

ICS 23.080

CCS P 59

团 体 标 准

T/CIECCPA 109—2025

低扬程大中型泵站节能高效主泵装置 技术规范

Technical specification for energy-saving and high-efficiency main pump
system in large and medium-sized low-head pumping stations

2025 - 12 - 15 发布

2025 - 12 - 19 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

CFECCPA

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术条件	2
4.1 低扬程泵装置	2
4.2 进出水流道	3
4.3 水力机械主机组安装	4
4.4 水力机械辅助设备安装	9
4.5 运行管理	12
5 试验方法	13
5.1 低扬程泵站模型试验一般规定	13
5.2 泵装置模型的安装形式与最小尺寸	13
5.3 泵装置模型的设计与制造	14
5.4 泵装置模型试验内容	14
5.5 原型泵装置参数换算	14
表 1 低扬程泵装置的基本型式	2
表 2 低扬程泵装置效率规定值	2
表 3 低扬程泵装置的水泵模型效率规定值	3
表 4 主水泵真机的工厂试验	4
表 5 轴（混）流泵真机尺寸与其设计尺寸允许偏差	5
表 6 水泵真机安装前工序质量检验项目与标准	6
表 7 立式机组轴承安装工序质量检验项目与标准	6
表 8 立式机组真机转动部件安装工序质量检验项目与标准	6
表 9 立式水泵真机其他部件安装工序质量检验项目与标准	7
表 10 立式水泵真机调节机构安装工序质量检验项目与标准	7
表 11 充水试验工序质量检验项目与标准	8
表 12 卧式（斜式）机组轴承安装工序质量检验项目与标准	8
表 13 卧式（斜式）机组真机转动部件安装工序质量检验项目与标准	8

表 14 卧式（斜式）机组其他部件安装工序质量检验项目与标准	9
表 15 离心泵安装工序质量检验项目与标准	10
表 16 深井泵安装工序质量检验项目与标准	10
表 17 潜水泵安装工序质量检验项目与标准	11
表 18 油泵安装工序质量检验项目与标准	11
表 19 油压装置安装工序质量检验项目与标准	12
表 20 真空破坏阀安装工序质量检验项目与标准	12
表 21 泵装置模型叶轮直径、试验扬程和雷诺数的最小值	14
表 22 泵装置各过流部件表面最大允许粗糙度	14

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：利欧集团湖南泵业有限公司、武汉特种工业泵厂有限公司、杭州杭发发电设备有限公司、扬州大学、上海凯泉泵业（集团）有限公司、高邮环流泵业有限公司、天津普友机电设备股份有限公司、广东省水利水电科学研究院、北京绿碳循环信息技术咨询有限公司。

本文件主要起草人：王腾伟、宋梦斌、杨平辉、曹久春、黄挺、马永涛、杨帆、袁尧、王玉心、李帅、赵昶、邓向辉、龙飞、徐锡华、晏青、仇普营、刘树锋、沈思敏、唐宇、朱献军、郭辉、张文婷、梁晓苏、李成功。

CFECCPA

低扬程大中型泵站节能高效主泵装置技术规范

1 范围

本文件规定了低扬程大中型泵站节能高效主泵装置的技术要求和试验方法。

本文件适用于净扬程低于10m，且输送清水或物理、化学性质类似于水的其他液体及含有少量固体颗粒液体的大中型泵站主泵装置的设计选型、安装及运行管理。小型低扬程泵站可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 30948 泵站技术管理规程
- GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB 50235 工业金属管道施工规范
- GB 50265 泵站设计标准
- GB/T 50649 水利水电工程节能设计规范
- SL 140 水泵模型及装置模型验收试验规程
- SL/T 317 泵站设备安装及验收规范
- SL 637 水力机械辅助设备系统安装工程施工质量验收评定标准

3 术语和定义

GB 50265界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

泵装置 pump system

水泵（不含动力机及传动设备）和进出水流道（或管道）的组合。

3.2

水泵模型 pump model

不包括进出水流道（管道）的水泵模型本体。

3.3

泵段 pump section

标准进水管、水泵模型及标准出水管组成。

3.4

泵装置模型 pump system model

水泵模型和进出水流道（管道）的模型。

3.5

进水流道 inlet passage

为改善水泵吸水条件而设置的连接水泵进水池与水泵吸水口的水流通道。

3.6

出水流道 outlet passage

水泵泵体（导叶体）出口至出水池之间的水流通道。

3.7

泵装置效率 pump system efficiency

泵装置的有效功率与其轴功率的比值。

3.8

高效区 high efficiency operating range

泵运行效率不低于其最高效率的85%~90%的工况区间。

4 技术条件

4.1 低扬程泵装置

4.1.1 低扬程泵装置分类

4.1.1.1 按泵轴与水平线夹角分：立式泵装置、卧式泵装置和斜式泵装置。

4.1.1.2 按驱动电机布置位置和安装方式分：轴伸式泵装置和贯流式泵装置，其基本型式见表1。

表 1 低扬程泵装置的基本型式

名称	一级分类	二级分类	三级分类
低扬程泵装置	轴伸式泵装置	立式轴伸泵装置	单向流道立式泵装置
			双向流道立式泵装置
		卧式轴伸泵装置	平面 S 形轴伸泵装置
			竖井式轴伸泵装置
			斜 15°轴伸泵装置
		斜式轴伸泵装置	斜 30°轴伸泵装置
	斜 45°轴伸泵装置		

