

**mi** 先进制造装备选用  
系列丛书

# 大中型低扬程泵 选型手册

主编 © 关醒凡

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

先进制造装备选用系列丛书

---

# 大中型低扬程泵 选型手册

---

主    编  关醒凡  
主    审  陆林广  
编写人员  谢丽华  何成连  李彦军  朱泉荣  
          黄从兵  王玉心  朱少芳  杨平辉  
          金  雷  余桂生  鲁  涛



机械工业出版社

由水利部主持,国家质检总局监督,向全国征集模型,集中到天津进行同台测试。测试的35个低扬程水泵模型,代表国家当前的技术水平。南水北调东线、中线工程新建泵站,除7座泵站的主泵引用国外产品外,其余主泵全部选用天津同台测试模型。专家分析,南水北调主泵的装置效率比规划值提高约4.5个百分点,其中重要因素是选用天津同台测试模型和对进出水流道的精心优化水力设计研究。目前全国新建的大中型泵站对模型和流道提出了严格的要求,如对量大面广的中小型泵站建设也提出同样要求,会获得事半功倍的效果,取得巨大经济效益,这正是编写本书的宗旨。本书较为全面地介绍了与水泵选型密切相关的关键技术问题,重点介绍了天津同台测试模型成果、水泵模型和进出水流道的设计和选择。讲述的新选型方法实践证明行之有效,选型软件快速准确。“少谈理论研究,多讲方法过程,用事实说话”是本书的一大特点。书中所附大量原始试验数据曲线、已建泵站泵的 $nD$ 值、效率指标、淹没深度、飞逸转速、流道图和典型结构图等,无疑是最有价值的参考资料。

本书是泵站规划、设计、管理等单位和泵制造企业技术人员进行低扬程泵设计选型的必备参考书籍,也可供泵和泵站相关专业的院校师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

大中型低扬程泵选型手册/关醒凡主编. —北京:机械工业出版社, 2019.5

(先进制造装备选用系列丛书)

ISBN 978-7-111-62803-3

I. ①大… II. ①关… III. ①水泵—技术手册 IV. ①TH38-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第092240号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:曹胜玉 责任编辑:曹胜玉 徐裴裴

封面设计:周军 责任校对:邵蕊

北京联兴盛业印刷股份有限公司印制

2019年6月第1版第1次印刷

185mm×260mm 1/16·19.5印张·452千字

0001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-62803-3

定价:88.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294 机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

# 序

《大中型低扬程泵选型手册》的编辑出版，是对南水北调东线一期工程建设以来我国大中型泵站研究、试验、设计和制造的一个比较全面的总结。根据南水北调工程总体规划，南水北调东线工程是利用江苏省已建的江水北调工程，逐步扩大调水规模并延长输水线路，从长江下游扬州附近抽引长江水，利用京杭大运河及与其平行的河道逐级提水北送，并连通起调蓄作用的洪泽湖、骆马湖、南四湖和东平湖。出东平湖后分两路输水：一路向北，在位山附近经隧洞穿过黄河，经扩挖现有河道进入南运河，自流到天津，输水主干线全长为 1 156km，其中黄河以南 646km，穿黄段 17km，黄河以北 493km；另一路向东，通过胶东地区输水干线经济南输水到烟台、威海，全长 701km。工程建成后，将形成世界上规模最大的泵站群，其中一期工程建设泵站 21 座，二期工程将在一期工程基础上增建泵站 13 座，三期工程将在二期基础上再增建泵站 17 座。

为了提高南水北调工程泵站的设计水平，保证水泵性能指标的准确性与可靠性，水利部在南水北调东线一期工程的前期工作阶段即开展了水泵模型同台测试工作，专门制定了《南水北调工程水泵模型同台测试工作管理规定》和《南水北调工程水泵模型同台测试工作大纲》，并会同国家质量监督检验检疫总局成立了南水北调工程水泵模型同台测试工作领导小组，下设专家组和测试工作技术监督组（组长由国家质量监督检验检疫总局派出），从而保证了水泵模型同台测试工作的科学、公正、规范和有序地进行。

同台测试单位为中水北方勘测设计研究有限责任公司。该单位通过国家技术监督局计量体系认证和国家级计量体系认证，具备国家级水力机械原型、模型验收试验资质。测试组由中水北方勘测设计研究有限责任公司具有相应资质的技术人员组成。测试试验台于 2004 年 7 月 20 日通过水利部国际合作与科技司组织的技术鉴定（科鉴字〔2004〕2029 号）。试验台运行稳定，重复性良好，泵效率测量的综合误差小于  $\pm 0.3\%$ ，综合技术居国内领先水平，能够承担南水北调工程水泵模型同台测试工作。

