

白山抽水蓄能泵站主机设备国产化采购方式研究

李华 董金良

吉林省桦甸市白山水电厂

1 白山抽水蓄能泵站概况

白山抽水蓄能泵站（以下简称白山泵站）位于吉林省桦甸市境内，第二松花江上游，利用已建成的红石电站水库做为下库，白山电站水库做上库，布置于白山电站左岸（二期）厂房和白山电站拱坝之间，距厂房约 200m。白山泵站安装 2 台 150MW 具有发电功能的单级混流式水泵水轮机组，利用电网低谷多余的电量抽水（平均年抽水量为 $19.26 \times 10^8 \text{m}^3$ ），再用白山电站常规机组（ $5 \times 300\text{MW}$ ）早晚峰时多发电，年增加发电量为 $5.18 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$ ，是一座综合性抽水蓄能泵站（白山电站和红石电站主要技术参数如表 1 所示）。

表 1

白山电站			红石电站	
序号	名称	参数	名称	参数
1	水轮机型号	HL200-LJ-550	水轮机型号	ZDA190-LH-600
2	发电机型号	SF300-48/12300	发电机型号	SF50-56/9000
3	装机容量	$5 \times 300\text{MW}$	装机容量	$4 \times 50\text{MW}$
4	单机流量	$307\text{m}^3/\text{s}$	单机流量	$251\text{m}^3/\text{s}$
5	正常高水位	413m	正常高水位	290m
6	设计水头	112m	设计水头	23.3m

白山电站和红石电站都已经建成，白山泵站可以利用白山电站的大坝、机组、开关站及送出线路等。泵站每天抽水时间设计最大为 7h，年抽水时间为 315 天，共需电能 $6.45 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$ 。白山泵站建成投产后，可以利用电网低谷负荷时抽水，既避免了一部分火电机组（ 400MW ）低谷停机，改善了电网结构，同时又可以增加积累水头效益，提高白山电站的综合利用率。经过技术改造，二台抽水蓄能泵还具有一定的发电功能，在系统中担负调峰、调频和事故备用作用，丰水期可以增发电量。

2 泵组采购方式选择

1997 年 12 月，国家经贸委正式批复了白山泵站工程技术改造项目建议书，2000 年 3 月国家经贸委批复了白山泵站工程可行性研究报告，白山泵站工程全面启动。工程属于技术改造项目，同国内其它蓄能电站相比，投资比较少，仅 77791.97 万元（合 2600 元/kW）。不利因素是，已建成的白山电站，上下水位已固定，水头较低，水泵水轮机转轮直径大（5.5m），增加了设备制造难度。因此，白山泵站主机设备选择也就是采购方式就尤为重要了。

目前，对水泵水轮机、发电电动机的设计和制造，国外大公司水平较高；国内制造厂与国外相比尚有一定的差距。我国已运行和在建抽水蓄能电站的主机设备几乎都是由国外整套引进的。因此，对于选择白山泵站主机设备设计制造的厂家，需要进行深入探讨和研究。

1998年5月,由原东北电力集团公司、东北勘测设计研究院、白山发电厂和白山泵站筹建处相关技术人员组成了考察调研组,对国内哈尔滨电机厂有限责任公司(以下简称哈电)、东方电机股份有限公司(以下简称东电)二家制造厂的设计制造能力、价格等方面问题进行了调研,对苏尔寿公司、阿尔斯通公司、希科公司等中外合资厂家也进行了考察咨询,并将有关机组技术性能等方面的资料作了深入分析研究,同时还根据征询到的价格对白山泵站机组设备采购方式作出了5个方案进行对比。具体详见表2。

表2 单位:亿元(人民币)

方案		水泵水轮机+蝶阀	发电电动机+励磁系统	合计
方案一	方式	国外设计制造	引进技术国内制造	2.153
	投资	1.576	0.577	
方案二	方式	国外设计制造	国外设计制造	3.2639
	投资	1.576	1.6879	
方案三	方式	引进国外技术国内制造	引进技术国内制造	1.206
	投资	0.629	0.577	
方案四	方式	国内合资厂设计制造	引进技术国内制造	1.079
	投资	0.502	0.577	
方案五	方式	购买国外的转轮,其余引进技术国内制造	引进技术国内制造	1.506
	投资	0.929	0.577	

