定: 当电网对抽水蓄能电站有特殊要求时, 如调峰、调频或事故备用, 电网所需付给电站的单位千瓦小时价格随电站机组的响应速度不同而不同, 速度越快, 价格越高。

德国的能源法规定, 如果因为电力系统自身的原因造成用户经济损失的, 除可能承担刑事责任外, 还必须受到严厉的经济处罚。例如, 对用户造成 10 万元经济损失, 罚款额高

收稿日期: 1997-03-13

达 500 万元。由此可见, 电网必须在很大程度上依赖抽水蓄能电站, 同时要求抽水蓄能电站具有很高的可用率和启动成功率。

广蓄电站自 1993 年第 1 台机组投产以来, 对广东电网的安全稳定运行起到了很大的作用 (参见表 2) 当然, 拉闸限电条数减少的主要原因是广东电网供需矛盾逐年暂时缓和, 但广蓄电站功不可没。

表 2 广东电网 1993 年以来拉闸限电情况统计

年 份	拉闸限电条次	拉闸限电负荷 M W
1993	7 354	
1994	1 250	7 385.4
1995	823	3 328.8
1996 (至 8 月)	463	2 149.4

随着广东电网的不断发展, 时至今日, 电网对广蓄电站的依赖越来越强, 作为核电配套工程, 广蓄电站在电网中所发挥的作用已大大超出了配合核电机组运行这一范围, 电网对抽水蓄能电站的可用率要求也越来越高, 机组启动次数的逐年大幅度增加亦充分说明了这一点。

在电网事故备用方面, 广蓄电站也起到了极为重要的作用。如 1996 年 2 月 9 日 (大年初一) 凌晨 2: 53 由于核电 1 号机跳机甩掉 850 MW 出力而使电网频率降至 49.6 Hz 对此, 广蓄电站机组即时做出反应, 1 号机泵工况低周切泵保护动作停机, 同时由值班员开出 2 号、4 号机发电, 短时间内给电网提供了近 700 MW 的出力, 电网低周运行 3 min 33 s 后即恢复正常, 保证了系统的稳定, 同时也使广东、九龙电网得以不必向用户拉闸限电。广蓄电站投产至今, 类似的电力系统事故作出快速反应的情况多达 60 余次。由此也说明, 抽水蓄能机组启动成功率的高低, 将直接影响其在电网中所发挥的作用, 与电网的安全运行关系密切。

就机组启动成功率而言, 从上面的分析可以看出, 发电工况的开机往往是对系统提供事故备用容量, 因而发电工况启动成功率显得尤为重要。

综上所述可以看出, 衡量抽水蓄能电站在电网中作用大小以及运行管理水平高低的两个重要指标是可用率和启动成功率。

3.2 跳机次数

由于抽水蓄能电站在电网中有着特殊的作用, 加上其机组单机容量较大, 因而在运行过程中出现故障跳机本身就是对系统的冲击。如果正好是在作电网事故备用运行过程中跳机, 其后果更为严重。而目前新的抽水蓄能电站一般都按“先保设备, 后保电网”和“无人值班”原则进行设计的, 机组跳机的可能性比常规电厂高得多, 如广蓄电站可能引起机组跳机的原因多达 1 500 多个。广蓄机组投产至今, 也曾出

表 3 国内外部分抽水蓄能电站运行指标统计

电 站	1993 年		1994 年		1995 年		1996 年	
	可用率	开机成功率	可用率	开机成功率	可用率	开机成功率	可用率	开机成功率
英国 Dinorwig	91.9	99.55	90.3	99.47	92.0	99.14	91.5	99.34 (至 5 月)
美国 BATH COUNTY	85.33	98.50	88.72		87.72		96.42	(至 7 月)
法国 GrandMaison	90.4	99.25	81.4	98.1	81.92	98.71		
法国 LeCHEYLAS				98.82	88.06	99.21		98.5 (至 5 月)
德国 Wchr	95.83				86.86	99.76		
德国 Sackingen	99.42				94.50	99.70		
中国 GPSPS	45.75	89.4	74.70	93.6	83.5	96.2	93.6	96.9

现过上百次跳机, 其中大部分是因为投产初期设备不稳定造成的误跳, 但也出现过真正的故障跳机。频繁的跳机除了影响电网的安全运行外, 还会对机组特别是高转速大容量机组造成较大的伤害。如广蓄电站 1 2 号机转子磁极绝缘垫片断裂, 以及 2 号机出口开关未到 5 000 次开断寿命即损坏等, 均与频繁的跳机有密切关系。当然, 随着系统容量的不断增大, 抽水蓄能机组跳机尽管对系统和设备有一定影响, 但往往并不构成直接事故, 因而一般不进行考核。但笔者认为, 由于抽水蓄能电站在电网中具有特殊的作用以及跳机对设备本身的影响, 应该将年跳机次数作为考核抽水蓄能电站运行管理水平的另一个重要指标。

