

# 南水北调低扬程水泵装置水力性能考核指标探讨

刘 超

(扬州大学, 江苏 扬州 225009)

**摘 要:** 阐述了南水北调东线工程低扬程水泵装置及其水力特性, 分析了国内在这一领域的研究现状, 指出在南水北调工程要建成世界一流工程的总体目标下, 泵站工程首先要建成世界一流工程, 进而从国内泵站工程领域的实际出发, 提出了南水北调低扬程泵装置水力性能的考核指标。对南水北调东线泵站工程的设计、建设和验收具有参考价值。

**关键词:** 南水北调; 泵站; 水力模型; 装置

**中图分类号:** TH31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-6254(2003)06-0002-04

## 0 引言

目前我国宏伟的世纪特大工程——南水北调工程已经开始实施, 这将对我国国民经济的发展产生巨大影响。泵站是南水北调东线的主要工程, 水泵是泵站的核心。因此, 对大型泵站工程水泵装置的设计和建设要求更高, 泵站运行必须高效节能、稳定可靠。

南水北调东线工程泵站具有扬程低、流量大、年运行时间长等特点, 有些站还要兼顾排涝。目前国内已有的技术储备、产品及有关水力设计方法不能完全满足工程的要求。我国在大型泵站的建设和运行方面虽然已经积累了较丰富的经验, 但对低扬程水泵水力模型及装置等一些对泵站工程的建设和运行有重大影响的技术问题还没有完全掌握。低扬程轴流泵型谱还不够全、水泵水力模型性能、泵装置的性能与国际先进水平相比还有差距。如国外公布的轴流泵水力模型的叶轮效率为87%以上, 直径3m的大型立式混流泵装置的效率达到85%, 轴流泵装置效率也比较高。因此, 要实现工程世界一流的目标, 首先要求水泵及水泵装置的水力性能达到当前世界水平。

正因为南水北调工程泵站年运行时间长, 可能在5000h以上, 因而降低泵站运行成本, 提高泵装置运行效率是十分重要的, 同时汽蚀性能也是泵装置运行的一个重要的可靠性指标。笔者通过分析对比国内外低扬程水泵及水泵装置研究和应用的情况, 提出泵装置应当达到的效率指标和

汽蚀性能指标, 供工程设计、研究和验收等有关人员参考。这对于提高水泵及其装置运行的经济性和可靠性、延长水泵使用寿命、减少维修费用节省投资, 降低成本, 对工程的建设和运行管理均具有重大意义。

## 1 低扬程水泵装置形式

泵装置包括进水流道、出水流道和泵段(水力模型)三部分。工程应用不仅要求泵段性能好, 而且要求包括泵段在内的泵装置整体性能好。主要的泵装置形式有立式、斜式、卧式(包括贯流式、机泵一体式)。国内众多专家、学者和工程技术人员经过长期的努力, 近十多年取得了一系列好的水力模型成果, 并用于工程建设, 提升了泵站工程技术水平, 可用于南水北调工程。

### 1.1 立式泵装置

立式装置形式种类最多, 如图1所示, 使用最普遍。这种装置泵轴线(铅直), 水流在进入水泵时转弯 $90^\circ$ , 容易引起水流脱离、流速分布不均匀甚至产生旋涡。旋涡对水泵运行极其有害, 需要谨慎设计进水流道。进水流道有肘形、钟形、箕形和箱涵几种, 而出水流道有虹吸、直管和开敞或对称平面蜗壳几种。一般立式泵装置的高度较大, 对大泵来说, 扬程低于3m已不适合。

### 1.2 斜式泵装置

斜式泵装置(见图2)的进水流道水流转向的角度小( $<90^\circ$ ), 阻力损失小, 其出水流道转弯角 $<60^\circ$ , 阻力损失也较小, 装置效率较高, 对斜