经过对以上5种方案的技术及经济等方面的比较,推荐方案五,其理由如下:

2.1 投资分析

通过对国内和国外制造厂的报价分析,认为在保证技术安全可靠的情况下,国内制造厂的报价是最少的。即使是从国外进口转轮和引进关键技术,仅水泵水轮机、电动发电机和蝶阀这三项就要比国外制造厂最低报价低1.76亿元人民币,符合白山泵站技改项目投资少的情况。

2.2 主机设备设计、制造难易程度的分析

泵站水泵水轮机及电动发电机的技术参数:主要功能是抽水,并具有发电功能。水泵扬程范围108.2~130.4m,水轮机水头范围105.8~123.9m,水泵工况最高效率不低于93%,水轮机工况最高效率不低于92%,额定转速200r/min,转轮直径约为5.5m,淹没深度 H_s 为-25m,蓄能泵型式为立轴、单级混流式。电动发电机为三相式同步电动发电机,半伞式密闭循环空气冷却,功率因数电动工况0.91、发电工况0.88(滞后),额定转速200r/min,额定电压13.8kV。蝶阀直径4.1m。

就电动发电机而言,国内制造这样大容量的发电机已有成熟经验,完全有能力设计制造,不需要从国外引进;但电动发电机与发电机比较,存在正反转问题。关键性部件推力轴承,国内目前还没有设计制造经验,因此,引进推力轴承设计制造技术是电动发电机制造成功与否的关键。

水泵水轮机的转轮是设计制造的核心。目前,国内制造厂尚无生产大型水泵水轮机转轮的先例,通常是国外制造厂商在本国生产转轮,其它部件转包给国内制造厂。该方案国内制造厂只进口国外先进的转轮,其它部件自行设计制造,并由国内制造厂商负总责。这样既能保证技术和质量,又能节省投资。直径4.1m的蝶阀,国内的设计制造厂是能胜任的。

2.3 国内大型水电机组设备制造厂设计制造能力分析

哈电、东电多年来一直担负着国内常规水电站的大中型水电机组设备的设计制造，近年来又分别引进了大量的国外先进技术和先进设备，同国外著名的设计制造厂商签定了技术转让协议，建立了相当规模的研究和实验室，为设计制造水电机组设备储备了新的技术，并研制出一批新型转轮。近几年又相继与国外厂商合作，承担了国内一些大型的水电机组的设计制造，积累了丰富的经验。

在抽水蓄能机组设计制造方面，哈电、东电都已作了大量的技术准备工作，并有与国外著名的制造厂商合作设计制造或分包制造国内部分大型抽水蓄能机组主要部件的成功经验，对抽水蓄能机组设备已具备了一定的设计制造能力。因此，除水泵水轮机关键性部件转轮和电动发电机的推力轴承在设计制造方面还有差距外，其它在技术上是具有可靠保证的，能够满足白山泵站要求。

2.4 国内的成功经验

该方案在国内已有先例，东电与奥地利的 MCE 公司在安徽响洪甸抽水蓄能电站就采用这种合作方式，并取得了成功，为我们决定采购方式提供了经验。

2.5 支持民族工业

综上所述，根据白山泵站的实际情况，我们选定了国内采购招标，即关键部件引进，其它部件国内制造的采购方式。

3 主机设备招标、编标原则

3.1 投标制造厂具备的主要资质

3.1.1 具有独立签定合同的权力和完善的质量保证体系。

3.1.2 在专业技术、设备设施、人员组织等方面具有设计、制造、质量控制、经营管理的相应的资格、能力和业绩经验。

3.1.3 具有设计、制造与招标设备相同或相近设备（150MW 及以上容量常规大型水轮发电机组）1~2 台套的设计制造经验，在安装调试运行中未发现重大的设备质量问题或已有有效的改进措施。

