

机电设备安装减振降噪施工技术应用

潘徐艳 张沛卿

浙江省机电设计研究院有限公司 浙江 杭州 310000

【摘要】：机电设备安装阶段形成的振动与噪声问题具有隐蔽性和持续性，若基础处理、隔振构造、连接方式和试运转校核不到位，设备投入运行后容易出现振幅放大、结构传声和检修返工等问题。文章围绕机电设备安装减振降噪施工技术应用，结合旋转设备、风机水泵机组、管道风管及机房围护等对象，分析振动传播路径、刚度失衡、安装偏差和附加应力等主要风险来源，提出以前置校核、隔振元件合理选配、关键节点施工和复测修正为核心的技术控制方法，为提升机电设备运行平稳性和作业环境质量提供参考。施工控制还应兼顾工艺衔接与后续维护要求。

【关键词】：机电设备；减振降噪；安装施工；隔振控制；试运转

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.021

引言

机电设备安装完成后出现的振动和噪声，并不是简单的运行舒适性问题，而是基础刚度、连接构造、安装偏差和介质流动状态共同作用的结果。设备若在安装阶段没有把隔振、防传声和附加应力释放条件处理到位，后续即使通过运行参数修补，也很难彻底消除结构性噪声。减振降噪施工技术的核心因此不是只是增加隔振材料，而是围绕设备、基础、管线和围护形成协同的安装控制体系。只有把安装条件和运行响应放在一起分析，减振降噪措施才不会停留在材料堆砌层面。

1 机电设备安装减振降噪的控制对象与风险来源

1.1 振动传播路径与噪声源分级识别

机电设备运行振动和噪声并不会只停留在设备本体，而是沿着基础、支架、管线、围护结构和空气介质持续传播。施工前若不能把噪声源和传播路径分开识别，后续就容易把局部现象当成整体问题处理，导致减振措施投放失准。机电设备安装减振降噪施工技术应用研究指出，旋转设备、流体设备和附属管线在运行中形成的激振源具有频带差异和传播方式差异，施工控制必须先判断主导传播路径^[1]。安装阶段应把设备本体激振、结构传振、管线传声和围护反射分别列入检查对象，通过基础布置、连接构造和设备布置方向的前置分析，确定后续隔振构件设置位置和工序重点，而不是等到试运转后再被动追溯噪声来源。识别顺序越清楚，后续措施越容易打到真正的主导传播环节上。同时要把复测结果、调整动作和复位条件记录清楚，避免问题在运行中重复放大。

1.2 基础、支架与连接件刚度失衡带来的放大效应

机电设备安装中最常见的风险，不是单一构件强度不足，而是基础、支架和连接件之间的刚度关系失衡。基础强而支架柔、设备轻而连接硬，或者紧固状态不一致，都会使局部振动被放大并传递到周边构件。复杂环境下的机电设备安装研究表明，支撑体系若没有针对设备荷载、转速和启停工况进行匹配校核，运行后极易出现共振区提前暴露、螺栓松动和次生噪声

叠加^[2]。施工准备阶段应结合设备质量、基础尺寸、支架跨度和连接件形式，对受力链条整体判断，防止把减振问题误解为简单的“垫一层橡胶”。只有在刚度梯度合理、受力路径连续的条件下，隔振构造才能发挥稳定作用。刚度关系处理不当时，局部小偏差也会在运行中被持续放大。同时要把复测结果、调整动作和复位条件记录清楚，避免问题在运行中重复放大。

1.3 安装偏差与调试异常叠加形成持续噪声

安装偏差往往不会在静态状态下立即暴露，但进入试运转后会与转速变化、流量波动和启停冲击叠加，形成持续噪声。转子轴线偏差、联轴器不对中、底脚受力不均、管道预紧过大等问题，单独看都可能在允许范围内，可一旦叠加，就会使设备长期处于不稳定振动状态。汽轮机安装过程中的振动控制研究指出，安装阶段没有把对中精度、热位移预留和约束释放处理到位时，运行阶段常会表现为振值重复升高和故障点难以锁定^[3]。减振降噪施工不能把偏差控制和运行复核割裂开来，而应把安装精度、附加力检查和试运转响应放在同一条技术链上理解，避免只在运行端头痛医头。因此偏差控制必须与试运转观察同步推进，不能分成两张皮处理。同时要把复测结果、调整动作和复位条件记录清楚，避免问题在运行中重复放大。

