

在实际工程中水轮机选型的优化设计

孙宇

(四川江源工程咨询有限公司, 四川 成都 610041)

摘要:在装机规模确定的情况下,要充分利用该河段流量发电,应优先选择在高效率区流量变幅范围大的转轮,且设计工况点位置选择在单位流量较大的高效率区,以适应引用流量的变化。

关键词:水轮机;选型优化设计;基本方法;实例

中图分类号:TK73; N945.15

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)01-0109-04

1 水轮机在电站中的重要性

水轮机是水电站中最主要动力设备,影响电站的投资、制造、运输、安装、安全运行及经济效益。水轮机选型设计是水电站设计中的一项重要工作。它不仅包括水轮机型号的选择和有关参数的确定,还应认真分析与选型设计有关的各种因素。因此,在选型设计过程中应广泛征集水工、机电和施工等多方面的意见,列出可能的待选方案,进行各方案之间的动能经济比较和综合分析,以求选出技术上先进可靠、经济上合理的水轮机。

然而,水轮机选型设计过程中,水轮机型号的选择和转轮直径大小的确定则是重中之重,直接影响工程质量、生产运行和发电效益。本文将结合实际工程为例,利用水轮机转轮综合特性曲线,阐述在不同运行条件的水电站中,水轮机选型的优化设计。

2 水轮机选型优化设计的基本方法

这里以反击式水轮机选型为例加以说明。根据水轮机安装形式和设计水头,计算比转速 n_s ,备选出适合该 n_s 的一系列转轮(包括一些高效率低汽蚀新型转轮)。从单位流量计算公式,

$$Q'_1 = \frac{N_f}{9.81 \cdot D_1^2 \cdot H_{sj}^{1.5} \cdot \eta_T \cdot \eta_f} = \frac{Q_r}{D_1^2 \cdot \sqrt{H_{sj}}}$$

可以看出,单位流量 Q'_1 与转轮直径 D_1^2 成反比,因此,从备选转轮的综合特性曲线中尽量选择在最优效率点对应单位流量较大者,这样,转轮直径会较小,设备价格也就较低。转轮综合特性曲线中最优效率点对应的汽蚀系数越高,厂房开挖量和施工难度也就越高。所以,单位流量大

小和汽蚀系数也需要做个经济平衡,筛选出最优效率点对应的单位流量较大,且汽蚀系数较低的转轮。

在转轮综合特性曲线中,设计工况点都应选在高效率区范围内。然而,除了轴流定桨式转轮外,其他类型转轮运行的高效率区范围较广,设计工况点在高效率区的位置将具有很大选择范围。其工况点位置应根据电站类型、运行方式和水文情况来确定。

3 水轮机选型优化设计实例

3.1 无调节性电站水轮机选型优化设计

四川理县米亚罗水电站(已运营)是引水式电站,总装机15 MW,单机5 MW,无调节性,发电接入四川省电网。设计水头121.0 m,最大水头142.20 m,最小水头119.40 m,加权平均水头132.30 m,单机额定流量4.93 m³/s。

表1 平水年径流量计算表

	Q_P (m ³ /s)		
	$P=10\%$	$P=50\%$	$P=90\%$
平均年(5月~次年4月)	12.3	10.8	9.30
枯水期(11月~次年4月)	5.43	4.44	3.60
最枯3个月(1月~3月)	4.19	3.40	2.71
最枯1个月(3月)	3.93	3.19	2.56
最枯1日	3.43	2.81	2.27

对于立式混流式计算比转速公式:

$$n_s = \frac{2000}{\sqrt{H_{sj}}} - 20$$

计算得161.8,在型谱中选择符合的转轮,经比较HLA520转轮最优效率点单位流量较大且汽蚀系数较低,综合特性曲线见图1。设计工况点,初步选择在最优效率点附近,由公式:

