

上海市水务局标准化指导性技术文件

DBXX XX/X XXX-2025

# 斜式轴流泵机组检修技术规程

Technical code for overhaul of inclined axial flow pump units

(送审稿)

2025-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

上海市水务局发布



## 前 言

斜式轴流泵机组是上海市抵御台风暴雨内涝、提升城市韧性和保障公共安全的关键排涝基础设施，目前已得到广泛应用。现有国家、行业标准及相关地方标准对斜式轴流泵这类特殊安装形式的机组，缺乏针对性的检修技术规程。为提升斜式轴流泵机组检修的规范性，保障检修质量，特编制《斜式轴流泵机组检修技术规程》。

本规程为上海市地方标准化指导性技术文件，共 6 章，主要内容包括总则、术语、基本规定、机组检修、恢复安装、验收和附录等。

本规程由上海市堤防泵闸建设运行中心和长江勘测规划设计研究有限责任公司联合有关单位，在广泛调查研究、总结本市水泵机组检修实践经验的基础上，参考国家、行业及本市相关标准，结合上海市泵闸工程实际，按照《工程建设标准编写规定》（建标[2008]182 号）编制。

本规程附录 B、附录 C 和附录 E 为规范性附录，附录 A 和附录 D 为资料性附录。

本规程由上海市水务局提出并归口。

主 编 单 位： 上海市堤防泵闸建设运行中心  
长江勘测规划设计研究有限责任公司

参 编 单 位： 无锡市锡泵设备制造有限公司  
日照东方电机有限公司  
江苏鼎阳机电科技实业有限公司

主 要 起 草 人： 李 志 李 威 陈 洋 沈 波 华新春 汪新宇  
李舸航 许 可 张建华 游峻松 阮悦扬 严 斌  
王桂月 鄧 跃 赵伟军 丁明磊 李改梅 陈凯波  
主 要 审 查 人： 姜 浩 华 明 胡德义 王宏俊 刘 全



# 目 录

1	总 则.....	1
2	术 语.....	2
3	基本规定.....	4
3.1	检修等级和内容.....	4
3.2	检修前准备.....	6
4	机组检修.....	8
4.1	一般规定.....	8
4.2	机组解体.....	8
4.3	水泵检修.....	9
4.4	齿轮箱检修.....	11
4.5	电动机检修.....	16
4.6	联轴器检修.....	22
5	恢复安装.....	25
5.1	一般规定.....	25
5.2	水泵恢复安装.....	26
5.3	齿轮箱恢复安装.....	29
5.4	电动机恢复安装.....	30
5.5	联轴器恢复安装.....	33
5.6	机组轴线调整和对中.....	36
6	验收.....	37
6.1	检修质量验收.....	37
6.2	试运行验收.....	37
6.3	交接验收.....	38
附录 A	(资料性) 斜式轴流泵机组典型结构示例.....	39
附录 B	(规范性) 机组检查项目和记录格式.....	43
附录 C	(规范性) 机组大修质量控制.....	48
附录 D	(资料性) 太浦河泵站机组检修案例.....	62

附录 E（规范性） 机组大修报告格式 .....	70
引用标准名录 .....	73
条文说明 .....	74

## Contents

1	General provisions .....	1
2	Terms.....	2
3	Basic requirements .....	4
3.1	Maintenance Category .....	4
3.2	Preparing for Maintenance .....	6
4	Unit maintenance .....	8
4.1	General .....	8
4.2	Unit disintegration.....	8
4.3	Water Pump Maintenance .....	9
4.4	Gear box maintenance .....	11
4.5	Motor Maintenance .....	16
4.6	Coupling Maintenance .....	22
5	Restore Installation .....	25
5.1	General .....	25
5.2	Water Pump Restore Installation.....	26
5.3	Gearbox Restore Installation.....	29
5.4	Motor Restore Installation .....	30
5.5	Coupling Restore Installation.....	33
5.6	Unit axis adjustment and alignment.....	36
6	Acceptance .....	37
6.1	Acceptance of Maintenance quality .....	37
6.2	Acceptance of Trial operation .....	37
6.3	Acceptance and Delivery.....	38
Appendix A	Typical structure example of oblique axial flow pump unit ...	39
Appendix B	Unit inspection items and record format .....	43
Appendix C	Quality control of unit overhaul .....	48
Appendix D	Taipu River pumping Station unit maintenance cases.....	62

Appendix E Unit overhaul report format .....	70
List of quoted standards .....	73
Explanation of provisions .....	74

# 1 总 则

1.0.1 为规范斜式轴流泵机组的检修工作，填补该类特殊安装形式机组的检修技术规程空白，明确其检修全过程的技术要求，提供可操作性强的技术依据，指导运行、管理单位开展检修工作，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于上海市行政区域内水利行业的斜式轴流泵机组的检修、部件更换、设备改造及技术提升。

1.0.3 上海市斜式轴流泵机组的检修除应符合本规程规定外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。若个别设备（部件）有特定要求，还应满足其相应标准。

1.0.4 斜式轴流泵机组的应急抢修工作可参照本规程执行。

## 2 术 语

### 2.0.1 泵站 pumping station

由抽水装置（水泵机组）、辅助设备、电气设备以及配套建筑物组成的，用于提升或输送水体的工程设施。

### 2.0.2 斜式轴流泵 inclined axial flow pump

指泵轴的轴线与水平面呈一特定倾斜角度（通常为 15°、30°、45°等）安装的轴流式水泵。

### 2.0.3 机组 unit

泵站水泵、电动机及其传动装置（若有）的设备统称，本文件中传动装置为平行轴齿轮箱。

### 2.0.4 检修 maintenance and repair

为保持或恢复机组（设备）规定性能所进行的检查、维护、修理和更换等活动。

### 2.0.5 机组解体 unit disassembly

指按照既定的工艺顺序和技术要求，将斜式轴流泵机组（包括水泵、电动机、传动装置等）分解为各个部件或组合件的过程。此过程旨在对泵组的内部状态进行检查、测量、修复或更换损坏的零件。

### 2.0.6 恢复安装 reassembly and installation

指在对解体的机组所有零部件完成检查、清洗、修复、更换后，严格按照技术标准、图纸和装配工艺，将各零部件重新组装成完整的泵组，并精确安装到基础（原位）上，达到机组原始设计性能（基于工程初设核准的性能基准）或新要求的运行标准（依据检修、技改后技术规范确认的运行指标）的过程。

### 2.0.7 检修周期 maintenance interval

同一机组（设备）或系统相邻两次计划检修之间的运行时间或时间间隔。

### 2.0.8 验收 acceptance

检修工作完成后，按照技术规程、产品设计文件、合同及相关标准的要求，对检修后的机组进行检查、测试和审核，并以书面形式确认其是否达到合格标准的活动。

除上述专业术语外，其余《水利水电工程技术术语》SL 26、《水利水电工程

管理技术术语》SL 570 界定的术语和定义适用于本文件。

### 3 基本规定

#### 3.1 检修规定与项目

3.1.1 斜式轴流泵机组应进行定期检查,以掌握设备状态、发现缺陷与异常。定期检查应符合《水闸与水利泵站维修养护技术标准》DG/TJ 08-2428、《上海市水利泵站维修养护技术规程》SSH/Z 10012 的规定,并应重点检查机组外观、异响和振动。应根据定期检查结果开展相应的维护和缺陷处理,具体规定如下:

检修是指针对部分部件缺陷进行处理,以保障机组正常运行,以及对机组进行解体、全面检查和针对性处理,更换损坏件,更新易损件,修补磨损件,对机组的同轴度、摆度、垂直度(水平)、高程、中心、间隙等关键参数进行检测和调整,以消除重大缺陷,恢复机组性能的检修工作。

3.1.2 机组检修宜安排在汛前或汛后进行。机组发生故障时,应及时进行检修。

3.1.3 检修周期应符合表 3.1.3 的要求。

表 3.1.3 检修周期

日历时间/a	运行台时数/h
3~5	2500~15000
注: 机组检修周期以上述日历时间或运行台时数先满足为准。	

3.1.4 检修项目应包括但不限于表 3.1.4-1 至表 3.1.4-4 中所列项目。

1 水泵检修等级和项目应符合表 3.1.4-1 要求。

表 3.1.4-1 水泵检修项目

部件名称	检修项目
叶轮	1.检查叶片气蚀、磨损、裂纹、根部断裂等情况,进行补焊修补或更换 2.检查并调整叶片间隙 3.检查叶片外缘圆度
水导轴承	1.检查、维修或更换轴瓦 2.调整轴承座及轴承间隙 3.检查或更换密封装置 4.盘车调整轴线
组合轴承	1.更换润滑油(脂) 2.检查轴承损坏(失效情况)处理或更换轴承 3.调整间隙 4.调整轴线

续表 3.1.4-1

部件名称	检修项目
组合轴承	5.更换密封
主轴密封	更换全部密封组件
泵轴	1.检查轴颈磨损、裂纹、锈蚀情况，进行抛光或修复处理 2.检查轴弯曲度，必要时进行校正
叶轮室	1.非不锈钢区锈蚀，对锈蚀区域除锈并做防腐涂层 2.对叶轮室内侧与外侧损坏处进行修复或更换衬板
润滑油	彻底更换润滑油（脂），并清洗润滑系统
呼吸器	更换呼吸器总成
监测元器件及管路	检查、校验或更换全部监测元器件
导水帽、导叶体等过流部件	全面检查，并进行除锈、防腐处理
水泵壳体	1.全面除锈、防腐、涂装 2.更换不锈钢连接螺栓（同强度等级） 3.更换密封件
伸缩节	1.更换填料或密封圈 2.更换不锈钢连接螺栓（同强度等级）
机组同轴度、轴线摆度、垂直度	检测并调整机组的同轴度、轴线摆度、垂直度

2 齿轮箱检修等级和项目应符合表 3.1.4-2 要求。

表 3.1.4-2 齿轮箱检修项目

部件名称	检修项目
齿轮	对点蚀、胶合、剥落、断齿、崩齿、偏载、电腐蚀、挤压变形、磨损台阶等齿轮的失效，须由专门单位处理或更换
轴承	1.对点蚀、胶合、剥落、偏载、电腐蚀等轴承失效，轴承呈发蓝、保持架断裂，应更换相同型号的轴承 2.轴承两端联接轴线不对中，承受轴向力偏低，应进行轴线调整
轴	检查轴有无弯曲、蠕变、裂纹，进行轴表面处理，或更换
密封	清洗轴承盖、箱体结合面后，须更换密封
润滑油	根据油质情况，更换润滑油
呼吸器	换新或更换为带干燥剂型的呼吸器
电加热器	根据情况处理，或更换
风扇	根据情况处理，或更换
稀油站及强迫油循环	根据情况处理，或更换油泵、油水热交换器等设备或部件

3 电动机检修等级和项目应符合表 3.1.4-3 要求。

表 3.1.4-3 电动机检修项目

部件名称	检修项目
定子	1.对定子各部件的紧固进行检查、处理 2.对线圈及绝缘进行检查、处理 3.对各线路的汇集进行检查、处理
转子	对转子电枢进行检查、处理
空气间隙	检查空气间隙是否满足要求，不满足予以处理调整
绝缘及直流电阻	检测绝缘和直流电阻，根据情况进行相应处理
保护接地（接零）装置	修复损坏部分
轴承	1.轴承失效严重，更换轴承 2.两端联接轴线不对中，承受力偏低，进行轴线调整
轴	检查轴有无弯曲、蠕变、裂纹，进行相应处理
密封	与轴承配合，并检查处理密封
润滑油	对润滑油不足进行补充，对油脂劣化予以更换
电加热器	根据情况处理，或更换
风扇	根据情况处理，或更换
测温装置	在处理定子线圈时，更换损坏的测温元件
冷却器	根据情况处理，或更换
箱体	根据情况处理，或更换

4 联轴器检修等级和项目应符合表 3.1.4-4 要求。

表 3.1.4-4 联轴器检修项目

部件名称	检修项目
齿式联轴器	检测内外齿磨损情况，并更换整个联轴器
蛇形弹簧联轴器	检测蛇形弹簧使用情况，更换蛇形弹簧、其它部件或整个联轴器
弹性柱销联轴器	检测使用情况，更换弹性柱销或整个联轴器
弹性套柱销联轴器	检测使用情况，更换弹性套柱销或整个联轴器
弹性膜片联轴器	检测膜片使用情况，更换弹性膜片或整个联轴器

### 3.2 检修前准备

3.2.1 斜式轴流泵机组检修前，应了解机组的结构型式、轴线倾斜角度、电动机与水泵的联接方式等特点。

3.2.2 检修前应做好下列准备工作：

- 1 应对机组设备状态进行检测和评判，根据评判结果确定设备检修方案；
- 2 水泵检修必须在无水状态下进行。检修前应检查上下游检修闸门、启闭机、流道排水系统及设备，确保其安全可靠。检修期间应做好值班排水工作；
- 3 检查机组检测所需的量具、仪器、仪表，确认其经法定计量检定合格且

在有效期内；

4 设备混凝土基础出现沉降、倾斜时，应查明偏差情况，并在设备恢复安装时制定调整措施。

3.2.3 检修方案应包括下列内容：

- 1 检修前应制定检修方案；
- 2 检修方案应包含但不限于：
  - 1) 设备损坏情况及修复方法；
  - 2) 设备解体程序与安全措施；
  - 3) 解体检测记录要求；
  - 4) 大型部件吊装方案；
  - 5) 设备（部件）检查、修复、组装与装配方案；
  - 6) 斜式轴流泵机组的轴线检查与盘车方案（有具体的对策和措施）；
  - 7) 质量控制措施和检测、验收标准。

3.2.4 机组检修应采取下列安全措施：

- 1 应保证人身和设备安全；
- 2 应确保泵站排水系统运行正常；
- 3 检修前应对起重设备进行检查，确认其处于安全有效状态；
- 4 在潮湿区域、水泵设备内部作业时，应使用 24V 及以下安全电压照明；
- 5 水泵内部作业时，应有专人监护，并采取通风措施；
- 6 应隔离电动机及辅助设备电源，并可靠接地；
- 7 检修场地布置应满足检修部件的外形尺寸、重量、地面承载能力和作业空间要求；
- 8 对多台泵运行的泵站，检修场地应与运行机组有效隔离，保证人身和设备安全。

## 4 机组检修

### 4.1 一般规定

4.1.1 机组检修分为机组整体检修和单体设备（部件）检修。其中，机组整体检修指对斜式轴流泵机组进行全面解体检查、修复及性能恢复；单体设备（部件）检修指对可独立拆解的设备（部件）分部组件进行针对性修复或更换。本章规定机组整体检修的技术要求，“5 恢复安装”规定其复装工艺标准，单体设备检修与恢复安装技术要求按本规程所列关键部件（包括水泵、齿轮箱、电动机、联轴器等）专项条款执行。

### 4.2 机组解体

4.2.1 斜式轴流泵机组的解体可分为两种方式：整个机组整体解体，或水泵、齿轮箱、电动机单独解体。

4.2.2 水泵解体应考虑进出水流道断水及泵站防淹措施的安全要求。齿轮箱和电动机的解体可在设备轴联接解除后分别进行。

4.2.3 水泵解体前，应根据检修闸门的漏水量设置临时排水泵，确保水泵内部处于无水状态，同时泵站排水系统应处于正常工作状态。

4.2.4 水泵解体程序应包括以下步骤：

- 1 放空润滑油和冷却水；
- 2 解除技术供水系统、润滑油系统、水力监测系统、自动化控制系统的联接管路、元件及引线；
- 3 根据设备特点和固定联接方式，依次松开壳体联接螺栓、固定及定位装置、转动部分联接，并观察设备内部状况；
- 4 松开并解除低速端联轴器；
- 5 检查水泵各固定螺栓、基础件的状态能否继续使用；
- 6 根据现地检修或返厂检修需求，对设备进行解体或移动。

4.2.5 大型斜式轴流泵壳体拆卸时应根据其结构特点采取临时加强支撑等防变形措施，支撑点应避开关键受力部位及密封面。

4.2.6 机组解体过程中，应对设备和部件的重要位置、配合关系做标记，并记录原始状态数据和情况。

## 4.3 水泵检修

### 4.3.1 水泵检查部件应包括：

叶片、叶轮体、叶轮室、导叶体、泵轴、主轴密封、水导轴承座、水导轴瓦、水导密封、组合轴承座、滚动轴承、进水埋管、伸缩节、出水弯管、出水直管、出水埋管、水泵外壳支撑件、各部件连接处的密封件。

### 4.3.2 水泵检查内容应包括：

- 1 检查水泵各固定螺栓、基础件的状态能否继续使用；
- 2 测量叶轮室内壁圆度，在叶片进水边和出水边位置实测半径与平均半径的偏差，不应超过叶片间隙设计值的 $\pm 10\%$ ；
- 3 盘车测量和记录机组轴线摆度、叶片间隙，记录水泵初始状态。按  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ 四个方位盘车测量叶片与叶轮室的间隙；
- 4 检查、测量叶片、叶轮室、叶轮体的损坏和汽蚀破坏情况，并拍照或绘制示意图记录损坏方位、面积、深度等信息；
- 5 检查叶片固定和安放角度的情况；
- 6 测量水导瓦间隙，检查水导瓦、轴颈的磨损状况；
- 7 测量组合轴承的游隙，检查轴承及内外圈的磨损等失效情况，检查泵轴损坏情况；
- 8 检查水导密封、组合轴承密封、泵轴密封状况；
- 9 检查叶轮体、导叶体、各壳体、泵轴表面锈蚀或腐蚀状况。检查伸缩节和密封状况；
- 10 检查测量元器件的状况。

### 4.3.3 水泵叶片和叶轮体修补及修复要求应符合下列规定：

- 1 对叶片表面的汽蚀、裂纹、磨损等损坏，应选用合适的不锈钢牌号焊条补焊，并进行无损检测。补焊后的叶片表面应进行机械处理，补焊区域应进行渗透检测或磁粉检测，无裂纹等缺陷，保证表面光滑无裂纹，粗糙度满足原始设计要求，叶片型线及叶片厚度与原始设计保持一致；
- 2 清理叶片及轮毂表面锈蚀物，并做防腐处理；
- 3 清除转轮与泵轴连接法兰面锈迹，螺孔边缘、销槽边缘应无突出，并涂油保护；

- 4 更换后或大面积修补的叶轮，须进行静平衡试验；
- 5 检测各叶片与轮毂的连接情况及叶片安放角，应符合叶片设计图样要求，允许偏差为 $\pm 15'$ ；
- 6 对轮毂及导水帽进行除锈和去污处理，并做防腐保护，处理后应进行母材厚度检测。

#### 4.3.4 叶轮室修补及修复要求应符合下列规定：

- 1 对叶轮室的汽蚀、锈蚀、裂纹等损害，应选用合适的不锈钢牌号焊条进行补焊处理；
- 2 检查叶轮室内的不锈钢与铸钢交接面的损坏情况，进行相应的修复处理；
- 3 叶轮室修补后应表面光滑，圆度或型线符合原设计要求。

#### 4.3.5 泵轴修补及修复要求应符合下列规定：

- 1 对主轴轴颈工作面的划痕、锈蚀和突出点等轻微损坏，可用细油石沾透平油轻磨，消除伤痕、锈斑后，再用透平油与研磨膏混合研磨抛光轴颈，并涂油保护；
- 2 水泵轴颈表面有严重锈蚀或单边磨损大于 0.10mm 时，应抛光或返厂修复；单边磨损大于 0.20mm 或原镶套已松动、轴颈表面剥落时，应返厂修复或更换；
- 3 检查泵轴两法兰面应无锈蚀、碰伤，螺孔与销孔边缘应无突出，并涂油保护；
- 4 清理主轴表面油污并除锈防腐；
- 5 架设千（百）分表，盘车测量泵轴的轴线，检查泵轴的弯曲和蠕变（方位及程度）。泵轴弯曲、蠕变严重时送厂方维修。

#### 4.3.6 水导轴承修补及修复要求应符合下列规定：

- 1 分解轴承体时，应标记组合面销钉螺丝位置及方向。组合面有铜皮时应测量铜皮厚度，并做好标记；
- 2 轴瓦表面应光滑，如出现明显的裂纹、麻面、突起等缺陷，应更换；
- 3 对不畅通的油润滑回路，须予以疏通；
- 4 轴承与泵轴总径向间隙应符合设计要求；
- 5 水导轴承材质应根据运行条件和工况选择，检修更换时应分析轴瓦使用

情况，选用适宜的轴瓦材料。

4.3.7 水泵组合轴承修补及修复要求应符合下列规定：

- 1 组合轴承为滚动轴承，其检查、修补或修复应符合本规程第 4.3.3 条的要求；
- 2 用塞尺法或推轴法测量轴承游隙，与原安装游隙比较，游隙超标须更换；
- 3 检测轴承的滚动轴承游隙及内圈与轴颈的配合，偏离原制造厂设计值较大，难以修复，需更换；
- 4 分解轴承体时，应标记组合面销钉螺丝位置及方向。组合面有铜皮时应测量铜皮厚度，并做好标记；
- 5 轴承体分解后，如检查轴承出现磨损严重、裂纹等缺陷，应更换；
- 6 组合轴承型式和型号应根据运行条件和工况选择，检修更换时应分析使用情况，选用适宜的轴承。