在南水北调工程水泵模型同台测试工作领导小组的领导和监督组的监督下，测试组于 2004 年 9 月 28 日—2005 年 1 月 17 日对公开征集的 27 台套水泵模型进行了测试。测试成果于 2005 年 1 月 22 日通过了专家组评审并向社会公布。

南水北调东线一期工程于 2014 年 12 月全面建成并通水运行发挥效益，“同台测试成果”在南水北调工程和全国其他大中型低扬程泵站工程建设中得到广泛应用并获得充分肯定。本书汇集了我国广大泵站工程技术人员在中大型低扬程泵站领域的研究和实践成果，它的出版

将有利于提高我国大中型低扬程泵站建设水平，促进行业技术进步。我借此机会向本书的编写者致以敬意和祝贺，同时坚信通过广大科研设计人员的不懈努力，我国泵和泵站工程技术将在南水北调东线后续工程和其他大型引调水工程中有更多的创新，科研、设计、制造和运行管理水平将得到进一步的提升。

原水利部总工程师

高安泽

# 前 言

水利部南水北调工程天津同台测试模型，是征集全国模型，集中于天津测试，试验过程规范公正，试验结果准确可靠，代表了我国低扬程泵的技术水平。其性能范围覆盖了低扬程泵的常用范围，在南水北调工程和全国大中型低扬程泵站中得到广泛应用。在新的更高水平的模型研制成功之前，天津同台测试模型不失为低扬程泵站的首选模型。

有人说排涝泵站的效率高低无所谓，此言差矣，高效和水流的平稳性是合二为一的。还有人说，泵不大，效率低点没关系，孰不知泵小而量大，勿以泵小而不为。欲改变这种情况，应从招标时对模型提出高标准严要求开始。

竖井贯流泵，在我国从问世以来方兴未艾，像四合院天井一样的顶天立地的竖井，给流道施工、设备安装和维护带来了极大的方便，值得进一步推广，并向较高的扬程泵站发展。目前湖北、安徽等省建了多座大、中型立式混流泵站，模型混流泵装置效率比轴流泵约高3~5个百分点，高效范围广，功率曲线平坦，调节叶片角度，流量、扬程的变化量比轴流泵大。天津同台测试的模型中，已有比转速达800的各种模型，扬程在6m以上，并且扬程变化范围较大，选用混流泵，可排除轴流泵出现的最高扬程打不上去、超功率和机组振动等问题。

水泵选型是建设大中型泵站关键的第一步，选出合适且优秀的模型和进出水流道是成功之本。本书讲述选型的全过程，是对南水北调工程以来我国大中型泵站做一个比较全面的总结。书中给出的大量模型泵段资料、模型泵装置试验曲线、各种泵装置的技术数据、典型泵装置以及典型结构图等，无疑是有实用价值的参考资料。

书中介绍的选型系数法，实践证明，行之有效。选型软件，快速而准确，功能有：绘制模型泵段性能曲线，输出模型泵段性能参数表；绘制实型泵段性能曲线，输出实型泵段性能参数表；绘制模型泵装置性能曲线，输出模型泵装置性能参数表；绘制实型泵装置特性曲线，输出实型泵装置性能参数表；绘制实型泵段过流尺寸图；绘制实型泵装置流道尺寸图（进出水流道）。

在泵模型和流道研究、试验和推广过程中，得到许多专家的帮助和鼓励，在此表示衷心感谢，他们是：国务院南水北调办公室专家委员会高安泽（中国工程设计大师）、研究员级高工汪易森，水利部水利水电规划设计总院研究员级高工卜漱和、研究员级高工伍杰，北京市水利规划设计研究院研究员级高工戚兰英，中国农业大学、长江学者王福军教授，清华大学王正伟教授，江苏省水利厅研究员级高工陈茂满，扬州大学严登峰教授、陈松山教授，河海大学郑源教授，南水北调东线江苏水源有限责任公司研究员级高工邓东升、研究员级高工刘军、研究员级高工冯旭松，江苏省水利勘测设计研究院有限公司研究员级高工谢伟东、研究员级高工张仁田、研究员级高工周伟，淮安市水利勘测设计研究院高工陈坚、高工王丽，湖北省水利水电规划勘测设计院研究员级高工秦昌斌、研究员级高工胡新益，安徽省水利水电勘测设计院研究员级高工吴毅、研究员级高工张鹏、研究员级高工刘兴华，合肥万浦机电科技开发有限公司研究员级高工邓悌康，上海勘测设计研究院研究员级高工胡德义、研究员

