

大型水泵机组安装关键工艺与质量控制要点研究

李斗宜

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南三门峡 472000

摘要：本文深入研究了大型水泵机组安装的关键工艺与质量控制要点。通过对安装前的准备工作、安装过程中的关键技术环节以及安装后的质量控制措施进行详细分析，旨在提高大型水泵机组的安装质量，确保水泵机组的平稳运行和长期可靠性，为水泵机组的安装施工提供了有益的参考。

关键词：大型水泵；机组；质量控制

前言

大型水泵机组是水利工程、给排水工程及工业生产等多个领域中的核心设备之一，机组运行稳定性和可靠性直接影响着整个系统能否正常工作。以城市供水系统为例，大型水泵机组担负着把水源水输送到千家万户的任务，当机组发生故障时，会对居民的生活以及工业生产造成严重的影响^[1]。而水泵机组能否处于良好的运行状态，主要取决于其安装质量。在科学技术不断进步的背景下，大型水泵机组向着高扬程、大流量以及高效率等方面发展，对于安装工艺以及质量控制等方面都有较高要求。因此，对大型水泵机组的安装关键工艺及质量控制要点进行深入地研究有一定的实际意义，有利于减少在安装时出现的差错，减少后期维护成本，提高设备使用寿命及运行效率。

一、大型水泵机组安装关键工艺

(一) 安装前的准备工作

1. 设备检查与验收

大型水泵机组在安装之前，对其设备进行全面的检验和严格的验收是保证安装工作顺利进行和机组后期平稳运行的根本。首先，要对水泵本体、电机及各种管件和附属设备的外观进行检查^[2]。看水泵外壳有无断裂、变形现象，电机绕组无裸露、潮湿的痕迹，管件表面无裂纹、砂眼及其他瑕疵。还要认真检查设备规格、型号、数量等是否符合设计图纸及供货清单。对关键部件，如水泵用叶轮、轴和电机用转子都需要进行尺寸精度检验。通过实测叶轮直径、叶片厚度及轴直径和直线度等参数，与设备技术文件规定值进行对比。

2. 基础准备

基础是承载大型水泵机组重量并保证其稳定运行的关键。基础施工结束以后，需要重新检查基础才能安装。用水准仪和经纬仪及其他测量仪器对地基进行标高和中心线位置及平整度检查。基础标高偏差以 $\pm 10\text{mm}$ 为宜，中心线的位置偏差不得大于 $\pm 5\text{mm}$ ；基础表面平整度采用2m靠尺进行检测，容许偏差5mm。以某市城市污水处理厂大型水泵机组的安装工程为例，基础标高偏差在容许范围之外，采用凿除基础表面并重浇部分混凝土等措施予以纠正，以保证后续设备的安装准确性。另外，还要对地基上预留地脚螺栓孔位置、深度及孔径等进行检验。地脚螺栓孔心位置偏差不得超过 $\pm 10\text{mm}$ ，深度偏差不得超过 $+20\text{mm}$ ，孔径要大于地脚螺栓直径15-20mm。如果发现地脚螺栓孔出现偏差或者被杂物卡死，要及时处理，以确保地脚螺栓能平稳安装并锚固牢固。同时，要清理基础表面，除去油污、灰尘及疏松的混凝土及其他杂质，给设备的安装创造有利条件。

(二) 安装过程中的关键技术环节

1. 水泵吊装与就位

水泵吊装在安装中占有重要地位，直接关系到水泵的安装位置和安全。起吊前，需根据水泵外形尺寸及重量设置合理吊点。通常对整体式水泵来说，吊点可以选在水泵吊耳附近或者泵体重心处；对于分体式的水泵，例如大型的卧式离心泵，在进行泵体和电机的吊装时，必须明确各自的吊点位置，以确保在整个吊装过程中设备能够保持稳定平衡^[3]。选择适当的起重工具，例如汽车吊，慢慢地将水泵提起并移至基座之上。当泵靠近基础时，应控制下降速度，以免与基础相撞。当水泵到位时，调节垫片厚度对水泵水平度及标高进行初步调节。使用水平仪在水泵的进出口法兰面或泵体的加工平面上

进行测量，通过增减垫铁数量和调整垫铁位置，使水泵的水平度偏差控制在 0.1mm/m 以内，标高偏差符合设计要求。以某大型水利枢纽工程水泵安装为例，通过对垫铁进行准确调节，使得水泵水平度可达 0.08mm/m ，为之后的安装打下了良好的基础。