4.3.8 水泵各密封修复要求应符合下列规定：

- 1 密封部件拆卸时应在结合部位做记号；
- 2 对堵塞的主轴密封润滑水，予以疏通；
- 3 对损坏的密封件，须更换同型号密封件；
- 4 更换连接件，宜选用同等强度不锈钢制品；
- 5 随着材料的科技进步，有新型的密封材料出现。在水泵各密封件更换时，可根据使用和损坏情况，选择最适宜的密封材料。

4.3.9 泵体其它部件修补及修复要求应符合下列规定：

- 1 清理过流部件表面并做防腐处理；
- 2 更换各连接部位锈蚀的连接件；
- 3 各部位应无渗漏、焊缝开裂；
- 4 更换伸缩节密封件。

## 4.4 齿轮箱检修

4.4.1 齿轮箱检查部件应包括：齿轮、轴承、轴、箱体及基础、呼吸器、齿轮油及冷却系统、监测系统。

4.4.2 齿轮箱检查内容应包括：

- 1 轴承损坏、磨损情况；

- 2 齿轮齿面状况；
- 3 齿轮箱各轴状况和位置；
- 4 箱体、轴承端盖有无齿轮油渗漏；
- 5 箱体固定螺栓的紧固情况；
- 6 齿轮油的油质化验检测；
- 7 空气过滤器的滤芯状况；
- 8 监测元件和系统的状况（如有）；
- 9 稀油站和风扇的状况（如有）。

#### 4.4.3 齿轮修复及要求应符合下列规定：

- 1 齿轮失效主要形式应符合表 4.4.3-1 的规定；

表 4.4.3-1 齿轮失效主要形式

序号	分类	失效类型	序号	分类	失效类型
1	磨损	轻微磨损	10	表面疲劳	早期点蚀
2		中等磨损	11		破坏性点蚀
3		过渡磨损	12		剥落
4		磨粒磨损	13	塑性变形	碾击塑变
5		腐蚀磨损	14		鳞皱
6		轻微胶合	15		起脊
7		中等胶合	16		齿面塑变
8		破坏性胶合	17	断齿	破坏性胶合
9		局部胶合	18		局部胶合

- 2 齿轮齿面有轻微损坏时可进行抛光处理；失效严重时，应返厂修复或更换；
- 3 圆柱齿轮处理后的啮合接触面积检查应符合表 4.4.3-2 的规定（空载运行）；

表 4.4.3-2 圆柱齿轮处理后的啮合接触面积检查（空载运行）

接触面积	6 级精度等级标准
高度方向不小于	≥70%总齿高
长度方向不小于	≥80%总齿长

#### 4.4.4 滚动轴承修复及要求应符合下列规定：

1 轴承各种失效情况及处理措施应符合表 4.4.4 的规定；

表 4.4.4 轴承各种失效情况和处理

	损伤状态	原因	对策和处理
剥落	向心轴承的滚道单侧发生剥落	异常轴向载荷	将自由端轴承的外圈配合改为间隙配合
	滚道圆周方向对称位置上发生剥落	轴承座孔圆度不好	剖分型轴承座要特别注意，修改轴承座内径面的精度
	1.向心球轴承滚道面上的剥落成倾斜状态 2.滚子轴承滚道面，滚动面的端部附近剥落	安装不良，轴挠曲、对中误差、轴、轴承座精度不好	1.注意安装，对中误差 2.选择游隙大的轴承 3.修正轴、轴承座挡肩的垂直度
	滚道面产生呈滚动体间距分布的剥落	1.安装时大的冲击载荷 2.停机生锈 3.圆柱滚子轴承的装配伤害	1.注意安装 2.长期停机时防锈
	滚道面、滚动面早期剥落	游隙过小、载荷过大润滑不良、生锈等	选择正确的配合、轴承游隙及润滑剂
	成对双联轴承的早期剥落	预紧过大	调整预紧
擦伤	滚道面、滚动面上的擦伤	初期润滑不良，润滑脂过硬，启动时加速度大	改用软的润滑脂、避免急加速
	推力球轴承滚道面上螺旋线状的擦伤	套圈倾斜、转速过快	改善安装、调整预紧、选择正确的轴承结构
	滚子端面和挡边引导面的擦伤	1.润滑不良、安装不良 2.轴向载荷过大	选择合适的润滑剂、改善安装
破损	外圈或内圈的裂纹	1.过大的冲击载荷、过盈量过大、轴的圆柱度不良、紧定套锥度不良 2.轴肩的圆角半径大、热裂纹的进一步发展、剥落的进一步发展	重新研究载荷条件，将配合正确化，修改轴、套筒的加工精度，修改圆角的半径（比轴承的倒角尺寸小）
	1.滚动体的破裂 2.挡边缺损	1.剥落的进一步发展 2.安装时敲击了挡边 3.搬运时，不慎掉落	注意安装使用
	保持架破损	安装不良造成的保持架异常载荷、润滑不良	改善安装、选择合适的润滑方法及润滑剂
压痕	滚道面上的呈滚动体间距分布的压痕（布氏压痕）	1.安装时的冲击载荷 2.停机时的过大载荷	注意使用
	滚道面、滚动面的压痕	金属粉末、砂等异物侵入	清洗轴承座、改善密封装置，使用清洁的齿轮油

续表 4.4.4

损伤状态		原因	对策和处理
异常磨损	类似（钢渗碳后的）布氏压痕的损伤	1.运输途中，轴承静止状态下的振动 2.微幅的摆动	1.将轴和轴承座固定 2.采用油润滑 3.适当预紧以减轻振动
	1.微动磨损 2.在配合面上伴随有红褐色磨损粉末的局部磨损	配合面微小游隙导致的滑动磨损	1.采用大的过盈量 2.涂油
	滚道面，滚动面，挡边面，保持架等的磨损	异物侵入，润滑不良，锈蚀	改善密封装置，清洗轴承座，使用清洁的润滑剂
	1.蠕变 2.配合面上的擦伤磨损	1.过盈量不足 2.紧定套锁紧不足	修改过盈量，修正紧定套的锁紧量
咬粘	滚道面，滚动体，档边面变色，软化熔敷	游隙过小，润滑不良，安装不良	1.重新检查配合及轴承（内部）游隙 2.适量供给合适的润滑剂 3.改进安装方法及与安装相关的零件
电蚀	滚道面上搓衣板状的凹凸	因通电造成的电火花引起的熔融	采用地线，避免电流通过轴承，将轴承绝缘
锈蚀腐蚀	轴承内部，配合面等的锈蚀及腐蚀	1.空气中的水分凝结 2.微动磨损 3.腐蚀性物质的侵入	高温、多湿地方要注意保管 长期停机时、注意防锈

2 轴承的清洗或更换可在现场进行，否则应返回专业齿轮箱修理单位处理；

3 应检测滚动轴承的径向游隙，若出现较大偏差，应及时采取相应措施。

4.4.5 应检查齿轮箱轴表面状态，包括锈蚀、麻点、凹坑、裂纹等损坏现象。轻微损坏可抛光处理；严重时应返回齿轮箱修理单位修复或更换。

4.4.6 箱体和端盖的密封失效或分解后，应更换同型号密封件。箱体与箱盖合箱后应齐平，其每边错位量应符合表 4.4.6 的规定。

表 4.4.6 箱体每边的错位允许量（mm）

箱体总长	≤600	>600-1200	>1200
箱体与箱盖允许的每边错位量	≤3	≤4	≤5
箱体与箱盖接触密合性	≤0.05	≤0.1	≤0.15

4.4.7 齿轮油运行一段时间后,应进行油质化验,并根据化验结果决定是否更换。更换的齿轮油质量指标应符合表 4.4.7 的规定。

表 4.4.7 L-CKD 工业闭式齿轮油更换指标

项目	换油指标
外观	异常
40°C时标准运动粘度变化率 (%)	±15
水分 (%)	>0.5
机械杂质 (%)	≥0.5
铜片腐蚀 (100°C, 3h)	≥3b
梯姆肯 OK 值 (N)	≤178
酸值增加 (mgKOH/g)	≥1
铁含量 (mg/kg)	≥100
抗乳化度 (min)	≤15

4.4.8 应根据齿轮箱的运行温度,检查风扇冷却、强制冷却的冷却效果是否满足要求,对损坏的部件或设备进行修复或更换。

4.4.9 应清理电加热器部位的油污;检查电加热器导线,紧固和处理导线接头处的氧化膜;更换不合格和损坏的加热管。

4.4.10 应检查温度监测失效原因,并进行相应更换。

4.4.11 齿轮箱修复或更换的判定标准应符合表 4.4.11 的规定。

表 4.4.11 齿轮箱修复或更换判定标准

类型	轴承孔直径 (mm)	最低公差等级 9 级	说明	修复	更换
轴系不柱度	≤120	>0.022	孔磨损或原件精度等级低,镗铣床修复	√	—
	>120~400	>0.036	孔磨损或原件精度等级低,镗铣床修复	√	—
	>400~500	>0.04	孔磨损或原件精度等级低,镗铣床修复	√	—
轴承孔磨损	整体孔 H7 分体孔 H6	—	轻微磨损,单边磨损量≤0.20mm,刷镀修复	√	—
		—	中度磨损,0.2<单边磨损量≤0.50mm,冷焊修复	√	—
		—	严重磨损,单边磨损量>0.50mm,扩孔镶套	√	—
开裂	—	—	轴承孔、机体壁、地脚板、螺栓孔等	—	√
内部连接螺纹孔损坏	—	—	扩较螺纹孔,定制新螺柱	√	—

续表 4.4.11

类型	轴承孔直径 (mm)	最低公差 等级 9 级	说明	修 复	更 换
外部连接 螺纹孔损 坏	—	—	扩铰螺纹孔, 采用内外螺纹套修复, 内螺 纹孔符合原要求; 扩铰螺纹孔	√	—
机体翘曲	—	—	螺栓紧固后, $0.05\text{mm} < \text{中分面缝隙}$ $\leq 0.1\text{mm}$ , 中分面增开密封槽+O 型圈方式修 复	√	—
	—	—	螺栓紧固后, $0.1\text{mm} < \text{中分面缝隙}$ , 对中 分面和轴承孔镗铣床修复	√	—
输入轴密 封处	—	—	存有磨损缺陷, 激光熔覆	√	—
输出轴密 封处	—	—	存有磨损缺陷, 激光熔覆	√	—

4.4.12 齿轮箱现场检修需进行焊接操作时, 应在焊接位置进行接地处理。

4.4.13 对强制外循环的齿轮油系统, 应检查稀油站(油泵、冷却器等)及相关管路控制阀门, 对损坏部件进行更换。

## 4.5 电动机检修

4.5.1 电动机的检查部件应包括: 定子、转子、滚动轴承、冷却器及通风系统、各测温元件及电加热装置。

4.5.2 电动机部件检查项目和内容应包括:

1 定子检查应包括下列内容:

检查绕组是否有故障迹象, 如单相运行、浪涌损伤、相间短路、匝间短路、逆变器故障诱因、接地或过载。

- 1) 必要时, 宜使用内窥镜检查线圈端部支架是否松动或有磨损粉末;
- 2) 绝缘是否有烧损、开裂、位移、脆化或局部放电迹象;
- 3) 定子槽楔或填料是否松动或损坏;
- 4) 表面是否受到油、灰尘或湿气污染;
- 5) 叠片、通风槽片或齿压片是否松脱或有缺陷;
- 6) 是否有因匝间绝缘短路引起的烧损;
- 7) 定子内圆铁芯叠片是否因转子触碰或松动部件冲撞而损坏;

8) 是否有因进水或冷凝引起的松散灰尘、水痕或生锈迹象。

## 2 转子检查应包括下列内容：

根据转子的重量和尺寸，宜按安全操作规程拆卸转子，避免损坏铁芯表面。在拆卸过程中，转子铁芯表面不应有刮伤。必要时，宜使用转子拆卸工具。宜检查以下项目：

1) 转子轴伸、轴颈或装配面和密封面的跳动总量，应符合表 4.5.2 的规定。该表适用于刚性底脚安装和凸缘安装的电机。无特殊指定时，宜采用选择 1 的允许值；

2) 转子外径与轴颈或装配面的同心度应符合设计要求；

3) 拆解转子时，宜记录任何轴向止推垫圈的准确位置；

4) 检查之前修理或机加工过的转子的精度和公差；

5) 检查定子与转子之间是否有接触，叠片是否存在潜在过热点；

6) 检查轴、冷却风扇和转子轴的其他附件是否有裂纹，以及与轴的连接强度；

7) 检查轴的平直度、磨损、裂纹和轴端是否损坏。

表 4.5.2 轴伸跳动的公差 (mm)

轴伸直径名义值		最大允许差值 (轴跳动)	
大于	小于或等于	选择 1	选择 2
6	10	0.030	0.015
10	18	0.035	0.018
18	30	0.040	0.020
30	50	0.050	0.025
50	80	0.060	0.030
80	120	0.070	0.035
120	180	0.080	0.040
180	250	0.090	0.045
250	315	0.100	0.050
315	400	0.110	0.055
400	500	0.125	0.063
500	630	0.140	0.070

### 3 滚动轴承检查应包括下列内容：

- 1) 检查轴承安装在轴上和轴承室中的配合情况，并符合建议的公差；
- 2) 检查轴承室安装在机座上的配合情况，并符合建议的公差；
- 3) 检查止推轴承的方向，确认其与制造商给出的方向相同；
- 4) 润滑脂通道和管道应畅通、无污染。维修时，开型轴承填充润滑脂的数量和类型应符合轴承制造商的规定。过度润滑会增加轴承损耗，降低效率；多余的润滑脂进入外壳时，可能引起绝缘和换向问题；
- 5) 检查绝缘轴承的绝缘电阻，确保其处于可接受的水平。在 500 V 电压下测试时，绝缘电阻应大于 1.0 M $\Omega$ ；
- 6) 检查轴承是否有轴电流损坏迹象，或由变频器驱动放电或接地不充分引起的搓衣板状痕迹。

### 4 冷却器及通风系统检查应包括下列内容：

为确保正确和节能的通风，宜检查以下项目，确保它们符合技术说明运行。

- 1) 风罩、放气窗及其附件；
  - 2) 内部和外部风扇；
  - 3) 辅助风机；
  - 4) 风路系统（限制可能导致过热）。
- ### 5 各测温元件及电加热装置检查应包括下列内容：

检查热敏电阻、加热器、温度传感器和相关接线等附件是否损坏。

- 6 气隙、磁中心等检查应符合本标准第 5.5.4 条和第 5.5.6 条的规定。

#### 4.5.3 电动机定子修复及要求应包括：

- 1 检查定子铁芯齿部、轭部、铁芯穿心螺栓、定子绕组端部垫块等是否松动，有缺陷时应进行紧固处理；
- 2 检查定子绕组端部固定部件是否牢固、绕组端部及线棒接头处绝缘是否良好、极间连接线绝缘是否良好。如有缺陷，应重新包扎并涂绝缘漆，或拧紧压板螺母或重新焊接线棒接头。线圈损坏应返厂处理；
- 3 检查定子绕组槽部出口有无损坏、槽口垫块有无松动、槽楔和线槽是否有松动和窜动以及凸出定子内圆现象。检查合缝处硅钢片有无错位，有缺陷均应返厂处理；

4 铁芯检修及修复应符合下列要求：

1) 铁芯所有被识别为过热点的区域应修理、重新绝缘、安装新的叠片或新的铁芯；

2) 可通过再利用现有叠片或安装新叠片来拆解和重新组装铁芯。再利用现有叠片时，损坏的叠片应重新绝缘；使用新叠片时，宜采用低损耗电工钢，并优化电机定子设计以提高效率、降低铁损。低损耗电工钢可能会增加励磁电流；

3) 铁芯冲片叠压的紧密度和槽不规则度应在可接受的范围内，如果更换转子，铁芯相对定子不应发生轴向位移；

4) 如果叠片表面不均匀，或被机械损伤涂抹在一起，则可以通过仔细蚀刻或研磨来修复损伤。铁芯不宜过度打磨和锉削。应注意不要增加杂散损耗，影响电机效率；

5) 在提取铁芯前使用热解炉或燃烧炉碳化绕组绝缘时，应控制温度，保护磁性叠片的电气和绝缘特性。电机宜水平放置在烘箱中，避免因烟囱效应造成损坏。不宜在定子上施加不受控制的温度或使用热喷枪。燃烧炉温度宜控制在 360 °C~370 °C 之间，该温度范围适用于大多数现代电工钢和层间绝缘。

5 如绝缘水平下降，或清除由于松动而产生的锈粉，可喷涂绝缘漆。喷涂前应先对绕组进行干燥，绝缘符合要求后，喷涂绝缘漆，并进行干燥处理。喷涂时，绕组外露部分应无任何遗漏。绕组绝缘应符合表 4.5.3 的规定；

表 4.5.3 基准温度 40°C 时绝缘电阻的最小推荐值

试验对象绕组类型	绝缘电阻最小值 $R$ (M $\Omega$ )
虫胶和沥青基高压绝缘结构和所有励磁绕组	额定电压 (kV) +1
合成树脂基高压绝缘结构和所有励磁绕组	100
低压散线绕组、成型绕组及直流电枢	5

注： $R$  是电机整个绕组的建议最小绝缘电阻值，单位为兆欧 (M $\Omega$ )，应校正至 40°C 的基准温度。额定电压 (kV) 是端对端额定电压的有效值。

6 相平衡试验内容应包括：

通过对空定子的每相或任何一对端子之间施加约 15% 的额定电压，使电流近似额定值，得出相应电阻值，并比较结果，如有明显的不平衡应进行调查。判定标准宜符合制造商的规范，一般情况下，成型绕组的每相电阻宜相差 1% 以内，散绕绕组宜相差 3% 以内；

7 经处理后定子绕组耐压试验结果不符合现行《泵站设备安装及验收规范》SL/T 317 的规定或其它无法修复的，应更换定子绕组；

8 检查测量绕组绝缘电阻、极化指数、吸收比、直流电阻及直流泄漏电流，并进行直流耐压试验，试验结果应符合现行《泵站设备安装及验收规范》SL/T 317 的规定。不满足要求时，应进行相应处理；

9 检查绕组中的测温元件有无损坏，更换损坏元件；

10 检查定子有无油垢等脏污，定子铁芯通风沟及铁芯背部板有无杂物，进行相应清理和清扫；对空-水冷却或空-空冷却的异步电动机，检查定子有无锈蚀，进行除锈处理；

11 主出线、中性点的连接应满足下列要求：

1) 汇流排接触面应平整，无氧化、烧熔现象；

2) 更换锈蚀的连接螺丝，螺丝连接后，用 0.05 mm 塞尺检查接触面：线宽 80 mm 及以上时，塞入深度不应超过 6 mm；线宽小于 80 mm 时，塞入深度不应超过 4 mm。

12 2000 kW 及以上的电动机，须检查电流互感器二次线路连接是否紧固、有无氧化现象；

13 避雷器（如有）的检查应符合现行《电力设备预防性试验规程》DL/T 596 的规定。

#### 4.5.4 电动机转子修复及要求应包括：

1 检测转子与定子之间的空气间隙，不满足要求时应予以调整，气隙应符合 5.4.6 的规定；

2 检查转子固定螺栓应无松动，点焊处无开裂，不满足应进行相应处理；

3 转子轴法兰面应无锈蚀、无碰伤，螺孔与销孔边缘有突出的，用油光平锉（细齿平锉）处理；

4 轴颈工作面有划痕、锈蚀和突出点，应清除痕迹，研磨抛光，粗糙度符合设计要求。如发生烧轴现象，应先刮去轴颈上的附着物，再进行研磨抛光处理。处理后涂油保护；

5 清理电动机轴表面并涂漆，检测转子有无油垢等脏污，清洗；

6 可用小锤轻敲风扇叶片，有无松动、有无裂纹，相应进行处理；

7 转子铁芯应正确安装在轴、套筒或支架上。检查转子铁芯外径是否有摩擦、机械损伤、缺件和叠片绝缘短路引起的烧损。检查导条和端环的完整性，可选择下列测试：

1) 电枢短路试验检查转子导条周围磁路，可通过产生的场图观察出压铸转子中的断条或缺陷问题；

2) 敲打导条来检查槽中转子导条的紧密性；

3) 检查转子护环是否有裂纹（如安装）；

4) 检查转子槽楔是否有裂纹（如安装）。

#### 4.5.5 电动机轴承修复及要求应包括：

1 检查轴承的滚子、内圈和外圈有无损坏；检测轴承游隙是否符合要求；轴承有无磨损、裂纹、受热变形或电蚀损伤等现象。根据轴承失效情况，应按表 4.3.3 的规定进行相应处理；