级高工黄毅，山东省水利勘测设计院研究员级高工岳永起，江西省水利勘测设计院研究员级高工刘润根，原江苏航天水力设备制造有限公司高工谈强以及原无锡水泵厂高工陈伟良。

本书由下列单位提供的初稿或资料编写而成，这些单位是：中水北方勘测设计研究院有限责任公司、江苏大学、扬州大学、河海大学、浙江省水利勘测设计院、江苏航天水力设备制造有限公司、利欧集团股份有限公司、上海凯泉泵业（集团）有限公司、日立泵制造（无锡）有限公司、上海东方泵业（集团）有限公司、武汉特种工业泵厂有限公司、合肥恒大江海泵业股份有限公司和湖北拓宇水电科技股份有限公司等，对这些单位的大力支持谨表诚挚的谢意。

书中如有不当和错误之处，敬请指正。

作者

2018年12月

# 目 录

序	
前 言	
第一章 天津同台测试模型	1
第一节 概述	1
一、第一批水泵模型测试	1
二、第二批水泵模型测试	1
三、第三批水泵模型测试	3
第二节 模型泵试验性能参数	4
第三节 天津同台测试模型的技术水平	7
第四节 天津同台测试模型的应用	9
一、概述	9
二、应用的泵站	9
第五节 模型泵段曲线马鞍形区域的说明	11
第六节 天津同台测试模型的原始数据、 曲线和尺寸	12
一、轴流泵模型天津同台测试数据和曲线	12
二、导叶式混流泵模型天津同台测试数据 和曲线	30
三、天津同台测试模型泵段流道尺寸	46
第二章 低扬程泵装置若干基本参数的 确定和计算	52
一、净扬程	52
二、装置扬程	52
三、泵运转时的工况点	52
四、泵装置效率	53
五、流道效率	53
六、泵站效率	54
七、泵相似定律和比转速	54
八、轴功率	57
九、泵的效率	58
十、流道沿程损失和局部阻力损失	58
十一、流道水力损失与流道效率和装置 效率及扬程之间的关系	62
第三章 低扬程泵汽蚀和最小淹没 深度	64
第一节 泵汽蚀概述	64
一、泵内汽蚀的过程	64
二、泵产生汽蚀时的现象	64
三、泵发生汽蚀破坏的部位和原因	65
第二节 各种泵汽蚀余量	65
一、泵汽蚀余量	65
二、装置汽蚀余量	66
第三节 泵汽蚀相似定律、汽蚀比转速和 托马汽蚀系数	69
一、汽蚀相似定律	69
二、汽蚀比转速 $C$	69
三、托马 (Thoma) 汽蚀系数	69
第四节 最小淹没深度	69
第五节 装置模型试验时的汽蚀余量	70
第六节 泵的 $nD$ 值	70
第七节 降低 $nD$ 值进行低扬程和超低扬程 泵的选型	71
第八节 关于混流泵的 $nD$ 值及典型泵站 的 $nD$ 值、淹没深度	72
一、混流泵 $nD$ 值	72
二、典型泵站的 $nD$ 值和淹没深度	72
第四章 模型泵 (装置) 试验	73
第一节 模型泵 (装置) 试验台	73
一、试验台	73
二、试验台的精度	73
三、有关标准规定的不确定度	74
四、试验台的布置	74
五、模型泵试验台设计要点	77