	贯流式泵装置	灯泡贯流式泵装置	---
全贯流式泵装置		---	

注：以大写汉语拼音字母表示低扬程泵装置基本型式，即

- a) L —— 立式；
- b) X —— 斜式，其后用数字表示主轴与水平方向的夹角，如 15°用“15”表示；
- c) G —— 贯流式；
- d) S —— 双向式，放置在“L”“G”之后。

4.1.2 低扬程泵装置效率

4.1.2.1 低扬程泵装置效率应根据泵型、泵装置设计净扬程或平均净扬程确定，并符合表 2 的规定。

表 2 低扬程泵装置效率规定值

类别	净扬程	泵装置效率/%
低扬程泵装置	小于 3m	≥ 60
	净扬程为 3~5m（不含 5m）	≥ 70
	净扬程为 5m~7m（不含 7m）	≥ 75
	净扬程 7m~10m	≥ 80

注：双向低扬程泵装置的正反向运行时泵装置平均效率不低于表 2 对应的规定值。

4.1.2.2 在平均扬程时，低扬程泵装置应在高效区运行；在整个运行扬程范围内，低扬程泵装置应能稳定、安全可靠运行。

4.1.2.3 具有多种低扬程泵装置型式供选择时，应综合分析效率、水力稳定性、安装和检修要求、工程投资及运行费用等因素择优确定。

4.1.3 低扬程泵装置水力模型

4.1.3.1 低扬程泵装置的水力模型有轴流泵和混流泵模型，水力模型宜选用经第三方试验台测试验证的高效水力模型，水力模型的 nD 值应不大于 435（ n 为水泵转速， D 为叶轮直径）。新设计的水力模型应进行水泵模型试验。采用国外产品时，应有必要的论证。不同泵装置净扬程的水力模型效率见表 3。

表 3 低扬程泵装置的水泵模型效率规定值

类别	净扬程	水泵模型效率/%
低扬程泵装置	小于 3m	≥ 81
	净扬程为 3~5m（不含 5m）	≥ 81.5
	净扬程为 5m~7m（不含 7m）	≥ 82.5
	净扬程 7m~10m	≥ 83.5

4.1.3.2 当扬程不少于 6m 且扬程变幅较大时，宜选用立式混流泵装置；在扬程低于 4m 时宜选用卧式泵装置。

4.1.3.3 泵段的设计扬程应考虑流道门槽、安全栅及拦污栅等水力损失，水力损失取值不宜超过 0.8m。

4.1.3.4 大型低扬程泵装置应有装置模型试验资料，中型低扬程泵装置应有数值模拟资料。当对水泵的过流部件型线或进出水流道型线做较大更改时，应进行低扬程泵装置全流场的三维数值模拟计算分析，必要时应通过泵装置模型试验检验进出水流道的水力性能。

4.2 进出水流道

4.2.1 进水流道

4.2.1.1 进水流道按几何形体结构分为：肘形进水流道、箕形进水流道、钟形进水流道、斜式进水流道和平直管进水流道。

4.2.1.2 进水流道按流动的方向分为：单向进水流道、双向进水流道。

4.2.1.3 进水流道应符合下列规定：

- a) 流道型线平顺，各断面面积沿程变化应均匀合理；
- b) 流道出口断面的流速尽可能均匀分布，流向尽可能垂直于出口断面；
- c) 在各种扬程工况时，流道内水流转向有序、收缩均匀，无不良流态；
- d) 流道水头损失尽可能小；
- e) 流道的长度、高度和宽度等控制尺寸取值应合理。

4.2.1.4 双向进水流道内应设置导流锥、隔板、消涡栅等消涡措施，并提供双向进水流道内流场的数值计算资料，必要时应进行装置模型试验。

4.2.2 出水流道

4.2.2.1 出水流道按几何形体结构分为：虹吸式出水流道、平直管式出水流道、低驼峰式出水流道、蜗壳式出水流道、箱涵式出水流道。

4.2.2.2 出水流道按出流方向分为：单向出水流道、双向出水流道。

4.2.2.3 出水流道应符合下列规定：

- a) 流道型线变化应比较均匀，当量扩散角宜取 $8^{\circ}\sim 12^{\circ}$ ；
- b) 流道水头损失尽可能小；
- c) 在各种扬程工况时宜提供出水流道内流场的数值模拟计算资料，出水流道的内流场计算应基于泵装置全流场进行，考虑泵与流道的水力相干作用。

4.2.2.4 出水流道的中隔墩起点位置与水泵中心线距离不宜小于水泵出口直径的2倍；大型低扬程泵站出水流道的中隔墩的起始点位置及长度宜通过数值模拟计算给予确定。

4.2.3 进出水流道水力性能计算

4.2.3.1 大中型低扬程泵站的进出水流道三维几何形体应采用计算流体力学（Computational Fluid Dynamics）的方法进行优化设计。

4.2.3.2 进水流道水力性能优劣的计算指标宜选用水头损失、基于面积加权的轴向速度分布均匀度、速度加权平均角，辅以流道的流场分析资料。

4.2.3.3 出水流道水力性能优劣的计算指标宜选用水头损失，辅以流道的流场分析资料。

4.3 水力机械主机组安装

4.3.1 一般规定

4.3.1.1 低扬程泵站水力机械主机组应由具有相应资质的单位安装。

4.3.1.2 机组安装应符合设计和 GB 50150、SL/T 317 等规范要求。

4.3.1.3 设备出厂前应进行出厂验收，制造厂应提供相应质量证明文件，验收合格后方可出厂。设备出厂应有设备清单、产品合格证、相关资料和图纸、产品安装使用说明书等。