2 检查电动机前端轴承承受轴向力的情况，当电机承载轴向载荷过大时，可能会出现噪音及振动增大、滚道承载轴向力位置出现表面剥离、烧伤、裂纹或保持架破损等问题，此时应考虑轴向载荷或冲击负荷过大。根据轴承失效情况，按表 3.3.3 要求进行相应处理，或更换新轴承；

3 检测轴承与轴颈的配合间隙，磨损导致间隙过大或出现跑内圈现象时，应进行相应处理。轴在线修复方法可包括电刷镀、接触面打麻点、聚合物涂料修复等；轴拆卸下线修复方法可包括电解槽电镀、电焊机加工等；

4 检查注油孔是否畅通，并进行相应处理。检修时应更换同牌号轴承润滑油脂；

5 检查轴承密封是否损坏，检测轴承与端盖的配合位置，轴承检修时应更换轴承密封圈；

6 如需更换轴承，则更换的轴承宜与原始制造商的规格相同，或具有与原轴承相一致的尺寸、类型、间隙和精度等级。

#### 4.5.6 通风及冷却器维修内容应包括：

1 不规范的风扇可能影响电机的冷却和效率，应及时更换不满足使用要求的风扇；

2 确保冷却器内应无泥沙、水垢等杂物，清洗冷却器，外观应完好，无铜

绿、锈蚀斑点及损伤；更换老化、破损的冷却器密封垫；冷却器清洗后应按设计要求进行强度耐压试验。

4.5.7 更换老化、磨损的测温元件；检查测温装置显示温度的变化与实际温度变化是否有差异。有差异时，应查明原因，校正误差或更换测温元件；测温系统各连接点应连接正确，连接线绑扎牢固，测温仪指示温度应准确，报警、跳闸温度整定值应符合要求。

4.5.8 清理电加热器部位的灰尘、杂物和油污；电加热器导线连接应紧固，更换锈蚀的螺栓及老化、破损的导线，处理导线接头处的氧化膜；更换不合格或损坏的加热管，绝缘电阻应符合现行《金属管状电热元件》JB/T 2379 的规定。

4.5.9 检查和处理箱体及基础螺栓的松动、点焊处的开裂和销钉的窜出；电动机机座与基础板结合面缝隙应符合现行《泵站设备安装及验收规范》SL/T 317 的规定，基础板下方的斜铁应无松动；更换有裂缝、开焊、变形等缺陷的电动机箱体，更换变形的电动机底板及损坏的基础螺栓；止推装置应具有良好的承受斜向力能力。

## 4.6 联轴器检修

4.6.1 联轴器检修一般规定如下：

1 斜式轴流泵机组常用联轴器主要包括齿式联轴器、蛇形弹簧联轴器、弹性柱销联轴器（含套柱销）和弹性膜片联轴器等型式；

2 不同结构型式的联轴器，其检修工艺与技术要求各异，检修时应根据具体型式的特点和要求进行检查与维修；

3 联轴器的同轴度调整是保证机组轴线对中的基础，应作为检修工作的重点；

4 联轴器检修前，应检查其联接状况、端面间隙及对中数值，测量数据应记录并存档，对偏差应及时进行调整。

4.6.2 齿式联轴器检修及要求应符合下列规定：

1 测量联轴器外齿圈的径向圆跳动，其值应不大于 0.03mm；端面圆跳动应不大于 0.02mm；

2 检查齿面啮合情况。齿面接触斑点沿齿高方向应不小于 50%，沿齿宽方向应不小于 70%，连续啮合齿数应不低于总齿数的 90%；

3 齿面不得有严重点蚀、过度磨损和裂纹。齿面存在轻微损伤时，可进行修磨处理；若损伤超过规定限度，应予更换；

4 检修时应彻底清洗齿部，并更换新润滑剂；

5 检查连接螺栓组件，如有损坏或缺陷应更换。该组件为力矩传递的关键件；

6 对齿轴套、内齿套的齿部进行检查，重点检查是否存在挤压塑性变形、磨损、断齿等缺陷，并根据检查结果进行修复或更换。该部件为力矩传递的关键件；

7 更换密封透盖内的密封圈；

8 检查齿轴套内孔及内孔键槽，重点检查是否存在磨损、挤压变形等缺陷，并根据检查结果进行修复或更换。

#### 4.6.3 蛇形弹簧联轴器检修及要求应符合下列规定：

1 检查蛇形弹簧的安装位置是否正确。安装位置偏差应符合产品制造厂的技术要求；

2 检查蛇形弹簧是否存在断裂、塑性变形等失效现象，对已失效的弹簧应予以更换；

3 检修时应彻底清洗联轴器，并更换新润滑剂；

4 检查蛇形弹簧联轴器齿轴套内孔及内孔键槽，重点检查是否存在磨损、挤压变形等缺陷，并根据检查结果进行修复或更换。

#### 4.6.4 弹性柱销联轴器检修及要求应符合下列规定：

1 检查弹性套（或橡胶圈）是否存在老化、裂纹、压缩永久变形等缺陷，对已失效的弹性套应予以更换；

2 检查柱销是否存在磨损、弯曲、裂纹等缺陷，对已失效的柱销应予以更换；

3 检查半联轴器轴套内孔及内孔键槽，重点检查是否存在磨损、挤压变形等缺陷，并根据检查结果进行修复或更换。

#### 4.6.5 弹性膜片联轴器检修及要求应符合下列规定：

1 检查膜片组是否存在磨损、裂纹、断裂、永久变形及锈蚀等缺陷，对有损坏的膜片组应成套更换；

2 检查各联接螺栓、紧固螺栓、隔圈、支撑圈等附件是否存在裂纹、变形、螺纹损坏等缺陷，对有损坏的附件应予以更换；

3 检查半联轴器轴套内孔及内孔键槽，重点检查是否存在磨损、挤压变形等缺陷，并根据检查结果进行修复或更换。

## 5 恢复安装

### 5.1 一般规定

5.1.1 机组应在解体、清理、保养及检修完成后进行安装，安装顺序应为先固定部件后转动部件。安装时，固定部件中心应与转动部件中心重合，各部件的高程和相对间隙应符合设计文件或制造厂要求。固定部分的同轴度与高程，转动部分的轴线摆度、垂直度（水平）、中心位置及间隙等应为安装质量控制的关键项目。

5.1.2 各部件结合安装前，应核对原所作的标记或编号，确保复装后保持原有的配合状态。

5.1.3 总装时应先安装定位销钉，再安装紧固螺栓；关键部位螺栓装配时应使用扭矩扳手；各部件的螺栓安装时，应在螺纹处涂抹铅油，螺纹伸出长度宜为 2 扣~3 扣。不锈钢紧固件应使用专用的防氧剂。

5.1.4 设备组合面应光洁无毛刺；各连接法兰面的垫片（如石棉、纸板、橡胶板等）应拼接或粘接正确，确保安装后与原状态一致。平垫片应采用燕尾槽拼接。

5.1.5 法兰连接的 O 形密封圈沟槽，表面粗糙度  $Ra$  不应大于  $1.6\mu m$ ，沟槽边缘应倒圆，圆角半径  $0.5mm\sim 1mm$ ，其三角形沟槽和矩形沟槽的尺寸应符合表 5.1.5-1 和表 5.1.5-2 的规定。

表 5.1.5-1 法兰三角形槽用 O 形密封圈尺寸（mm）

O 形密封圈直径	1.9	2.4	3.1	3.5	5.7	8.6	12
三角形槽宽	2.5	3.2	4.2	4.7	7.5	11	16.5

表 5.1.5-2 法兰矩形沟槽用 O 形密封圈尺寸（mm）

槽宽	2.5	3.2	4.4	7
槽深	1.5	1.9	2.5	5
O 形密封圈直径	1.9	2.4	3.1	5.7

5.1.6 机组合缝的检查应符合下列要求：

- 1 合缝间隙应用  $0.05mm$  塞尺检查，不应通过；
- 2 当允许局部间隙时，可用不大于  $0.10mm$  塞尺检查，深度不应超过组合面宽度的  $1/3$ ，总长度不应超过周长的  $20\%$ ；
- 3 组合缝处的安装面高差不应超过  $0.10mm$ 。

5.1.7 部件安装定位后，应按设计要求安装定位销。各连接部件的销钉、螺栓、螺母均应按设计要求锁定或点焊牢固。有预应力要求的连接螺栓应测量预紧力，并应符合设计要求。

5.1.8 对大件起重、运输应制定操作方案和安全技术措施；起重机的各项性能应预先检查、测试并逐一核实。大型斜式轴流泵壳体起吊时应考虑变形控制。

5.1.9 不得以管道、设备、脚手架或脚手架平台等作为起吊重物的承力点。利用建筑结构起吊或运输大件时，应对结构进行强度验算。

5.1.10 对需进行水压、油压或渗漏试验的设备或部件，应根据现行《泵站设备安装及验收规范》SL/T 317 及设计要求进行相应试验。

## 5.2 水泵恢复安装

5.2.1 水泵基础应按原标记就位，其恢复安装高程和尺寸偏差应符合下列规定：

- 1 基础安装高程偏差应为-5mm~0mm；
- 2 基础水平度偏差不应大于 1mm/m；
- 3 基础地脚螺栓孔间距偏差：长度方向（轴向）允许偏差±5mm，宽度方向（垂直轴向）允许偏差±2mm。

5.2.2 叶轮室恢复安装应符合下列规定：

1 安装前应检测叶轮室直径和内圆度，在叶片进水边和出水边位置所测半径与平均半径之差，不应超过叶片间隙设计值的±10%；

2 叶轮室中心高程偏差应小于±1mm；横向水平度偏差不应大于 0.2mm/m；X、Y 基准线平面位置偏差应小于±2mm；

3 叶轮外壳合缝间隙应符合本标准第 5.1.6 条的规定，密封材料型号及规格应满足制造厂要求；

4 叶轮室安装角度应按进水侧与出水侧端面分半面交点高程控制，偏差应小于±1mm。

5.2.3 叶轮恢复安装应符合下列规定：

1 叶片和轮毂进行过较大修补且影响静平衡时，应进行静平衡试验；

2 安装前应检查叶片安放角，保证各叶片角度一致，满足安全稳定运行要求；

- 3 叶片与轮毂固定后，应用环氧树脂填实螺丝孔，保证流道平顺。

#### 5.2.4 叶片间隙应符合下列规定：

1 应在至少四个方位测量叶片进水边、出水边和中部与叶轮外壳的径向间隙，各位置平均间隙之差的绝对值不宜超过平均间隙值的 20%；

2 考虑运行中轴承油膜及轴系变形影响，叶片下部间隙应小于上部间隙，具体数值应符合设计要求。

5.2.5 叶轮就位后，其中心应与叶轮室中心对准，轴线位置偏差不应大于 0.5mm，且宜向出水侧偏移。

#### 5.2.6 导叶体恢复安装应符合下列规定：

1 安装前应检查分半导叶体有无变形，内筒体合缝应符合技术要求；

2 导叶体安装就位前，应检查止口完好性，确保与叶轮室准确对接；

3 导叶体合体就位后，应安装水导轴承上下半部（可分半吊入）、定位销和联接螺栓，并将组合好的水导轴承压入承插口止口；

4 分半面合缝间隙应符合第 5.1.6 条的规定，密封材料应符合制造厂要求；

5 就位后应保证水导轴承座的安装位置准确。

#### 5.2.7 水导轴承恢复安装应符合下列规定：

1 导轴瓦与轴颈间的间隙应符合设计要求，如设计未做要求，导轴瓦与轴颈的顶间隙应为轴颈直径的 1/1000~1/800，两侧间隙各为顶间隙的一半，偏差不应超过 10%；

2 导轴瓦与轴颈的接触角应符合设计要求，宜为 60°~90°，沿轴瓦长度应接触均匀，接触点密度为 1 点/cm<sup>2</sup>~3 点/cm<sup>2</sup>；

3 球面配合的导轴瓦与轴承，球面轴瓦与球面座的接触面积应不小于 75%，分布均匀；轴承盖拧紧后，球面瓦与球面座之间的间隙应符合设计要求；组合后的上下球面瓦、上下球面座的水平结合面不应错口；

4 顶间隙调整应采用垫片，垫片总厚度应相等且不得接触轴颈，离轴瓦内边缘不宜超过 1mm；

5 密封装置安装后应进行耐压试验，试验压力应为工作压力的 1.25 倍，保持 30min 无渗漏；

6 安装后，轴瓦间隙应能形成稳定油膜，保证运行安全。

#### 5.2.8 弯管恢复安装应符合下列规定：

1 应确保弯管上安置的推力径向组合轴承位置的准确性，以确保轴承和轴系的精准性；

2 弯管安装前，应检查配合，有止口的弯管应检查止口的完好性，保证与导叶体准确连接。

5.2.9 推力径向组合轴承座恢复安装应符合下列规定：

1 油室应清洁，油路畅通；

2 两轴承孔同轴度偏差不应大于 0.1mm；横向水平偏差不应大于 0.2mm/m；纵向倾斜与机组中心线平行度偏差不应大于 0.1mm/m；

3 轴孔中心高程应计入支撑变形值；

4 加垫调整时，垫片不应超过 3 片，且应穿过基础螺栓；

5 预装轴承座端盖时，轴承座与轴承盖的水平结合面的检查，应在螺栓紧固后进行，且结合面用 0.05mm 塞尺检查不得插入；

6 端盖与转轴间隙宜为 0.2mm，分半对口间隙不大于 0.1mm；

7 轴承座与基础板的组合缝间隙应符合本规程第 5.1.6 条的规定；

8 润滑油回路和温度监测装置应检验合格。

5.2.10 组合轴承恢复安装应符合下列规定：

1 斜式轴流泵组合轴承采用滚动轴承，恢复安装前，应检查滚动轴承清洁度、工作面状态及转动灵活性；

2 采用温差法装配时，加热温度不应高于 120℃；

3 滚动轴承内圈与轴的装配应配合适当，外圈不应歪扭；

4 装配后的推力轴承其轴向间隙应满足设计要求，如设计无明确要求时，宜为 0.3mm~0.6mm；

5 装配的组合轴承润滑剂型号和注油量应符合制造厂规定。

5.2.11 泵轴密封恢复安装应符合下列规定：

1 填料函内侧挡环与轴颈的单侧径向间隙应为 0.25mm~0.5mm；

2 水封孔道应畅通，水封环应对准进水孔；

3 填料接口应严密，两端搭接角度宜为 45°，相邻两层填料接口应错开 120°~180°；

4 填料压盖与轴颈周向间隙应均匀，松紧适当。

5.2.12 泵轴恢复安装应符合下列规定：

- 1 泵轴应在壳体合体前就位并连接叶轮，不得先与齿轮箱或联轴器连接；
- 2 各轴颈处外圆（水导轴颈处、主轴密封处）径向跳动不应大于 0.05mm；联轴器处轴颈摆度值不应大于 0.05mm。

5.2.13 盘车及轴系调整应符合下列规定：

- 1 盘车时应考虑轴承间隙、油膜上浮及水压差的影响；
- 2 应以水导轴承下半组合面为基准架设专用水平仪支架，测量倾斜度偏差不应大于 0.1mm/m（即测量中应将水平仪调整 180°测量二次，各测量部位水平仪读数偏差不应大于 0.1mm/m）；
- 3 应测量并调整叶片、水导轴承及组合轴承的间隙，保证同轴度满足原测量或技术规定的新要求；
- 4 轴系调整应满足下列要求：
  - 1) 以组合径向轴承为支撑限位点；
  - 2) 泵轴倾斜度偏差符合设计要求；
  - 3) 叶片间隙符合本规程第 5.2.4 条的规定；
  - 4) 水导轴承间隙符合本规程第 5.2.7 的规定。

### 5.3 齿轮箱恢复安装

5.3.1 齿轮箱恢复安装应符合下列规定：

- 1 本条款适用于齿轮箱现场检修后、或返厂检修及更换后的恢复安装；
- 2 齿轮箱现场检修的主要项目和内容应包括：
  - 1) 开箱检查齿轮、轴承等部件；
  - 2) 拆卸轴承并进行清洗或更换；
  - 3) 修复齿轮齿面的轻微磨损。
- 3 返厂检修或更换的齿轮箱运抵现场后，应检查其检修报告、质量检验记录，并检查箱体在运输过程中有无撞击、轴系移位等现象；
- 4 返厂检修或更换的齿轮箱在安装前，应进行以下工作：
  - 1) 检查并清理零部件，确保其完整、完好；
  - 2) 检查箱体内壁耐油防护漆层的质量；
  - 3) 对采用冷却盘管的冷却系统，安装前应进行压力试验。

### 5.3.2 齿轮箱轴承装配内容应包括：

1 轴承经清洗或更换前，应清洗轴颈。轴承宜采用热套法安装，并应依次装于主、从动齿轮的两端轴上；

2 轴承安装前应检查游隙，安装后的游隙应符合制造厂的技术要求；

3 轴承装配后，应进行检查并满足以下要求：

1) 轴系的同轴度不应大于 0.025mm；

2) 箱体基础底面的平面度应不大于 0.08mm/m<sup>2</sup>。

5.3.3 箱体闭合前，应在中分面上均匀涂敷密封胶，安装密封条，最终完成上盖的合拢。

5.3.4 箱体就位前，应检查以下项目，并满足要求：

1) 检查固定基础（含止推装置）有无移位或偏离。若有，应将其恢复至原设计要求的安装位置；

2) 检查箱体底板与基础的接触面，应平整并保证所需的接触面积。

5.3.5 应检查并调整齿轮箱箱体的倾斜度，使其与机组轴线倾斜度一致。

5.3.6 箱体基础应采用螺栓与垫铁配合进行精细调整，以确保箱体安装的标高、水平度和中心位置符合设计要求。

## 5.4 电动机恢复安装

5.4.1 电动机恢复安装应符合下列规定：

1 电动机恢复安装适用于现场检修后的恢复安装、电动机返厂检修或更换电动机后的安装；

2 电动机现场检修项目和内容应包括：

1) 抽转子后的各项检查；

2) 轴承清洗；

3) 定子和转子清扫；

4) 相关电气试验及检查。

3 现场抽转子检查后、安装前，应检查清理零部件的完整性与完好性；清洗部件后应用压缩空气吹净；机座、端盖内表面、轴承盖、转轴等非配合表面应清理干净，方可进行喷漆处理；

4 电动机整体返厂检修或更换后，设备运抵现场时应检查返厂检修报告和

质检记录，并检查运输途中是否有箱体撞击、轴系移位等现象。若采用空—水冷却器，安装前应进行压力试验。

#### 5.4.2 电动机转子和轴承装配内容应包括：

1 解体的电动机在转子穿入定子前应先进行相关电气试验，确认定子和转子无故障后方可穿入。穿入前应清扫和检查内部，确保无杂物。转子穿入定子前，应在定子内圆周布置厚度小于电机气隙的非金属软质材料（如小木条），以保护定子和转子线圈；

2 先将两端轴承内盖装于电动机轴上，再采用热套法将清洗干净的轴承装配到轴上；

3 安装两侧端盖，按要求加注润滑脂，再安装轴承外盖；

4 轴承安装前应检查游隙，安装后的游隙应符合制造商技术要求；

5 装配轴承后，应检查以下项目，并满足要求：

1) 轴系同轴度应不大于 0.025mm；

2) 箱体基础底面平面度应不大于 0.08mm/m。

5.4.3 定子与转子轴向中心的调整应满足：根据电机标注的定、转子磁力中心位置，应使定子中心相对于转子中心向电机固定端轴承侧偏移。偏移值应符合制造商规定，或取电动机满负荷运行时轴热膨胀伸长量的一半。电动机轴的热膨胀系数宜取 0.011mm/(m·°C)。

5.4.4 对于标注有磁力中心位置的电动机，恢复安装后应保证磁力中心偏移量小于定子铁芯有效长度的 0.5%。

5.4.5 斜式电动机应以前端设备为基准进行找正对中，安装要求应符合本规程第 5.2.9 条第 2 款的规定。

#### 5.4.6 电动机气隙检测内容应包括：

1 测量定子与转子的气隙时，每个磁极的间隙值应取 4 次测量值的算术平均值（每次将转子旋转 90°）。异步电动机气隙的测量位置应在电动机两端同一断面的上、下、左、右四点进行；

2 应检查气隙均匀度，气隙应均匀，任何偏心均可能导致不平衡磁拉力，引起噪声、振动和损耗增大。一般感应电机的各气隙值与平均气隙值的偏差不应超过±10%；2 极电机和大型同步电机的气隙均匀度偏差不应超过 5%，或符合初

始值及制造商技术要求。

5.4.7 电动机的电气试验和检查应按表 5.4.7 所列项目及现行《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》GB 50150 的规定进行。