六、水泵模型标称直径、试验雷诺数的规定 .....	77	试验 .....	105
第二节 模型泵（装置）扬程的测量		第十节 试验单位和泵模型装置试验统计 .....	108
计算 .....	78	<b>第五章 大中型泵站规划设计与泵组选型</b> .....	109
第三节 测压管段摩擦损失水头		第一节 已建泵站站身图选编 .....	109
( $H_{j2} + H_{j1}$ ) 的计算 .....	80	第二节 水泵选型的基本原则 .....	118
第四节 泵进口预旋的修正 .....	81	一、泵站调度运行原则的确认 .....	118
第五节 模型泵（装置）汽蚀余量的测量		二、水泵选型要点 .....	119
计算 .....	82	三、泵站进、出水池水位参数组合与分析要点 .....	119
一、汽蚀余量 <i>NPSH</i> 的定义 .....	82	四、泵组技术先进与运行可靠的兼顾原则 .....	120
二、汽蚀余量 <i>NPSH</i> 测量计算方法 .....	83	第三节 大中型低扬程泵站泵型选择特点 .....	122
第六节 叶片与轮毂和轮缘间隙对性能的影响 .....	83	一、装机台数比选要点 .....	122
第七节 模型泵（装置）效率换算 .....	84	二、泵型及布置型式的适应性 .....	123
一、以前常用的换算公式 .....	84	三、泵型及其辅助设备的比选应用 .....	125
二、IEC 标准模型泵效率换算方法 .....	85	第四节 大中型水泵选型的基本要点 .....	126
第八节 不确定度的分析与计算方法 .....	87	一、水力模型分析比较要点 .....	126
一、随机不确定度 .....	87	二、关键参数的选择要点 .....	127
二、随机不确定度的估算方法 .....	88	三、水泵选型过程中应用的主要公式 .....	128
三、系统不确定度 .....	89	四、模型试验分析 .....	128
四、综合不确定度的合成 .....	89	第五节 泵站工程招标对机电设备的	
五、不确定度估算例题 .....	89	要求 .....	129
第九节 模型泵装置试验（结合天津台试验过程） .....	91	一、进度周期的安排 .....	129
一、模型泵装置试验系统 .....	91	二、招标条件 .....	129
二、泵装置模型试验应注意的事项 .....	95	三、供货范围及招标的一般要求 .....	129
三、试验台系统组成 .....	95	<b>第六章 进出水水道</b> .....	130
四、测量方法及测量精度 .....	95	第一节 泵装置的类型和特点 .....	130
五、试验台测量仪器、仪表标定 .....	97	一、泵装置的类型 .....	130
六、装置模型试验主要测试内容及测试方法 .....	97	二、不同泵装置的比较 .....	130
七、测量不确定度分析 .....	101	第二节 典型进、出水水道的泵装置 .....	133
八、原型和模型参数换算 .....	103	第三节 进水池设计 .....	136
九、水泵装置模型通流部件几何尺寸检查 .....	104	一、进水池流态对水泵工作的影响 .....	137
十、进水流道压差测流试验 .....	104	二、进水池形状和尺寸确定 .....	137
十一、出水流道拍门损失及起动功率		第四节 进水流道设计 .....	143

一、进水流道的设计要求	144	系数法	172
二、肘型进水流道	145	一、概述	172
三、钟型进水流道	148	二、选型系数的确定	173
四、簸箕型进水流道	149	三、电动机的转速	175
五、斜式进水流道	151	四、低扬程泵模型装置效率、飞逸转速和淹没深度实用曲线	176
第五节 出水流道	152	第四节 低扬程泵选型软件	176
一、虹吸式出水流道	152	一、软件界面	177
二、直管式出水流道	157	二、软件功能(可以选择性使用)	178
三、低驼峰式出水流道	159	三、选型示例	178
四、其他型式出水流道	161	第五节 泵模型装置试验性能参数选编	184
第六节 贯流泵进出水流道	163	第六节 泵模型装置试验综合特性曲线选编	190
一、竖井贯流泵进出水流道	163	第八章 各种低扬程泵典型结构	204
二、灯泡贯流泵进出水流道	163	第一节 各种类型泵典型结构	204
第七节 泵装置的选择比较	164	一、立式轴流泵、混流泵	204
第七章 低扬程泵的选型方法	166	二、竖井贯流泵	208
第一节 南水北调工程水泵选型回顾	166	三、潜水贯流泵	209
一、泵的类型和装置型式较齐全	166	四、卧式和斜式轴流泵	209
二、结构和调节方式	166	第二节 立式轴流泵和导叶式混流泵结构和制造技术简介	211
三、叶片表面数控加工	168	一、概况	211
四、要求高、管理严	169	二、研制情况	211
五、最高效率、加权平均效率和优良的汽蚀性能综合考虑	169	三、典型泵型	212
六、 $nD$ 值的选用有一个从高到低的过程	169	四、辅助产品	214
七、模型泵装置平均效率约为 77%	169	五、主要零部件	214
八、每个泵站都要求有模型使用授权书并要求做模型装置试验	169	第三节 竖井贯流泵结构和制造技术简介	217
九、泵装置扬程的确定偏高	169	一、竖井贯流泵机组总体方案	217
第二节 各种型式泵装置适应扬程和效率的分析比较	170	二、运行工况的调节	219
一、效率比较	170	三、调节方式	220
二、对泵效率有明显影响的结构三要素	170	四、水泵结构	222
三、型式选择	170	第四节 潜水贯流泵结构和制造技术简介	230
四、轴流泵特性曲线分析	171	一、概况	230
五、泵选型原则	172	二、研制情况	231
第三节 低扬程泵站选型新方法——选型			