4.3.1.4 安装前应对机组设备和现场安装条件进行检查，符合要求后方可安装。

4.3.1.5 安装完成并具备条件后，应进行机组试运行检验。

4.3.2 主水泵出厂验收

4.3.2.1 对于全调节轴流泵、混流泵，买方代表应到制造厂现场见证主水泵的工厂试验，工厂试验应符合表 4 的规定。半调节轴流泵、混流泵宜参照表 4 的部分内容执行。

表 4 主水泵真机的工厂试验

序号	工厂试验类型	规范要求
1	叶轮静平衡	静平衡品质等级 G6.3 级
2	叶片调角动作	叶片的操作机构要保证在任何工况下能灵活、安全、可靠地调节叶片各种角度，并能保持稳定运行，在最大、最小角度应有限位。
3	轮毂体渗漏密封	叶轮轮毂体内腔应作油压试验，油压试验压力为0.36MPa，保压时间应不少于10min，保压时间内不得有渗漏。
4	叶轮外壳水压	水压试验压力为工作压力的1.5倍，最低试验压力应不低于0.1MPa，保压时间应不少于10min，保压时间内不得有冒汗和渗漏现象。
5	叶轮与叶轮室预装叶顶间隙	叶片外缘与叶轮外壳内表面的间隙应均匀，半径方向的最大间隙为叶轮直径的1/1000。

4.3.3 真机尺寸允许偏差

4.3.3.1 轴流泵、导叶式混流泵真机尺寸与设计尺寸允许偏差应符合表 5 的规定。

表 5 轴（混）流泵真机尺寸与其设计尺寸允许偏差

轴流泵和导叶式混流泵叶轮				
测量项目		允许偏差	测量要求	备注
外 径	≥1000 mm	±0.1%	对所有叶片进行测量	—
	<1000 mm	±1mm		
轮毂直径	≥1000 mm	±0.1%	相互垂直的 2 个直径	—
	<1000 mm	±1mm		
叶轮高度	≥1000 mm	±0.1%	对所有叶片进行测量	—
	<1000 mm	±1mm		
叶片安放角		±0.25°	对所有叶片进行测量	叶片外缘翼型安放角
叶片截面 形状	≥1000 mm	±0.2%	对所有叶片进行测量，每个叶片测量 2~4 个截面	与外径之比
	<1000 mm	±2mm		
叶片厚度		±5%且±3mm	对所有叶片进行测量	—
叶片翼型弦 长(轴流泵)	≥1000 mm	±1%	对所有叶片进行测量，测量叶片平面截面的形状，测量 2~4 个截面	与设计长度之比
	<1000 mm	±10mm		
叶栅栅距	≥1000 mm	±1.5%	对所有格栅距进行测量，在叶轮外径处测量相邻叶片外缘转动轴之间的距离（弦长）	与所有栅距平均值之比
	<1000 mm	±7mm		
叶片间隙		±20%	叶轮每次转动 90°，测量每片叶片进口、中部、出口 3 个位置	与设计值之比，与所有测量值的平均值之比
导叶体				
进口直径	≥1000 mm	±1%	在 2 个相互垂直的截面上测量	—
	<1000 mm	±10mm		
出口直径	≥1000 mm	±1%	在 2 个相互垂直的截面上测量	—
	<1000 mm	±10mm		
叶片进口截 面形状	≥1000 mm	±0.4%	对所有叶片进行测量，每片叶片测量 2 个截面。叶片进口处的测量长度为进口直径的 10%	与导叶片进口直径之比
	<1000 mm	±4mm		
进口栅距		±1.5% 且±6mm	对所有叶片进行测量	与所有叶片相同截面栅距测量值的平均值之比

4.3.4 立式机组安装质量检验项目与标准

4.3.4.1 立式机组水泵真机安装前工序质量检验项目与标准见表 6。轴流泵和导叶式混流泵叶片在最大安放角位置分别测量进水边、出水边和中部位置叶片间隙，与相应位置平均间隙之差的绝对值不宜超过平均间隙值的 20%。

4.3.4.2 立式机组轴承安装工序质量检验项目与标准见表 7。

4.3.4.3 立式机组真机转动部件安装工序质量检验项目与标准见表 8。

4.3.4.4 立式水泵真机其他部件安装工序质量检验项目与标准见表 9。

4.3.4.5 立式水泵真机调节机构安装工序质量检验项目与标准见表 10。

4.3.4.6 立式水泵真机的充水试验工序质量检验项目与标准见表 11。

表 6 水泵真机安装前工序质量检验项目与标准

项次	检验项目	质量要求（允许偏差 mm）	检验方法	检验数量	
一般项目	1	叶轮与叶轮室预装叶片间隙	$\pm 10\%$ 叶片平均间隙	预装，塞尺	整台
	2	泵轴、叶轮、叶轮室、泵座、底座、上座	外观完好，尺寸符合设计要求	检查，测量	逐件
	3	调节机构	符合设计要求	检查，测量	逐件
	4	齿轮箱	符合设计要求	检查，测量	逐件