表 5.4.7 电动机检修试验项目和要求

序号	项目	要求	说明
1	绕组绝缘电阻和吸收比	绝缘电阻值： 1.额定电压 3000V 以下者，室温下不应低于 0.5MΩ 2.额定电压 3000V 及以上者，交流耐压前定子绕组在接近运行温度时的绝缘电阻值应不低于 $U_n M\Omega$ （取 $U_n$ 的千伏数，下同）；投运前室温下（包括电缆）不应低于 $U_n M\Omega$ 3.转子绕组不应低于 0.5MΩ，吸收比不小于 1.3	1.500kW 及以上的电动机，应测量吸收比（或极化指数） 2.3kV 以下的电动机使用 1000V 兆欧表 3.3kV 及以上者使用 2500V 兆欧表 4.有条件时，应分相测量
2	定子绕组的泄漏电流和直流耐压试验	1.试验电压：全部更换绕组时为 $3U_n$ ；检修或局部更换绕组时为 $2.5U_n$ 2.泄漏电流相间差别一般不大于最小值的 100%，泄漏电流为 20μA 以下者不作规定 3.500kW 以下的电动机自行规定	有条件时，应分相进行
3	定子绕组的交流耐压试验	1.检修时不更换或局部更换定子绕组后试验电压为 $1.5U_n$ ，但不低于 1000V 2.全部更换定子绕组后试验电压为 $(2U_n+1000)$ V，但不低于 1500V	1.低压和 100kW 以下不重要的电动机，交流耐压试验可用 2500V 兆欧表代替 2.更换定子绕组时工艺过程中的交流耐压试验按制造厂规定
4	测量定子绕组的直流电阻	1.3kV 及以上或 100kW 及以上的电动机各相绕组直流电阻值的相互差别不应超过最小值的 2% 2.中性点未引出者，可测量线间电阻，其相互差别不应超过 1% 3.应注意相互间差别的历年变化	—
5	定子绕组极性试验	接线变动时应检查定子绕组的极性与连接应正确	1.对双绕组的电动机，应检查两分支间连接的正确性 2.中性点无引出者可不检查极性

5.4.8 箱式电动机就位前应检查固定基础（含止推）有无移位或偏离。如有移位或偏离，应恢复至原设计要求。箱体底板（基础）应平整，保证接触面积符合要

求。

5.4.9 箱式电动机应检查倾斜度，确保与机组轴线一致。

5.4.10 箱体基础应采用螺栓垫片进行精细调整。

## 5.5 联轴器恢复安装

5.5.1 联轴器恢复安装应符合下列规定：

1 联轴器恢复装配时，两轴心径向位移和两轴线倾斜的测量与计算应符合本规程附录 C 的规定；

2 测量联轴器端面间隙时，应使两轴轴向窜动至端面间隙最小位置，再测量其值；

3 拆卸半联轴器轮毂应使用专用工具，不得敲打，避免轴弯曲或损伤。半联轴器加热装配时，应采用热电偶监测温度，避免局部过热；应保护联轴器两端设备的密封；半联轴器轮毂与轴的过盈量宜为 0.01mm~0.03mm；

4 联轴器对中调整应进行径向、轴向和角度调整；

5 应采取安全防护措施，避免因运转导致人身或设备事故。

5.5.2 齿式联轴器装配内容应符合下列规定：

1 齿式联轴器两轴心径向位移、两轴线倾斜和端面间隙的装配偏差应符合设计或制造厂要求；无规定时，应符合表 5.5.2 的要求；

2 齿式联轴器装配允许偏差应符合表 5.5.2 的规定；

表 5.5.2 齿式联轴器装配偏差

联轴器外形最大直径 (mm)	两轴心径向位移 (mm)	两轴线倾斜	端面间隙 (mm)
170~185	0.30	0.5/1000	2~4
220~250	0.45		
290~430	0.65	1.0/1000	5~7
490~590	0.90	1.5/1000	
680~780	1.2		7~10

3 恢复安装中间接筒或其他部件时，应按原有标记和数据装配；

4 应使用力矩扳手均匀拧紧螺栓。

5.5.3 蛇形弹簧联轴器装配内容应包括：

1 安装时应精心找正，对中偏差应符合表 5.5.3 要求；

表 5.5.3 蛇形弹簧联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 (mm)	两轴心径向位移 (mm)	两轴线倾斜	端面间隙 (mm)
≤200	0.1	1.0/1000	1.0~4.0
>200~400	0.2		1.5~6.0
>400~700	0.3	1.5/1000	2.0~8.0
>700~1350	0.5		2.5~10.0

2 应选用注油点温度不低于 150℃、抗离心力、分离稳定性好、无杂质、不腐蚀碳钢和丁腈橡胶的锂基润滑脂；

3 应填充足量润滑脂，直至注油孔中有润滑脂溢出。

5.5.4 弹性套柱销联轴器装配内容应包括：

1 安装前应检查半联轴器表面，不得有裂纹、缩孔、气泡、夹渣等缺陷；弹性套外表应光滑平整，工作面不得有麻点，内部不得有杂质、气泡、裂纹等缺陷；

2 安装时应精心找正，对中偏差应符合表 5.5.4 规定；

表 5.5.4 弹性套柱销联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 (mm)	两轴心径向错位 (mm)	两轴线倾斜	端面间隙 (mm)
71	0.1	0.2/1000	2~4
80			
95			
106			
130	0.15		3~5
160			
190			
224	0.2		4~6
250			
315			
400	0.25		5~7
475			
600			

3 弹性套应紧密安装在柱销上，不得松动；弹性套与柱销孔壁的间隙宜为 0.5mm~2.0mm；柱销螺栓应设防松装置。

5.5.5 弹性柱销联轴器装配内容应包括：

- 1 装配前应检查柱销，不得有缩孔、气泡、夹渣等缺陷；
- 2 联轴器的同轴度及轴向间隙允许偏差应符合表 5.5.5-1 的规定，且轴向间隙不应小于实测轴向窜动值；
- 3 弹性联轴器的端面间隙应符合表 5.5.5-2 的规定，且不应小于实测轴向窜动值。

表 5.5.5-1 联轴器同轴度允许偏差值

转速 (r/min)	刚性连接		弹性连接	
	径向 (mm)	端面 (mm)	径向 (mm)	端面 (mm)
1500~750	0.10	0.05	0.12	0.08
750~500	0.12	0.06	0.16	0.10
<500	0.16	0.08	0.24	0.15

表 5.5.5-2 弹性联轴器的端面间隙

轴孔直径 (mm)	标准型			轻型		
	型号	最大外径 (mm)	间隙 (mm)	型号	最大外径 (mm)	间隙 (mm)
25~28	B1	120	1~5	Q1	105	1~4
30~38	B2	140	1~5	Q2	120	1~4
35~45	B3	170	2~6	Q3	145	1~4
40~55	B4	190	2~6	Q4	170	1~5
45~65	B5	220	2~6	Q5	200	1~5
50~75	B6	260	2~8	Q6	240	2~6
70~95	B7	330	2~10	Q7	290	2~6
80~120	B8	410	2~12	Q8	350	2~8
100~150	B9	500	2~15	Q9	440	2~10

#### 5.5.6 膜片联轴器装配内容应包括：

- 1 安装前应检查膜片表面是否光滑平整、有无裂纹；半联轴器及中间轴应无裂纹、缩孔、气泡、夹渣等缺陷；应清洗两轴端面，检查端面键槽口配合情况；
- 2 膜片联轴器的允许偏差应符合表 5.5.6 的规定；

表 5.5.6 膜片联轴器装配允许偏差

型号	JM I1~6	JM I7~10	JM I11~19	JM II1~8	JM II9~17	JM II18~26	JM II27~30
轴向 (mm)	0.3	0.5	0.6	0.3	0.8	1.3	2.0

续表 5.5.6

型号	JM IJ1~J6	JM IJ7~J10	JM IJ11~J12	JMIJ1~J8	JMIJ9~J17	JMIJ18~J26	JMIJ27~J42
两轴线 倾斜	1/1000		0.5/1000	1/1000			
轴向 (mm)	0.6	1.0	1.2	0.6	1.6	2.6	4.0
两轴线 倾斜	2/1000		1/1000	2/1000			

3 安装后运转一个班次应检查所有螺钉，发现松动应拧紧，重复数次直至无松动；

4 膜片联轴器可不使用润滑剂，为防止高速运转微动磨损，可在膜片间涂二硫化钼等固体润滑剂或进行减磨涂层处理。

## 5.6 机组轴线调整和对中

5.6.1 斜式轴流泵机组由三段轴和两个联轴器组成时，机组轴线调整与对中应分段进行，以相邻前一设备轴线为基准，按水泵、齿轮箱、电动机的顺序逐个调整；斜式轴流泵机组由两段轴和单个联轴器组成时，机组轴线调整与对中，以水泵轴线为基准，按水泵、电动机的顺序逐个调整。

5.6.2 两设备轴线的调整与对中，应将两个半联轴器分别安装到设备轴伸上，再进行轴线调整与对中。

5.6.3 电动机与水泵直连时，应符合下列要求：

- 1 其轴颈跳动量（轴颈不圆度）不应大于 0.03mm；
- 2 推力盘端面跳动量不应大于 0.02mm；
- 3 联轴器端面跳动量应小于 0.01mm；
- 4 两联轴器同轴度不应大于 0.04mm；
- 5 两联轴器倾斜度不应大于 0.02mm。

5.6.4 相邻两设备联轴器的同轴度，可采用钢板尺与塞尺配合测量。

5.6.5 轴线调整与对中宜采用千分表或百分表测量。条件允许时，宜使用激光对中仪，提高对中精度。

5.6.6 轴线调整与对中的具体方法和要求，应符合附录 C 的规定。

## 6 验收

### 6.1 检修质量验收

6.1.1 水泵机组各设备或部件，在检修完成后，检修单位应对已完成的检修工作及时进行自检。自检合格后，向监理单位申请验收。质量验收应按现行《水利水电建设工程验收规程》SL/T 223 和现行《泵站设备安装及验收规范》SL/T 317 的有关规定执行。

6.1.2 质量验收结论分为“合格”“不合格”。验收结论为不合格的，必须进行处理且达到合格标准。

### 6.2 试运行验收

6.2.1 机组检修完成，且质量验收合格后，应进行试运行验收。

6.2.2 试运行前，由检修单位和管理单位共同制定试运行计划。试运行由管理单位负责，检修单位和管理单位共同商定执行操作方。试运行过程中，应做好详细记录。

6.2.3 机组带负荷连续运行应不少于 2h，且各项性能指标应满足下列要求：

- 1 检修后的机组参数应达到机组原始设计性能或新要求的运行标准参数，尤其是检修、恢复后的部件应达到和满足设备的设计或原状要求；
- 2 机组各部位振动值不超过表 6.2.3 的规定允许数值；

表 6.2.3 斜式水泵机组振动限值表单位

项目	额定转速 $n/(r/min)$			
	$n \leq 100$	$100 < n \leq 250$	$250 < n \leq 375$	$375 < n \leq 750$
机组各轴承振动（通频振动幅值） (mm)	0.11	0.09	0.07	0.05

注：振动值指机组在额定转速、正常工况下的测量值。

- 3 机组各部分温度，特别是各轴承不超过规定值；
- 4 各部轴承、油槽所用油质合格，油位合格；
- 5 机组各密封装置工作正常，各联结部位应无渗漏。

## 6.3 交接验收

6.3.1 机组试运行验收，并正常运行后，应组织交接验收，完成整个机组检修工作。

6.3.2 验收工作应按照现行《泵站设备安装及验收规范》SL/T 317 的有关规定进行。

6.3.3 验收主要包括以下内容：

- 1 检查机组检修工作是否按相关合同要求全部完成；
- 2 检查机组试运行情况，现场测试等合同商定的各检验项目；
- 3 检查机组检修资料完整性和质量合格性；
- 4 审查检修报告、试验报告和试运行情况，检修报告格式和内容应符合附录 E 的规定；
- 5 审查机组是否已具备安全运行条件；
- 6 对验收遗留问题提出处理意见。

## 附录 A（资料性） 斜式轴流泵机组典型结构示例

A.0.1 斜式轴流泵机组的倾斜角有斜 15°、斜 30°、斜 45°等之分，上海地区应用较多的为斜 15°、斜 30°。

A.0.2 斜式轴流泵机组的水泵与电动机传动，有直接传动和齿轮箱减速传动之分。

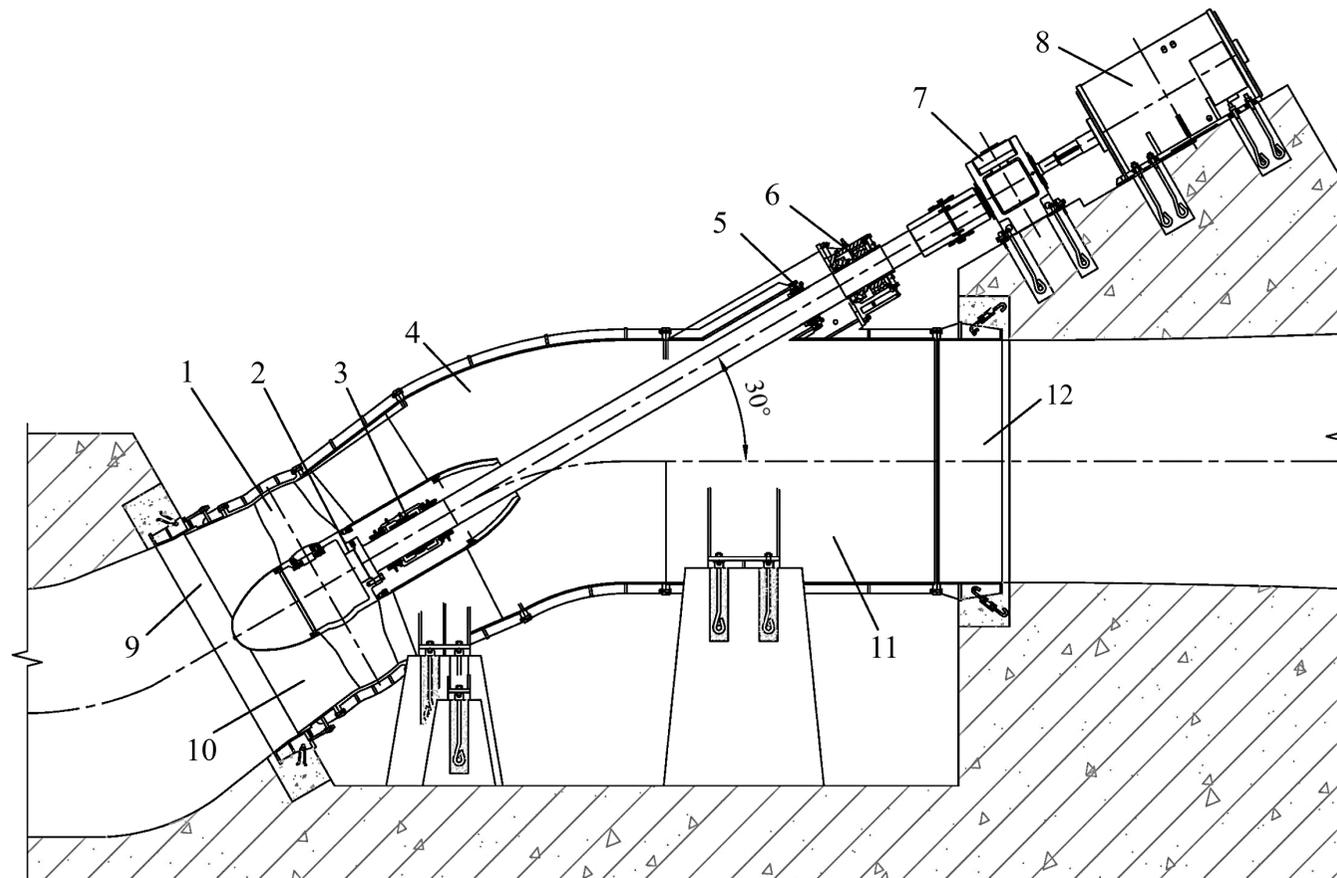
### A.0.3 机组各轴承

斜式轴流泵机组的水泵导轴承为滑动轴承，轴瓦材质为巴氏合金，现在也有采用高分子聚合物材料。巴氏合金轴承基本采用润滑稀油润滑，早期也有采用油脂润滑。高分子聚合物材料轴承可采用清洁水润滑；水泵组合轴承根据其不同结构形式可采用稀油润滑或油脂润滑。

齿轮箱轴承均为滚动轴承，采用极压油润滑。

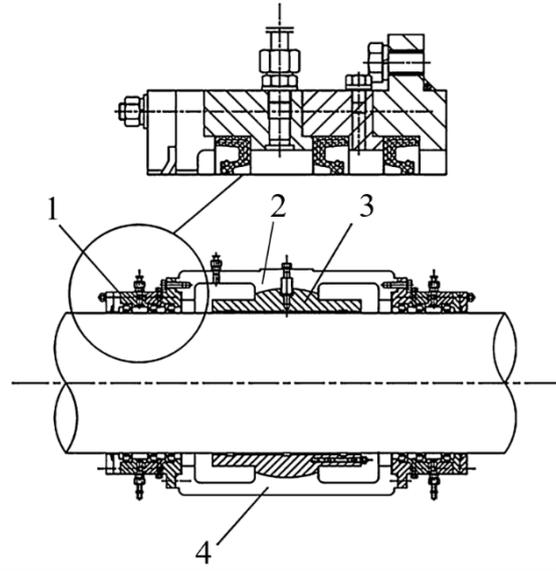
电动机轴承均为滚动轴承，采用油脂润滑。

#### A.0.4 典型斜式轴流泵机组图



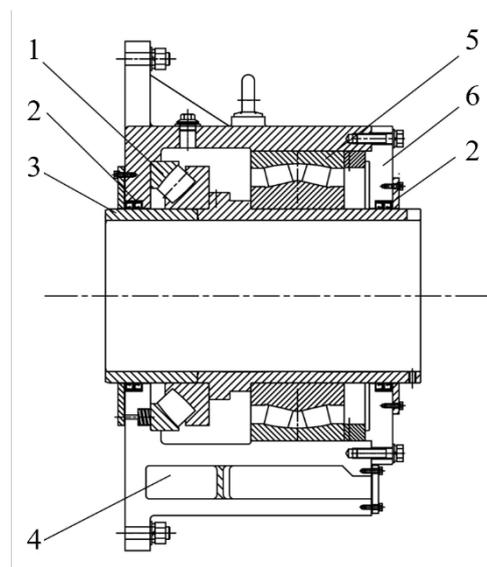
1、转轮部件；2、泵轴部件；3、导轴承部件；4、泵体部件；5、泵轴密封部件；6、径向组合轴承部件；7、齿轮箱；8、电机；  
9、进水埋管；10、伸缩节；11、出水直管；12、出水埋管

图 A.0.4-1 30°斜式轴流泵机组总装图



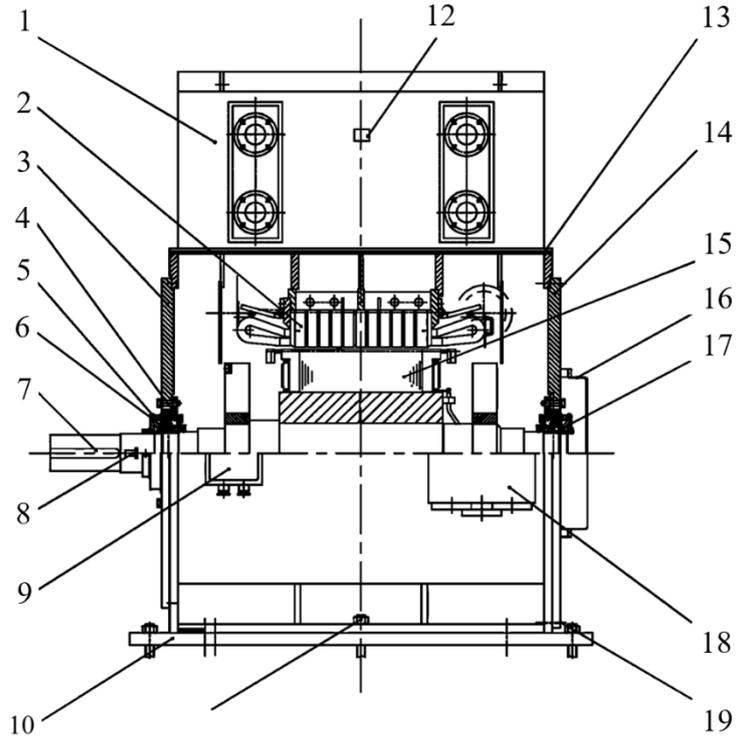
1、密封组件；2、轴承盖；3、导轴瓦；4、轴承座

图 A.0.4-2 斜式轴流泵机组水导轴承结构图



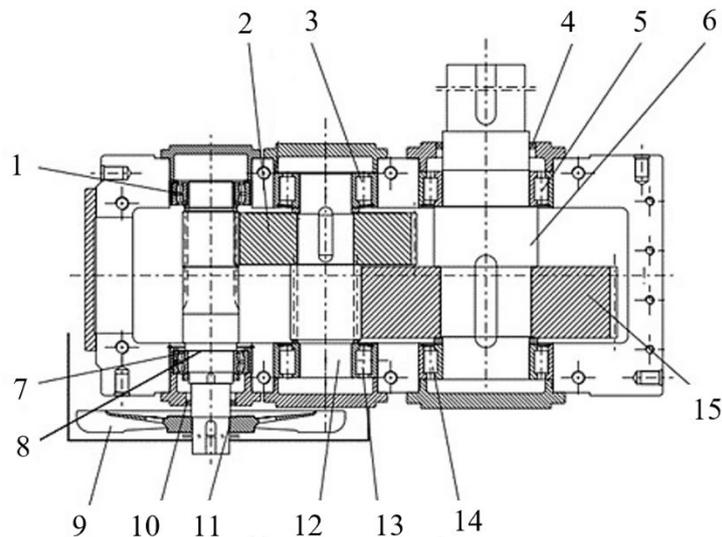
1、推力轴承；2、骨架油封；3、轴承套；4、水箱；5、径向轴承；6、轴承外盖

图 A.0.4-3 斜式轴流泵机组组合轴承结构图



1-冷却器；2-定子；3-轴伸端端盖；4-轴承测温原件；5-直通式油杯；6-轴伸端轴承；7-平键；8-碳刷架；  
9-辅助接线盒；10-安装底板；11-地脚螺栓；12-铭牌；13-盖板；14-非轴伸端端盖；15-转子；  
16-非轴伸端防护罩；17-非轴伸端轴承；18-主电源出线盒；19-接地螺栓及指示牌