三、典型结构 .....	231	三、叶片强度校核 .....	259
第五节 全贯流泵结构和制造技术简介 .....	235	第二节 水泵轴系计算 .....	261
一、概况 .....	235	一、强度计算 .....	261
二、技术特点 .....	235	二、轴系挠度计算 .....	263
三、典型结构 .....	236	三、扭转刚度计算 .....	264
第六节 水泵调节机构 .....	238	四、临界转速计算 .....	264
一、调节机构的作用与选用 .....	238	第三节 轴系有限元分析 .....	265
二、现有调节器的结构和问题 .....	240	一、几何模型简化 .....	265
三、机械式调节存在的问题及分析 .....	245	二、网格划分及载荷 .....	265
四、新型内置式同步液压调节器的结构和 工作原理 .....	251	三、计算结果 .....	266
五、内置式同步液压调节器的特点 .....	253	第十章 大中型低扬程水泵技术数据和 生产能力 .....	267
六、主要技术特点及产品主要结构 .....	255	附录 .....	277
七、主要技术参数 .....	256	附录 A 水的物理性质 .....	277
八、MT-08G 系列产品主要执行元件性能 及使用寿命 .....	256	附录 B 海拔高度和大气压力及水的汽化 温度之间的关系 .....	278
九、叶片角度调节器使用维修及性能 对比 .....	257	附录 C 全国主要城市的海拔高度和大气 压力的关系 .....	279
第九章 强度计算 .....	258	附录 D 有关术语和参数的定义、符号和 计量单位 .....	280
第一节 叶片强度计算 .....	258	参考文献 .....	282
一、水泵轴向推力计算 .....	258		
二、水泵反向推力计算 .....	259		

# 第一章 天津同台测试模型

## 第一节 概述

南水北调工程水泵模型同台测试项目在天津台试验的同台测试模型共有 3 个批次，第一批：南水北调工程水泵模型，共 27 个模型，其中 25 个轴流泵模型，2 个导叶式混流泵模型；第二批：南水北调工程混流泵模型，共 8 个导叶式混流泵模型；第三批：某工程用低比转速导叶式混流泵模型，共 5 个模型。

### 一、第一批水泵模型测试

《南水北调工程水泵模型同台测试》前言中写道：目前可供南水北调泵站设计选择的水泵产品，其模型虽然都有鉴定证书，但由于多方面的原因，鉴定标准不一，基本参数可比性不强。

为了保证前期工作阶段的设计质量，参与东线泵站设计的主管部门、设计单位和许多专家都认为有必要进行水泵模型的同台测试。2004 年 9 月 16 日，向社会公开征集适用于南水北调东线工程的水泵模型。江苏大学、扬州大学、清华大学、无锡水泵厂以及高邮水泵厂等单位积极响应，共征集到 27 台水泵模型，其中 25 台为轴流泵，2 台为导叶式混流泵。

这次测试是我国首次大规模地对多台水泵模型、集中在同一试验台、由同一测试组并按同样的标准进行的测试。试验工作公正规范、科学严谨，为南水北调东线泵站工程的设计质量提供了良好的技术保证。

2005 年 1 月 22 日，召开了南水北调工程水泵模型同台测试成果专家评审会和领导小组第二次会议，会议情况如图 1-1 所示。

### 二、第二批水泵模型测试

在东线泵站的实施过程中，发现宝应站使用的日立制造的混流泵，泵站实测的效率约 83%，比使用轴流泵约高 5%。有关领导部门决定要在后续建设的泵站中，增加使用混流泵的泵站。

受南水北调工程建设监管中心的委托，在中水北方勘测设计研究有限责任公司的水力机械通用试验台上，进行了 8 种可调叶片导叶式混流泵水力模型同台测试。对每个模型分别进行了 5 个叶片角度的效率、汽蚀、飞逸和变间隙泵段性能及全流道阻力损失等试验。

2011 年 5 月 25 日，国务院南水北调工程建设委员会专家委员会在天津主持召开了南水北调工程导叶式混流泵同台测试技术验收会（会议相关资料见图 1-2 ~ 图 1-4）。

### 南水北调工程水泵模型同台测评审会纪要

2005年1月22日,召开了南水北调工程水泵模型同台测试成果专家评审会和领导小组第二次会议。专家组基本通过27台水泵模型的测试结果,认为测试数据完整,成果真实可靠。主要评审意见为:

1) 进行同台测试的试验台于2004年7月20日通过了水利部国际合作与科技司组织的技术鉴定,效率综合误差 $< \pm 0.3\%$ 。试验台运行稳定,测试重复性好,满足同台测试的要求。

2) 承担测试任务的中水北方勘测设计研究有限责任公司已通过国家技术监督局的计量体系认证,具备独立开展测试业务的能力和资质,建立了行之有效的岗位责任制,测试组的工作人员均持证上岗。

3) 受领导小组委托,监督组对测试工作进行了全过程监督,保证了测试工作的公正、严谨、规范。

4) 对公开征集的27台受试水泵模型严格按照《南水北调工程水泵模型同台测试工作管理规定》和《南水北调工程水泵模型同台测试工作大纲》进行了主要结构尺寸的测量、能量和汽蚀特性的测试。测试数据完整,真实可靠。

