

# 南水北调东线工程大型泵站设计研究

杜选震<sup>1</sup>, 储训<sup>2</sup>, 杨淮<sup>3</sup>, 钱钧<sup>3</sup>

(1. 水利部淮河水利委员会规划设计院, 安徽 蚌埠 233001; 2. 扬州大学水利与建筑工程学院, 江苏 扬州 225009;

3. 江苏省水利厅, 江苏 南京 210029)

**摘要:**为使南水北调东线工程大型泵站的建设和管理达到世界先进水平,对现代化大型泵站的界定、内涵、指导思想、总体要求和建设与管理标准进行探讨,并详细论述了南水北调东线工程大型泵站对运行安全、装置效率、总体布局、设备和设施、管理体系、施工和检修及环境等的要求,指出在规划设计、设备选型、施工安装、管理维护等方面都要提高标准。

**关键词:**大型泵站;泵站设计;南水北调东线工程

**中图分类号:**TV675

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-7647(2003)05-0038-03

1961年,我国兴建了第一座大型泵站——江都第一抽水站。其后的40多年中,大型泵站的建设和管理得到了迅猛的发展,已成为我国排灌网络的骨干和支柱工程。在江苏境内,现已形成有20多座大型泵站为骨干的江水北调工程体系,长江水已能通过这些泵站调进微山湖。大型泵站在跨流域调水,抗御洪、涝、旱等自然灾害,保障城乡居民用水,改善水资源的有效供给,促进国民经济发展等方面起到了不可估量的作用。

南水北调东线工程已进入实施阶段,以多梯级大型泵站串联组成的第一期工程将向山东、河北、天津地区调水,年平均抽江水达90亿m<sup>3</sup>,是当今世界最大的一项远距离、大流量的调水工程。

我国大型泵站的设计虽已取得了一定的经验,但在进入21世纪的今天,南水北调东线工程的建设必须适应当今世界先进科技的新形势,设计好现代化的大型泵站,以满足21世纪我国水利事业可持续发展的需要<sup>[1]</sup>。

## 1 现代化大型泵站的目标

水利现代化是依靠现代科学技术的扩散、现代生产要素的投入、国际商贸的发展、市场机制的引入和社会服务的渗入,将传统的计划管理转变为科学化、工业化、集约化、市场化和社会化管理的过程。其涵义是指用国内外先进的工程技术措施,对自然界各种形态的地表水、地下水、空中水进行控制、治理、开发、管理和保护。随着社会的进步,满足人类对减轻和免除水灾害的要求,提供现代生产、生活方式,

满足经济社会发展需要的可供水源,有效解决洪涝灾害、干旱缺水、水环境恶化三大水问题<sup>[2]</sup>。

大型泵站现代化是水利现代化的重要组成部分,其涵义是指采用现代材料和设备、先进技术和工艺来装备和建设大型泵站,目标是向高标准方向发展,提高泵站的科技水平和完善泵站的功能,使泵站机电设备先进,运行可靠高效,具有自动化监控和信息化的管理、高质量的建筑设计、完善的水环境保护工程体系、科学实用的数据软件和网络传输系统。

## 2 南水北调东线工程大型泵站设计的基本要求

南水北调东线工程大型泵站设计应按照“统筹规划、国家主导、统一标准、联合建设”的指导方针,紧密围绕我国水利现代化的要求,有创新、高标准地加快泵站现代化建设的步伐,推进泵站建筑和机电设备的技术升级,为社会经济可持续发展服务<sup>[3]</sup>。

### 2.1 运行安全可靠的要求

南水北调东线工程大型泵站与一般单级、单座泵站不同,也与一般农村、城镇排涝泵站不同,它是由多梯级泵站串联而成的大流量、远距离、大调水量的工程体系。其工作的可靠性、安全性要求非常高。在跨流域多梯级的泵站中,一座泵站甚至一台机组的失效都会对全线工程的输水产生极大的影响。

泵站的可靠性是指在供水规定的约束条件下,在一定时间内安全不间断地抽水的能力。长期以来,人们一直把机组高效率作为泵站工程的主要目标,而现代化大型泵站除追求机组高效目标外,还应突

出机组设备的可靠性。

a. 泵站设计必须根据各地的水情,满足防洪标准,在各种最不利的工况组合下,使站身主体和各部位满足抗渗、抗滑、抗浮、抗倾、抗震和地基稳定、控制沉降的要求,工程完好率应达 100%。

b. 保证主机组和主机组正常运行所需的电气设备、输电线路、变配电设备和油、气、水辅助设备,以及拦污、清污、断流等辅助设施的安全可靠运行,其设备完好率应达到 100%。

c. 在机泵选型上,要求主机组安全无故障连续运行时间在 6000 h 以上,主机组的安全运行时间和水泵过流部件耐空蚀工作时间均不低于 25 000 h,也就是大修应控制在 5 年一次,制造商应顺应时代及科技发展要求,生产出高质量、高品位的产品,适应国际、国内市场的需求。