图 A.0.4-4 箱式异步电动机典型结构图



1-输入轴系远端轴承；2-一级大齿轮；3-二级轴系远端轴承；4-输出轴系油封；5-输出轴驱动端轴承；6-输出轴；7-输入轴系驱动端轴承；8-输入齿轮轴；9-风扇；10-输入油封；11-风扇账套；12-二级齿轮轴；  
13-二级轴系驱动端轴承；14-输出轴系远端轴承；15-二级大齿轮

图 A.0.4-5 齿轮箱结构图

## 附录 B（规范性） 机组检查项目和记录格式

B.0.1 在机组解体时或设备拆卸时，应对重要部件和关键处作出标记，记录原始状态的情况和数据。

### B.0.2 检查项目和内容

表 B.0.2 检查项目和内容

阶段	机组检查项目和内容			
机组原状态检测	叶轮室与叶轮总成间隙测量	水泵导轴瓦间隙测量	水泵泵轴状况测量	水泵组合轴承状态测量
	水泵叶片空化状态检测	叶轮室状态检测	导叶体状态检测	
	齿轮箱轴承状态检测	齿轮箱齿轮表面状态检测	齿轮箱轴承游隙测量	齿轮箱附件检查
	电动机轴承状态检测	电动机定子状态检测	电动机转子状态检测	电动机电气试验和检测
	电动机附件检查	联轴器端面间隙和偏差检查		
检修和安装后检测	叶片修补情况记录	叶轮部件修复后静平衡试验	叶轮室修复过程检查及完工检查	水导轴承安装过程和完工记录
	导轴承修复后现场耐压试验	组合轴承安装过程和完工记录	导叶体安装过程和完工记录	泵轴就位、安装过程和完工记录
	齿轮箱轴承安装检查	齿轮箱轴与半联轴器联接检查	齿轮箱附件安装检查	电动机定子和转子装配检查
	电动机轴承安装检查	电动机附件安装检查	电动机各项电气试验和检查	
	水泵盘车过程和完工记录	泵与齿轮箱同心度测量	齿轮箱与电动机同心度测量	流道防腐处理修复后检测

### B.0.3 机组检修主要测量记录表

#### 1 机组原始测量记录

表 B.0.3-1 叶片空化破坏情况记录

破坏状况	叶片编号			
	叶片 1	叶片 2	叶片 3	叶片 4
最大空化深度 (mm)				
空化部位空化面积 (cm <sup>2</sup> )				

测量：                      记录：                      验收：

附：空化状况照片（或摄影）

之一：

之二：

年 月 日

表 B.0.3-2 叶轮室空化破坏情况记录

破坏状况	破坏状况方位			
	+ X	+ Y	-X	-Y
最大空化深度（mm）				
空化部位空化面积（cm <sup>2</sup> ）				

测量： 记录： 验收：

附：空化状况照片（或摄影）

之一：

之二：

年 月 日

表 B.0.3-3 水导轴承检查情况记录

瓦各部位间隙	间隙	瓦损坏情况	密封情况	润滑情况

测量： 记录： 验收：

年 月 日

表 B.0.3-4 组合轴承检查情况记录

游隙	偏差	失效情况	密封情况	润滑情况

测量： 记录： 验收：

年 月 日

表 B.0.3-5 齿轮箱轴承检查情况记录

游隙	偏差	失效情况	密封情况	润滑情况

测量：                      记录：                      验收：                      年    月    日

表 B.0.3-6 电机轴承检查情况记录

游隙	偏差	失效情况	密封情况	润滑情况

测量：                      记录：                      验收：                      年    月    日

2 机组状态检查记录表

表 B.0.3-7 机组轴线对中情况记录

检修阶段： 拆卸    安装                      单位： mm

部位	+ X	-X	差值	+ Y	-Y	差值
数值						
质量标准及要求						

测量：                      记录：                      验收：                      年    月    日

表 B.0.3-8 电动机空气间隙测量记录

检修阶段： 拆卸    安装                      单位： mm

测点编号（定子与转子间）	同一断面上	同一断面下	同一断面左	同一断面右
每个磁极的间隙值				
转子旋转 90°				

测量：                      记录：                      验收：                      年    月    日

表 B.0.3-9 水泵叶片间隙测量记录

检修阶段: 拆卸 安装

单位: mm

方位 编号	1#叶片			2#叶片			3#叶片			4#叶片 (若有)			平均间隙			温度
	上 部	中 部	下 部	上 部	中 部	下 部	上 部	中 部	下 部	上 部	中 部	下 部	上 部	中 部	下 部	
1																
2																
3																
4																
质量标准及要求																

测量:                      记录:                      验收:

年 月 日

3 电气试验

表 B.0.3-10 直流电阻测量

天气:              温度: \_\_\_\_°C    湿度: \_\_\_\_ %    单位: \_\_\_\_Ω

相 别	A 相	B 相	C 相	转子
实测阻值				
标准阻值				
相间误差	(RA-RB) /RA= %	(RB-RC) /RB= %	(RC-RA) /RC= %	

测量:                      记录:                      验收:

年 月 日

表 B.0.3-11 绝缘电阻测量

天气:              温度: \_\_\_\_°C    湿度: \_\_\_\_ %    单位: \_\_\_\_Ω

相别		A—B、C 地	B—C、A 地	C—A、B 地	转子
耐压前	R15"/R60"	/	/	/	
	吸收比				
耐压后	R15"/R60"	/	/	/	
	吸收比				

测量:                      记录:                      验收:

年 月 日

表 B.0.3-12 直流泄漏及直流耐压

天气： 温度： \_\_\_\_℃ 湿度： \_\_\_\_ % 单位： \_\_\_\_μA

电压		0.5Ue		1.0Ue		1.5Ue		2.0Ue		2.5Ue	
时间		15s	60s								
相别	A—B、C地										
	B—C、A地										
	C—A、B地										

测量： 记录： 验收：

年 月 日

表 B.0.3-13 交流耐压

天气： 温度： \_\_\_\_℃ 湿度： \_\_\_\_ %

相别	A相	B相	C相	时间
试验电压 (kV)				
电 流 (mA)				
球 隙 (kV)				

测量： 记录： 验收：

年 月 日

## 附录 C（规范性） 机组检修质量控制

C.0.1 机组轴线调整和对中是检修质量控制的重点，为此介绍轴线调整和对中的控制方法和技术要求。

C.0.2 轴承是轴系定位和限制的重要部件，影响轴系运行的安全、稳定和使用寿命。在设备恢复安装过程中，更多地了解和掌握轴承的特点、性能和一些参数的影响关系，有利于保证机组设备的质量。

C.0.3 绝缘电阻大小反映电动机的绝缘水平，是保证运行安全的一个重要因素。极化指数可反映电动机的污染情况。附录 C 提供了绝缘电阻和极化指数测量的方法和要求，电动机检修中应认真执行。

C.0.4 联轴器是联结机组两设备的一个重要部件，也是设备对中准确性的一个标志，应对各种型式的联轴器及其失效特点有完整的了解。

### C.1 机组轴线调整和对中

#### C.1.1 机组找正的意义

机组找正往往是利用联轴器进行找正，这是设备安装的重要工作之一。找正目的是使两设备的主动轴和从动轴的两轴中心线在同一直线上。找正的精度关系到机组设备能否正常运转。各零部件的不均匀热膨胀、轴的挠曲、轴承的不均匀磨损、设备位移及基础的不均匀下沉等，都是造成轴不对中的一种或多种原因。设备规定两轴中心的允许偏差值，是两设备联结所必须的。

#### C.1.2 轴线偏差形式

机组轴线偏差几种形式，见图 C.1.2。

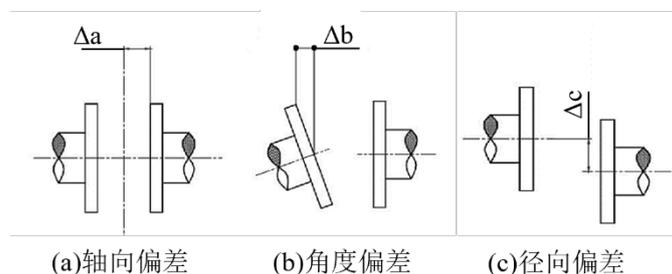


图 C.1.2 机组轴线偏差机组形式

#### C.1.3 机组轴线对中前准备内容为：

- 1 紧固的基础螺栓松动，会导致轴线倾斜度和高程有变化。每个机组设备

在对中之前，应检测设备高程和轴线的倾斜度是否满足原先设计要求或原先状况。只有在这个基本条件满足时，才能进行轴线对中工作；

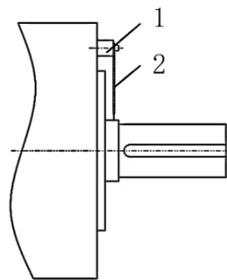
2 调节设备底脚螺栓，对设备的四角进行水平调节，可使设备高程和轴线倾斜度满足基础设计或原状要求；

3 对中前，应先将半联轴器分别安装在相应的两个设备轴上，并检查半联轴器的端面与轴的垂直度是否满足要求。确定两者垂直后，可用螺栓连接但不紧固，这有利于对正过程中的调整需要。

#### C.1.4 电动机与齿轮箱联轴器找正办法（一）：电动机励磁中心找正

1 电机有设计中心，属于机械加工的物理中心；电动机在运转过程中存在励磁中心，由于定子与转子的磁场中心不一致，在电动机运转过程两磁场中心的重合，产生励磁中心偏差。由于设计中心与励磁中心不重合，电机启动后轴端有一定的轴向位移，位移距离即为设计中心向励磁中心偏移距离；

2 在电机轴端盖部位布置“划线装置”（图 C.1.4），装置包含：固定座、划线杆。要求：装置的固定座牢固不松动；划线杆可前后伸缩，可在电机轴伸部位划标记线；



1、固定座；2、划线杆

图 C.1.4 划线装置示意图

3 启动电机达运行转速、运转平稳后，将划线杆延伸至电机轴伸部位划“标记线”，划线后解体划线杆；

4 套装联轴器至电机端、齿轮箱输入端，对中调整电机与齿轮箱的同轴度符合设计要求；

5 重新装配划线杆，检查划线杆“杆尖”与“标记线”是否重合；

6 如重合，则电机与齿轮箱的对中调整完成；

7 如不重合，则需通过电机地脚部位的“调整螺栓”调整电机的轴向位移，

使划线杆“杆尖”与“标记线”重合。并二次调整电机与齿轮箱的同轴度符合设计要求。

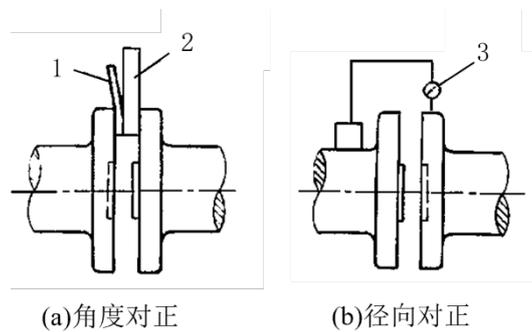
#### C.1.5 电动机与齿轮箱联轴器找正办法（二）：热态平衡找正

- 1 电动机、齿轮箱的找正方法要考虑温升导致的膨胀量；
- 2 可以采用“冷态找正——热态检查——二次修正”方法进行解决；
- 3 这是每台机器在机组上进行定位的程序。要将机器在运行中，由于温度梯度所产生的膨胀和轴承在径向间隙范围位移（例如平行轴齿轮箱）等情况考虑进去，使轴在运转情况下处于正确的对中状态；
- 4 建议设备在初次运转停车时（即在机器各部件在正常操作温度的情况下），马上对联轴器找正做“热态检查”；
- 5 对比“冷态找正”数据，对电机与齿轮箱进行同轴度修正。

#### C.1.6 采用千（百）分表对中找正内容为：

- 1 使用千（百）分表对联轴器找正时，通过测量两半联轴器的径向位移和角度位移确定联轴器的相对位置；
- 2 设备安装时，先把主机中心位置标高调整好并找平后，再进行联轴器的找正。通过测量与分析计算，确定偏差情况，调整原动机轴中心位置以达到主动轴与从动轴既同心又平行；
- 3 对于有轴向窜动的联轴器，盘车时端面的轴向位移值会产生误差。因此这种测量方法适用于由滚动轴承支撑的转轴和轴向窜动量比较小、联轴器端面之间距离比较短的设备；
- 4 精准对中前，测量半联轴器对设备间的跳动（径向和轴向振摆），再精确对中；
- 5 轴向对中主要是以基准设备为依据，检测需调整和对中设备的轴向间隙；
- 6 应特别注意在某些情况下，被驱动设备的轴有热膨胀。室温下安装的设备间应留有一小段距离，其数值等于在运行温度与安装室温之间的膨胀。膨胀值应由被驱动设备制造厂提供；
- 7 角度对正是通过测量联轴器平面间隙的方法来核实。用塞尺在联轴器顶部、底部及两侧位置上测量，见图 C.1.6 所示。所有读数均应取自从轴中心算起的相同半径处，并在尽可能大的直径位置处。然后两根轴一起转过 180°，再在每

个 90°位置处测量。保证精确核对轴线之间的角度关系不受任何轴向位置突出的影响；



1、塞尺；2、标准塞块；3、千（百）分表

图 C.1.6 千（百）分表对正

8 径向对正（即轴线位置对准）可以通过装在一半联轴器上的千（百）分表进行检查，通过千（百）分表探头在另一只半联轴器的外圆上径向地读取读数，见图 C.1.6 所示。使千（百）分表的探头处于下述状态时读取读数：当两根轴一起转过 360°后，千（百）分表的读数应重复初始记录值。若不满足，测得结果就无效，需核查千（百）分表装置的紧密程度后再测；

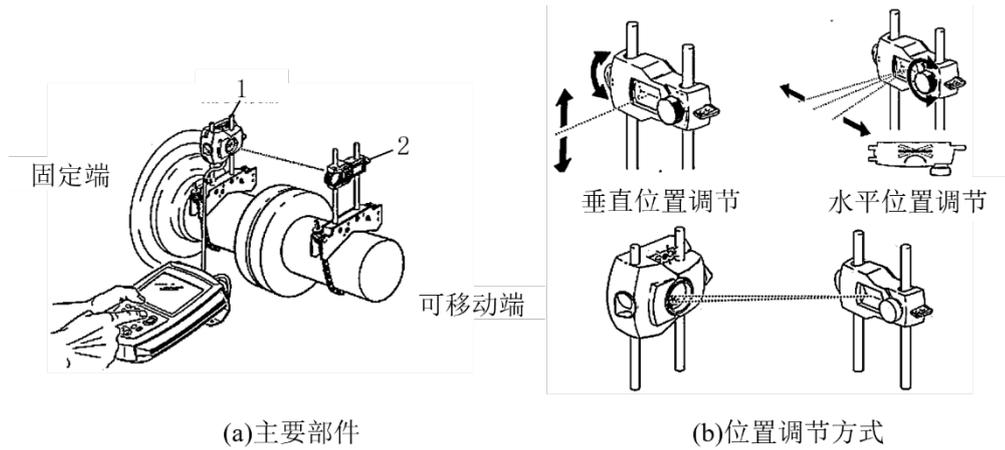
9 应考虑千（百）分表位置随轴的转动，从顶部到底部时，会使千（百）分表支撑臂产生变形。当支撑臂长大于 50mm 或支撑臂直径相对于千（百）分表重量较小时，这种误差就不可忽视；

10 为修正这种误差，再同心更换刚度足够的钢管或钢棒，将千（百）分表装到支撑上，并使表的端头触及钢棒。为便于转动，棒长应比装置再增加大约两手宽。

### C.1.7 机组轴线采用激光对中内容为：

1 激光对中仪适宜在机组轴上进行对中测量。其测量原理与传统的千（百）分表找正法原理相通，但具有精确度高，使用方便灵活、节省安装对中时间的特点；

2 激光对中的发射器、接收器、调整激光对中接收器靶心，见图 C.1.7-1；



1、激光收发器；2、反射器

图 C.1.7-1 激光对中设备

3 将测量主数据并录入到激光仪，见图 C.1.7-2；

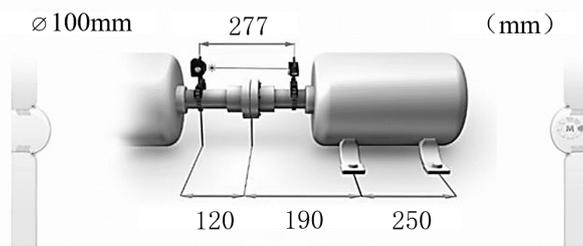


图 C.1.7-2 测量主数据

4 同时转动联轴器，在任何一个  $45^\circ$  的位置测量 3 个或者更多测点，采集激光数据。激光数据采集见图 C.1.7-3；

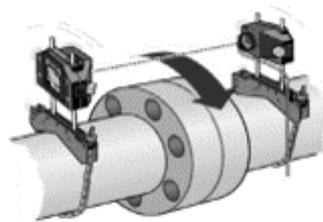


图 C.1.7-3 采集激光数据

5 根据采集的测量数据，计算出机组在垂直和水平方向的偏差量。如偏差量大，则进行相应调整，直至到允许偏差范围。

### C.1.8 对中要求

1 偏差会导致设备运行振动，损坏轴承或其他部件。最大允许偏差参见表

C.1.8;

表 C.1.8 联轴器连接设备的对中允许偏差

转速 (r/min)	<1500		<1000		<600		<200	
	径向	轴向	径向	轴向	径向	轴向	径向	轴向
同心度								
刚性联轴器	0.01	0.03	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04
弹性联轴器	0.01	0.05	0.02	0.05	0.03	0.06	0.03	0.07
齿式联轴器	0.01	0.05	0.02	0.05	0.03	0.06	0.03	0.07

2 无论用哪种方法求调整量，复查测量时仍可能产生一定的误差。联轴器找正与调整需要反复进行多次，最终将误差限制在允许的范围内。

## C.2 机组轴承

C.2.1 斜式轴流泵机组轴承设有水导轴承（基本是巴氏合金稀油润滑的滑动轴承，近年也有水润滑的高分子聚合物材料轴承）、组合轴承（分别是两种滚动体：圆锥滚子（滚柱）和双列调心滚柱轴承），承受轴向和径向载荷，并起轴向限位作用；齿轮箱设有稀油润滑的圆锥滚柱轴承（承受轴向和径向载荷）和圆柱轴承（承受径向载荷）；电机设有油脂润滑的滚动轴承。

### C.2.2 滑动轴承

1 滑动轴承安全和稳定的主要因素：按设计要求形成的油膜，是水泵安全稳定运行的必要条件；轴承的热平衡；轴承的承载能力满足各种运行工况；

2 润滑油膜形成的三要素：润滑油性质（适当的粘度）、PV 值（足够的速度）、合适的几何形状和表面光洁度；

3 计算形成油膜的条件，并按此条件安装。

最小油膜厚度  $h_{min}$  可按下列公式计算：

$$h_{min} = \delta - e = \delta(1 - x) = r\psi(1 - x) \quad (C.2.2-1)$$

式中： $\delta$ —轴承孔半径与轴颈半径之差；

$e$ —偏心距（轴中心与轴承中心的距离）；

$\psi$ —轴直径间隙与轴颈之比称为相对间隙；

$x$ —偏心率（偏心距与半径间隙比值）；

$r$ —轴颈半径。

许用油膜厚度 $[h]$ 可按下列公式计算：

$$[h] = 4S(Ra_1 + Ra_2) \quad (C.2.2-2)$$

式中： $S$ —安全系数，常取  $S \geq 2$ ；

$Ra_1$ —轴颈表面粗糙度；

$Ra_2$ —轴孔表面粗糙度。

安全稳定运行的要求： $h_{min} \geq [h]$

采用极坐标的任意位置油膜厚度  $h$  可按下列公式计算：

$$h = \delta(1 + x_{\cos\varphi}) = r\psi(1 + x_{\cos\varphi}) \quad (C.2.2-3)$$

式中： $\varphi$ —极坐标法的任意角度。

#### 4 轴承的热平衡

1) 轴承工作时，摩擦功耗将转变为热量，使润滑油温度升高。如果油的平均温度超过计算承载能力是所假定的数值，则轴承承载能力降低。因此须计算油的温升  $\Delta t$ ，并将其限制在允许的范围内；