表 7 立式机组轴承安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目	质量要求（允许偏差 mm）	检验方法	检验数量	
主控项目	1	金属推力轴瓦、导轴瓦瓦面	符合设计和 SL/T 317 要求	检查，涂色法	逐件
	2	弹性金属塑料瓦	瓦面无金属丝裸露、分层及裂纹，无金属夹渣、气孔或斑点，无刀痕及划痕；周边无分层、开裂及脱壳	检查	逐件
	3	水泵导轴承预装间隙	符合设计要求	塞尺	对称位置测 4 点
一般项目	1	金属推力轴瓦、导轴瓦进油边	深度、宽度、倒角符合 SL/T 317 要求	检查，钢直尺	逐件
	2	轴承体各组合缝间隙	符合设计和 SL/T 317 要求	塞尺	逐件
	3	水泵油润滑导轴承接触面积	$\geq 70\%$	涂色法	逐件

表 8 立式机组真机转动部件安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目		质量要求（允许偏差 mm）				检验方法	检验数量		
			合格		优良					
			n \leq 250	n $>$ 250	n \leq 250	n $>$ 250				
主控项目	1	荷重机架导轴承处全摆度 (mm/m)	刚性推力轴承		0.02		0.01		盘车法	相对部位测 8 点
		弹性推力轴承		0.03	0.02	0.02	0.01	盘车法	相对部位测 8 点	
	2	非荷重机架导轴承处相对摆度 (mm/m)	刚性推力轴承		0.03	0.02	0.02	0.01	盘车法	相对部位测 8 点
			弹性推力轴承		0.04	0.03	0.03	0.02	盘车法	相对部位测 8 点
	3	泵轴下轴颈处摆度	绝对摆度		0.30	0.25	0.25	0.20	盘车法	相对部位测 8 点
			相对摆度 (mm/m)		0.05	0.04	0.03	0.02	盘车法	相对部位测 8 点
	4	镜板水平 (mm/m)	刚性推力轴承		0.02		0.01		盘车法	纵横向测 4 点
			弹性推力轴承		0.03		0.02		盘车法	纵横向测 4 点
	5	泵轴下轴颈处轴线转动中心	0.04		0.03		盘车法或千分尺	相对部位测 4 点		
	6	联轴器两轴心径向位移	符合 GB 50231 要求				盘车法	等分测 4 点		
7	联轴器两轴线倾斜	符合 GB 50231 要求				盘车法	等分测 4 点			
一般项目	1	推力轴瓦受力	各推力瓦受力均匀				锤击法	逐瓦		
	2	卡环受力后局部轴向间隙	0.03	0.02	0.03	0.02	塞尺	周向		
	3	填料函处轴颈相对摆度 (mm/m)	0.04	0.03	0.03	0.01	盘车法	相对部位测 8 点		

目	4	联轴器端面间隙	符合 GB 50231 要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点
注: n 为转速(r/min)。					

表 9 立式水泵真机其他部件安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目	质量要求 (允许偏差 mm)		检验方法	检验数量	
		合格	优良			
主控项目	1	叶片间隙	±20%平均间隙	±18%平均间隙	塞尺	每个叶片 4 个方位的上中下 3 处
	2	水导轴承间隙	±20%分配间隙	±15%分配间隙	塞尺	最大摆度方位及其他方位
	3	油轴承渗漏试验	无渗漏		煤油渗漏试验	整组
一般项目	1	操作油管连接、主轴连接严密性试验	符合设计要求		油压试验	各组合面
	2	叶片动作试验	动作压力≤15%额定工作压力, 动作平稳		压力试验	全行程 2 次~3 次
	3	油轴承径向密封间隙	±20%平均间隙	±15%平均间隙	塞尺	等分测 8 点
	4	油轴承平面密封局部间隙	≤0.10	≤0.05	塞尺	等分测 8 点
	5	油轴承油位	±5.0		钢直尺	逐件
	6	水泵填料函间隙	±20%平均间隙		塞尺	整台
	7	水润滑轴承密封间隙	±20%平均间隙		塞尺	等分测 8 点
	8	空气围带密闭性	符合设计要求		充气浸水法	整台
	9	空气围带密封径向间隙	±20%平均间隙		塞尺	等分测 4 点
	10	伸缩节	可伸缩量符合设计要求, 无渗漏		检查, 钢直尺	逐件
	11	拍门	转动灵活, 无卡阻, 止水良好		检查	逐件

表 10 立式水泵真机调节机构安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目	质量要求 (允许偏差 mm)		检验方法	检验数量	
		合格	优良			
主控项目	1	调节机构底座水平	0.04 mm/m	0.03 mm/m	水平仪	纵横向测 4 点
	2	调节机构底座同轴度	0.04	0.03	盘车法或千分尺	纵横向测 4 点
	3	受油器操作油管同轴度	0.05	0.04	测量	纵横向测 4 点
一般项目	1	受油器旋转油盆径向间隙	±20%平均间隙	±15%平均间隙	塞尺	纵横向测 4 点
	2	操作油管或拉杆与铜套间隙	符合设计要求		塞尺	纵横向测 4 点
	3	受油器对地绝缘电阻	≥0.5 MΩ		兆欧表	逐件
	4	操作油管摆度	符合设计要求		百分表	逐件
	5	叶片角度显示	与叶片实际角度一致		检查	逐件