5) 公开征集到的27台受试水泵模型的比转速 $500 \sim 1500$ ,扬程 $2.64 \sim 10.65\text{m}$ ,基本覆盖了南水北调东线泵站工程的扬程范围。27台受试水泵模型效率为 $75.67\% \sim 86.35\%$ ,汽蚀比转速为 $797 \sim 1206$ 。

6) 在测试过程中,还对影响水泵模型性能的有关问题:轴封漏水量、叶片根部间隙、进口水箱压力对效率的影响和进入“马鞍区”后降速试验的影响等进行了对比分析试验和有价值的探讨。

鉴于专家对轴流泵“马鞍形”的规律性有不同认识,建议测试结果公开发布时,对该段曲线加以说明,并在有条件时做进一步探讨研究。

经过同台测试,27台受试水泵模型效率为 $75.67\% \sim 86.35\%$ ,汽蚀比转速为 $797 \sim 1206$ ,测试成果为南水北调前期工作水泵选型提供了可靠的数据。领导小组原则同意专家组的评审意见,并同意统一发布测试结果。

图 1-1 南水北调工程水泵模型同台测评审会纪要

### 南水北调工程导叶式混流泵同台测试 技术验收会会议纪要

2011年5月25日,国务院南水北调工程建设委员会专家委员会在天津主持召开了南水北调工程导叶式混流泵同台测试技术验收会。参加会议的有专家委员会委员和特邀专家(名单附后),以及南水北调工程建设监管中心、中水北方勘测设计研究有限责任公司等单位的代表。会议听取了中水北方勘测设计研究有限责任公司的工作汇报,与会专家和代表考察了中水北方勘测设计研究有限责任公司试验台,并对南水北调工程导叶式混流泵同台测试试验报告进行了审查。主要验收意见如下。

1) 试验承担单位提供验收的资料齐全、内容翔实,满足技术验收要求。

2) 试验在中水北方公司水力模型通用试验台上进行,该试验台通过了水利部组织的鉴定,综合误差优于 $\pm 0.3\%$ 。试验方法符合水利部行业标准《水泵模型及装置模型验收试验规程》(SL140—2006)的规定。试验使用的测试设备在检定有效期内,试验台运行稳定,重复性好,试验结果可信。

3) 根据合同要求,承担单位进行了8个混流泵模型(编号:TJ2011-HL-01~TJ2011-HL-08)的能量、汽蚀、飞逸特性等性能测试,其结果将为南水北调等工程的应用提供可靠的技术数据。

专家组同意通过技术验收。

技术验收专家组组长: **高安洋**  
2011年5月25日

图 1-2 南水北调工程导叶式混流泵同台测试技术验收会会议纪要

序号	姓名	单位	签到
1	宁远	专家委副主任委员	宁远
2	高安泽	专家委副主任委员	高安泽
3	汪易森	专家委秘书长	汪易森
4	卜激和	特邀专家	卜激和
5	关醒凡	特邀专家	关醒凡
6	严登丰	特邀专家	严登丰
7	胡玮	南水北调工程建设监管中心	胡玮
8	冯晓波	南水北调工程建设监管中心	冯晓波
9	朱党生	中水北方勘测设计研究有限责任公司	朱党生
10	杨天生	中水北方勘测设计研究有限责任公司	杨天生
11	闵京声	中水北方勘测设计研究有限责任公司	闵京声
12	朱化广	中水北方勘测设计研究有限责任公司	朱化广
13	何成连	中水北方勘测设计研究有限责任公司	何成连
14	张弋扬	中水北方勘测设计研究有限责任公司	张弋扬
15	姜海峰	中水北方勘测设计研究有限责任公司	姜海峰
16	张智彬	中水北方勘测设计研究有限责任公司	张智彬
17	贾瑞旗	中水北方勘测设计研究有限责任公司	贾瑞旗

图 1-3 南水北调工程导叶式混流泵模型同台测试专题评审会签到情况



图 1-4 南水北调工程导叶式混流泵同台测试成果验收会专家合影

### 三、第三批水泵模型测试

某大型工程需要用扬程为 30 ~ 36m 的导叶式混流泵，鉴于在国内选不到合适的水力模型，于是委托江苏航天水力设备有限公司、利欧集团股份有限公司、上海凯泉泵业（集团）有限公司和上海水泵制造有限公司制作模型泵，先在江苏大学进行泵段试验，然后到天津台