2) 轴承运转中达到热平衡条件是：单位时间内轴承摩擦所产生的热量  $Q$  等同于时间流动的油所带走的热量  $Q_1$  与轴承散发的热量  $Q_2$  之和。所以要控制热平衡，一个须注意摩擦发热，关注轴瓦和轴颈表面的磨损程度；一个是润滑油的品牌性质、油量、油温。

#### 5 轴承承载能力

在轴承设计中，考虑轴承的宽径比、轴承的圆周速度、轴承的工作压力、润滑油的粘度、轴承的偏心、轴承和轴颈表面的粗糙度等因素。一般前三个因素是不会变化的，后两个因素会受安装精度和运行磨损的影响，所以在检修、恢复安装中应注意表面的粗糙度和安装精度的影响。

#### 6 轴承安装

1) 瓦背与轴承座应紧密地均匀贴合。用着色法检查，而且轴瓦内径小于 180mm 时，其接触面积不应少于 85%；轴瓦内径大于或等于 180mm 时，其接触面积不应少于 70%。装配后，应在中分面用 0.02mm 的塞尺检查，不应塞入；

2) 轴颈与轴瓦间隙可用塞尺检查，侧间隙值应符合有关技术文件的规定。

### C.2.3 滚动轴承

#### 1 轴承游隙内容：

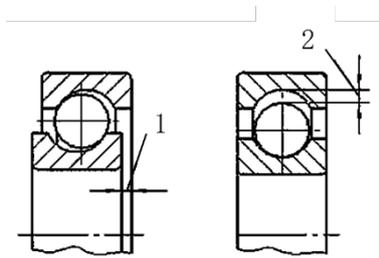
1) 游隙是保证轴承得以灵活无阻滞地运转，保证轴承运转平稳，轴承的

轴线没有显著沉降，以及承担载荷的滚动体的数目尽可能多的需要。

2) 合适的安装游隙有助于滚动轴承的正常工作。游隙过大，会引起轴承内部承载区域减小，滚动接触面应力增大，运行精度下降，振动和噪音增大，使用寿命缩小；游隙过小，会引起发热温升，甚至导致滚动体卡死。

3) 轴承游隙分为：原始游隙、安装游隙、工作游隙（有效游隙）。

原始游隙指轴承在未安装于轴或轴承箱时，将其内圈或外圈的一方固定，然后使未被固定的一方做径向或轴向移动时的移动量。根据移动方向，可分为径向游隙和轴向游隙，见图 C.2.3。原始游隙一般比工作游隙大，是由于不同的过盈量的公差配合，以及轴承套圈与邻接部件不同程度的热膨胀，导致套圈膨胀或压缩。



1、轴向游隙；2、径向游隙

图 C.2.3 轴承间隙

安装游隙（也称为配合游隙）是指轴承安装到轴和轴承箱内之后、开始工作之前的游隙。由于过盈配合的影响，此游隙通常比原始游隙小。它是原始游隙向工作游隙过渡的中间状态。

工作游隙指安装后达到其工作温度的游隙。滚动轴承在工作时内圈温升最大，热膨胀最大，使轴承游隙减小；同时由于负荷的作用，滚动体与滚道接触处产生弹性变形，使轴承游隙增大，轴承的工作游隙比安装游隙大还是小，取决于这两种因素的综合作用。工作游隙的大小对轴承的滚动疲劳寿命、温升、噪声、振动等性能有影响。通常球轴承的工作游隙为零，或轻微的预紧。但对于圆柱滚子、球面滚子、圆锥滚子和 CARB 轴承，在运转时必须留有一定的剩余游隙。

4) 对游隙能否调整和拆卸，须根据轴承型号和原设计要求，在检修中予以重视，必要时征得制造厂同意，予以更换和调整游隙。

5) 推力轴承均选用能承受较大轴向力的锥形滚柱轴承。承受水泵水推力

后的轴向移动空隙，可考虑该轴承的游隙，及该轴承座的垫片、水导轴承、叶片间隙的微变动情况。

轴承与轴、孔的配合间隙见表 C.2.3。

表 C.2.3 轴承与轴、孔的配合间隙

名称	轴径 $d$ (mm)	尺寸 公差带	圆柱度	端面跳动	表面粗糙度 $Ra$ ( $\mu\text{m}$ )
轴伸直径	$d \leq 25$	k6	公差等级 6 级	—	$\leq 0.8$
	$25 < d \leq 100$	m6			
	$d > 120$	n6			
轴肩	—	—	—	公差等级 6 级	$\leq 1.6$
部分 轴承孔	—	H6	公差等级 6 级	公差等级 6 级	$\leq 1.6$
整体 轴承孔	—	H7	公差等级 6 级	公差等级 6 级	$\leq 1.6$
注 1: 尺寸公差带各参数应符合现行《产品几何技术规范 (GPS) 线性尺寸公差 ISO 代号体系 第 1 部分: 公差、偏差和配合的基础》GB/T 1800.1 的有关规定。					
注 2: 圆柱度、端面跳动应符合现行《形状和位置公差 未注公差值》GB/T 1184 中公差等级 6 级的有关规定。					

## 2 轴承润滑和冷却内容:

1) 滚动轴承的运行温度取决于轴承载荷、转速、摩擦力矩、润滑剂种类、润滑剂粘度，及轴承的工作环境温度。轴承过高温升会影响润滑剂的理化性能，加速润滑剂的老化，影响轴承使用寿命；

2) 齿轮箱滚动轴承采用稀油冷却方式，油位须严格遵照制造厂的要求，油位过高过低都会影响齿轮和轴承的润滑冷却，从而损坏部件；

3) 水泵组合轴承的推力轴承与径向轴承安装在同一轴承座的轴上，润滑油回路、冷却系统位于同一空间，存在相互影响。检修后的恢复，可考虑使用效果，考虑是否需要调整。

## C.2.4 轴承密封内容:

1 水泵机组设备均为接触式密封。它的可靠性与润滑形式、密封接触表面的圆周速度、支承安装误差等有关；

2 水导轴承的密封均为骨架密封，安装恢复须满足制造厂和相关的技术规范；

3 其它轴承密封内容:

组合轴承、齿轮箱轴承、电机轴承均为带端盖的沟槽（内嵌有密封条）密封，所以在安装端盖时，须检测端盖及与设备壳体、轴颈的公差配合，检测轴颈贴合面的粗糙度，见表 C.2.4-1；

表 C.2.4-1 密封贴合面的要求

圆周速度 (m/s)	表面粗糙度 (s)	轴表面工艺要求
~5	3.2	磨削
5~10	1.6~3.2	磨削
10~	0.8	表面淬硬、镀铬

4 密封橡胶内容见表 C.2.4-2。

表 C.2.4-2 常用密封橡胶的性能

橡胶材料	丁晴橡胶	聚丙烯酸脂橡胶	硅橡胶	氯橡胶	丁苯乙橡胶	丁基橡胶	氯丁橡胶
	NBR	AER (PA)	SR	FR	SBR	HR	CR
优点	1. 价格便宜 2. 耐油耐磨耗性良好 3. 抗寒抗泡胀性好 4. 使用广泛。	1.对极压添加剂反应小 2.耐热性好 3.抗泡胀性好	1.抗热性很好 2.抗低热性很好	1. 适应大部分添加剂 2. 耐热性很好 3. 抗泡胀性很好	对乙醇、水乙醇酸等反应较小	1. 耐臭氧、抗老化性能好 2. 和不燃性液压油反应小	1. 气温适应性好 2. 耐磨耗性好 3. 回跳恢复性好
缺点	耐热性差	抗低温性差	1.抗泡胀性很差 2.对酸性油及极压添加剂不适应	1. 价格高 2. 加工时需要特殊金属模具	对汽油有泡胀性	1.对矿物油有泡胀性 2.对汽油有溶解性	对卤化物、芳香类化合物 CS <sub>2</sub> 苯酚脂酮等有膨胀性
注：可根据上表密封橡胶的材料优缺点及厂家随机技术文件推荐的橡胶品牌选用。							

### C.2.5 滚动轴承装配内容为：

1 滚动轴承装配前，应测量轴承的配合尺寸，并应将再次清洗干净；轴承应无损伤和锈蚀，转动应灵活及无异常声响；

2 采用温度法装配时，应均匀地改变轴承的温度，轴承的加热温度不应高于 120℃，冷却温度不应低于-80℃；

3 轴承外圈与轴承座孔或箱体孔的配合，应符合随机技术文件规定，无规定时应符合下列要求：

1) 剖分式轴承座的剖分结合面应无间隙；

2) 轴承外圈与轴承座孔在对称于中心线 120°范围内、与轴承盖孔在对处于中心线的 90°范围内应均匀接触，且用 0.03mm 的塞尺检查时，塞尺不得塞入轴承外圈宽度的 1/3。

4 轴承与轴肩或轴承座挡肩应紧靠，圆锥滚子轴承和向心推力球轴承与轴肩的间隙不应大于 0.05mm，其它轴承与轴肩的间隙不应大于 0.10mm。轴承盖和垫圈必须平整，并应均匀地紧贴在轴承外圈上。制造厂有间隙规定时，应按规定留出间隙；

5 滚动轴承装配后应转动灵活。当轴承采用润滑脂润滑时，应在轴承约 1/2 空腔内加注符合规定的润滑脂；

6 装在轴颈上和轴承座内的轴承，其轴向预过盈量，应符合轴承标准或随机技术文件的规定。

### C.3 绝缘检查和绝缘电阻检测

C.3.1 绕组绝缘检测的意义为：

测量绝缘电阻、极化指数是绝缘试验中最基本、最简便的方法。电气设备受到高压、高温、化学、机械振动以及其他因素的影响，绝缘体的绝缘性能将会出现劣化，甚至失去绝缘性能造成事故。为了保证电气设备的正常运行和工作人员人身的安全，通过测量电气设备的绝缘电阻、吸收比和极化指数，发现电气设备中影响绝缘的异物、受潮和脏污、绝缘油严重老化、绝缘介质击穿和严重热老化等缺陷，以便了解电气设备的绝缘状况，及时对设备进行维护保养和检修。

C.3.2 测试前的措施为：

1 测量绕组相对于电动机机壳的绝缘电阻和绕组温度。测量时绕组温度不应超过 40°C。将实测值换算成绕组在参考温度 40°C 时的绝缘电阻，将换算结果与规定的最低绝缘电阻进行比较。要求如下：

1) 此时所有已联接的电源线不会通入电源电压；

2) 检修电动机机座与未测试的定子绕组是否已经接地；

3) 所有电阻温度传感器都已经接地。

2 绝缘电阻试验施加直流电电压，见表 C.3.2。

表 C.3.2 绝缘电阻试验所施加直流电电压指导准则 (V)

绕组额定线电压	绝缘电阻试验的直流电源
<1000	500
1000~2500	500~1000
2501~5000	1000~2500
5001~12000	2500~5000
>12000	5000~10000

C.3.3 测量方法为：

1 使用绝缘电阻测量仪测量，将测量仪两端接到接线盒绕组上与机座上，施加测试电压一分钟后，记录绝缘阻值。

在相同绕组表面状况和潮湿程度下，绕组绝缘电阻取决于绕组的温度和施加电压的时间。一般被测试电动机的热容量足够大，在 1min 和 10min 绝缘电阻之间绕组的温度差可以或略，除非在额定电流下干燥期间测量。为防止趋势分析时温度影响，随后的试验温度应与前面试验的温度接近。如果两次试验的温度不能控制到一致，建议所有绝缘电阻试验值用下式校正到统一的基础温度 40°C。

校正公式如下：

$$R_c = K_T \times R_T \quad (\text{C.3.3-1})$$

式中： $R_c$ —校正到 40°C 时的绝缘电阻值 ( $\Omega$ )；

$K_T$ —在温度 T°C 时绝缘电阻的温度系数；

$R_T$ —在温度 T°C 所测得到的绝缘电阻值 ( $\Omega$ )。

$K_T$  值的确定：在绕组露点以上测量几个温度点，并将结果画在半对数坐标上。当绝缘电阻用对数坐标，温度用线性坐标，试验点应近似直线。由此外推可获得 40°C 的校正值；

2 如果无法确定温度对绝缘系统的影响，可用图 C.3.3 按稳定每提高+10°C 二等分法获得温度系数  $K_T$  近似值。

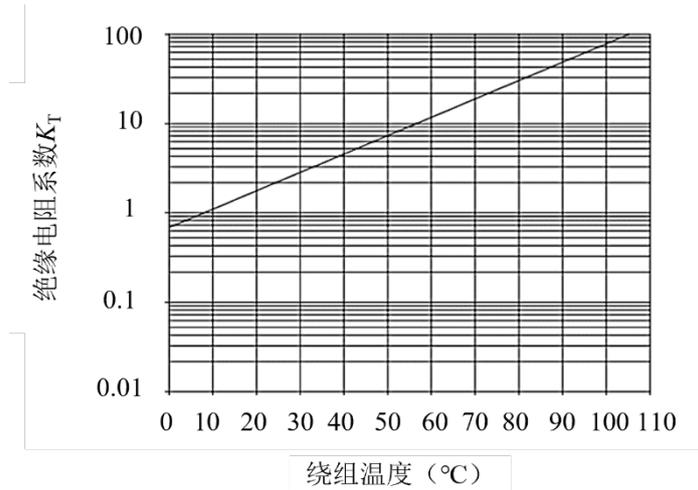


图 C.3.3 近似绝缘电阻的温度系数

温度每上升 10K, 绝缘电阻减少一半; 温度每下降 10K, 绝缘电阻增加一倍。

#### C.3.4 停机时加热装置绝缘电阻的极限值为:

在 500VDC 下测量时, 停机加热装置相对于电动机外壳的绝缘电阻不应低于 1MΩ。

#### C.3.5 极化指数内容为:

1 对于手摇式兆欧表, 由快到慢摇动手柄直到转速达 120r/min 左右, 然后保持手柄的转速均匀稳定; 对于数字式兆欧表, 按下启动按钮自动升压。分别读取 60s、10min 时的绝缘电阻, 以  $R_{60s}$  作为被试设备的绝缘电阻值。

读数完成后, 应首先断开表的线路端子与被试物的接线, 然后再让兆欧表停止电压输出, 避免被测物的反电动势作用损坏兆欧表;

#### 2 极化指数计算公式:

$$PI = R_{10min} / R_{60s} \quad (C.3.5-1)$$

3 极化指数一般在 1 至 4 之间, 数值接近于 1 表示绕组受潮或存在缺陷。对于热分级 130 (B) 或更高的绕组, 极化指数不宜小于 2.0;

4 极化指数测量值在低于 50°C 的条件下, 温度变化对测量值影响非常小。如测量时温度高于 50°C, 可能会导致极化指数出现不可预料的变化, 因此测量时, 环境及绕组温度不能高于 50°C;

5 如果 1 分钟绝缘电阻值在 5000MΩ 以上, 则 PI 值可能不可靠且可不作考虑。

## C.4 联轴器失效

### C.4.1 失效定义内容为：

失效：是指失去原有的效力或功能。这个词汇在不同领域有着不同的具体应用和解释。

在技术与工程：在技术和工程领域，失效通常指设备、材料或系统失去其预期的功能。例如，一个零件可能因为磨损或损坏而失效。

失效类型：根据失效的原因和时间，可以将其分类为初期失效、随机失效和耗损失效。初期失效通常发生在系统刚投入使用时，随机失效则是在正常使用过程中随机发生的，而耗损失效则是在系统接近使用寿命终点时发生的。

### C.4.2 齿式联轴器失效内容为：

齿式联轴器主要是：联结螺栓断裂、滑牙、挤压台阶、等级不达设计要求等；内齿套定位台阶磨损、断齿、挤压塑性变形、磨损台阶、烧齿发蓝、硬度不达标等；外齿套内孔打滑、断齿、挤压塑性变形、磨损台阶、烧齿发蓝、硬度不达标等；半联轴器的内孔变形、键槽变形等；连接键条挤压变形、切键等，都会影响联轴器的效力，都可判定为失效。

### C.4.3 蛇簧联轴器失效内容为：

蛇簧联轴器主要是：蛇形轴套的断齿、挤压塑性变形、磨损台阶、烧齿发蓝、硬度不达标等；蛇簧的断裂、挤压塑性变形、磨损台阶、烧齿发蓝、硬度不达标等；半联轴器的内孔变形、键槽变形等；连接键条挤压变形、切键等，会影响联轴器的效力，都可判定为失效。

### C.4.4 弹性（套柱销或柱销）联轴器内容为：

弹性（套柱销或柱销）联轴器主要是：联轴器的套柱销、轴销的断裂、挤压台阶、磨损等；半联轴器的内孔变形、键槽变形等；连接键条挤压变形、切键等，会影响联轴器的效力，都可判定为失效。

### C.4.5 膜片联轴器内容为：

膜片联轴器主要是：膜片组变形、松动、脱落、褶皱等；销套变形、销孔挤压变形等；连接螺栓断裂、挤压台阶等；半联轴器的内孔变形、键槽变形等；连接键条挤压变形、切键等，会影响联轴器的效力，都可判定为失效。

## 附录 D（资料性） 太浦河泵站机组检修案例

### D.1 机组设备基本情况

#### D.1.1 设备基本情况。

水泵原制造厂家：无锡水泵厂；型号：4100ZXB50-1.8-001。

齿轮减速箱原制造厂家：杭州重型机械厂，型号：HG1210。

电机原制造厂家：上海电机厂，型号：Y630-6。

太浦河泵站采用 4100ZXB50-1.8 型半调节斜式轴流泵，本泵为 15°斜式结构，壳体与结构相对于水平方向轴心都成 15°，抽出的水经 15°壳体，通过出水管使水流变为水平方向排出。叶片为半调节，泵在停止运行后可取出转子，通过转动叶片改变叶片的定位销来改变叶片的角度以调节水量。叶片角度调节范围为-6°~+4°。水泵通过斜式高速电机再通过齿轮箱驱动水泵，进口流道为肘形管，出水流道为平直管出水。叶轮外壳、导叶体、15°弯管、出水直管沿轴向分半，水泵水导轴承承受水泵转子重量；泵运转时径向力由导体内水泵轴承及位置在推力轴承箱内径向轴承承受。

### D.2 检修流程

#### D.2.1 检修前准备内容为：

1 检修前做好充分的准备，包括拆卸方案、吊装方案、堵水方案、止水方案、轴承更换方案、工具准备、安全预防等。

2 本次检修拆装难点在于水泵泵盖较薄，面积较大，且多年未拆，接合面粘合不易起开。所以吊装前，用外力分开接合面，起吊时，尽量多点起吊，减少由于起吊受力造成的变形。

3 止水原则上使用新型材料液体橡胶，可适应泵体的变形，原水泵止水方案为备用方案，用无石棉橡胶板，结合密封胶多层密封，具体视现场情况修正方案。

#### D.2.2 拆卸步骤内容为：

1 整个系统由进出水流道、水泵、高低速联轴器、齿轮箱、电机和辅助设备等组成。

2 主要容易变形的零件为：叶轮外壳（上）、导叶体（上）和弯管（上）三

个大件。在拆装之前采用在零件内部利用无缝钢管支撑进行加固；在哈夫面法兰的侧边焊接定位块进行定位处理，定位块点焊后成对加工，在厂内进行配对加工及定位销孔的底孔加工，到现场成对焊接在两边的零件上，定位块之间的点焊割开后，用铰刀再铰一下即可。加固及定位处理如图 D.2.2 所示。

