

浅谈淮阴闸水力资源的开发利用 浮箱可移式闸孔电站的建设

陈 辉

(江苏省淮沭新河管理处淮阴闸管理所, 江苏 淮安 223005)

摘要: 水能是一种清洁能源, 将水利工程排泄的水利用于发电, 是对水资源的综合再利用, 既不会破坏生态, 还因减少火力发电量、减低化石能源的消耗而有益于生态环境。本文介绍了淮阴闸建站的历程, 并详细阐述了淮阴闸电站续建改造过程中的优化, 总结了优化过程中的经验和教训, 提出淮阴闸水电站建设规模的建议。

关键词: 节制闸; 水力资源; 开发利用; 闸孔电站

中图分类号: TV74

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2016) 12-0036-06

Discussion on the development and utilization of the hydraulic resources and construction of power station with movable floating box in Huaiyin gate

CHEN Hui

(Huaiyin Gate Management Office, New Huaishu River Management Division of Jiangsu Province, Huai'an 223005, Jiangsu)

Abstract: Hydropower is clean energy. The use of water come out from water conservancy projects for power generation is a kind of comprehensive re-use, which will not destroy the ecological, but also benefit the ecological environment. The construction history of Huaiyin gate station is introduced in this paper. The optimization of power station construction is expounded. The experience and lessons in the process of optimization are summarized. Suggestions for construction scale are put forward.

Key words: control gate; hydraulic resources; development and utilization; power station with gate

0 引言

淮阴闸浮箱可移式闸孔电站(简称闸孔电站)是一批江苏水利人开发利用淮阴闸水力资源的智慧结晶, 始建于 20 世纪 80 年代末。所谓闸孔电站就是在节制闸闸孔内安装水电设备, 将水能转化为电能的一种水力发电装置, 见图 1、图 2。

淮阴闸闸孔电站利用淮阴闸闸孔的检修门槽设置挡水闸门, 在挡水闸门上开孔与浮箱体相连

接, 浮箱体内设进、出水流道、水轮机仓和竖井仓, 水轮机安装在浮箱体内部的进、出水流道之间的水轮机仓。叶轮在水流冲击力的作用下转动, 通过齿轮增速器将动能传递给同在竖井仓内的发电机, 发电机将动能转换成电能, 再通过输变电设备将电能并入电力网供给用户。