进行模型泵装置试验。

## 第二节 模型泵试验性能参数

关于南水北调工程水泵模型天津同台测试需做如下说明：

- 1) 试验结果中扣除了空载，各模型泵的空载在模型数据表中标出。
  - 2) 试验结果中未进行测压管段（长 1.4m）水力损失修正。
  - 3) 临界汽蚀余量按泵效率下降 1% 确定。
  - 4) 改变叶片角度、叶片和轮毂侧的间隙不准进行封堵。
  - 5) 流量、扬程、效率和汽蚀比转速是各角度的平均值。
  - 6) 最优工况的汽蚀比转速按天津试验综合特性曲线图中的 *NPSH* 曲线算得。
  - 7) 模型型号说明：TJ04-ZL (HL)-19 中 TJ 表示水泵模型天津同台测试代号；04 表示 2004 年集中试验的模型；ZL (HL) 表示轴流（混流）；19 表示天津同台测试编号。
- 南水北调工程水泵模型天津同台测试最优工况点的参数情况见表 1-1。

表 1-1 南水北调工程水泵模型天津同台测试最优工况点的参数表（27 个泵段模型）

序号	模型代号	流量 $Q/(L/s)$	扬程 $H/m$	平均效率 $\eta (%)$	转速 $n/(r/min)$	汽蚀比 转速 $C$	比转速 $n_s$	名义 比转速	模型送 试单位
1	TJ04-HLD-01	353.27	10.939	83.00	1 450	768	500	500	锡泵
2	TJ04-HLD-02	435.88	9.469	80.31	1 450	917	647	650	高邮
3	TJ04-ZL-08	350.13	9.378	85.08	1 450	960	584	600	江大
4	TJ04-ZL-03	364.36	8.80	84.41	1 450	990	625	650	江大
5	TJ04-ZL-13	388.82	7.247	83.95	1 450	895	747	750	高邮
6	TJ04-ZL-25	376.50	7.193	84.05	1 450	974	739	750	扬大
7	TJ04-ZL-24	383.58	7.162	85.00	1 450	1 027	749	750	扬大
8	TJ04-ZL-02	372.45	7.151	85.12	1 450	1 026	739	750	江大
9	TJ04-ZL-26	354.52	6.553	84.45	1 450	1 167	769	750	扬大
10	TJ04-ZL-11	360.42	6.546	83.55	1 450	1 038	776	800	扬大
11	TJ04-ZL-20	362.68	6.527	85.44	1 450	1 057	781	800	江大
12	TJ04-ZL-14	340.16	6.450	82.45	1 450	1 125	763	750	锡泵
13	TJ04-ZL-04	341.49	6.364	84.43	1 450	1 102	772	750	江大
14	TJ04-ZL-18	316.96	6.035	81.98	1 450	998	774	750	锡泵
15	TJ04-ZL-19	376.80	6.026	85.50	1 450	1 070	845	850	江大
16	TJ04-ZL-12	464.14	5.859	83.55	1 450	1 249	776	800	扬大
17	TJ04-ZL-21	361.03	5.471	83.59	1 450	929	889	900	扬大
18	TJ04-ZL-05	364.70	5.40	83.27	1 450	1 163	902	900	江大
19	TJ04-ZL-01C	385.06	5.246	83.65	1 450	937	948	950	江大
20	TJ04-ZL-22	366.51	5.017	82.79	1 450	1 044	956	950	扬大
21	J04-ZL-16	256.78	4.982	78.63	1 450		804	800	锡泵
22	TJ04-ZL-06	387.34	4.887	85.59	1 450	1 027	1 002	1 000	江大
23	TJ04-ZL-23	318.80	4.455	85.27	1 450	926	975	950	扬大
24	TJ04-ZL-15	369.64	4.415	81.99	1 450	931	1 057	1 050	锡泵
25	TJ04-ZL-07	352.02	3.599	83.42	1 450	1 207	1 202	1 200	江大
26	TJ04-ZL-10B	416.60	2.774	75.19	1 450		1 589	1 600	江大
27	TJ04-ZL-09	396.96	2.643	75.3	1 450	807.3	1 609	1 600	江大

选择用得最多的9种模型见表1-2(转速 $n = 1450\text{r/min}$ ),这些模型覆盖了轴流泵常用范围,性能指标在参试的相同比转速模型中名列前茅。

表1-2 常用轴流泵模型性能参数(其中2个双向泵模型)