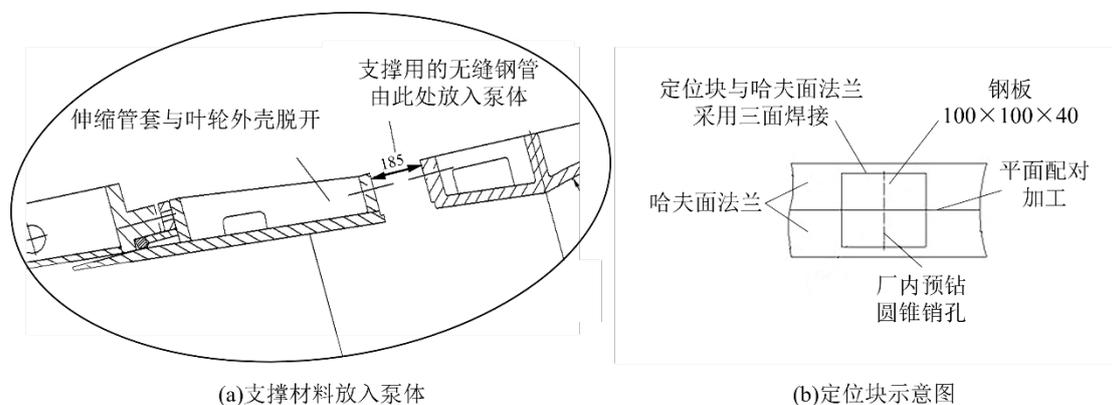


图 D.2.2 加固及定位处理

3 水泵零件加固及定位工作完成后进行水泵拆装，所有需要配对安装的部位均做好标记，每个部件的零件均分开摆放。

1) 松开叶轮外壳（上）与导叶体（上）的连接螺栓，松开叶轮外壳哈夫面的连接螺栓及定位销，吊离叶轮外壳（上）；

2) 松开导叶体（上）的油管，松开法兰及哈夫面的连接螺栓及定位销，吊离导叶体（上）；

3) 松开弯管（上）与推力轴承部件、填料部件及哈夫面的螺栓及定位销，吊离弯管（上）；

4) 将伸缩套管吊走；

5) 松开水泵端联轴器的连接螺栓，松开导轴承体与导叶体（下）的连接螺栓及定位销，松开弯管（下）与推力轴承部件、填料部件的连接螺栓；

6) 将叶轮部件、泵轴部件、导轴承部件、填料部件及推力轴承部件一起吊起，放在专用的支架上；

7) 托住叶轮部件，松开叶轮部件与泵轴的连接螺栓，将叶轮部件吊到一边，水平放置；

8) 依次将导轴承部件、填料部件及推力轴承部件拆离泵轴，分类放在一边；

9) 对未拆下零件的重要部位进行防护, 如导叶体(下)与导轴承的安装平面, 弯管(下)与推力轴承的安装平面。

### D.3 重点部位检修

#### D.3.1 叶片检测与修复内容为:

全部叶片拆卸后, 经抛光除锈, 进行探伤, 分别对叶片根部 A 区域、叶片中部进水边侧 D 区域、中间部位 B 区域、出水边侧 C 区域(叶片外缘比较薄, 无法探测)进行超声波检测, 并形成详细检测报告。叶片分区见图 D.3.1。

根据探伤结果, 如有必要, 需对叶片进行修复。

修复后的叶轮应进行静平衡检测。

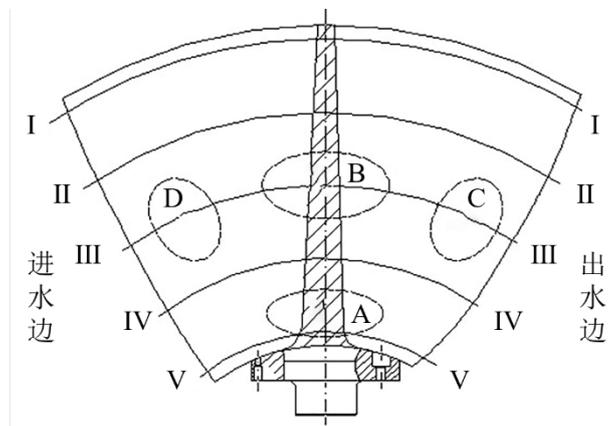


图 D.3.1 叶片分区

#### D.3.2 叶轮外壳检测与修复

在现场对叶轮外壳进行检测, 主要检测内容为:

- 1 汽蚀损坏情况;
- 2 不锈钢内衬磨损情况;
- 3 叶轮外壳本体锈蚀情况;
- 4 不锈钢内衬是否有脱落等, 视检测结果确定是否需要拉回厂内修复。

#### D.3.3 泵轴检测与修复内容为:

太浦河泵站 4100ZXB50-1.8 型斜式泵的泵轴采用 35 号锻钢制作的一端法兰的空心轴, 在与导轴承和填料密封接触部位, 泵轴上堆焊 3Cr13 硬质合金, 以提高泵轴表面硬度及抗磨性能, 表面硬度达到 HRC50 以上。重点检测泵轴油导轴承档和推力轴承档配合面的磨损情况, 根据检测情况进行修复, 见图 D.3.3。



#### D.3.5 推力轴承检测与检修内容为：

检查 SKF 轴承，更换轴承两端的密封，对轴承档套进行检测，如果无法满足设计要求就进行更换。

D.3.6 所有拆下的内部螺栓均换成 A2-80 高强度不锈钢螺栓，其余外部螺栓采用原泵使用的螺栓。

#### D.3.7 密封更换内容为：

更换泵体所有的哈夫面密封件及填料；更换所有骨架油封，采用现在机组原配套的密封圈。

### D.4 水泵清理及防腐

#### D.4.1 清理及防腐工作流程内容为：

- 1 对锈蚀部位进行彻底的铲刮；
- 2 对锈蚀部位按零件类别、锈蚀程度分别进行除锈处理（包括哈夫面）；
  - 1) 前锥管、导叶体、弯管等大型壳体类零件的内流道表面，在现场电、气动工具先对所有的黄锈进行铲刮；经过铲刮经自检后再进行打磨，尤其导流片要打磨见亮；
  - 2) 导水圈、导水锥等流道内小型零件返厂进行喷砂除锈（喷砂完成后 24 小时内需立即涂底漆）；
  - 3) 导轴承压盖、填料盒等有加工精度要求、且基本为锈蚀的小型零件，现场打磨除锈；
  - 4) 叶轮外壳上、下由于不锈钢衬有脱焊现象所以先进行修复；脱焊修复完成后对叶轮外壳内流道表面（不锈钢带除外）进行修复；
  - 5) 对零件的法兰面进行抛光。
- 3 清洗表面：用空压机喷除灰尘；
- 4 涂刷第一层环氧富锌防锈底漆；
- 5 由于该水泵使用时间已经超过 10 年，泵体内部锈蚀严重，对经过铲刮、打磨后出现的凹坑在第一次底漆喷涂，并待干燥后用安全、无毒、环保的原子灰填满，等完全干燥后打磨平整，如果还出现凹坑再次用原子灰镶补直致符合要求；
- 6 检验；
- 7 待第一遍底漆全部干燥后涂刷第二遍环氧富锌防锈底漆；

8 涂面漆。要求按 A 类产品面漆工艺参数表进行；后道面漆应在前道面漆完全干燥后进行；最后一道面漆应在水泵安装及性能试验合格后进行；

9 干燥后进行外观检查。要求漆膜平整、光滑、色泽均匀一致；如因吊装、移动等原因造成漆膜局部损坏则进行修补。修补应在局部损坏处将原有油漆铲掉，然后重新涂底漆和面漆；

10 油漆要求为：

1) 油漆到场后存放区域外有明显的警示标志，严禁明火、热源；区域内务必通风良好；搬运时要小心轻放，严禁摔、碰、撞、击、拖拉、倾倒和滚动；

2) 底漆为环氧富锌防锈漆（铁红）；面漆为环氧富锌（RAL7042）中灰色；

3) 油漆厚度为 75 $\mu\text{m}$ 。

## D.5 水泵恢复安装

D.5.0 对于能够在厂内组装的部分均组装后发出，恢复安装顺序为拆装顺序的逆向。

D.5.1 机组安装说明为：

根据大型轴流泵的特点，水泵不可能在厂内组装出厂，只能进行某些零件的部装和作一些必要的试验，完整的装配和调整工作均在工地进行。为了保证机组的良好运行，提高机组的使用寿命，在工地总装时，必须严格保证质量，现将有关部分的安装程序和基本要求提出来，供安装时参考。

D.5.2 安装工作中的要求为：

1 安装前必须认真阅读《安装使用说明书》及相关配套设备的安装使用说明书。在安装、使用、维护过程中，必须遵循本产品及相关配套设备的安全操作规程；

2 操作者必须经过专业培训，熟练掌握设备的结构特点、性能特点、使用方法后方可上岗；

3 清点验收待装零件，安装前须清洗干净，配合表面涂防腐油；

4 严格遵守所设计的安装高程和安装尺寸进行安装；

5 电机主轴法兰与泵轴法兰联接之前，应检查水泵机组转向是否正确。转向不正确会引起设备损坏和人身伤害事故；

6 安装过程中，严禁零件碰伤碰毛，非耐油件不得沾有油污，以免影响零件的精度和质量；

7 安装过程中遇到技术问题，应及时与有关单位取得联系，协商解决；

8 严禁在最低水位以下起动运行水泵，严禁关阀运行，严禁提高水泵转速；

9 在安装、维修水泵机组前必须切断电源，否则可能造成人身伤害事故；

10 水泵运行时，严禁人体接触外露的旋转部分，以免造成人身伤害事故；

11 水泵机组运行时，发现异常振动、噪音或其它故障，应立即停机检查；

12 所有零件不管是起吊或是安放都必须预先做好防止变形，平正安放。

#### D.5.3 机组的安装内容为：

1 几点说明：

1) 由于整个机组轴线与水平面成  $15^\circ$ ，因此在吊装时，各零件应呈  $15^\circ$  吊装；

2) 叶轮外壳、导叶体、弯管沿轴向剖分，其剖分面用石棉板加橡胶密封胶密封，锥销定位；

3) 各零件结合法兰面用石棉板加橡胶密封胶密封，止口或锥销定位。

2 由于此次回装仅是修复部分零件，而泵体的基础部门没有任何改动；

3 水泵安装：

水泵安装按水泵固定部分、转动部分的安装顺序进行。水泵中心线（与水平面成  $15^\circ$  斜线）及叶轮中心线，是水泵安装的主要控制线，因此安装时应以该控制线作为安装基准。

1) 清洗轴瓦、轴瓦体、轴承体、泵轴、推力轴承体以及进口轴承等零件；

2) 测量导轴瓦内径，复核轴瓦体和泵轴等的各档配合尺寸；

3) 热套进口轴承（热套前须注意需把相关的导轴承端盖以及骨架密封预先套进泵轴）；待推力轴承完全冷却后将泵轴吊入导叶体下以及轴瓦体下；

4) 安装导轴承下冷却油管；

5) 将轴瓦（下）放入轴瓦体（下）内；测量轴瓦间隙；核对拆卸前的测量数据；将轴瓦上片以及轴瓦体上片与相应的下片结合紧固；

6) 检验泵轴同心度跳动以及轴瓦间隙；

7) 将转子体总成与泵轴连接；

- 8) 测量叶轮总成与叶轮外壳的间隙;
- 9) 将轴承体上与轴承体下连接紧固;
- 10) 两端的端盖装入骨架密封并与轴承体连接进行油压试验 (压力为 0.2MPa);
- 11) 将导叶体 (上) 在地面上与 30°弯管 (上) 连接后吊到位并与导叶体 (下), 弯管 (下) 连接;
- 12) 叶轮外壳与导叶体、30°弯管连接紧固;
- 13) 将伸缩套管装入新的填料, 并与叶轮外壳连接紧固; 注意点: 全部法兰面上必须在所有零件连接前加注密封胶预防漏水;
- 14) 安装填料部件并加装填料;
- 15) 热套泵联轴器和齿轮箱联轴器并螺栓连接;
- 16) 安装并接通冷却润滑水管以及各油润滑管;
- 17) 盘车试验;
- 18) 开机前加填料、润滑油 (脂), 接通冷却润滑水;
- 19) 各零部件安装后, 要作好详细记录, 作今后运行参考。





续表 E.0.5

6.机组检修前后主要安装技术参数				
设备名称	项目内容	检修前情况	检修后情况	说明
机组	1.机组同轴度测量 2.大轴摆度测量 3.中心测量 4.水平测量 5.水导轴承检查和间隙测量 6.叶轮及叶轮室空化检查及间隙测量 7.组合轴承检测 8.主轴密封检测 9.联轴器检查 10.齿轮箱及部件检测 11. 电动机空气间隙测量 12.电动机轴承检测			
7.设备评级 检修前_____检修后_____				
升级或降级的主要原因：				
8.检修工作评语				
9.简要文字总结				
1) 检修中消除的重大缺陷及采取的主要措施				
2) 设备的重要改进及效果				
3) 人工和费用的简要分析				
4) 检修后尚存在的主要问题及准备采取的措施				
5) 主要试验结果和分析				
6) 其他				

检修负责人：

技术负责人：

## 引用标准名录

- 《形状和位置公差 未注公差值》GB/T 1184
- 《泵站技术管理规程》GB/T 30948
- 《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》GB 50150
- 《泵站设计标准》GB 50265
- 《水利水电工程技术术语》SL 26
- 《水利水电建设工程验收规程》SL/T 223
- 《泵站设备安装及验收规范》SL/T 317
- 《泵站现场测试与安全检测规程》SL 548
- 《水利水电工程管理技术术语》SL 570
- 《电力设备预防性试验规程》DL/T 596
- 《金属管状电热元件》JB/T 2379
- 《水闸与水利泵站维修养护技术标准》DG/TJ 08-2428
- 《上海市水利泵站维修养护技术规程》SSH/Z 10012

上海市水务局标准化指导性技术文件

DBXX XX/X XXX-2025

# 斜式轴流泵机组检修技术规程

Technical code for overhaul of inclined axial flow pump units

(送审稿)

条文说明

2025-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

上海市水务局发布



## 目 录

1 总 则.....	78
3 基本规定.....	79
3.1 检修类别.....	79
3.2 检修前准备.....	79
4 机组检修.....	80
4.2 机组解体.....	80
4.3 水泵检修.....	80
4.4 齿轮箱检修.....	80
4.5 电动机检修.....	82
4.6 联轴器检修.....	82
5 恢复安装.....	83
5.1 一般规定.....	83
5.2 水泵恢复安装.....	83
5.3 齿轮箱恢复安装.....	86
5.4 电动机恢复安装.....	86
5.5 联轴器恢复安装.....	87
5.6 机组轴线调整和对中.....	89
6 验收.....	90
6.2 试运行验收.....	90
6.3 交接验收.....	90

## Contents

1	General provisions .....	78
3	Basic requirements .....	79
	3.1 Maintenance Category .....	79
	3.2 Preparing for Maintenance .....	79
4	Unit maintenance .....	80
	4.2 Unit disintegration.....	80
	4.3 Water Pump Maintenance .....	80
	4.4 Gear box maintenance.....	80
	4.5 Motor Maintenance .....	82
	4.6 Coupling Maintenance .....	82
5	Restore Installation.....	83
	5.1 General .....	83
	5.2 Water Pump Restore Installation.....	83
	5.3 Gearbox Restore Installation.....	86
	5.4 Motor Restore Installation .....	86
	5.5 Coupling Restore Installation.....	87
	5.6 Unit axis adjustment and alignment.....	89
6	Acceptance .....	90
	6.2 Acceptance of Trial operation .....	90
	6.3 Acceptance and Delivery.....	90

# 1 总则

1.0.1~1.0.2 本条明确了本规程的适用范围。根据上海市水利行业斜式轴流泵泵站机组的系统性调研成果,表 1 统计了全市行政区域内已建斜式轴流泵机组的基本情况。本规程的检修技术要求以表 1 中不同结构型式的技术特征为基础,确保对不同安装形式、运行工况和功能需求的适应性覆盖,为上海市斜式轴流泵机组检修提供统一的技术实施依据。

表 1 上海地区斜式轴流泵泵站机组基本情况

工程	装机台数	单泵流量 (m <sup>3</sup> /s)	单机功率 (kW)	叶轮直径 (m)	水导轴承润滑型式	联轴器	联接方式	倾斜角	建成年月
太浦河泵站	6	50	1600	4.1	稀油	鼓齿式	齿轮箱	15 度	2003
淀东排涝泵闸	3	30	1600	3	稀油	弹性柱销	齿轮箱	30 度	2017.12
龙华港泵闸	4 (2)	22.5	1250	2.8	稀油	弹性柱销	齿轮箱	30 度	2011.7
桃浦河泵闸	3	13.4	710	2.2	稀油	弹性柱销	直连	30 度	2007.12
西弥浦泵闸	3	8.5	450	1.45	稀油	弹性膜片	直连	30 度	2018.11
张家塘泵闸	4 (2)	15	630	2.5	油脂	弹性柱销	直连	30 度	2000.3
张泾河泵闸	3	30	2000	2.95	稀油	鼓齿式	齿轮箱	30 度	2023.6
航塘港泵闸	4	15	900	2.20	稀油	弹性膜片	直连	30 度	2023.2
圆沙泵闸	3	8	560	1.54	稀油	柱销	齿轮箱	30 度	2014.10
薛家泓泵闸	4	15	1000	2.05	稀油	弹性膜片	齿轮箱	30 度	2017.6
赵家沟泵闸	4	22.5	1400	2.7	稀油	弹性膜片	齿轮箱	30 度	2023.11
江镇河泵闸	6	6.67	380	1.6	油脂	弹性膜片	直连	30 度	1999.7

注: 龙华港泵闸、张家塘泵闸均为设计四台, 装机二台。

## 3 基本规定

### 3.1 检修规定与项目

3.1.1 本规程编制充分结合上海市斜式轴流泵站运行管理特性及检修实践经验。为提升规程执行效能，常规性检查内容与《上海市水利泵站维修养护技术规程》SSH/Z 10012 的对应条款具有技术一致性，相关要求直接引用执行，本规程不再另行规定。

针对出现的局部功能异常或部件缺陷，可通过设备本体检修通道（如观察孔、检修孔等）以及流道进人孔实施非解体检修工作；对于机组（设备）全面检查和重大缺陷的处理，应在完成机组（设备）解体后实施专项检修工作。

3.1.3 机组检修周期的确定应综合评估运行介质特性（如水质腐蚀性、含泥沙量）、水力条件（如扬程波动范围）、年累计运行台时数及设备服役年限等关键参数。表 3.1.3 所提出的周期参数区间系基于本市斜式轴流泵站运维实践，整合典型泵站历史检修数据与故障模式分析成果后拟定。具体实施参考以下原则：

1 对具有重要防洪功能或承担关键排涝任务的泵站，以及运行介质腐蚀性较高、运行介质泥沙含量较高、年运行负荷率超过本市行业平均水平的机组，检修周期宜采用小值；

2 对年运行台时显著偏低的泵站，检修周期可取大值，并在汛前进行运行检查。

3.1.4 为使检修工作更具针对性和可操作性，本规程根据机组不同设备的检修工作深度和范围，规定了相应的检修项目和要求。

### 3.2 检修前准备

3.2.2 水泵检修必须在无水状态下进行。由于泵站闸门密封随着运行年限增加可能存在老化漏水风险，因此，除确保泵站原有排水系统正常工作外，还需根据现场检查闸门的漏水情况，评估风险并设置足够的临时排水设施，这是保证检修工作安全的基本前提。

泵站建成多年后，土建结构和基础会有不同程度的损坏，从而影响设备基础。为此需要了解土建的检测情况，在设备恢复安装时，须根据情况采取措施予以调整。

## 4 机组检修

### 4.2 机组解体

4.2.2 解体前，满足水泵断水、泵站防淹，这是保证安全的必须条件。

4.2.3 同 3.2.2 条说明。

4.2.5 根据上海市斜式轴流泵的检修实践，对于叶轮直径较大（如 2000mm 及以上）的斜式轴流泵，其壳体结构在解体吊装过程中易产生变形，特别是止口部位，将直接影响恢复安装的精度。因此，在检修方案中需重点考虑并采取如临时支撑等防变形措施。壳体临时支撑材料应采用 Q235 及以上强度等级钢材，支撑间距不应大于 1.5m，支撑点应避开壳体焊缝及密封面。

### 4.3 水泵检修

4.3.1 规定了水泵检修必须要进行的项目和内容。这些检测项目和原始检测数据，可以作为设备检修判断的依据，也是设备安装恢复对比的依据。

4.3.3 叶片是水泵最重要的部件，保证叶片表面质量和型线是检修工作的重点，修复工作必须满足原设计要求。

叶片修补范围较大、轮毂损坏修复大的叶轮，质量分布也起了变化，应进行静平衡检查。

4.3.5 水泵轴长时间承受悬臂载荷，可能存在弯曲或蠕变，影响轴线对中。检修时需检测其直线度。若弯曲或蠕变超差严重，现场难以校正，则需返厂处理。

4.3.6 水导轴承及轴瓦的状态和瓦间隙直接关系到泵轴的稳定支撑，是检修的重点检查项目。

4.3.7 组合轴承是两组不同形式的滚动轴承，其轴承游隙大小和轴承体损坏情况，是检查重点。

4.3.8 主轴密封是接触式密封，容易对轴颈产生磨损。轻度损坏可在现场处理，损坏严重须返厂。

### 4.4 齿轮箱检修

4.4.1 一般齿轮箱部件不易损坏，但齿轮箱的修复专业性比较强，对齿轮箱的各项检查要求应予以重视，检修工作应由具备资质的专业队伍实施。

4.4.2 水泵机组的齿轮箱承受平稳的荷载，通常情况下齿轮不会受到损坏。齿轮箱在异常载荷或油质劣化情况下，齿轮易出现损伤。若运行中出现异常噪音，建议对齿轮、齿轮轴、轴等关键部件进行无损探伤（如磁粉或超声波探伤），以排查轮齿、过渡台阶、键槽位等应力集中区域的隐性裂纹。