表 11 充水试验工序质量检验项目与标准

项次	检验项目		质量要求（允许偏差 mm）	检验方法	检验数量
一般项目	1	泵体部件与混凝土结合面	无渗漏	检查	整台
	2	泵体部件组合面	无渗漏	检查	整台
	3	水泵主轴填料密封出水	出水量适当	检查	整台
	4	水泵油轴承密封部件出水	出水量适当	检查	整台
	5	水泵检修进入孔密封	无渗漏	检查	整台

4.3.5 卧式（斜式）机组安装质量检验项目与标准

4.3.5.1 卧式（斜式）机组水泵真机安装前检验工序质量检验项目与标准见表 6。

4.3.5.2 卧式（斜式）机组轴承安装工序质量检验项目与标准见表 12。

4.3.5.3 卧式（斜式）机组转动部件安装工序质量检验项目与标准见表 13。

4.3.5.4 卧式（斜式）机组其他部件安装工序质量检验项目与标准见表 14。

4.3.5.5 卧式（斜式）水泵真机的充水试验工序质量检验项目与标准见表 11。

表 12 卧式（斜式）机组轴承安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目		质量要求（允许偏差 mm）		检验方法	检验数量
			合格	优良		
主控项目	1	镜板与主轴垂直度	0.05 mm/m	0.04 mm/m	水平仪	纵横向测 4 点
	2	轴瓦间隙	符合设计要求		压铅法或塞尺	逐瓦
		顶部间隙	顶部间隙的 1/2， 间隙差≤10%	顶部间隙的 1/2， 间隙差≤5%	塞尺	逐瓦
	3	下轴瓦与轴颈接触点	≥1 点/cm ²	≥2 点/cm ²	涂色法	逐瓦
4	滚动轴承安装	符合设计和规范要求		按 GB 50231 检验	逐件	
一般项目	1	分瓣推力盘组合缝	间隙≤0.05； 错牙≤0.02， 且后块不凸于前块	间隙≤0.04； 错牙≤0.02， 且后块不凸于前块	塞尺	逐缝
	2	轴瓦与轴承座配合承力面接触面积	≥60%	≥70%	涂色法	逐瓦
	3	下轴瓦与轴颈接触角	0°~10°	0°~5°	涂色法	逐瓦
	4	轴承体组合缝间隙	符合设计和规范要求		塞尺	逐缝
	5	轴承体对地绝缘	符合设计要求		兆欧表	逐件
注：下轴瓦与轴颈接触角一般为 60°。						

表 13 卧式（斜式）机组真机转动部件安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目		质量要求（允许偏差 mm）		检验方法	检验数量
			合格	优良		
主	1	联轴器两轴心径向位移	符合 GB 50231 要求		钢直尺、塞尺	等分测 4 点

控 项 目	2	联轴器两轴线倾斜		符合 GB 50231 要求		钢直尺、塞尺	等分测 4 点
	3	空气间隙		±10%平均间隙	±8%平均间隙	楔形塞尺、千分尺	可测量的磁极两端
	4	摆度	各轴颈处	0.03		百分表	等分测 8 点
			联轴器侧面	0.10	0.05	百分表	等分测 8 点
			滑环处	0.20	0.15	百分表	等分测 8 点
5	操作油管连接、主轴连接严密性试验		符合设计要求		油压试验	逐件	
一 般 项 目	1	联轴器端面间隙		符合 GB 50231 要求		钢直尺、塞尺	等分测 4 点
	2	镜板端面跳动		0.02		百分表	等分测 8 点
	3	正反向推力瓦总间隙		0.10	0.08	塞尺	测 4 点~8 点
	4	磁场中心		±1.0		深度千分尺	测 4 点
	5	齿轮箱		水平或倾角、油位符合设计和规范要求, 无渗油		水准仪、水平仪	纵横向测 4 点
	6	挡风板与转子径向间隙		20%设计间隙		塞尺	测 4 点
	7	挡风板与转子轴向间隙		20%设计间隙		塞尺	测 4 点~8 点

表 14 卧式(斜式)机组其他部件安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目	质量要求(允许偏差 mm)		检验方法	检验数量	
		合格	优良			
主 控 项 目	1	水泵叶轮耐压试验		符合设计要求	压力或真空试验	整组
	2	叶片间隙		符合设计要求	塞尺	每个叶片 4 个方位的上中下 3 处
	3	灯泡体组合面严密性试验		符合设计要求, 无泄漏	气压试验	整台
一 般 项 目	1	叶轮与主轴联结面合缝间隙		符合设计要求	塞尺	整台
	2	叶片动作试验		动作压力≤15%额定工作压力, 动作平稳	压力试验	操作叶片全行程动作 3 次
	3	叶片调节机构		符合设计要求	测量, 试验	整台
	4	密封环与主轴端面间隙	局部间隙≤0.10	局部间隙≤0.05	塞尺	等分测 8 点
	5	密封环与主轴径向间隙	±20%平均间隙	±15%平均间隙	塞尺	纵横向测 4 点
	6	填料函挡环与轴颈单侧间隙	0.25~0.50		塞尺	纵横向测 4 点
	7	空气围带密闭性	符合设计要求		充气浸水法	整台