闸孔电站设计成浮箱可移式, 是考虑到实施“分淮入沂”或大流量泄水时, 淮阴闸所有闸孔

收稿日期: 2016-09-08

作者简介: 陈辉(1961-), 男, 高级工程师, 主要从事水利水电工程运营和建设管理工作。

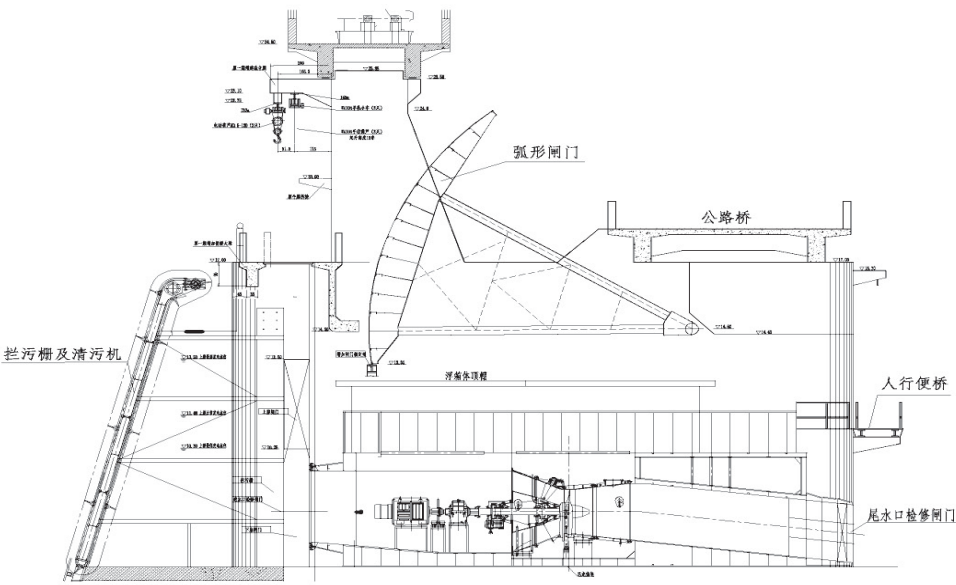


图 1 淮阴闸闸孔电站纵剖视图

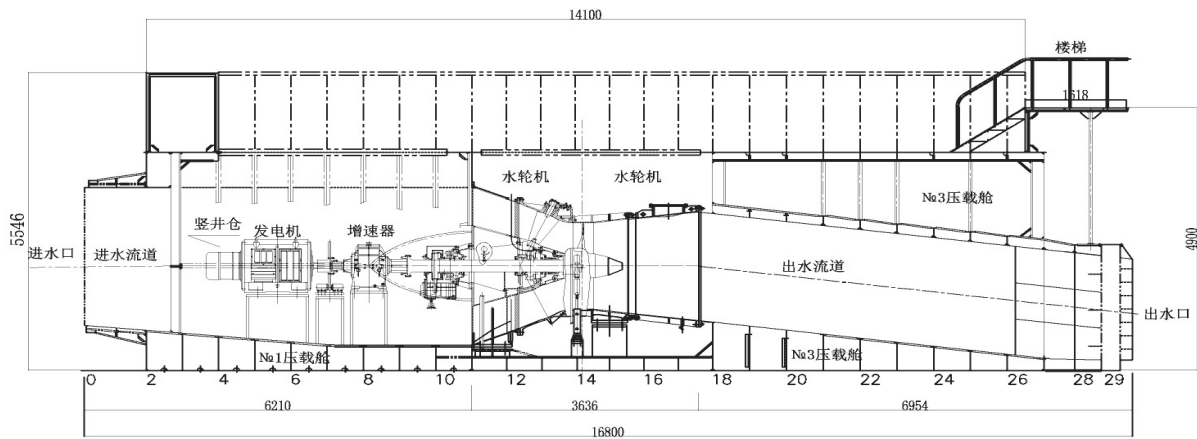


图 2 发电船主立面剖视图

都要开闸放水, 安装在闸孔内的水力发电装置必须移开, 装置所在闸孔恢复原节制闸功能^[1]。

1 淮阴闸水电站概况

1.1 淮阴闸水电站现状

淮阴闸位于淮安市淮阴区王营镇杨庄淮沭新河与中运河交汇处, 建成于 1959 年 10 月, 闸总宽 345.4 m, 共 30 孔, 单孔净宽 10 m, 设计流量 3000 m³/s, 是淮水北调、分淮入沂淮阴枢纽的主体工程。

淮阴闸水电站是利用淮阴闸边孔、闸孔安装水力发电机组发电的电站, 现装机 4 台套, 总装机容量 725 KW。其中闸孔电站 3 台套, 600 KW, 边孔机组 1 台套, 125 KW。电站配 SCB10-800 KVA

型变压器 1 台, KYN28-10 型 10 KV 主变进线开关柜 1 台, KYN28-10 型 10 KV 计量柜 1 台; MNS 型 0.4 KV 配电控制柜 6 台, 其中发电机控制柜 4 台, 辅机配电柜 1 台, 主变出线柜 1 台, 见图 3、图 4。

1.2 淮阴闸电站建设概况

(1) 边孔水力发电机组。建闸时, 淮阴闸的边墩与两岸墙之间各留宽 2.75 m 的电站孔, 1972 年安装投产 2×40 KW 水力发电机组。1996 年对边孔进行了改造, 改造后的装机容量为 2×125 KW, 水轮机为立式 ZD760-LM-120 型, 叶轮直径 1.2 m; 发电机为立式 SF125-6/690 型。