收稿日期:2015-01-06

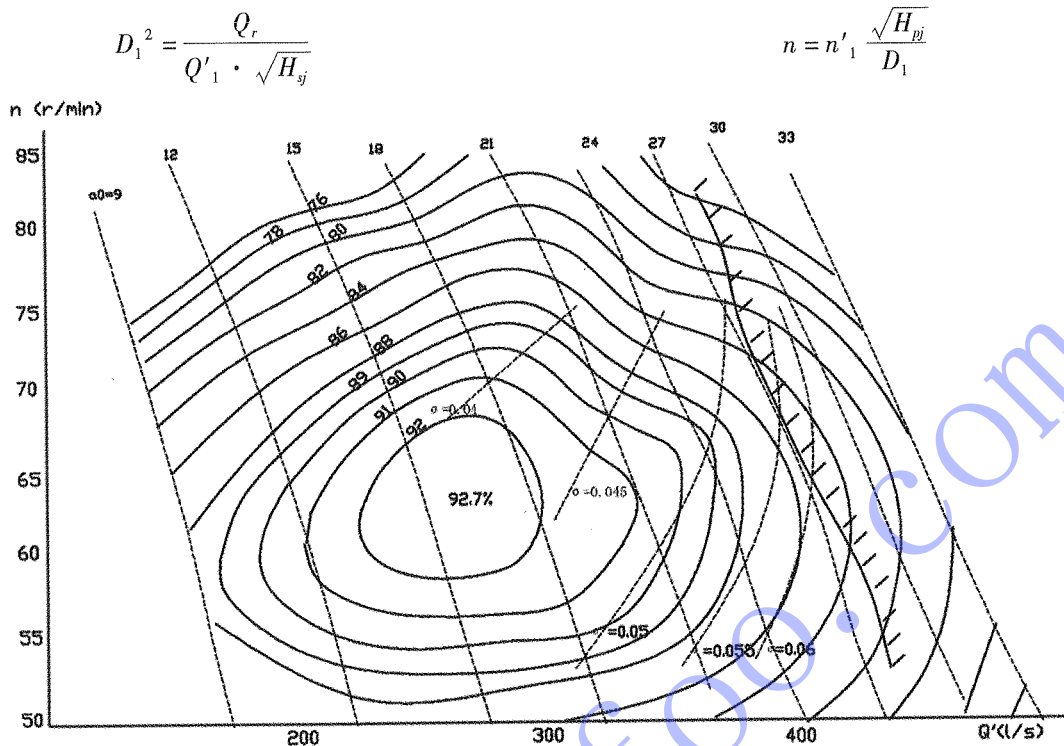


图1 A520 转轮综合特性曲线

计算得转轮直径 D_1 和转速 n 分别为 1.312 m 和 553 r/min。转轮取设计直径 1.3 m, 转速取同步转速 500 r/min, 设计工况下, 对应的单位流量 Q'_1 和单位转速 n'_1 为 0.265 L/s 和 59.1 r/min, 水轮机效率 η (为方便比较, 真机效率修正忽略不计, 下同) 为 92.2%。

在枯水期时, 单台机组发电, 工作水头达最大水头 142.2 m, 单位转速 n'_1 为 54.5 r/min, 从综合特性曲线可得, 能稳定发电的最小单位流量 Q'_1 为 0.175 L/s, 其对应的发电流量为 3.52 m³/s。从表 1 可看出, 最枯三个月中, 50% 保证流量为 3.40 m³/s, 小于能发电的流量 3.52 m³/s。而本电站地处山区, 无调节能力, 枯水期中的一个半月将不能发电, 只能弃流。按 45 天弃流量计算, 将损失电量约 270 万度, 按四川省分时电价政策测算, 发电收益减少约 4%。