4.4 水力机械辅助设备安装

4.4.1 一般规定

- 4.4.1.1 低扬程泵站的水力机械辅助设备主要包括水系统设备、油系统设备、气系统设备等。
- 4.4.1.2 辅助设备到工应检查产品合格证、质量检验资料和图纸、使用说明书等技术文件。
- 4.4.1.3 辅助设备安装应符合 SL 637、SL/T 317、GB 50235、GB 50231 等规范的要求。
- 4.4.1.4 水系统设备、油系统设备、气系统设备、通风设备及其管道安装完成后应进行试运转。

4.4.2 水系统设备安装质量检验项目与标准

4.4.2.1 离心泵安装工序质量检验项目与标准见表 15。

4.4.2.2 深井泵安装工序质量检验项目与标准见表 16。

4.4.2.3 潜水泵安装工序质量检验项目与标准见表 17。

表 15 离心泵安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目		质量要求（允许偏差 mm）	检验方法	检验数量	
主控项目	1	联轴器两轴心径向位移	符合 GB 50231 要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	2	联轴器两轴线倾斜	符合 GB 50231 要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	3	多级泵叶轮轴向间隙	符合设计要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	4	电动机绝缘	符合规范要求	兆欧表	整台	
	5	接地	可靠，符合设计和规范要求	检查	整台	
一般项目	1	泵体平面位置及高程	±10.0	水准仪、钢直尺	整台	
	2	泵体水平	0.1 mm/m	水平仪	纵横向测 4 点	
	3	联轴器端面间隙	符合设计要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	4	试运转	机械部件	无异常振动和响声，连接无松动	检查	逐件
			轴承温度	滚动轴承≤80℃，滑动轴承≤70℃	测温仪	逐件
			电动机电流	三相电流不平衡度≤10%	检查	整台
			阀件、压力表及传感器	工作正常，显示正确，符合设计要求	检查	整台

表 16 深井泵安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目		质量要求（允许偏差 mm）	检验方法	检验数量	
主控项目	1	联轴器两轴心径向位移	符合 GB 50231 要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	2	联轴器两轴线倾斜	符合 GB 50231 要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	3	泵轴提升量	符合产品技术要求	钢直尺	测 1 点	
	4	电动机绝缘	符合产品技术要求	兆欧表	整台	
	5	接地	可靠，符合设计和规范要求	检查	整台	
一般项目	1	叶轮轴向间隙	符合设计要求	钢直尺、塞尺	纵横向测 4 点	
	2	泵座水平	0.1 mm/m	水平仪	纵横向测 4 点	
	3	泵体平面位置及高程	±10.0	水准仪、钢直尺	整台	
	4	联轴器端面间隙	符合设计要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	5	试运转	机械部件	无异常振动和响声，连接无松动	检查	逐件
			轴承温度	滚动轴承≤80℃，滑动轴承≤70℃	测温仪	逐件
电动机电流			三相电流不平衡度≤10%	检查	整台	

		阀件、压力表及传感器	工作正常，显示正确，符合设计要求	检查	整台
--	--	------------	------------------	----	----

表 17 潜水泵安装工序质量检验项目与标准

项次	检查项目		质量要求（允许偏差 mm）	检验方法	检验数量	
主控项目	1	潜水泵安装	符合设计和产品技术要求	检查	整台	
	2	电缆安装	符合设计要求	浸水 24 h 后试验	整台	
	3	电动机绝缘	符合产品技术要求	兆欧表	整台	
	4	接地	可靠，符合设计和规范要求	检查	整台	
一般项目	1	泵座安装高程	±10.0	水准仪、钢直尺	整台	
	2	试运转	电动机电流	三相电流不平衡度≤10%	检查	整台
			出水压力	符合设计要求	检查	整台
			系统阀件	动作灵敏可靠，工作正常	检查	整台
			安全保护装置及仪表	动作及显示符合设计要求	检查	整台

4.4.3 油系统设备安装质量检验项目与标准

4.4.3.1 油泵安装工序质量检验项目与标准见表 18。

4.4.3.2 油压装置安装工序质量检验项目与标准见表 19。

4.4.3.3 真空破坏阀安装工序质量检验项目与标准见表 20。

表 18 油泵安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目		质量要求（允许偏差 mm）	检验方法	检验数量	
主控项目	1	联轴器两轴心径向位移	符合 GB 50231 要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	2	联轴器两轴线倾斜	符合 GB 50231 要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	3	电动机绝缘	符合设计要求	兆欧表	整台	
	4	接地	可靠，符合设计和规范要求	检查	整台	
一般项目	1	设备平面位置及高程	±10.0	水准仪、钢直尺	整台	
	2	泵座水平	0.1 mm/m	水平仪	纵横向测 4 点	
	3	联轴器端面间隙	符合设计要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	4	试运转	机械部件	无异常振动和响声，连接部分无松动	检查	逐件
			轴承温度	滚动轴承≤80℃，滑动轴承≤70℃	测温仪	逐件
电动机电流			三相电流不平衡度≤10%	检查	整台	
阀件、压力表及传感器			工作正常，显示正确，符合设计要求	检查	整台	