作者简介: 刘超(1950-), 江苏射阳人, 教授, 博士生导师, 副校长, 主要从事排灌机械的教学与科研。

15°装置, 可与贯流泵装置接近。

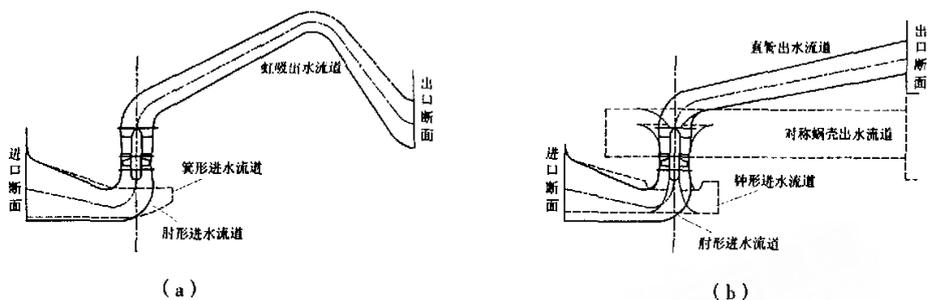


图1 立式泵装置

(a) 肘形(翼形)进水 + 虹吸出水; (b) 肘形(钟形)进水 + 直管(对称蜗壳)出水

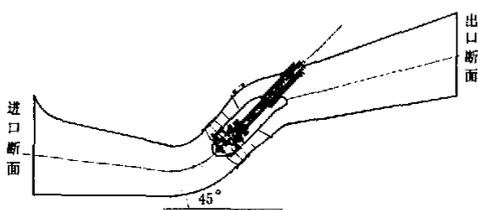


图2 斜式泵装置

### 1.3 卧式泵装置和贯流装置

卧式泵装置的泵轴线水平, 进水流道呈S形布置, 见图3。如江苏秦淮新河泵站。

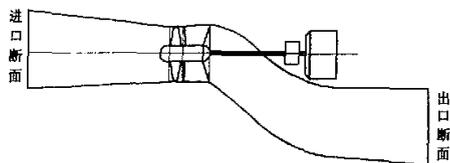


图3 平面S形卧式泵装置

贯流式装置采用灯泡贯流泵或电机泵(机泵一体), 进水流道与泵机组轴线一致, 图4和图5为贯流式和卧式泵装置。江苏淮安第三抽水站即采用贯流泵装置。

斜式、卧式或贯流式泵装置, 一般只能采用异步电动机, 又因大泵转速较低, 须通过传动装置带动水泵运转, 常用齿轮减速装置传动。因此, 也增加了功率传动损失。

通常斜式、卧式或贯流式泵装置这3种泵装置的水力效率比立式装置高。因为这三种泵装置的进水流道比较顺直, 水力损失小。但这三种

泵装置往往需要一个传动装置, 以齿轮减速装置为例, 其传动效率在0.93~0.98左右, 故这类装置的水力效率(包括传动效率)为0.74左右, 与立式装置相比略高或相当。

各种流道装置形式具有不同特点, 适用于不同的场合, 究竟采用何种装置形式为最妥, 要根据实际情况来决定, 因站制宜。机泵一体的电机泵结构最简单, 水泵转轮与电机转子合一, 有很多优点, 我国应用也比较早, 唯装置效率不够理想, 需进一步研究, 现在尚未推开。

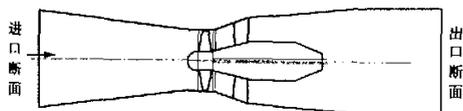


图4 贯流泵装置

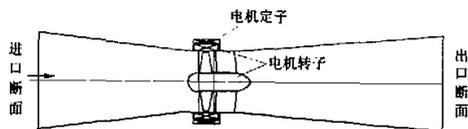


图5 电机泵(机泵一体) 卧式泵装置

## 2 泵装置水力性能现状

经过多年的努力, 我们在低扬程泵装置方面的研究取得了一定的进步, 无论是装置能量性能还是装置汽蚀性能都达到了新的水平。

### 2.1 贯流泵装置模型试验性能(扬程4m以下)

图6是淮河入海水道贯流泵装置模型试验性能曲线。该装置是类似图4的一个后置式灯泡的装置。在试验研究中通过大量的试验和不断的改进,获得了较为理想的性能。泵装置的最高效率已达到76%以上,最高效率点的扬程为3m,流量为330 l/s, NPSH<sub>r</sub>为6.5m;在扬程为2m时,装置效率为近72%。国内曾有贯流泵装置模型效率更高的报告,但其考核点的流量较小,偏高。比较之下,图6中的指标是实用的、有代表性的。