3.1.4 具有与国外著名制造商合作设计和制造或分包制造大型蓄能机组主要部件的成功经验。

3.1.5 若国外公司，应具有独立设计和制造 150MW 及以上的水泵水轮机、电动发电机的经历和资格。招标范围内的所有设备制造应在该公司所在国制造，若有分包或/和外购时，应注明哪些部件由哪些分包商或/和外购件生产商来生产制造，同时提交他们的资格证明文件和业绩，且与投标单位有同样的资格要求。

3.2 招标文件的编制原则

3.2.1 为保证工程质量和控制投资，招标方式采用邀请招标。

3.2.2 第一台水泵水轮机的转轮由国外引进，第二台转轮的设计、技术性能、参数、材质等各项指标均应达到第一台国外引进转轮的技术指标。

3.2.3 推力轴承引进国外技术设计制造。

3.2.4 水泵水轮机、电动发电机、蝴蝶阀三部分为一个合标，并承包给一个制造厂商。

3.2.5 对技术性能、结构设计的要求，应在安全可靠为前提力下力求先进，对不成熟的和未经使用的技术不能采用。

3.2.6 引进的转轮若在国外应用过，经修正后在保证各项技术参数情况下不进行模型验收

试验，但承包制造厂要负责进行转轮模型复核试验。

根据采购方式和招标原则，我们选择了天津阿尔斯通水电设备有限公司（以下简称天阿）、哈电、东电和奥地利依林电气公司四家作为邀请投标厂家。

参加主机设备投标的制造厂合作伙伴情况是：天阿与控股的法国阿尔斯通公司合作，哈电与日本的日立公司合作，东电与日本的东芝公司合作，奥地利的依林电气公司与克瓦纳（杭州）发电设备有限公司合作。根据白山泵站主机招标原则和有关资质证明文件，以及通过对各制造厂合作伙伴的典型业绩、试验设备、设计及制造水平、机加工设备等情况的分析认为，各制造厂所选择的合作伙伴符合要求。

4 确定的评标原则、评标标准以及蓄能机组设备国产化采购的成果

经招标领导小组讨论确定的评标原则及评标标准是：分技术和商务二个小组，评标采用技术和商务分别评比打分的办法，总分为 100 分，其中技术分权重为 55%，商务分权重为 45%。同时，技术部分又为 100 分，水泵水轮机占 55%，电动发电机占 45%；商务部分也是 100 分，基础商务因素占 30%，价格占 70%。价格分的计算是以各投标厂的算术平均价为基准价，对应分值为 60 分，评标价格每高于基准价格 1%扣 1 分，最多扣 10 分；每低于基准价格 1%加 2 分，最多加 10 分。最后以商务、技术综合得分的高低，对投标厂进行排序和推荐中标候选制造厂商。

4.1 主机设备技术部分评分内容、标准和特点（如表 3、4 所示）

表 3

序号	项目	标准分
一	技术特性	45
1	水轮机功率	5
2	水轮机效率（含加权效率）	10
3	水泵轴功率（包括流量和扬程）	7
4	水泵效率	15
5	稳定运行范围、压力脉动及振动保证（包括噪音）	20
6	模型综合分析	10
7	空蚀保证（包括空蚀临界点）	8
8	调节保证和飞逸保证	10
9	漏水量（包括导叶和进水阀）	5
10	起停与变工况运行能力（水轮机和水泵的综合运行特性）	10
二	结构特点及配置	35
1	材质包括转轮、导叶、蜗壳等重要部件	10
2	结构型式包括水导轴承、主轴密封等	15
3	转轮、导叶等关键部件的加工能力、工艺方法和精度等	20
4	自动化元件及配置	10
5	备品备件与专用工器具	5
6	进口转轮（含其它部件）	20
7	进水阀（含结构及自动化程度）	20
三	大件运输	5
1	运输路线考察落实	20
2	运输方案的可行性	30
3	运输费用的合理性	50
四	其它有关问题	15

1	投标书的完整、规范、响应程度及可信性	10
2	设备和图纸交付进度	10
3	技术引进及科研开发能力	15
4	设备可靠性及售后服务	20
5	与调速器、发电机技术配合的承诺	5
6	计量、检测和测试能力	25
7	制造业绩、质量、管理水平（包括资金状况）	15
	合计	100