2003 年淮河流域灾后重建淮阴闸除险加固工程完工后, 2005 年 10 月, 电站西边孔机组不再运营。

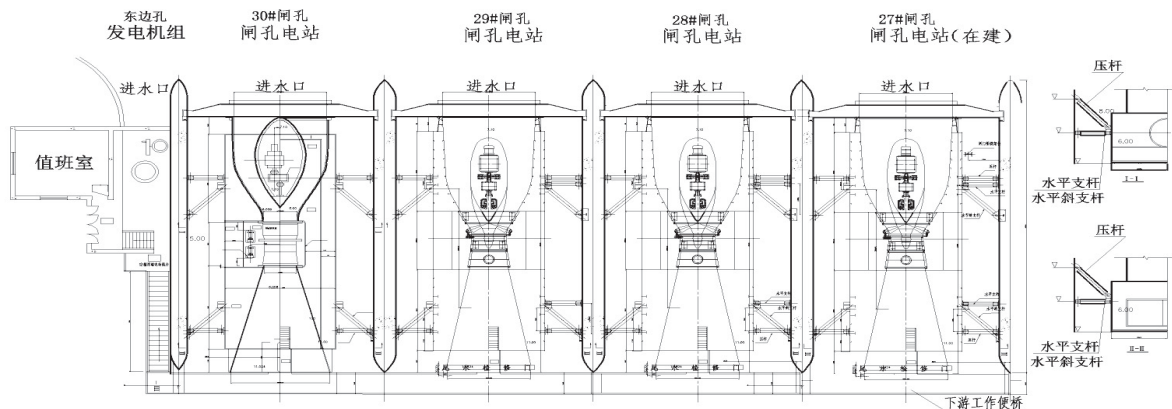


图3 淮阴闸闸孔电站平面布置图

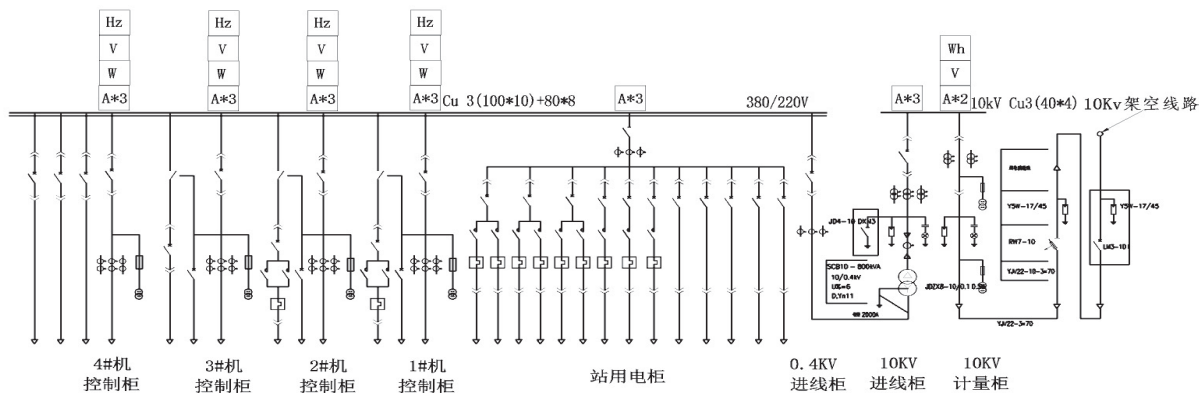


图4 淮阴闸电站电气一次主接线图

(2) 闸孔电站一期工程。1993年, 安装在淮阴闸第30号闸孔内容为200 KW的1台套浮箱可移式闸孔电站并网发电。浮箱体为全钢结构, 水轮机为卧式GDB-WS-160型, 叶轮直径1.6 m, 额定流量 $11.32 \text{ m}^3/\text{s}$, 配手动调速器, 发电机为卧式TF400-10型, 浮箱体、压舱水的灌排系统为管道、船用离心泵^[2]。

(3) 闸孔电站二期工程。一期闸孔电站作为试验机组, 经过16年的运行, 累计发电1300万 $\text{kW}\cdot\text{h}$, 产生了较好的经济效益, 2010年实施闸孔电站续建工程, 2011年12月续建工程完工。水轮机为GDJ735A-WS-160型, 叶轮直径1.6 m, 配GKT-1000型高油压可编程调速器, 发电机为卧式SFW200-8/740-W型^[3]。

(4) 闸孔电站三期工程。2013年10月, 批复同意在淮阴闸第28号闸孔增建1台套闸孔电站, 设备、布置型式同29号孔, 2014年12月, 新机组投入运营。

(5) 闸孔电站四期工程(在建)。2015年12月, 批复同意在淮阴闸第27号闸孔再建1台套闸孔电站, 并增设电站微机监测和视频监视系统, 计划2016年12月份并网发电。