4.4.4 表 4.4.3 不仅列出了轴承失效的现象和原因，更提供了从根源上解决问题的“对策”。该表可用于指导检修时的原因分析和后续的预防措施制定。通常，一旦轴承出现表中所列的损坏现象，即表明其已失效，需要更换。

采用从轴承外侧向内侧进行清洗，是不解体清洗轴承的方法。同时可检查轴承滚动体、滚道面是否点蚀，检查轴承油隙是否超出原规格轴承的油隙值。

滚动轴承的径向游隙，直接影响到轴承内部载荷分布状况和承载力情况。应对轴承的游隙进行检测，出现较大偏离，须采取相应的措施。

4.4.5 齿轮箱轴一般不易损坏，但轴颈的损坏会影响轴承和密封，所以检修时须对轴表面认真检查和处理。

4.4.6 齿轮箱的输入轴端、输出轴端采用骨架油封进行密封，可防止齿轮箱内润滑油泄漏。因油封唇口有硬度，长期运行会对输入轴、输出轴应磨损产生沟槽。可对输入轴、输出轴的油封位进行激光熔覆修复，使其恢复原始密封性能。

齿轮箱运行中的润滑油有波动，箱体又比较大，装配不善或密封条损坏，会影响箱体或轴承盖的密封效果，出现渗油或漏油现象。所以在齿轮箱检修后应更换密封条（圈）。

4.4.7 润滑油劣化影响因素：空气中的水分、金属粉末、金属颗粒。润滑油劣化导致润滑油无法形成抗压油膜，导致润滑失效；劣化还导致润滑油油水分离、乳化，导致散热能力降低。对齿轮和轴承的失效影响很大，为此齿轮箱油的油质必须定期进行油品化验检测。

4.4.8 齿轮箱冷却盘管对润滑油进行冷却，是润滑效果重要保障。冷却盘管长期使用会出现内孔钙化，影响冷却效果；冷却盘管如出现泄漏，导致水油混合，乳化润滑油。要对冷却盘管进行检查或更换，并对冷却盘管进行耐压检测。

4.4.9 轴承孔的精度是保证齿轮箱轴系平行度的基础。检修时需检查轴承孔的磨损情况，并根据检查结果采取相应的修复工艺，如刷镀、镗孔镶套等。

4.4.10 连接螺栓是齿轮箱刚性的重要保障，齿轮箱长期运行会对连接螺栓出现

振动的疲劳失效、滑牙失效，所以应对于重要部位（轴承座）连接螺柱检查，并根据结果进行相应处理。

4.4.11 表 4.4.11 轴系不柱度参照现行标准《形状和位置公差 未注公差值》GB/T 1184 中公差等级 9 级的有关规定。

## 4.5 电动机检修

4.5.2 电动机运行噪音一般比较大，运行时轻微问题难以察觉，而电动机的检修年限较长，所以对电动机的各项检查要求应予以重视。

4.5.3 电动机定子铁芯、线圈等部件，使用卡紧方式固定较多，电动机的磁场波动容易导致松动现象，所以电动机解体检修，各部位的松动检查是重点。

采取真空浸漆或喷涂绝缘漆，是提高绝缘强度的一种有效处理方法。

4.5.4 异步电动机转子结构虽比较简单，但有关部件的缺陷，对电动机的稳定运行有明显影响，所以须按各项要求对转子认真进行检查、修复。

4.5.5 轴承是电动机的易损部件，是检修的重点。电动机滚动轴承的失效和处理可参考齿轮箱轴承章节表 4.4.3。

## 4.6 联轴器检修

4.6.2 齿式联轴器的连接螺栓组件、齿轴套、内齿套为力矩传递主要连接件，因此需进行检查。

4.6.3 蛇形弹簧联轴器的蛇形弹簧为力矩传递主要连接件，因此需进行检查。

4.6.4 弹性（套柱销或柱销）联轴器的半联轴器轴套、弹性体、柱销组件为力矩传递主要连接件，因此需进行检查。

4.6.5 膜片联轴器的半联轴器、膜片组、铰制螺栓组件为力矩传递主要连接件，因此需进行检查。

## 5 恢复安装

### 5.1 一般规定

5.1.1 机组检修后的恢复安装，需综合依据解体前的原始标记、相关技术标准规范以及本次检修中处理缺陷后的新要求，共同确定最终的安装标准，以确保机组性能的恢复。

5.1.2 紧固螺栓宜采用标准和适宜工具，并按要求使用紧固力矩和紧固顺序，以免破坏螺栓和保证设备均匀受力。

5.1.3 O型密封圈是法兰联接密封的常用密封，表中不同沟、槽型式的尺寸要求仅作为检修后安装（恢复）的参考，应以原设备的为准，但可结合使用情况进行沟、槽的修补。

5.1.4 机组合缝要求主要是针对水泵壳体的合缝。齿轮箱箱体、电动机合缝以该设备的要求为主。

### 5.2 水泵恢复安装

5.2.1 一般水泵检修不包括设备基础，尤其是与混凝土有关部分。但如果发现基础的混凝土部分有损坏，须重新处理，则水泵基础部分应执行现行《泵站设备安装及验收规范》SL/T 317 的相关规定。

5.2.2 叶轮室恢复安装重点是壳体的准确就位，并保证满足叶片间隙要求。

恢复安装时，须对叶轮室直径和圆度进行复测，以满足叶片外缘上、中、下三个断面的间隙要求。

叶轮室中心应与转叶中心一致，叶轮室的断面中心与叶轮的断面中心偏差应符合设计要求，且叶轮室断面中心应与主轴中心成 $90^\circ$ 。

此条角度和高程的控制要求，是水泵轴系倾斜角准确性的重要保证。

5.2.3 叶轮的静平衡要求是水泵运行稳定的保证，叶轮体修复影响静平衡时，必须重新进行静平衡检验。

5.2.5 叶轮就位后与叶轮室中心的偏差，宜向出水侧偏移，是考虑：水泵抽水时，水压力作用在转叶上的力是轴向向下的，斜式泵转动部件的下滑力也是轴向向下的，这样轴在运行时有个伸长量，加上推力瓦长期运行的磨损量因此做此规定。

5.2.6 导叶体内筒体布置水导轴承，所以内筒体对轴承座有影响，从而影响轴承

和轴线的准确性，须重视导叶体的就位和合体。

5.2.7 水导轴承的轴瓦与轴颈的间隙，与转速和单位压力有关。转速较低，单位压力也较小，则间隙亦较小。间隙的调整应符合制造商的设计要求，及运行时产生油膜的要求。间隙一般可用塞尺沿着圆弧方向测量，顶部间隙可用压铅法测量，见图 1，并可按下式计算：

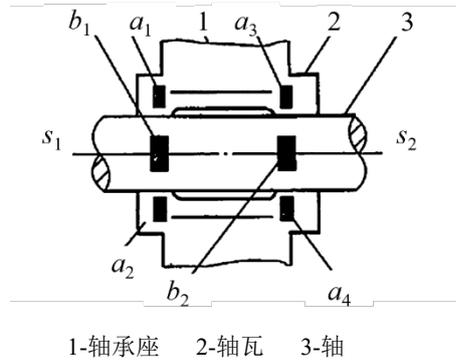


图 1 用压铅法测量轴承顶部间隙铅丝放置位置图

$$S = (b_1 + b_2) / 2 - (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) / 4 \quad (1)$$

式中： $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ ——轴瓦合缝处结合面上各段软铅丝压扁后的厚度（mm）；  
 $b_1$ 、 $b_2$ ——轴颈上段软铅丝压扁后的厚度（mm）；  
 $S$ ——轴承平均顶间隙（mm）。

通过增减轴瓦、瓦座、轴承座合缝处的垫片，可调整顶间隙。

水泵启动后，进入稳定运行状态，使润滑油被带入轴承的楔形空间，油膜使轴颈浮起，轴颈便稳定在一定的偏心位置。

水导轴承密封可采用骨架密封，其装配要求和偏差应符合制造厂的技术要求，安装完成后进行耐压试验。骨架密封由内向及外向唇形密封组成。骨架对整个油封起着支承作用，应具有一定的强度。与壳体相配还应具有一定的尺寸公差要求，见表 2；橡胶件须有一定的硬度和强度，耐磨性、抗蠕变性及自润滑性，及对润滑油的适应性。唇口的断面对密封影响很大，与轴颈有一定量的过盈配合，见表 3；弹簧使唇口与轴颈接触处产生一定的贴合力，并使贴合力保持在一定的范围内。骨架密封的正确安装使用是保证良好密封效果的重要因素。安装骨架油封时，支承部位的全偏心量应满足规定的技术要求。偏心量过大会产生密封唇口局部的附加载荷，易损伤唇口及导致密封的过早失效，见表 4。

表 2 骨架油封外径尺寸公差

外径尺寸	外径公差	外径尺寸	外径公差
50~80 以下	+0.06~+0.14	180~300 以下	+0.12~+0.25
80~120 以下	+0.08~+0.17	300~800 以下	+0.14~+0.30
120~180 以下	+0.10~+0.21	-	-

表 3 骨架油封唇口过盈量

轴颈尺寸	唇口过盈量	轴颈尺寸	唇口过盈量
81~97	1.5~0.5	224~241	2.3~0.7
98~116	1.6~0.6	242~259	2.4~0.7
117~133	1.7~0.6	260~276	2.6~0.7
134~150	1.8~0.6	277~290	2.8~0.7
151~170	1.9~0.7	291~300	3.0~0.7
171~187	2.0~0.7	301~400	3.2~0.8
188~205	2.1~0.7	401~600	3.6~0.8
206~223	2.2~0.7	601~800	4.0~0.9

表 4 骨架油封使用偏心量 (mm)

轴颈尺寸	全偏心量
300~400	1.6
400~600	1.8
600~800	2.0

5.2.9 组合轴承是水泵轴系的一个基准点,所以组合轴承座的偏差控制和轴承座的调整很重要。

根据机组固定部件的实际中心,检查和调整两轴承孔中心。轴承座的安装,除应按机组固定部件的实际中心调整轴孔的中心外,轴孔中心高程还应将轴承座支撑变形值计算在内。

轴承座端盖结合面、油挡与轴瓦座结合处应按制造商的要求安装密封件或涂密封材料。

轴承座两侧端盖与转轴间隙,根据制造厂设计图纸经验,一般 0.2mm 左右,安装时,其分半对口间隙不应大于 0.1mm,且无错牙。

5.2.10 组合轴承恢复安装前,应检查滚动轴承清洁无伤,工作面光滑无裂纹、蚀坑和锈污,滚子和内圈接触应良好、与外圈配合应转动灵活无卡涩,但不松旷;推力轴承的紧圈与活圈应互相平行,并与轴线垂直。

滚动轴承游隙直接影响到轴承的载荷分布、振动、噪音、摩擦、使用寿命和

设备运行精度等技术性能。对游隙可调整、不能拆卸和游隙可调整、可拆卸的两种情况，需考虑安装和运行温度的因素，按制造厂的要求进行调整和控制。

组合轴承包括推力轴承。该轴承承受轴向力，应有一定的轴向间隙，其数值应由轴向力的大小而取值。

5.2.13 水泵盘车的目的是调整轴线，保证各部位间隙均匀。盘车时需考虑以下因素：推力轴承与水导轴承的间隙差异；运行时油膜会将轴颈抬起，改变其中心位置；叶片在不同方位时受到的水压力不同。需综合调整，轴线在各工况下均能保持良好的对中状态，使水泵轴系恢复安装的同轴度满足原测量或技术规定的要求。

### 5.3 齿轮箱恢复安装

5.3.1 齿轮箱的现场检修，主要是轴承清洗、更换，存在现场装配的可能。齿轮箱的轴承拆装，会对齿轮啮合有影响，所以应有资格和经验的单位实施；对齿轮表面仅作轻微的齿面清理，不进行拆卸，所以不存在装配和恢复。

### 5.4 电动机恢复安装

5.4.1 电动机检修是一项比较专业的工作，应由有资质和经验的单位实施。

安装前应对空-水冷却器应进行压力试验，试验压力应符合制造商要求。

5.4.2 具体穿心方案需根据泵站结构、电动机形式和起重量大小拟定。如制造商有具体明确的方法，则按规定执行。

现场恢复装配风叶时，应按照厂家的标记进行。因制造厂对转子进行动平衡试验时，一般是安装好风叶进行的或进行过重量匹配，所以现场安装对两端的风扇叶片，须注意位置的偏离，可能会影响转子的动平衡。

5.4.3 预留定子中心相对于转子中心向固定端轴承偏移，是考虑电动机满负荷运行时其轴的热膨胀伸长量，以尽量保证电动机运行时定子磁场中心与转子磁场中心重合。

5.4.6 电动机的转子、定子在运行之后，其圆度会出现一定的误差，故测量空气间隙是一项重要工作。空气间隙测量时，转子要转动几个位置测定，以保证间隙均匀。若间隙偏差超过允许范围，则应分析其原因，并按空气间隙要求值找正。

## 5.5 联轴器恢复安装

5.5.1 拆卸半联轴器轮毂应使用专用工具。半联轴器加热装配时，避免局部过热，根据经验加热至 120℃ 左右；应保护联轴器两端设备的密封，一般采用水冷方式；加热后内孔膨胀量应通过计算确定，确保过盈量符合设计要求，一般为 0.01mm~0.03mm。

联轴器是斜式轴流泵机组三大设备联接的重要设备，机组的轴线调整需利用联轴器进行对中，所以联轴器的就位、安装、对中是机组设备安装的一个重要部分。联轴器轴线对中调整方式如图 2 所示。

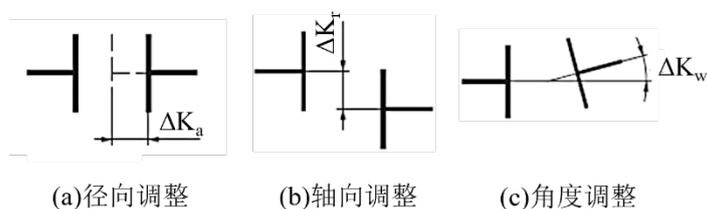
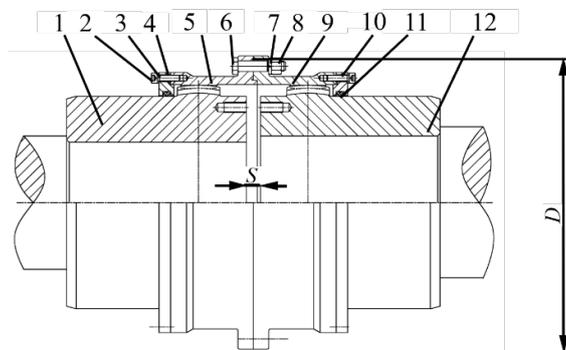


图 2 联轴器轴线对中调整形式

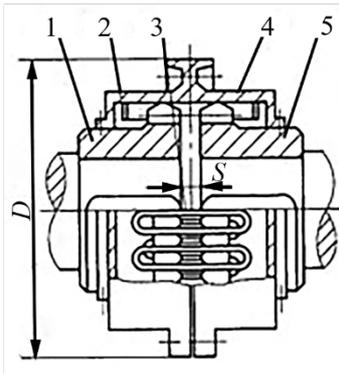
5.5.2 齿式联轴器结构和形状如图 3。



1、12-外齿轴套；2-内六角螺钉；3-弹性垫圈；4、10-盖板；5、9-内齿圈；6-铰制螺栓；7-弹性垫圈；8-六角螺母；11-密封圈；D-联轴器外形最大直径；S-断面间隙

图 3 齿式联轴器

5.5.3 齿蛇形弹簧联轴器结构和形状如图 4。

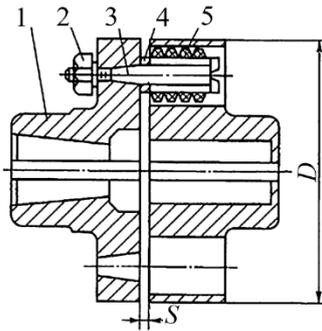


1、5-半联轴器；2、4-罩壳；3-蛇形弹簧；D-联轴器外形最大直径；S-端面间隙

图4 蛇形弹簧联轴器

充分的润滑脂对蛇形弹簧联轴器工作十分重要。可用于油枪注入润滑脂，直到在孔中有过量润滑脂溢出为止。

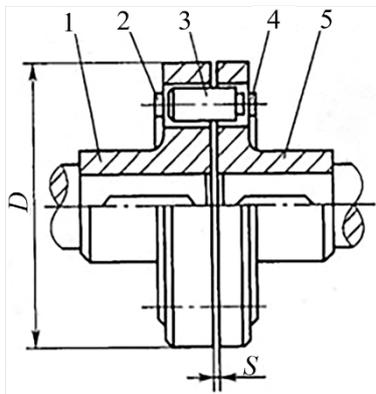
5.5.4 弹性套柱销联轴器结构和形状如图5。



1-半联轴器；2-螺母；3-柱销；4-挡圈；5-弹性套；D-联轴器外形最大直径；S-端面间隙

图5 弹性套柱销联轴器

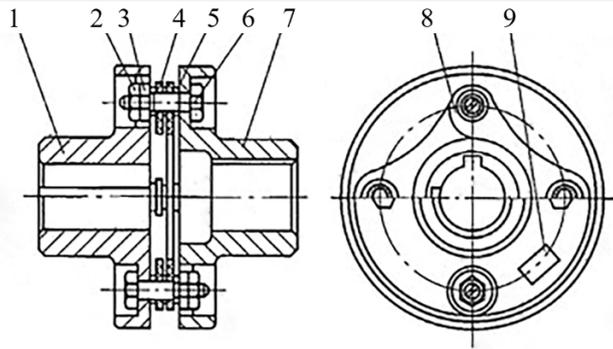
5.5.5 弹性柱销联轴器结构和形状如图6。



1、5-半联轴器；2、4-挡板；3-柱销；D-联轴器外形最大直径；S-端面间隙

图6 弹性柱销联轴器

5.5.6 膜片联轴器结构和形状如图 7。



1、7-半联轴器；2-锁紧螺母；3-六角螺母；4-隔圈；5-支撑圈；6-六角头铰制孔用螺母；8-膜片；9-标记

图 7 膜片联轴器

膜片联轴器靠膜片组的弹性变形来补偿轴线偏差，对对中精度要求高。其安装允许偏差详见正文表 5.5.6。安装后需运转一个班次后复紧螺栓，并在膜片间涂抹二硫化钼等固体润滑剂以减少微动磨损。

## 5.6 机组轴线调整和对中

5.6.1 除电动机直连驱动水泵外，斜式轴流泵机组由三段轴和两个联轴器组成。机组轴线调整与对中应分段进行。

5.6.2 装配半联轴器时，对重量较大的联轴器，宜使用适当的起重设备；在轴伸和轮毂孔上涂抹一薄层润滑油，以便安装；轴承上不得施加任何附加力。

5.6.6 相邻设备联轴器找正时，相邻设备应与各自主轴轴线同轴且垂直。

考虑到联轴器自身的圆度和大小误差，以及其与各自主轴和垂直的误差，建议采用附录 C 的方法，进行两轴同轴找正。

设备的两根轴之间的轴向、角度和径向偏差必须尽可能降低。对正操作必须极为谨慎，因为对正误差会导致轴承和轴的损坏。

## 6 验收

### 6.2 试运行验收

6.2.1~6.2.2 试运行是检验检修质量的最终环节。根据本市实践经验，机组检修后的试运行验收可分为两步进行：首次运行主要进行调试和问题排查（约 1 小时），问题处理后再进行正式的试运行验收。

6.2.3 机组检修及恢复安装后的试运行以恢复功能为核心目标，其运行条件需适应实际情况。上海地区沿江沿海泵站受半日潮汐规律影响，外河水位涨落周期内机组运行扬程呈连续非线性变化，试运行时段选取应满足动态负荷谱覆盖要求。新建泵站试运行侧重于设备磨合与功能验证，现行标准《泵站设备安装及验收规范》SL/T 317 要求长时连续测试，并规定了单机和机组联合运行的最低时长，相较新建泵站试运行不同，检修后的机组试运行采用 2 小时，可有效观测关键参数（性能、振动、密封等）。

检修后的不仅机组参数要达到机组原始设计性能或新要求的运行标准参数，并且经过检修，完成恢复安装后的设备（部件）也应达到和满足设备（部件）的设计或原状要求。

### 6.3 交接验收

6.3.3 验收工作应采取数字化的电子技术方式记录，以便于检查机组检修资料完整性和质量合格性。