2. 同心度调整

水泵和电机的同心度是确保机组顺利运行的关键。在水泵和电机初步就位后，采用百分表等工具进行同心度测量和调整。将百分表与电机联轴器固连，使表头与水泵联轴器外圆周面接触，转动电机轴并测出联轴器径向跳动值，此值反映两个联轴器径向偏差。同样，将百分表表头与联轴器端面垂直，转动电机轴并测出联轴器轴向跳动值即为轴向偏差。依据测量结果对电机位置进行调整，以降低同心度偏差。一般情况下，径向偏差应不超过 0.05mm ，轴向偏差不超过 0.08mm 。调节电机的位置，可以用顶丝或者千斤顶等工具，在不停地测量同心度的情况下慢慢地移动电机直到满足要求。调节时，应注意电机地脚螺栓松紧，以免调节时电机移位。以某厂循环水泵的安装为例，经过几次同心度精细调整后，径向偏差保持在 0.03mm 以内，轴向偏差保持在 0.05mm 以内，有效地减小了机组工作过程中产生的振动与噪声。

3. 管路连接

大型水泵机组管路连接由进水管路、出水管路安装组成。管路安装前应检查管材是否合格，以保证其材料、规格及壁厚满足设计要求^[4]。就钢管而言，应检查钢管是否存在锈蚀、裂缝及其他缺陷，并将缺陷管材修补或替换。管路安装要按先主管，再支管。安装时，确保管道坡度及垂直度满足设计要求。对水平管道而言，坡度通常在 $0.002\sim 0.005$ 之间，有利于排水，避免气体积聚。用吊线、水平仪及其他工具对管道垂直度、水平度进行检验，其偏差要在许可范围之内。管道连接方式按管材及设计要求进行选用，常见的连接方式有焊接连接、法兰连接及螺纹连接等。对焊接连接应严格控制焊接电流、电压及焊接速度等焊接工艺参数，以保证焊接质量。焊后检查焊缝外观，焊缝表面要平整，不得有气孔、裂纹和夹渣，按要求配比无损探伤。当管道接入水泵进出口时，应注意避免管道给水泵带来额外的应力。为补偿管道因温度变化导致的热胀冷缩和安装误差，可以考虑使用柔性的连接方法，例如安装橡胶软接头，以确保水泵能够正常工作。以某市供水工程为例，通过在水泵进出口安装橡胶软接头，有效减少了管道应力对水泵的影响，

提高了机组运行的稳定性。

4. 电气安装与调试

电气安装主要包括电机接线、控制柜的安装和电缆的铺设工作。电机接线要严格遵守电气原理图，以保证接线的稳固和相序的正确性。接线前应检测电机绕组绝缘电阻，绝缘电阻值不得小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。用兆欧表对电机三相绕组间及绕组和外壳间绝缘电阻分别进行测量，如果绝缘电阻值达不到要求，则需要对电机做干燥等加工。控制柜的安装必须是垂直且稳固的，其垂直偏差不应超过 1.5mm/m 。控制柜中电器元件要摆放整齐，接线稳固，标志明显。电缆敷设应按设计路径敷设，以免交叉、重叠，电缆弯曲半径必须达到规定要求。电缆敷设时，应注意对电缆外皮的防护，以防刮伤、断裂。电气安装后对电机进行调试。首先，要进行的是空载试运行，通常的空载试运行时长在 $2\sim 4$ 小时之间。试运行期间，要严密观察电机工作状态，包括电机的转向是否正确、电流是否正常、温度有无异常升高以及振动和噪声是否在允许范围内。如果检测到电机转向错误，应立即停机，调整电源相序。通过测量电机的空载电流，与电机的额定电流进行对比，空载电流一般为额定电流的 $20\%\sim 50\%$ ，若空载电流过大或过小，需检查电机和电气系统是否存在问题。如某工业项目大型水泵电机在调试过程中发现其空载电流过大，经查为电机绕组部分短路所致，及时进行了修复，确保了电机的正常运行。

二、大型水泵机组安装质量控制要点

(一) 大型水泵机组安装完成后的试运行条件检查

大型水泵机组在安装后试运行之前进行条件检查是非常关键的。首先，要对设备完整性进行全面核查。在水泵的主体部分，必须确保叶轮、泵轴和轴承等关键组件的安装是稳固的。特别是叶轮与泵壳之间的径向间隙应维持在 $0.15\sim 0.30\text{mm}$ 的范围内，而轴向间隙应在 $0.50\sim 1.50\text{mm}$ 之间，并需要使用塞尺等工具进行精确的测量^[5]。在电机部位，应检查转子旋转的灵活性，以免发生卡滞现象，并确认风扇、端盖及其他零件是否安装到位。另外，还需要对各种管件、阀门、仪表及其他附属设备进行逐个检验，以保证安装的正确性和无漏性，例如阀门的安装方向要符合水流的流向，并具有启闭的灵活性，仪表量程选择恰当，安装位置便于观测和操作。

电气系统检查也是不可忽视的。电机接线需牢固可靠，接线的端子不能有任何松动或氧化的情况，可以使用扭矩扳手，按照 $8\sim 12\text{N}\cdot\text{m}$ 的扭矩数值来固定螺栓。