2.2 轴流泵装置模型试验性能(扬程3~4.5m)

图7是江苏泰州引江河高港泵站泵装置的模型试验性能曲线。该装置是类似图1b中虚线的装置,采用钟形进水流道和对称蜗壳出水流道,高度较小,适合3~4m扬程的泵站。经过反复计算分析,选择了这种形式的流道,并通过优化改进使装置性能得到较大幅度的提高。泵装置的最高效率已达到72%以上,最高效率点的扬程为3.5m,流量为330 l/s, NPSH<sub>r</sub>为6.8m;在扬程为2m时,装置效率为近65%。

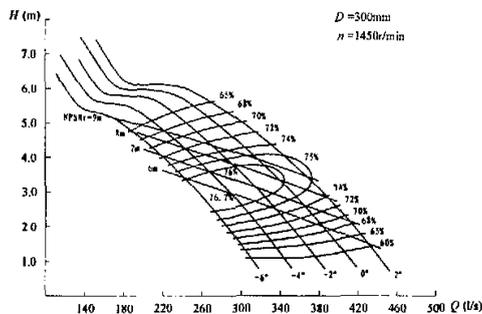


图6 贯流泵装置模型性能曲线

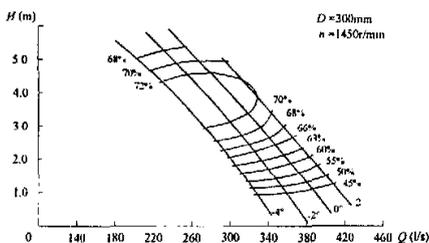


图7 立式轴流泵装置模型性能曲线1

2.3 轴流泵装置模型试验性能(泵站扬程4m以上)

图8是广东省东江—深圳供水工程太园泵站泵装置的模型试验性能曲线。该装置是类似图1a

中实线表示的装置,采用肘形进水流道和虹吸出水流道。试验结果表明,这种最为典型的装置形式仍然是比较好的形式。泵装置的最高效率已达到76%以上,最高效率点的扬程为6m,流量为340 l/s, NPSH<sub>r</sub>为6.0m;在扬程为5m时,装置效率为75%。

2.4 立式轴流泵装置模型性能(扬程7m以上)

图9是广东省东江—深圳供水工程太园泵站泵装置转速提高12.86%后的模型试验性能曲线。泵装置的最高效率已达到76%以上,最高效率点的扬程为8m,流量为380 l/s, NPSH<sub>r</sub>为7.8m;在扬程为6.5m时,装置效率为74%。

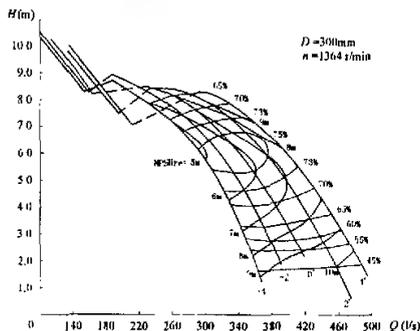


图8 立式轴流泵装置模型性能曲线2

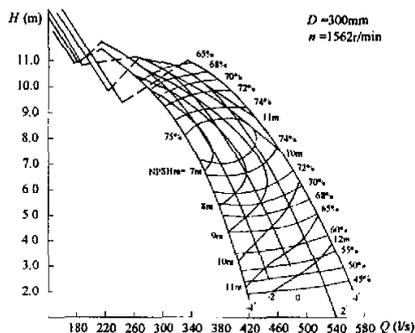


图9 立式轴流泵装置模型性能曲线3

3 低扬程泵装置水力性能建议考核指标

以上泵装置的性能均已超过国家标准“泵站设计规范”的要求,具有一定的代表性。对于用户来说,泵装置性能更为重要。南水北调工程是特大型工程,其泵站工程的泵装置水力性能指标无疑应达到国内先进水平。为此,根据上述各不同泵装置的水力性能现状和同类泵装置的研究结果分析,笔者提出南水北调低扬程泵装置水力性能的考核指标如表1,用于指导泵站设计参考。