尽可能利用枯水期水量发电, 可缩小小转轮直径, 让设计工况点在特性曲线上向出力限制线靠近。本例中, 转轮直径 D_1 可取 1.15 m, 计算转速 n 为 624 r/min, 取同步转速 600 r/min, 设计工况下, 对应的单位流量和单位转速为 0.338 L/s 和 62.7 r/min, 水轮机效率 η 为 91.1%, 仍处于高效

区。同理, 当在枯水期时, 单台机组发电, 工作水头达最大水头 142.2 m, 单位转速为 57.9 r/min, 从综合特性曲线可得, 能稳定发电的最小流量为 2.60 m³/s, 整个枯水期几乎都能正常发电, 虽然在平水期效率比原方案少 1.1%, 减少发电量 95 万千瓦时, 但枯期增加的电量远远高于此, 提高了发电收益。

3.2 具有调节性电站水轮机选型优化设计

四川卧龙熊猫水电站(已运营)亦属引水式电站, 总装机 24 MW, 单机 12 MW, 日调节, 发电接入四川省电网。设计水头 90 m, 最大水头 103.78 m, 最小水头 88.36 m, 加权平均水头 97.8 m, 单机额定流量 15.3 m³/s。适合本段水头系列的转轮较多, HLA630 和 HLD06A 可作为备选。HLA630 具有效率高, 最优工况单位流量较大, 汽蚀系数较低等特点(转轮综合特性曲线见图 2), 但本转轮在流量变化上适应性较弱, 高效率区的流量变幅范围较小。HLD06A 转轮虽然在流量变幅方向具有较宽的高效区(转轮综合特性曲线见图 3), 但和 HLA630 相比, 在同效率下, 单位流量较小, 同等出力情况下, 转轮直径将更大。