4 国外抽水蓄能电站运行指标的调查

1996 年 7 月至 8 月间, 笔者在德国、英国和美国考察了一些大型抽水蓄能电站的运行情况, 通过这次考察, 可以得出如下几点认识。

(1) 可用率和机组启动成功率是考核抽水蓄能电站运行管理水平的两个重要指标。

(2) 电站可用率的考核标准因国家和地区以及电网的不同而有一定差异, 但不得低于 80%。

(3) 机组启动成功率可以达到 99%。

表 3 所列为这次考察收集整理的一些电站运行指标, 由于广蓄电站 4 台机组 1994 年 12 月才全部投入商业运行, 因而其 1993~1994 两年的可用率比较低。

由表 3 可见, 按 80% 的可用率和 99% 的启动成功率来要求抽水蓄能电站是可行的。当然, 可用率的要求因抽水蓄能电站所处的电网结构不同而存在较大差异。如英国的 Dinorwig 电站, 因其所处的电网中能够提供紧急备用的水电机组所占比例仅为 2% 左右, 因而对其可用率要求较高, 加上经济利益的要求, 哪怕机组有较大的缺陷, 如底环严重漏水, 也不允许机组退出备用进行检修; 而法国的 GrandMaison 电站, 因其所处的电网中水电机组所占比例约为 20%, 电网容量富裕, 有“先保电厂, 后保电网”的指导思想, 因而电网宁愿降低成本延长检修期, 而不采用高可用率策略。同样道理, 北美抽水蓄能电站可用率也比英国低。

表 4 为上述地区或电站的多年平均可用率统计。

表 4 国外部分抽水蓄能电站多年平均可用率统计 %

电站或地区	年份	电网中水电所占比例	平均可用率
北 美	1991~ 1995	≈ 20	85.19
法国 GrandMaison	1992~ 1995	≈ 20	78.43
英国 Dinorwig	1993~ 1996	≈ 2	91.42

5 广蓄电站运行指标分析

从表 3 的统计资料可以看出, 广蓄电站可用率在 1995 1996 两年已经达到国际上所要求的水平, 而启动成功率与国际水平仍有较大差距。再从广蓄电站 1995 1996 两年的指标来看, 启动成功率有所提高但变化不大, 可用率却存在很大差别, 具体分析如下。

5.1 可用率分析

表 5 为 1995 年广蓄电站不可用率分类统计表。表中所列第 2 项隧洞停水机会出现得很少。第 3 项厂家设备质量问题是运行初期存在的问题, 随着设备运行的进一步稳定和备潜在故障及设计缺陷的不断解决, 这一部分不可用率将会大大减小。如 1996 年设备质量问题造成的不可用率不到 2%。如果扣除上述 2 3 两项不可用率的话, 1995 年可用率为 93%, 这与 1996 年的可用率比较接近。

表 5 1995 年广蓄电站不可用率分类统计

序号	项目	1995 年不可用率 /%
1	扩大性小修	5
2	隧洞停水	4.746
3	厂家设备质量	
	电气制动刀改造	2.127
	碳精密封损坏	1.538
	3 号机导油盆进水	0.79
	2 号机围带更换	0.308
4	其他消缺	1.946
5	合计	16.5

根据上面的简单分析和广蓄电站几年来的运行经验, 笔者认为, 当设备经过 3 年至 4 年的不稳定期进入稳定运行期后, 抽水蓄能电站较为合理的不可用率构成为: 小修或扩大性小修 (每年每台机两次, 共 30 d) 8.2%; 正常消缺 2.0%; 强迫停运 2.0%, 合计 12.2%。

当然, 对于全进口机组, 小修年次可能少于两次, 再加上抽水蓄能电站的可用率要求因电网结构不同而异, 因此各电站的不可用率会有所不同。笔者认为, 在我国目前情况下, 考核抽水蓄能电站运行水平的可用率定为 80% ~ 90% 是比较合理的。

5.2 启动成功率分析

表 6 表 7 为广蓄电站 1995 年机组启动失败原因分析表, 从中可见, 发电工况和水泵工况启动失败分别为 28 次和 98 次共 126 次。而 1995 年机组启动总次数为 3399 次, 因而启动成功率为 96.2%。在所有 126 次启动不成功当中, SFC 故障占 45 次, 设计缺陷 15 次, 设备故障 52 次, 其他原因 14