(6) 电站增效扩容改造工程。2014年, 淮阴闸水电站实施增效扩容改造。改造后, 电站东边孔水轮机改为ZDT03-LM-120a型, 配套SF125-8/650型无刷励磁发电机, 额定功率125 KW, 增速齿轮箱型号为JYYND250, 调速器选用DST-300型; 30号孔闸孔电站的水轮机原手动调速改为GKT-1000型液压可编程调速器, 发电机更新为SFW200-10/740W型卧式、无刷励磁三相同步发电机, 额定功率仍为200 KW, 增速箱更新为ZDY315-4-I型。电站增设钢制清污机桥, 在桥上安装了4台套回转式清污机和为其配套的1台套皮带输送机。

2 淮阴闸电站续建、改造过程中的优化

淮阴闸闸孔电站的优化工作主要是在闸孔电站续建二、四期和电站增效扩容改造期间完成。

2.1 闸孔电站续建二期时的优化

闸孔电站二期工程设计是在总结一期工程实践和运行经验的基础上进行,在以下几个方面进行了优化:

(1) 浮箱体固定、连接方式进行优化。浮箱体与挡水门的连接由平板橡皮止水、螺栓紧固连接改造成“P”型橡皮双向止水、压靠式连接,浮箱体的移开更加快速、便捷。

(2) 导叶调节方式进行优化。水轮机活动导叶的调节由电动机械式调节器改成微机控制液压贮能式导叶调节器,实现了自动调速并网,开停机更快捷、更安全。

(3) 励磁方式进行优化。选用无刷励磁发电机,实现了励磁自动调节,机组运行更安全。

(4) 水轮机的支承形式进行优化。水轮机的推力轴承、导轴承由滚动轴承优化为巴氏合金滑动轴承,转动部件的运转更加平稳、可靠,轴承的运行寿命更长^[4]。

(5) 水轮机的密封、润滑方式进行优化。填料密封增加了弹性自紧装置,填料涵前端增加了防渗迷宫,增设了清水润滑,这些措施共同提高了水轮机的密封性能,有效地延长了填料的使用期限,进而延长了水轮机的大修周期。

(6) 电气测量方式进行优化。发电机主要电气参数的测量由电磁、电动式仪表改成组合式精密电子仪表,1只测量仪表同时测量了发电机的全部电气参量,测值更精确,控制柜的柜面布置也更加简洁。

(7) 发电机主控制设备进行优化。发电机主断路器由原来的框架式空气断路器改成装置式空气断路器,体积小、分断快、断流容量大,更加安全、可靠。

(8) 并网用自动准同期装置进行优化。选用微机智能同期装置,与原装置比,增加导前时间发出合闸命令和合闸闭锁功能,能精确预测合闸相角,确保捕捉第一个合闸时机,机组的并网操作更加精确、快捷、可靠,降低了因不同步而对设备冲击的机率。

(9) 增设发电机综合保护器。电流保护的定值、

时限设定更加精确,同时还具备电压和频率保护,对发电机的保护更加可靠、全面。

2.2 闸孔电站三期及增效扩容时的优化

二期设计方案是3台套闸孔电站。因此,三期工程建设时,电站电气一次部分没有改变。三期与增效扩容同期进行,在一、二期工程建设和管理经验基础上做了如下优化:

(1) 改造边孔和30号孔发电机励磁调节装置。原边孔、30号孔发电机的励磁调节为碳刷、集电环导入的可控硅励磁调节和直流磁场变阻器调节方式,增效扩容改造时,对边孔、30号孔的发电机重新选型,选用了无刷励磁发电机。

(2) 取消水电阻保护装置,简化电气二次,腾出柜内空间。闸孔电站的水轮机导叶控制采用微机控制液压导叶调节器后,紧急关机只需2.7s,在只有3m以下水头下运行的竖井贯流式水轮发电机组,在这样短的时间内,转动部件达不到飞逸转速;采用无刷微机励磁调节器后,紧急停机时,调节器自动进入恒电压工作模式,发电机的机端电压控制在预定值,并随着导叶的关闭而下降。

(3) 将辅机电气控制单元设置在发电机控制柜上,不另设辅机柜。随着闸孔电站机组的增加,辅机设备远程、当地的开、关操作是电站安全运行的重要一环,将辅机的电气控制单元设置主机控制柜,可以减小误操作的机率,既安全,也节约。

(4) 水系统的优化。闸孔电站二期的技术供水主设备是管道泵,冬季时,曾发生有防护的管道泵被冻裂的设备故障(发现及时,未酿成事故)。因此,三期时,选择潜水泵作为技术供水主设备,将供水泵安装在循环水水箱内,确保冬季时不受冻。