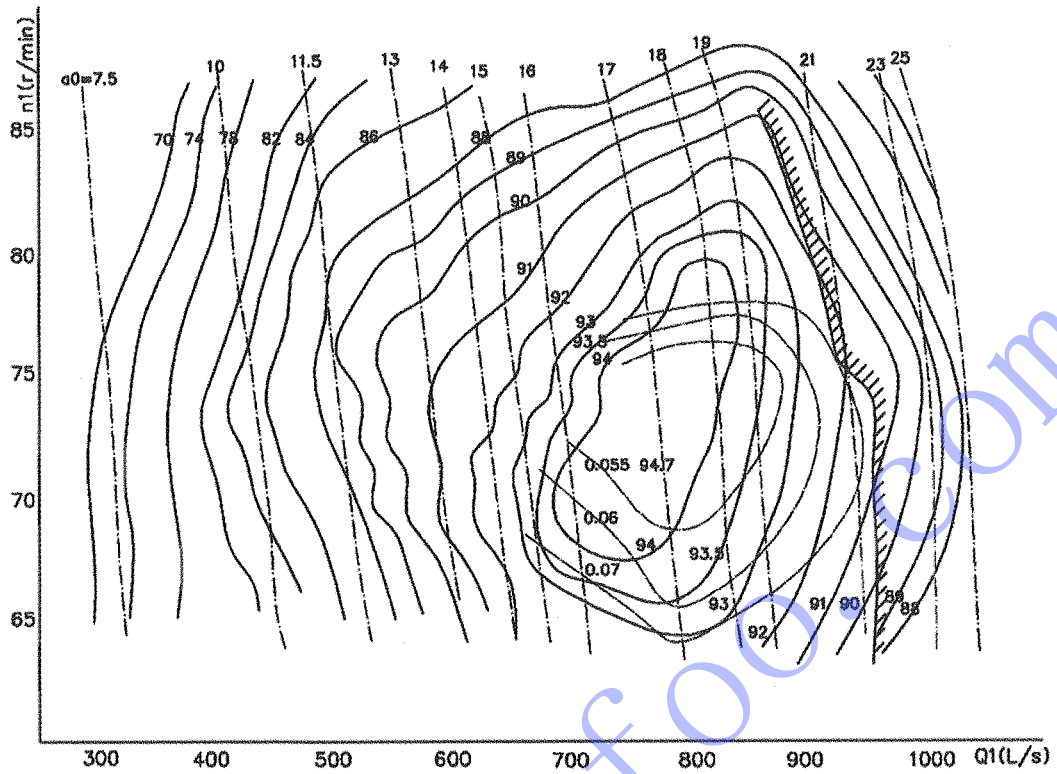


图 2 HLA630 转轮综合特性曲线

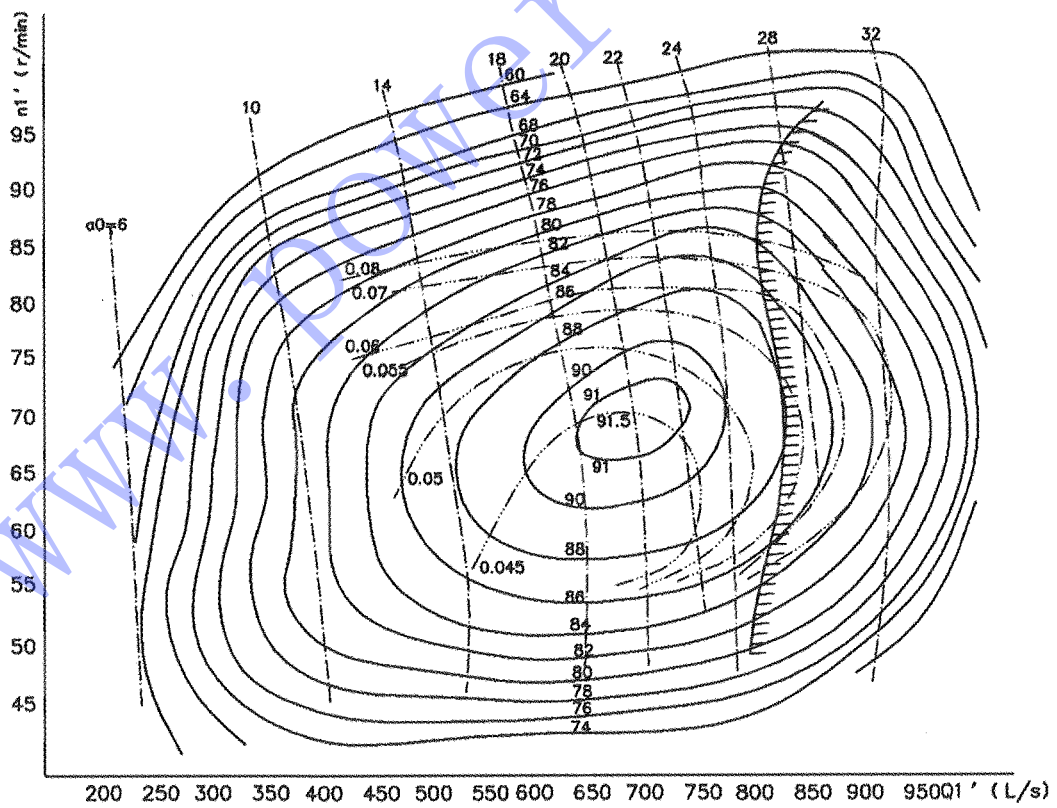


图 3 HLD06A 转轮综合特性曲线

由于本例电站具有日调节库容,单台机组在设计工况下运行,流量变幅小。HLD06A 虽然具

有适应大范围的流量变幅的特性,但在本例中却发挥不了作用,而转轮 HLA630 正符合这样的运行工况,其设计工况点在综合特性曲线上的位置,应选择在最优工况点附近。在最优工况下,计算得转轮直径 D_1 为 1.451 m,转轮取设计直径 1.4 m,计算转速为 508 r/min,取同步转速 500 r/min。设计工况下,对应的单位流量 Q'_1 为 0.827 L/s,单位转速 n'_1 为 73.8 r/min,水轮机效率 η 为 94.0%。