表 19 油压装置安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目		质量要求（允许偏差 mm）	检验方法	检验数量	
主控项目	1	油压装置强度试验	无渗漏	1.5 倍额定压力, 10 min	整组	
	2	油压装置严密性试验	压力下降 ≤ 0.15 MPa	油压试验, 8 h	整组	
	3	联轴器两轴心径向位移	符合 GB 50231 要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	4	联轴器两轴线倾斜	符合 GB 50231 要求	钢直尺、塞尺	等分测 4 点	
	5	电动机绝缘	符合设计要求	兆欧表	整台	
	6	接地	可靠, 符合设计和规范要求	检查	整台	
一般项目	1	回油箱、压力油罐中心及高程	± 5.0	钢直尺、水准仪	逐件	
	2	回油箱水平及压力油罐垂直度	1.0 mm/m	水准仪、钢直尺	逐件	
	3	液压油	符合设计和规范要求	试验	每批次	
	4	试运转	机械部件	无异常振动和响声, 连接无松动	检查	逐件
			轴承温度	滚动轴承 $\leq 80^{\circ}\text{C}$, 滑动轴承 $\leq 70^{\circ}\text{C}$	测温仪	逐件
			电动机电流	三相电流不平衡度 $\leq 10\%$	检查	整台
			阀件、压力表及传感器	工作正常, 显示正确, 符合设计要求	检查	整台

表 20 真空破坏阀安装工序质量检验项目与标准

项次	检验项目		质量要求（允许偏差 mm）	检验方法	检验数量
主控项目	1	密封面	无间隙, 密封良好	塞尺	周向
	2	动作试验	打开与关闭准确、及时	检查	不少于 3 次
	3	接地	可靠, 符合设计和规范要求	检查	整台
一般项目	1	阀座水平	0.2 mm/m	水平仪	纵横向测 4 点
	2	中心线位置	10.0	钢卷尺	整台
	3	附件设备	符合设计要求	检查	逐件

4.5 运行管理

4.5.1 一般规定

4.5.1.1 泵站运行期间应定期检查进出水建筑物运行情况, 引水渠、前池及出水池内应无阻水设施、杂物等, 并及时清除拦污栅、安全栅的杂物, 水中的漂浮物, 保持水流顺畅。

4.5.1.2 设置正向进水前池的泵站, 运行中宜对称开机, 以减小或消除偏流。设置侧向进水前池的泵站, 机组运行方案应依据数值模拟计算资料或水工物理模型试验资料确定。

4.5.1.3 多机组低扬程泵站在投运机组台数少于装机台数时, 宜轮换运行; 不同抽水量时开机台数台位的确定宜依据泵站机组运行数值计算资料或者物理模型试验资料确定。

4.5.1.4 主水泵运行应符合下列要求:

- a) 水泵应在高效区运行;
- b) 水泵偏离高效区运行时, 应采取变速、变角度的调节措施;

- c) 水泵运行中进水侧应无进气现象；
- d) 填料密封应选用摩阻系数小的材料且漏水量符合有关规定；
- e) 水泵汽蚀后应及时修复。

4.5.1.5 当流域（或区域）遭遇超标准的洪涝或旱灾时，在确保工程安全的前提下，应根据上级主管部门的要求进行调度。泵站运行调度应与相关部门用电负荷及供电质量相协调。有条件的泵站，宜根据排水需要实行电能峰谷调度。

4.5.2 泵站运行管理

4.5.2.1 在保证泵站安全运行的前提下，低扬程泵站应充分利用低扬程工况条件，按提水能耗最低进行调度运行。

4.5.2.2 低扬程泵站功能为排涝时，当来水流量大于泵站抽水能力时，应按最大抽水流量进行运行；当来水流量不大于泵站抽水能力时，宜按最大来水流量进行运行。

4.5.2.3 低扬程泵站功能为供水时，宜根据供水、灌溉需要实行电能峰谷调度运行。

4.5.2.4 低扬程泵站在供水运行期间，扬程变幅较大时，应充分利用低扬程工况进行运行；扬程相对稳定时，应按泵装置效率最高进行运行。

4.5.3 泵站运行优化调度

4.5.3.1 单座泵站运行优化调度的主要内容应包括：

- a) 优化确定机组的开机台数、顺序；
- b) 进行各机组运行工况优化调节，对变频的机组应确定最优转速，对叶片角度全调节机组应确定最优叶片安放角；
- c) 优化确定泵站与其他相关工程的联合调度；
- d) 优化确定泵站运行与供水计划或排水预案的调配。

4.5.3.2 梯级泵站群或并联泵站群运行优化调度的主要内容可包括：

- a) 根据水源供水能力或来水情况优化分配各泵站的提排水能力或任务；
- b) 优化梯级泵站群或并联泵站群间的水位组合及区间用水或来水过程；
- c) 对梯级泵站群通过各级泵站内优化调度和机组工况调节，实现站间最优流量匹配；
- d) 优化流域（区域）内泵站群与其他水利设施的联合调度。