模型代号	叶片角度 $\phi/(\circ)$	流量 $Q/(L/s)$	扬程 $H/m$	效率 $\eta(\%)$	平均效率 $\bar{\eta}(\%)$	汽蚀比转速 $C$	比转速 $n_s$
天津8号 TJ04-ZL-08	+4	380.59	10.053	85.85	85.08	856	578
	+2	363.35	9.797	85.84		901	576
	0	347.17	9.518	85.19		956	575
	-2	332.65	9.162	84.51		1007	580
	-4	326.88	8.361	84.02		1077	615
天津3号 TJ04-ZL-03	+4	401.69	9.308	84.82	84.41	940	629
	+2	376.61	9.288	84.96		971	610
	0	362.84	8.788	84.71		1004	625
	-2	351.58	8.363	84.50		1006	638
	-4	329.06	8.256	83.06		1031	623
天津2号 TJ04-ZL-02	+4	412.86	7.680	84.63	85.12	931	737
	+2	386.48	7.527	85.15		983	724
	0	367.50	7.262	85.60		1010	725
	-2	358.30	6.737	85.22		1045	758
	-4	337.12	6.549	84.99		1162	751
天津20号 TJ04-ZL-20	+4	392.64	7.13	86.05	85.44	863	760
	+2	381.47	6.678	85.58		926	796
	0	365.80	6.430	85.29		1008	793
	-2	345.32	6.408	85.20		1089	772
	-4	328.89	5.990	85.06		1398	793
天津19号 TJ04-ZL-19	+4	414.78	6.297	86.16	85.50	940	857
	+2	396.29	6.189	85.91		977	854
	0	374.05	6.218	85.44		1019	822
	-2	357.17	5.783	85.13		1157	848
	-4	341.72	5.643	84.87		1258	845
天津6号 TJ04-ZL-06	+4	444.22	5.218	86.35	85.62	918	1022
	+2	416.18	5.187	85.84		935	993
	0	401.64	4.80	85.72		1002	1034
	-2	377.20	4.804	85.46		1023	1002
	-4	357.31	4.604	85.27		1132	1007
	-6	332.17	4.599	85.10		1154	971
天津7号 TJ04-ZL-07	+4	397.23	4.183	83.77	83.42	957	1140
	+2	384.34	3.680	83.89		1126	1235
	0	360.33	3.283	83.69		1278	1303
	-2	326.17	3.278	83.48		1371	1241
	-4	282.04	3.571	82.28		1294	1082

(续)

模型代号	叶片角度 $\phi/(\circ)$	流量 $Q/(L/s)$	扬程 $H/m$	效率 $\eta(\%)$	平均效率 $\bar{\eta}(\%)$	汽蚀比转速 $C$	比转速 $n_s$
天津9号 TJ04-ZL-09 (正向)	-4	348.87	2.017	75.30	75.30	845.52	1 847
	-2	364.75	2.468	75.38		820.52	1 623
	0	389.52	2.654	76.29		797.68	1 589
	+2	423.81	2.903	74.86		796.12	1 549
	+4	457.85	3.175	74.69		776.49	1 506
天津9号 TJ04-ZL-09 (反向)	-4	291.53	2.11	67.17	60.24	832.71	1 632
	-2	330.86	1.98	63.29		816.01	1 824
	0	335.76	2.33	60.48		815.93	1 626
	+2	344.26	3.01	55.32		804.84	1 359
	+4	383.23	2.907	54.84		802.64	1 472
天津10号 TJ04-ZL-10B (双向泵)	+4	473.62	3.179	74.29	75.19		1 530
	+2	437.18	3.144	75.39			1 482
	0	414.03	2.655	75.33			1 637
	-2	378.55	2.639	75.64			1 573
	-4	354.64	2.251	75.29			1 715

8种导叶式混流泵试验结果见表1-3 (转速  $n = 1450r/min$ )。

表1-3 2011年天津混流泵模型同台测试结果

模型代号	叶片角度 $\phi/(\circ)$	流量 $Q/(L/s)$	扬程 $H/m$	效率 $\eta(\%)$	平均效率 $\bar{\eta}(\%)$	汽蚀比 转速 $C$	比转速 $n_s$	名义比 转速
TJ11-HL-01	0	427.38	6.77	83.07	83.72	840	829	850
	-2	394.86	6.43	83.51		924	824	
	-4	361.61	6.13	84.68		794	817	
	-6	331.75	5.49	83.84		936	850	
	-8	300.12	5.03	83.5		991	863	
TJ11-HL-02	0	398.53	7.35	84.34	84.35	870	748	750
	-2	378.56	6.91	84.62		867	764	
	-4	348.20	6.64	84.83		860	755	
	-6	314.26	5.80	84.45		911	794	
	-8	279.91	5.62	83.5		917	768	
TJ11-HL-03	+2	423.44	8.38	83.00	84.93	781	700	700
	0	391.09	7.75	84.27		797	713	
	-2	365.10	7.54	85.70		811	703	
	-4	333.67	7.08	86.23		918	705	
	-6	307.78	6.76	85.43		929	700	
TJ11-HL-04	+4	468.13	11.03	85.5	86.53	875	598	600
	+2	431.29	10.71	86.86		804	587	
	0	406.66	10.12	86.89		883	595	
	-2	365.77	9.99	87.05		994	570	
	-4	342.24	8.85	86.91		1 055	603	
	-6	303.00	8.80	86.20		1 033	570	