在枯水期时,本电站具有日调节库容,在一天中用电低谷时段蓄水,高峰时段发电。单台机组可带负荷 85% ~ 105%,满足日调节要求,机组基本不需要低负荷运行,发电引用流量变化幅度小,本电站选择 HLA630 转轮是合适的。

4 结 语

从以上的实例对比可以看出,它们均采用混流式水轮机,设计水头分别 121 m 和 90 m,水头

也相差不大,但各自所采用的水轮机和在其综合特性曲线上运行工况点的选择,有很大的区别。米亚罗水电站取水口所处河段河床比降大,径流年内很不均匀,无调节库容。在装机规模确定的情况下,要充分利用该河段流量发电,应优先选择在高效率区流量变幅范围大的转轮,且设计工况点位置选择在单位流量较大的高效率区,以适应引用流量的变化。熊猫水电站取水口所处河段河床比降较小,径流年内也不均匀,但具有日调节库容。应选择具有较大单位流量的转轮,以缩小发电机组尺寸,节约设备购置费用;设计工况点选择在最优效率点附近,充分利用水轮机效率。

作者简介:

孙宇(1981-),男,四川内江人,大学本科,工程师,主要从事水利水动力工程工作,现就职于四川江源工程咨询有限公司。

(责任编辑:卓政昌)

三峡新能源 CCER 项目首批减排量成功备案

1月14日,由三峡新能源负责开发管理的乌兰察布市商都大脑包风电场天润4.95万千瓦风电项目和国水投资集团调兵山泉眼沟风电场新建工程项目产生的201106吨减排量在国家发改委成功备案。恰逢当日国家温室气体自愿减排交易注册登记系统正式上线运行,标志着全国CCER“备案-签发-交易”的全流程均已打通。截至目前,在国家发改委获得减排量备案的项目共有26个,其中9个风电项目。下一步,三峡新能源将继续把握时机,努力推进已经或即将获减排量备案项目的CCER销售工作,以获取减排收益,改善项目盈利能力,同时积极推进其他风电、光伏发电项目的CCER备案工作。

水规总院召开《四川省武都引水工程蓬溪船山灌区可行性研究报告》审查会

2015年1月14日至16日,水规总院在北京召开会议,对《四川省武都引水工程蓬溪船山灌区可行性研究报告》进行了审查。四川省武都引水工程蓬溪船山灌区主要位于四川省遂宁市蓬溪县、船山区境内,是《嘉陵江流域综合规划报告》及四川省人民政府批复的《四川省涪江流域规划报告》确定由涪江引水灌溉并纳入武都引水工程的灌区工程。《四川省武都引水工程蓬溪船山灌区项目建议书》业经国家发展和改革委员会批复(发改农经[2014]1250号)。工程开发任务为农业灌溉、城乡生活及工业供水等综合利用,灌区设计灌溉面积94.70万亩,其中新增灌溉面积63.39万亩,改善灌溉面积31.31万亩。

成都院编著的《水利水电工程英汉图文辞典(水工卷)》出版

2015年1月,成都勘测设计研究院有限公司(以下简称“成都院”)组织编著的《水利水电工程英汉图文辞典(水工卷)》由中国水利水电出版社正式出版、全国首发5000册。经过广泛收集词条、权威论证,该辞典收录词条约3000个,下设:释义、音标、英文例句(含中文释义)、常用搭配、专业词汇的中文定义等实用条目;同时收录了约300张成都院设计的水电工程CAD图、三维图和工程实照等。近年来,我国水利水电设计和施工企业的工作范畴逐渐向海外扩展。电建集团旗下百家设计施工企业在转型过程中或多或少面临着专业英语“不专业”的困扰。成都院作为目前我国规模最大、技术实力最强的水电站综合勘测设计企业之一,国内外工程经验丰富,主动承担起编著这套实用性高、专业性强的英汉图文辞典的任务。