次。

从国外抽水蓄能电站的运行经验来看, SFC 应该是一个运行可靠性很高的设备, 但在广蓄电站几年来的运行实践中, 它却是造成机组泵工况启动失败的一个主要原因。对此, 电厂技术部门不断与厂家联系, 共同攻关, 通过 1996 年上半年对 SFC 参数的几次调整, 1996 年下半年的运行情况大大改观, 因 SFC 本身的原因而导致启动不成功的情况已不再出现, 因此, 笔者认为将 SFC 故障次数减至每年 10 次是很可能的。

表 6 广蓄电站 1995 年机组启动失败原因分析 (发电工况)

机组	设备故障		设备损坏	控制元件误动	SCADA / RTU 故障	人为误操作	设计缺陷	合计
	传感器	接线						
1 号	4	2	0	0	2	0	2	10
2 号	1	0	1	1	0	0	0	3
3 号	3	3	1	0	1	0	0	9
4 号	1	1	1	0	0	1	0	6
合计	9	6	3	1	3	1	0	28

对设备故障而言, 大部分是因安装调试过程中的潜在隐患造成, 当然也有一些是由于电厂设备维护不够, 相信随着潜在隐患的不断消除和设备运行维护的不断加强, 这一部分启动不成功次数会大大减少, 从 1996 年下半年的运行情况来看, 减少到每年 10 次 ~ 15 次是可能的。

根据上述分析, 每年启动不成功次数约为 39 次, 按每年开机 4000 次计, 启动成功率可达 99.02%。

当然, 上述分析并未考虑一些不可预见的因素, 而且仅仅是针对广蓄电站这种全套设备引进的机组而言。对非全套设备引进的电厂, 99.02% 的启动成功率是较难达到的, 国外也有许多抽水蓄能电站未能达到如此高的启动成功率。因此笔者认为, 设备进入运行稳定期 (投产 3 年至 4 年) 后, 衡量抽水蓄能电站运行管理水平的启动成功率这一指标定为 96% ~ 99% 是可行的。

5.3 跳机次数分析

广蓄电站投产至今曾出现过上百次的跳机, 其中大部分是因为设备质量和运行不稳定造成的, 如 1995 年的 39 次跳机中, 设备故障导致的 18 次, 传感器故障 14 次, 人为原因 2 次, 其他原因 5 次。针对这种情况, 电厂在 1996 年加强了设备的例行巡检、定期试验和在线维护等工作, 使跳机次数大幅度减少, 1996 年跳机次数仅 14 次。相信随着各项措施的进一步加强和设备的进一步稳定, 即使考虑一些不可预见因素, 将跳机次数控制在每年 10 次 ~ 16 次是可以做到的。因而笔者认为, 就广蓄电站实际运行情况而言, 每台机年跳机

表 7 广蓄电站 1995 年机组启动失败原因分析 (水泵工况)

机组	设备故障			设备损坏	控制元件误动	SCADA / RTU 故障	人为误操作	设计缺陷	SFC 故障			合计	
	传感器	接线	设备本体						调节故障	脉冲发生器	di/dt		辅助设备
1 号	3	0	0	1	1	3	0	0	6	1	2	2	19
2 号	2	3	2	0	2	2	0	2	1	1	2	6	23
3 号	2	2	0	1	0	2	1	2	5	2	0	0	17
4 号	5	4	1	2	1	2	1	6	7	6	1	3	39
合计	12	9	3	4	4	9	2	10	19	10	5	11	98

强, 裂缝后有自愈合能力, 即使有局部破坏, 修补后也容易与老沥青混凝土形成整体, 从而解决渗漏问题。因此, 如果施工技术过关, 沥青混凝土作为防渗材料, 其可靠性是不足为虑的。就德国而言, 他们的施工设备可谓一流, 目前已是第三代产品, 施工经验也非常丰富, 但在具体工程施工时, 对沥青品种和骨料的选择、热沥青拌和厂的操作与控制、接缝设计、下垫层的质量等施工细节仍然十分精心、十分重视, 有良好的、自动化的施工监控体系。正是由于他们多年来在施工机械、施工技术方面的持续不断的改进和发展, 加之严格的先进的施工控制与组织, 不仅使沥青混凝土防渗高度可靠, 而且在一般情况下也使沥青混凝土的施工不再成为影响工期的控制因素。沥青混凝土不仅可以在恶劣的气候条件下施工, 也可以用于有严格工期要求的工程。他们提供的录相、资料和参观的工程实例, 也证明了这一点。