2.3 闸孔电站四期的优化(在建)

闸孔电站四期工程的电气设计建立在5台套闸孔电站规模上,本次增机1台套、增加微机监测和视频监视系统,并作如下优化:

(1) 选择新型发电机保护器。电站原发电机综合保护器功能多、价格低,但性能和精度与设备管理的要求不匹配。

(2) 监测方式优化。PLC从原电量综合测量仪、液压调速控制器通信口采集信号,经处理、存贮,由上位机读取、显示、打印,既完善了监测、统计分析,又减轻运行人员的工作量。

(3) 控制方式优化。当电气参量越限, 微机系统报警并发出跳闸、关机等指令; 当需要改变导叶开度时, 可通过 PLC 进行远程调节。

3 主要经验与教训

3.1 淮阴闸水电站的建设周期太长

淮阴闸闸孔电站从项目建议到第一台机组投入运行历时 4 年, 第 2 台机组投入运行历时 12 年, 第 3 台历时 15 年, 第 4 台达 17 年。工程的建设周期太长, 严重影响了淮阴闸的水能利用。

总结闸孔电站二、三、四期续建技术和投资方面的经验, 可以肯定的说, 如果一次性建设淮阴闸西侧电站(见 4.5 淮阴闸水电站的工程布置), 相比分期建设, 不仅可节约投资 30%, 还可以深化、优化闸孔电站的设计, 更加有益于电站的建设和运营管理。

3.2 闸孔电站的浮箱体固定方式有待优化

洪水时, 闸孔电站的浮箱体(含挡水闸门)能否迅速撤出、能否及时恢复原闸功能是制约淮阴闸闸孔电站规模的主要因素。

从数次准备启动及两次实施“分淮入沂”前淮阴闸的下游水位情况看, 当时, 固定浮箱体的支撑杆(高程 8.0 m, 10.0 m)、检修用墩头围堰(顶高程 9.5 m)均已淹没在水下。因此, 支撑杆的拆除只能在水下破坏性拆除, 浮箱体很难迅速移出闸室, 行洪后也难以较快恢复原状。可通过增加浮箱体局部型高、抬高支撑杆安装(拆除)点高程的办法解决。

3.3 闸孔电站的浮箱体与挡水闸门连接方式有待优化

如前所述, 闸孔电站续建二期时, 浮箱体与挡水门之间的固定、连接方式进行了优化, 即浮箱体与挡水门的连接由平板橡皮止水、螺栓紧固连接改造成“P”型橡皮双向止水、压靠式连接, 这样设计也是为了方便水轮机检查、检修。实践证明, “P”型橡皮双向止水效果不佳, 封闭出水口后, 连接处显著漏水, 主要原因是浮箱体就位后, “P”型双向止水橡皮不能形成相等的预压量。可考虑在连接处设置空气围带或安装时精心调整预压量辅助使用密封胶加以解决。

3.4 闸孔电站发电机组的电气主控制单元设置有待优化

闸孔电站发电机电气控制采用的是安装在抽屉内的装置式断路器, 多年来的经验表明, 当机组重载运行时, 主控制单元发热显著造成事故跳闸, 影响电站的安全运行。主要原因是主控制单元内部导体窄而连接多, 大电流通过时连接处发热, 而主控制单元空间小、散热不畅, 导致断路器事故跳闸。可采用双插入触头并加大主控制单元空间、加强空气对流的方法, 或采用框架式断路器解决。

3.5 闸孔电站技术供水(冷却水)系统有待优化

闸孔电站二、三期技术供水是从河道中取水贮存在压水仓内, 通过管道泵(二期)、潜水泵(三期)将水输送给待冷却设备。由于压水仓容积所限, 贮存水量只有 20 m^3 , 且靠大气自然冷却, 夏季高温运行时冷却效果不佳, 机组重载时轴瓦温度越限, 不得不降低机组出力。可参照已在电站 1#、2#机组上改造成功的“全封闭、不锈钢、纯净水、水下冷却循环供水系统”, 或参照闸孔电站一期选择主设备。