## 2.2 泵装置高效节能的要求

南水北调东线工程的大型泵站,年运行时间一般可达 5000~6000 h,最多可达 8000 h 以上,由于运行时间长,机组功率大,高效运行对降低调水成本至关重要,因此在设计中要求泵站机组具有较高的装置效率,以达到节能和降低水价的要求。

a. 要求水泵具有不低于 88% 的效率;空蚀比转数应不小于 1 000,轴流泵的  $nD$  (转速  $\times$  直径)值可考虑提高到 500 r/(min $\cdot$ m),使泵具有较高的  $Q/D$  (流量/直径)值和  $Q/\eta$  (流量/效率)值。

目前我国水泵效率一般在 85% 左右,且空蚀性能较差,上述水泵效率和空蚀比转数指标是高效节能的基本要求,另外,目前我国水泵的  $nD$  值,行业内规定一般不超过 435 r/(min $\cdot$ m),过大的  $nD$  值会加剧空蚀的程度,但  $nD$  值偏小则影响到水泵的流量,今后水泵应采用抗磨蚀性能强的材质,以增大泵的  $nD$  值。

b. 过去传统的设计中只是在模型试验中提出模型装置效率的要求<sup>[4]</sup>,南水北调东线工程必须有新的起点,在设计中除特低扬程 ( $H < 2$  m) 外,要求模型装置效率应不低于 80%,泵站原型装置效率应不低于 75%~80%。

c. 为了保证主水泵具有较高的效率,南水北调东线工程中低扬程泵的比转数不宜小于 800。

d. 除了对水泵提出一定的高要求外,对配套的主电机要求效率应不低于 97%。

目前国内的专家们在要求泵站高效一致的情况下,却对具体指标意见不一,这反映了以往的研究工作缺乏相应的规范与标准,必须尽快开展这方面的科研工作,向可能达到的高指标努力。

## 2.3 泵站总体布局合理的要求

南水北调东线工程各级泵站往往是一个梯级控

制枢纽,在泵站选址和布局上,过去只考虑工程条件、水力条件等因素<sup>[5]</sup>,随着时代的发展,由治洪、涝、旱的治水路线变成全面的水资源建设,今后还应当考虑水质、地质条件,水资源优化配置要求,治污、水土保持、水环境治理,交通、航运、管理、旅游、生态环境等组合功能,把大型泵站枢纽建成一个布局合理、安全可靠、高效节能、功能齐全、调度优化、控制方便、效益显著、管理高效、环境优美、服务优质,以抽水为主、功能齐全的现代化水利工程。

a. 在满足泵站枢纽功能的条件下,枢纽工程的总体布置设计必须达到技术合理,上、下游有良好的进出水流条件,对外有进出方便的交通条件,既要考虑本期工程需要,也要为二期工程留下足够的位置,在有航运要求的河道上建设泵站,应注意解决好水流对航运船只的影响。

b. 泵站设计必须满足以抽水功能为主,达到布局合理、有利施工、运行安全、管理方便等要求,平面和立面布置应满足水力损失小、站身进出口水流平稳的要求,结合排涝不能列为第一工况,主次必须分清。

c. 站区内外交通要方便,设计布局应满足机电设备运输进出便捷、安全、运行人员上下班方便的要求,进出水河道上的交通桥梁应与泵站主体建筑分建,其距离应不小于 100 m。

## 2.4 设备先进、设施齐全的要求

在国内外科技迅速发展的今天,南水北调东线工程泵站的设计无论是设备还是生产、生活设施都应达到国内一流、国际先进的水平。

a. 南水北调东线工程大型泵站的主机泵应选择性能高效、质量可靠、符合最新产品标准的机泵,配置的电气设备包括主开关设备、励磁装置、高低压开关柜、站用电气设备以及辅机设备都应是技术先进、安全可靠、维修方便、外形美观、色彩柔和、现代最新式的优质产品,杜绝劣质设备进入南水北调东线泵站工程。

b. 南水北调东线工程大型泵站的建筑材料必须选择国内外优质的材料,品位高、经久耐用。

c. 南水北调东线工程大型泵站除主泵房外,应设计功能齐全的生产生活区,管理设施配套齐全,达到全优质量。

## 2.5 先进的现代化管理体系的要求

南水北调东线工程大型泵站在设计中必须考虑现代化的管理,在保证泵站工程达到设计标准的前提下能安全、可靠地投入运行,采用自动化和信息化的先进手段服务于泵站,消除在任何环节可能发生的故障,在运行中最大限度地减少或杜绝工程事故的发生,使泵站工程免受损失。

a. 南水北调东线工程大型泵站应实现单座泵站和梯级系统工程的优化调度. 建立健全流域性或区域性调水枢纽, 实行统一调度和计算机管理, 做到调度灵活. 应采取集中与分散控制运行的管理方式. 泵站均实行统一调度指挥和集中监控, 各泵站可在现场控制室操作运行.

b. 南水北调东线工程大型泵站设计应实施综合自动化. 系统应力求技术先进、安全可靠、经济合理、管理方便. 全方位地采集主机组和辅助设备、电气设备和周边设施及水工建筑物和环境的数据和信息, 方便地监视和控制泵站内各种设备的运行和操作.

c. 南水北调东线工程大型泵站应实现建设管理办公自动化及工程管理可视通讯和异地会商、专家会诊等综合业务的现代化、信息化、自动化管理.