表 4

序号	名 称	标准分
一	技术特性	40
1	发电机功率	5
2	发电机效率	5
3	电动机功率	7
4	电动机效率	8
5	稳定运行及可靠性包括飞逸工况	20
6	冷却方式及温升包括电动机和轴承	10
7	绝缘耐压及短路比（包括起晕电压、时间常数）	10
8	振动及噪音	10
9	起停与变工况运行能力（包括飞逸、短路、不对称等情况下承受能力）	25
二	结构特点及配置	40
1	材质（绝缘等级）	10
2	结构型式（线棒接头结构可靠性、转子结构与通风）	20
3	关键部件的加工能力、工艺方法和精度	20
4	控制和保护包括自动化元件及配置	15
5	备品备件及专用工器具	5
6	推力轴承及可靠性技术措施	20
7	制动方式及系统	5
8	线棒固定及防振措施	5
三	大件运输	5
1	运输路线考察落实	20
2	运输方案的可行性	30
3	运输费用的合理性	50
四	其它有关问题	15
1	投标书的完整、规范及可信性	10
2	设备和图纸交付进度	10
3	技术引进及科研开发能力	15
4	设备可靠性及售后服务	20
5	与励磁、调速系统的技术配合的承诺	5
6	计量、检测和测试能力	25
7	制造质量、管理水平及业绩	15
	合计	100

由专家组成的技术评标小组，对制造厂的投标文件从以上方面进行了认真分析和讨论研究，对技术上存在的部分疑点，各制造厂进行了澄清和书面答复，并按照评标标准评出了技术分数。

4.1.1 技术特性及性能保证方面

主要包括水泵水轮机和电动发电机效率指标、转轮性能和参数保证值、机组设备运行稳定性、水泵水轮机额定出力和电动发电机额定容量保证值、转轮空蚀和磨损情况、大件重量及尺寸情况等。

4.1.2 结构特点及其配置方面

主要包括水泵水轮机和电动发电机及蝴蝶阀结构特点、主轴结构及材质、推力轴承结构特点、各部件材质选型、重要部件的加工工艺方法情况等。

4.2 主机设备商务部分评标因素、标准和特点（如表 5 所示）

根据招标文件、投标文件及其有效补充文件，采用百分制的方法对制造厂的商务响应性、资质和设计制造能力以及运行业绩、企业财务和经营状况、组织管理和质量保证、大件运输及交货周期、售后服务、投标价格等进行了详细的评比，并评出了商务分数。

表 5

序号	名称	标准分
一	资质、业绩、企业信誉及经验水平	4
1	资质等级、证明文件：	1
2	近几年制造类似设备的业绩和企业信誉	1
3	运用国内外成熟技术的经验	2
二	投标响应、优惠条件及售后服务承诺	13
1	投标响应及标书编制水平	2
2	中标后优惠条件的承诺	4
3	售后服务、技术服务承诺	4
4	故障损失赔偿承诺	3
三	组织管理、质量保证及交货期	10
1	产品生产组织管理体系	1
2	质量保证体系及认证	1
3	质量保证措施	3
4	技术力量、设备制造能力及本工程投入情况	3
5	交货期	2
四	企业财务及经营状况	3
1	财务状况、资产负债表分析	1
2	经营情况、财务损益表分析	1
3	企业经注册会计师审计情况，合同执行情况及有无重大经济违纪行为	1
五	投标报价	70
六	合计	100

4.4 白山泵站主机设备国产化采购的成果

4.4.1 在技术特性及性能等保证的情况下，节省项目投资约 6000 万元。

4.4.2 是我国自行规划、自主设计、最终达到国内生产、全面国产化的一项工程。

4.4.3 使国内制造厂在大容量蓄能机组设备的设计制造能力方面上了一个台阶。

4.4.4 白山泵站机组设备国产化不仅促进了民族工业的跨越发展，而且还拓展了水力资源综合开发利用的新思路，是我国水电建设史上的又一个里程碑。