3.3 沥青混凝土监测技术

参观与技术交流中, 另一个突出的地方是大坝安全监测系统。4个工程的观测廊道布线简单, 干净整齐, 采用的全部是自动化的监控分析系统, 如采用光纤传感器进行心墙三维变形测量和厚度测量。不仅如此, 有的工程还装上了自动报警装置, 用于人在廊道内意外晕倒时报警, 体现了较高的工程运行管理水平。

除此之外, 采用沥青混凝土芯样药物分解筛分后得到的实际配合比来评定施工质量和防渗性能; 用轻便式动力压实测试仪测定下垫层变形模量等方法, 也有其独到之处, 并已用于浙江天荒坪上池工程。

(上接第 54页) 次数定为 2.5次~4次是可以做到的, 按每台机年开机运行 1000次考虑, 跳机率为 0.25%~0.4%。

5.4 可用率与启动成功率及跳机次数的关系

总体而言, 不断提高可用率和启动成功率及减少跳机次数标志着电站运行管理水平的提高。然而, 由于可用率、启动成功率及跳机次数之间存在着密切的内在联系, 盲目追求高可用率势必对启动成功率和跳机次数造成影响, 从而又反过来影响可用率的提高。

机组可用率的高低与机组的计划停运时间长短有密切关系, 撇开其他因素不谈, 提高可用率, 必然会减少机组计划停运时间, 而计划停运时间的减少, 从某种意义上来说, 会使机组的正常维护和保养受到一定影响, 特别是当机组存在隐患而得不到及时检修时, 有可能导致机组隐患的进一步扩大和机组运行性能的降低, 从而造成机组启动成功率的降低和跳机次数的增加, 甚至造成机组长时间的强迫停运, 反过来降低机组可用率。因此, 目前情况下, 在不断加强的在线监测和在线维护的同时, 如果电网允许的话, 牺牲一定的机组可用率以提高机组启动成功率和减少跳机次数是值得的, 也是完全必要的。当然, 随着在线监测技术和在线维护技术的不断进步, 带有一定盲目性的计划维修会逐步减少, 取而代之的是更为先进的在线维护和状态维修, 从而在保证机组高可靠性运行的同时不断提高可用率, 这也正是目前电厂运行管理的一个策略目标。

4 结 语

随着沥青混凝土工程的逐渐增多, 研究并发展国内施工技术以适应国际招标和国内招标工程, 成为非常重要的课题。可供选择的发展方向有三种, 即: (1) 开展国际合作, 成立股份合资公司; (2) 购买国外设备, 依靠自身技术发展; (3) 自己研制设备, 基于自身技术发展。

不论采用哪种形式, 尽快开展试验研究和施工技术研究工作, 进一步对国产沥青进行论证并鼓励施工队伍专业化, 从而培养一支专门化的、配套的高素质队伍, 是非常必要的。三种方式各有优缺点, 但只有高素质队伍形成了, 才能走向高质量、高效益持续发展的道路, 从而解决国内工程的施工需要。

5 参考文献

- 董哲仁, 贾金生, 刘琳振, 等. 赴德考察水工沥青混凝土工程总结报告. 中国大坝委员会. 1995
- 刘琳振编译. 董哲仁, 贾金生校. 德国北来因 威斯特法伦州贝格水利枢纽, 赴德考察报告. 中国大坝委员会. 1995
- 文洪编译. 董哲仁, 贾金生校. 瑞本勒特抽水蓄能电站上库全池防渗工程的重建, 赴德考察报告. 中国大坝委员会. 1995
- 贾金生, 杜永明等编译. 董哲仁校. 斯奇马尔华塞沥青混凝土心墙坝, 赴德考察报告. 中国大坝委员会. 1995
- 王伯禄, 郑新刚, 徐建勇等编译. 董哲仁, 贾金生校. 芬斯特斗大坝沥青混凝土心墙的设计、施工和运行情况, 赴德考察报告. 中国大坝委员会. 1995

6 小 结

随着电网的不断发展, 电力系统对抽水蓄能电站的依赖性越来越大, 对抽水蓄能电站的运行管理水平要求也越来越高。通过对国外抽水蓄能电站的调查研究, 结合广蓄电站几年来的实际运行情况, 可以得出以下结论。

(1) 可用率、启动成功率和跳机次数是衡量按“无人值班”原则设计的抽水蓄能电站运行水平的 3个重要指标。

(2) 设备进入稳定运行期 (投产 3年至 4年) 后, 这 3个指标合理而切实可行的考核标准应为: 可用率 80%~90%; 启动成功率 96%~99%; 每台机组年跳机次数 2.5次~4次或年跳机率 0.25%~0.4%。