## 2.6 施工方便、检修简单的要求

a. 现代化并不意味着复杂和超标准投资, 泵站设计应采用各种新材料、新技术、新工艺、新设备, 尽量降低工程投资. 在安全可靠的基础上, 力求简洁, 设计方案必须考虑施工方便, 并为检修创造条件. 设计应考虑多种新工艺和新技术, 能加快施工进度, 缩短建设周期.

b. 南水北调东线工程大型泵站应利用现代化的监测手段, 争取实现实时动态在线监测, 实施机组设备的状态检修. 以设备当前的实际工作状态为依据, 力求通过先进的技术监测和诊断手段, 加之可靠性评价以及寿命预测, 判断出设备的状态, 能识别出故障的早期征兆, 在设备性能下降到一定程度或故障将要发生之前, 主动实施维修. 状态检修可为大型泵站设备的长期、安全、稳定、高效运行提供可靠的技术保障, 这是南水北调东线工程梯级泵站科技创新的主要课题之一.

## 2.7 环境优美的要求

南水北调东线工程大型泵站建筑布局的设计应改变过去的传统观点, 大力改善站区站容站貌, 改变站房外装饰, 创造一个美观而有特色的水利产业形象. 设计应综合考虑运行管理需要和发展, 完善配套设施和生产、生活区的建设, 根据当地条件, 实现水土保持和环境的绿化.

a. 南水北调东线工程大型泵站的主体建筑物在注重泵站功能的前提下, 外观应充分反映泵站的特点, 具有时代的特征. 设计应简洁明快、结构合理、外形美观、注重色彩配置与周围整体环境的协调, 每座大型泵站都应成为区域内的标志性建筑.

b. 随着大型泵站自动化监控系统的实施和机械通风系统的改进, 应加大泵房内部环境改造的力度. 泵房内通风良好, 光线明亮, 建筑物内外色彩柔和, 对

地面、墙面进行装饰处理, 创造一个无尘清洁的空间.

c. 在南水北调东线工程大型泵站生产、生活区内, 应建设可靠、有效的供电、电信、计算机网络、供热、空调、给排水系统, 营造现代化的、高效舒适的工作和生活环境.

## 2.8 节省资源、不产生污染的要求

防治环境污染, 改善生态环境状况是南水北调东线工程泵站现代化的一项重要任务.

a. 在充分满足泵站工程布置的情况下, 设计应注重节约土地资源, 施工中不得使用有可能产生二次污染的材料和施工遗留废渣.

b. 南水北调东线工程大型泵站应有专用的拦污、清污设施, 防止由于拦污物不及时清除而造成的二次污染, 不能影响泵站运行用水的水质, 其位置宜设在距主泵房进口 70 ~ 100 m 以外.

c. 泵站的设计要符合相关的生态环境保护法规, 应设置水质监测和拦污处理控制系统, 建立防污控制工程管理措施.

d. 现代大型泵站站房内噪声不得超过 60 dB. 值班室和设置在泵房内的控制室噪声不应超过 40 dB. 大型泵站站房 20 m 外噪声不应超过 30 dB.

e. 大型泵站站房内空气质量指数应小于 100, 站区内空气质量指数应小于 80.

## 3 结 语

我国现有的大型泵站与国际先进水平相比, 仍存在一定的差距; 与国内水电、热电、市政等行业相比, 也有差距, 在南水北调东线工程的大型泵站设计中, 现代化终究是我们必须努力实现的方向和目标. 规划设计、设备选型、施工安装、管理维护都要提高标准, 有创新才能达到国际先进、国内一流的水平. 本文对南水北调东线工程现代化大型泵站的设计提出一些标准和看法, 旨在抛砖引玉, 以提高我国现代化大型泵站的设计水平.

## 参考文献:

- [1] 黄莉新. 积极做好前期工作 建好南水北调工程江苏段工程[J]. 江苏水利, 2001(2): 1 ~ 3.
- [2] 王玉. 浅谈江水北调沿运灌区续建配套与节水改造[J]. 江苏水利, 2001(8): 28 ~ 30.
- [3] 刘颖秋. 关于缓解北方地区水供需矛盾方略的认识[J]. 中国水利, 2001(1): 18 ~ 20.
- [4] 汤方平, 刘超, 成立. 低扬程水泵选型新方法[J]. 水利水电科技进展, 2001, 21(4): 41 ~ 43.
- [5] 严忠民, 周春天, 阎文立. 平原水闸泵站枢纽布置与整流措施研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2001, 29(2): 50 ~ 53.

(收稿日期: 2003-03-18 编辑: 熊水斌)