控制柜内电器元件连接应可靠，线路标识清晰准确。需要对电气系统绝缘性能进行严格检测，其中电机绕组绝缘电阻不得小于 $0.5M\Omega$ ；控制柜中各电气元件绝缘电阻通常要求不得小于 $1M\Omega$ 。接地系统同样需要改进，接地电阻不能超过 4Ω ，用接地电阻测试仪检测，以保证电气安全。

润滑与冷却系统的检查也至关重要。润滑油需清澈透明，无浑浊、乳化或杂质，油量应保持在油标规定的 $1/2-2/3$ 之间。冷却系统管道连接需紧密无泄漏，启动冷却水泵检查冷却水流是否通畅，水压应保持在 $0.1-0.3MPa$ 之间。冷却水箱或水池的水位也需满足运行要求，避免水位过低影响冷却效果。

最后，管路系统的检查同样重要。进水管路与出水管路要求安装稳固，支吊架布置合理，无松动变形现象。管道的坡度必须满足设计规范，通常水平方向的管道坡度应设置在 $0.002-0.005$ 之间，以便更有效地进行排水和避免气体聚集。管道连接部位的密封性能需要通过外部检查和压力测试来确认，测试压力通常是工作压力的 1.5 倍，并且需要保持 $10-30$ 分钟的时间，以确保没有渗漏、变形方能保证管路系统具有较好的密封性，以免在工作时发生漏水而影响水泵机组正常工作。

(二) 大型水泵机组试运行过程中的质量控制

大型水泵机组试运期间，其质量控制是保证装置正常工作的关键环节。一是对机组各运行参数进行严密监控。使用流量计来测定水泵的流量，以确保其完全满足设计标准，并将偏差控制在 $\pm 5\%$ 的范围内。如果设计的流量是 $1000m^3/h$ ，那么试运行的流量应该控制在 $950-1050m^3/h$ 之间。同时，采用压力计对泵进出口压力差进行监测，以符合泵扬程特性曲线。电机中的电流和电压监测是至关重要的，电流的数值不应超出规定的额定电流，而电压的波动幅度应被限制在额定电压的 $\pm 10\%$ 范围之内。另外，需要实时监控水泵及电机温度，水泵轴承的温度不能高于 $70^\circ C$ ，电机绕组的温度也不能高于 $120^\circ C$ ，发现有异常情况时，要立即采取应对措施。

除运行参数外，振动和噪声是表征机组运行状态最主要的指标。使用振动测试仪测量水泵和电机的振动情况，确保水泵轴承处振动速度有效值不超过 $4.5mm/s$ ，

电机轴承处不超过 $2.8mm/s$ 。同时，在距机组 $1m$ 处用噪声测试仪进行噪声测量，以保证噪声值不能大于 $85dB(A)$ 。过高的振动和噪声可能是机组同心度偏差、基础不牢固或设备故障的信号，需及时排查原因并解决。

密封性能的检查同样重要。观察机械密封或填料密封的泄漏情况，机械密封泄漏量不应超过 $5mL/h$ ，填料密封每分钟泄漏不超过 $10-20$ 滴。若泄漏量过大，需及时更换密封件或调整密封参数。同时，对管道连接处的密封进行再次检查，确保无渗漏现象。

在试运行期间，还需对水泵机组的性能稳定性进行评估。观察流量、压力和电流等多个参数在一段时间内的波动，如果这些参数出现较大的波动，这通常意味着机组的性能不够稳定。这种不稳定可能是由于进水管道中空气的进入、阀门调节不当或者水泵内部组件的损坏等因素造成的。通过对试运行期间数据及现象进行记录，为设备后续维修及性能分析奠定基础。在试运行完成之后，全面评估机组的整体性能，以保证机组达到设计要求以及实际的使用需要。

结语

大型水泵机组的安装是一个复杂而细致的过程，需要严格按照施工图纸和相关标准要求进行操作。通过加强安装前的准备工作、控制安装过程中的关键技术环节以及做好安装后的质量控制措施，可以有效提高水泵机组的安装质量，确保水泵机组的平稳运行和长期可靠性。

参考文献

- [1] 杨志峰, 李洁. 特大型复合原水泵房工艺优化设计[J]. 净水技术, 2024, 43(S02): 185-191.
- [2] 王胜利, 胡田力. 大型给水厂 $10kV$ 水泵机组联动控制设计与实践[J]. 中国给水排水, 2023.
- [3] 陈公朴. 大型水泵机组振动趋势预测方法研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(7): 38-40.
- [4] 郑阳, 王鑫, 孟龙, 等. 低水头宽变幅抽水蓄能机组水泵水轮机泵工况优化研究[J]. 水电与抽水蓄能, 2024, 10(3): 113-120.
- [5] 范光宁, 王磊. 大型立式水泵机组安装中的控制技术分析[J]. 电子技术, 2023(6): 182-183.