混流泵装置水力性能的考核指标可以参考立式轴流泵装置。

表1 泵装置模型水力性能建议考核指标

泵装置类型	流量 ( $l/s$ )	扬程 ( $m$ )	效率 (%)	汽蚀比转速 ( $C$ )	
贯流泵	1	330.0	2.0	>72.0	>1000
	2	330.0	3.0	>76.0	>1000
	3	330.0	4.0	>77.0	>1000
立式轴流泵	1	330.0	3.0	>71.0	>1000
	2	330.0	4.0	>72.0	>1000
	3	340.0	5.0	>73.0	>1000
	4	340.0	6.0	>75.0	>1000
	5	340.0	>7.0	>75.0	>1000
斜式轴流泵	1	330.0	2.0	>71.0	>1000
	2	330.0	3.0	>74.0	>1000
	3	330.0	4.0	>75.0	>1000

注:各式泵装置仅包括泵水力模型和进出水流道,不包括动力机和传动装置。

## 4 结语

南水北调工程泵装置的水力性能应当有一个参照的指标,否则是很难保证达到一流工程的要求。本文提出的指标是从现有水平出发的,只要精心设计和研究就完全能够达到或超过,我国泵站建设的水平就一定会上提升到一个新的台阶。

### 参考文献:

- [1] 刘超等.高性能低扬程轴流泵水力模型开发与应用[J].水泵技术,2001(3):3-6.
- [2] 刘超.低扬程双向流道泵装置研究[J].农业机械学报,2001(1):49-51.
- [3] 刘超,汤方平.双速双高效点轴流泵模型试验与应用[J].中国给水排水,2001(12).
- [4] 关醒凡.南水北调工程大型轴流泵选型中值得注意的几个问题[J].水泵技术,2002(2).

## Hydraulic Performance Assess Target Research of Low-head Pump Equipment in South-North Water Transfer Project

LIU Chao

(Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

**Abstract:** The low-head pump equipment and its hydraulic performance in south-north water transfer project is explained, and the country status question in this field is analyzed. Before building South-North transfer project into the world toping project, the pumping station project should be building into the world toping project firstly. Then the assess target of low-head pump equipment in south-north water transfer project is pointed out from the reality of the country pumping project field. This supplies reference to the design, building, checking and accept of the east line of south-north water transfer project.

**Key words:** South-North transfer; Pumping station; Hydraulic model; Equipment

## 全国排灌机械(泵)发展研讨会在浙江温岭召开

中国农业机械学会排灌机械学会、中国农业机械工业协会排灌机械分会,于2003年11月14日至17日在“中国水泵之乡”的浙江省温岭市举办了“2003年全国排灌机械(泵)发展研讨会”,参加这次研讨会的有行业主管部门、地方政府、高等院校、科研院所、质量监督与检测部门、企业、新闻媒体等单位的领导、专家、学者、企业家、记者、用户等,共120个单位,160多名代表。

会上中国农业机械学会副理事长、排灌机械学会理事长、江苏大学副校长袁寿其教授作了题为“排灌机械与小康社会”讲话;原机械工业部农业装备司副司长李金生高级工程师介绍了农机工业的发展情况;中国机械工业联合会标准工作部部长谭湘宁处长作了机械工业装备及标准的专题报告。

会议交流论文共29篇,大会宣读9篇,内容丰富,具有较高的学术水平,从不同的层次和深度研讨了排灌机械(泵)行业的发展,比较了国内外在泵方面的差距;代表们参观了温岭市浙江新界泵业有限公司等民营企业,进一步了解了温岭市民营泵企业的管理及生产水平,把学术交流与行业及地方经济发展的实际紧密结合在一起,使与会代表比较系统地了解了目前排灌机械(泵)在技术、管理、生产、市场、科研等方面的信息,取得了良好的效果。

王洋供稿