3.6 对水力资源开发利用的认识有待提高

100 年来, 我国已开发了大量水力资源, 截止 2015 年底, 全国水电总装机突破 3.2 亿 kW, 约占经济可开发 80%、技术可开发 60%, 占全国电力总装机的 21.2%。可是, 以兴利为目的建设的水利工程的水力资源没有被开发利用, “水力资源”还在白白地流去, 仅以淮阴闸为例, 建闸 50 多年来, 下泄水量 1500 亿 m^3 , 多年平均流量 $120\text{ m}^3/\text{s}$ 、水头 2.20 m, 以电站总效率 65% 计算, 可转换发电 13413 万 kW·h。现实是, 开发利用 50 年, 尚不足可开发利用的 8%。

4 淮阴水电站建设规模的建议

淮阴闸有合适的水头、可靠的水量可供发电, 随着洪水管控、洪水利用的不断深化, 随着淮河入海水道一期的完成、二期的实施, 应进一步开发利用好淮阴闸的水力资源。

4.1 淮阴闸水电站的水文情况

根据历年实测的水文资料, 淮阴闸上游最高洪水位为 13.8 m, 最低水位 7.17 m, 当设计保证率为 50% 时: 灌溉期流量 $138\text{ m}^3/\text{s}$, 水位差 2.69 m; 最高年平均水位上游为 12.84 m, 下游 9.88 m; 最低年平均水位上游为 10.49 m, 下游 7.77 m; 月平

均水位上游 11.48 m, 下游 8.82 m; 最高发电水位上游 13.50 m, 下游 9.90 m; 正常发电水位, 上游 10.49 m, 下游 8.82 m; 最低发电水位上游 10.3 m, 下游 8.15 m, 是建设低水头电站的理想场所。

4.2 淮阴闸水电站近年发电情况

从表 1 可见, 闸孔电站二、三期投入运营后, 每新增 1 台闸孔电站, 可年增发电量 100 万 kW·h。

表 1 淮阴闸 2008 ~ 2016 年发电情况

年 度	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 年 1-6 月
发电量 (万 kW · h)	120	110	122	120	162	233	222	305	191

4.3 淮阴闸近年向下游供水情况

从表 2 可见, 淮阴闸日常流量大于电站现发电流量达 345 d/a(近 8 年平均值), 大于 3 倍现发电流量达 203 d/a。因此, 淮阴闸电站的装机规模还有很大的空间。

表 2 淮阴闸 2008 ~ 2015 年向下游供水情况

年 度	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
≥ 40 m ³ /s 天数	328	342	349	360	3 50	323	341	349
≥ 100 m ³ /s 天数	139	205	247	241	209	137	196	206

4.4 淮阴闸水电站的总装机容量

综上所述, 淮阴闸水能利用不足是不争的事实。综合发电、灌溉、泄洪及电站现状诸因素, 建议淮阴闸水电站的总装机 2250 KW, 其中闸孔电站 10 台套 2000 KW、边孔电站 2 台套 250 KW。即恢复西边孔发电机组, 增建 6 台套浮箱可移式闸孔电站。

4.5 淮阴闸水电站的工程布置

淮阴闸水电站经过多期建设已初见规模, 未

来的电站工程布置应充分考虑电站的现状。电站工程布置的现状是: 4 台套闸孔电站布置在淮阴闸 30 ~ 27 号闸孔内(淮阴闸东侧), 第四期电气设计时预留 1 台套(26 号闸孔) 的增容空间, 即 5 台套闸孔电站与东边孔机组共同形成“淮阴闸东电站”。

考虑到淮阴闸控制运用流量 300 m³/s 以上时, 闸门应从中间向两边对称开启的规范要求, 淮阴

闸水电站应对称布置, 形成“淮阴闸东电站”和“淮阴闸西电站”。

参考文献:

[1] 谢伟东, 杨洪群, 张仁田. 淮阴闸闸孔浮运式电站机组选型 [J]. 小水电, 1991 (5) : 27-31.

[2] 江苏省水利勘测设计研究院. 淮阴闸闸孔电站初步设计及概算 [R]. 江苏省水利勘测设计院, 1990.

[3] 江苏省水利勘测设计研究院. 淮阴闸浮箱闸孔电站续建初步设计报告 [R]. 南京江苏省水利勘测设计研究院, 2009.

[4] 仇宝云, 裴蓓, 申健, 等. 灯泡贯流泵机组支撑形式比较 [J]. 排灌机械工程学报, 2011, 29 (1) : 61-66.

(责任编辑: 王宏伟)