4.5.4 泵站综合能耗评价

4.5.4.1 泵站综合能耗评价应按 GB/T 50649 的有关规定进行。

4.5.4.2 节能效果综合评价应将泵站的综合能耗指标与国家或地方制定的国内生产总值能耗综合指标进行对比，做出节能效果宏观评价和综合评价。

4.5.4.3 泵站能源单耗应符合 GB/T 30948 的规定。

5 试验方法

5.1 低扬程泵站模型试验一般规定

5.1.1 低扬程泵站的水泵口径不小于 1600mm 时应进行泵装置物理模型试验，并提供相关试验资料。

5.1.2 低扬程泵站的水泵口径在 1350~1600mm 时宜提供泵装置物理模型试验资料或数值模拟计算资料。

5.2 泵装置模型的安装形式与最小尺寸

5.2.1 泵装置模型的安装形式应与原型泵装置的布置形式相同。

5.2.2 一般情况下，泵装置模型试验宜与原型泵装置的扬程相等。叶轮最小名义直径、试验扬程和雷诺数的最小值应满足表 21 的规定。

表 21 泵装置模型叶轮直径、试验扬程和雷诺数的最小值

泵装置的水泵形式	轴流泵	混流泵
泵装置模型最小雷诺数	3×10^6	4×10^6
水泵模型叶轮最小名义直径	0.30 m	0.30 m
最小规定试验扬程	2.00 m	5.00 m

5.3 泵装置模型的设计与制造

5.3.1 泵装置模型与原型泵装置所有过流结构（水泵、进、出水流动道）应满足几何相似；叶轮与叶轮室的间隙及轴封等可不满足几何相似。

5.3.2 泵装置的水力模型、进出水流动道模型的允许偏差应符合 SL 140 的规定，泵装置各过流部件的几何形态及尺寸检查后，应做好详细记录。

5.3.3 泵装置模型各过流部件表面粗糙度应符合表 22 的要求。泵装置模型各过流部件的连接处应保持表面内壁光滑过渡。

表 22 泵装置各过流部件表面最大允许粗糙度

类别	最大允许粗糙度 (μm)
叶片	1.6
叶轮体、叶轮室内壁面	3.2
导叶体	6.3
进出水流动道	6.3
其他	12.5

5.3.4 水力模型的叶片可转动时，在改变叶片安放角时，必须保持叶片轴线位置不变，并不得另行调整叶片与叶轮室、轮毂的间隙，单个叶片转角的允许偏差为 $\pm 0.25^\circ$ 。

5.3.5 宜在泵装置模型的局部合适位置设置观察窗，该观察窗应保证足够的刚度且内壁光滑。

5.4 泵装置模型试验内容

5.4.1 低扬程泵装置能量性能试验的效率允许总不确定度不应大于 0.5%，试验台的测量仪器应经过现场标定或检定机构检定，并在有效期内。

5.4.2 低扬程泵装置的物理模型试验应完成能量性能试验、空化性能试验、飘逸特性试验及水压力脉动试验。压力脉动试验监测点宜以叶轮进出口部位为主，也可在进出水流动道的壁面或叶轮室壁面等部位布置测点。水压力脉动试验结果应通过时域图及频谱图给出，宜采用 97%置信度双幅值。

5.5 原型泵装置参数换算

5.5.1 流量、扬程、轴功率和空化余量的换算参照以下公式

$$Q_P = Q_M \left(\frac{n_P}{n_M} \right) \left(\frac{D_P}{D_M} \right)^3 \dots\dots\dots (1)$$

$$H_P = H_M \left(\frac{n_P}{n_M} \right)^2 \left(\frac{D_P}{D_M} \right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$P_P = P_M \frac{\rho_P}{\rho_M} \left(\frac{n_P}{n_M} \right)^3 \left(\frac{D_P}{D_M} \right)^5 \frac{\eta_{h,M}}{\eta_{h,P}} \dots\dots\dots (3)$$

$$[NPSH]_P = [NPSH]_M \left(\frac{n_P}{n_M} \right)^2 \left(\frac{D_P}{D_M} \right)^2 \dots\dots\dots (4)$$

式中：

Q_P ——原型泵装置流量，单位为立方米每秒（ m^3/s ）；

D_P ——原型泵叶轮直径，单位为米（ m ）；

n_P ——原型泵转速，单位为转每分钟（ r/min ）；

H_P ——原型泵装置扬程，单位为米（ m ）；

P_P ——原型泵轴功率，单位为千瓦（ kW ）；

$\eta_{h,P}$ ——原型泵装置的水力效率；

$[NPSH]_P$ ——原型泵的必需汽蚀余量，单位为米（ m ）；

Q_M ——模型泵装置流量，单位为立方米每秒（ m^3/s ）；

D_M ——模型泵叶轮直径，单位为米（ m ）；

n_M ——模型泵转速，单位为转每分钟（ r/min ）；

H_M ——模型泵装置扬程，单位为米（ m ）；

P_M ——模型泵轴功率，单位为千瓦（ kW ）；

$\eta_{h,M}$ ——模型泵装置的水力效率；

$[NPSH]_M$ ——模型泵的必需汽蚀余量，单位为米（ m ）。

5.5.2 原型泵轴功率的换算仅考虑水力效率修正量的影响，不包括原型泵的机械功率损失。

5.5.3 对于大型卧式泵装置，宜注意原模型重力不相似对空化特性的影响。

5.5.4 对于低扬程泵装置，原型泵装置效率宜直接使用模型泵装置效率。