当然, 由于上述几项指标之间存在着紧密的内在联系, 因而对抽水蓄能电站进行实际考核时应该注意各项指标之间的辩证关系。对可用率要求高的电厂, 可以适当放宽对启动成功率和跳机次数的要求; 反之, 对启动成功率和跳机次数有较高要求时, 亦可考虑适当降低可用率的标准。如此才能更为客观地考核抽水蓄能电站的运行管理水平。

上述可用率的标准未考虑机组大修和抽水蓄能电站水工建筑物需要停电检修的情况, 出现上述两种情况的年份的考核标准中应扣除相应的不可用率。

另外, 由于国产抽水蓄能机组尚未见有实际运行资料, 因此本文的讨论主要是针对国外引进设备的电厂而言的。

Study on the key technologies for high embankment dam

Jin Guohou, Guo Zhijie and Lu Xiang (China Institute of Water Resources and Hydropower Research)

In order to enhance the level of design and construction for high embankment with the height of over 200 m in China, the Ministry of Power Industry has organized some experts to study the following technologies in the Eighty-Five-Year-Plan: key technologies of high embankment dam, concrete impervious materials and their connection types, the construction of diaphragm, earthquake resistance for high embankment dam, key survey technologies and the construction hydraulics. High embankment dam, etc., and some important research results have been gained. These results have significance on reducing the project investment, quickening the construction progress and ensuring the safety of the project.

Key words high embankment dam, diaphragm, earthquake resistance survey technology, construction hydraulics

Electric design of 100 t vertical ship lift in Ankang Hydropower Station

Ye Qisheng (Beijing Investigation and Design Institute)

100t vertical ship lift in Ankang Hydropower Station vertically lifts the upstream ship through gantry crane mechanism from No. 18 and No. 19 dam sections to the dam top and then transports it horizontally to the ship channel in the downstream. Inversely, it can lift ship from the downstream to the upstream reservoir. The maximum lifting height in the upstream side is 45m and that in the downstream side is 101m. The horizontal transportation distance is 140m. The ship lift is controlled automatically or manually. The speed of electric transmission of ship lift is governed by the transistormotor and its lifting mechanism of control system is a double-closed-ring regulation system of inner electric current ring and outer speed ring. It is driven by 4 DC motors with the power of 200 kW each and the total lifting capacity is 320 t. The travel mechanism is a double-closed-ring regulation system of inner electric current ring and outer voltage ring and is driven by 8 DC motors with the power of 18.5 kW each.

Key words Ankang Hydropower Station, vertical ship lift, electric design

Study on the alternative schemes of the access roads for the Three Gorges Project

Wu Chuitao and Chen Wenbin (Yangtze River Water Resources Commission)

Many combined alternative schemes of the access roads for the Three Gorges Project have been compared repeatedly for many years. In the early of 1990s, on the basis of the opinions of review and identification, it is summarized into two schemes of taking the highway as main and taking the railway as main. Through the study and identification, the scheme of taking the highway as main and concurrent with water transport has finally been adopted; it is determined to adopt the special highway with the four ways and the para-grade-1 in a completely closed manner. The earth-rock volume is 4.565 million m³. There are 11 extra-large and large bridges (2.596m in total), 21 middle-sized bridges (1.12km in total) and 1 small bridge (9m), and 2 × 5 tunnels (14.681m). The total cost (in terms of the price in May, 1993) is 952 million Yuan RMB.

Key words Three Gorges project, access road, alternative scheme study

Discussion on the operation indexes of pumped-storage power plant

Luo Shaoji (Guangdong Joint Company for Pumped-storage Power Plant)

Liu Guogang (Guangzhou Pumped-storage Power Plant)

On the basis of the investigation and study on the operation indexes of some pumped-storage power plants in other countries and the analysis of the operation situation and major operation indexes of Guangzhou Pumped-storage Power Plant since it was put in to operation, this paper discusses on how to judge the level of operation and management of pumped-storage power plant in China. The author considers there are three key indexes for judging the level of operation and management of pumped-storage power plant: that is the availability, the successful rate of starting machine and the number of tripping the power generator. For those plants which imports the equipment from foreign countries, the above three indexes when the plant is steadily operated could be determined to be 80% of availability, 96% - 99% of the starting successful rate and 2.5 - 4 annual trippings each generating unit (or 0.25% of annual tripping rate). In the actual checking, it also should consider the dialectical relations among three indexes.

Key words pumped-storage power plant, operation index, availability, starting successful rate, tripping number