2 减振降噪施工的前置技术处理

2.1 设备基础、二次灌浆与找平找正控制

设备基础是减振降噪的第一道条件，二次灌浆、垫铁布置和找平找正精度直接决定设备受力是否均匀。若基础表面空鼓、二次灌浆不密实或垫铁接触不充分，设备运行中就容易出现底脚松动和局部振幅放大。安装质量通病分析表明，很多振动异常并非源于设备缺陷，而是源于基础处理粗糙、找正过程简化和紧固顺序失当^[4]。施工时应在基础验收合格后再组织设备落位，控制灌浆层连续性和养护条件，按既定顺序完成找平、找正和复紧。对高速旋转设备和连续运行机组，还要在冷态安装后保留复测节点，使基础稳定、灌浆收缩和紧固状态变化能够在试运转前完成再校核。基础稳定性越高，后续隔振构件和

机组找正结果越不容易反复漂移。同时要把复测结果、调整动作和复位条件记录清楚，避免问题在运行中重复放大。

2.2 弹性支吊架与隔振元件的选配校核

弹性支吊架、减振垫、隔振器和柔性连接件是常用减振构造，但其效果并不取决于数量多少，而取决于荷载匹配、安装姿态和工作变形是否合理。若隔振元件选型偏软，设备运行时会出现位移过大和二次碰撞；选型过硬，又会失去削弱激振传递的作用。化工机电设备安装调试经验表明，隔振元件一旦与设备实际荷载、安装重心或连接方式不匹配，后续即使通过增加紧固也难以恢复稳定状态^[5]。施工前应结合设备静荷载、启停冲击、介质波动和检修拆装需求，对隔振构件的布点、压缩量和约束条件进行复核。安装完成后还应检查元件受力是否均匀、限位是否合理，避免将隔振构件本身变成新的振动源。元件选配同时兼顾荷载和检修条件，才能避免运行后再度调整布点。同时要把复测结果、调整动作和复位条件记录清楚，避免问题在运行中重复放大。

2.3 管道风管接口柔性连接与附加应力释放

很多设备减振效果差，并不是设备本体隔振失效，而是与之相连的管道、风管和桥架把附加应力重新传回设备。刚性连接过多、接口偏拉偏扭、支吊架预留不当，都会使设备在启动后承受额外荷载，形成结构传振和管壁噪声。振动控制技术应用研究指出，柔性连接与应力释放处理若仅停留在材料安装层面，而没有同时校核接口同轴度、补偿量和支撑条件，减振效果会被大幅抵消^[6]。施工中应把柔性短节、伸缩节、软接头和相邻支吊架视为一个整体构造控制，先校正接口位置，再控制连接长度和受力方向，并在系统成型后实施冷态检查，确保设备不因外部连接受力而被迫偏位运行。附加应力释放充分后，设备本体的隔振措施才不会被外围构造抵消。同时要把复测结果、调整动作和复位条件记录清楚，避免问题在运行中重复放大。

3 关键施工工艺与过程控制

3.1 旋转设备对中找正与动静隔离施工

旋转设备的减振降噪关键在于对中找正与动静部件隔离控制的同步落实。电机、泵、风机和减速机在连接后，如果轴线偏差、联轴器间隙以及底座受力状态缺乏协同控制，设备运行过程中就容易持续产生周期性振动，影响设备寿命和运行稳定性。因此，施工阶段应首先以基础中心线和设备标高为基准完成粗找正，然后在紧固、灌浆及管线连接后进行复找正，确保前后工序不相互牵制，避免找正效果受损。对于存在热胀冷缩或负荷波动的设备，还应结合其运行特征预留复测条件，以便在运行过程中及时校正。动静隔离方面，应严格控制旋转部件周边防护罩、底座、风道和支撑构件的最小间隙，避免局部摩擦产生高频噪声，从而保证设备在真实运行状态下维持稳定

的机械边界。对中精度越高、动静边界越稳定，设备越不易出现重复性振动回升。此外，应详细记录复测结果、调整动作及复位条件，为后续维护提供依据，防止问题在运行中被放大或重复出现。通过科学的对中与动静隔离控制，可以显著提高旋转设备的运行可靠性和噪声控制效果。

3.2 风机水泵机组减振与噪声抑制工艺

风机和水泵机组是安装现场最容易出现振动和噪声投诉的设备类型，其问题不仅与设备自身转动有关，还受气流、水流脉动以及机房反射条件的影响。施工阶段，应统筹考虑机组底座、隔振器、进出口软接、阀门布置以及就地检修空间，避免单独优化某一环节而导致其他问题被放大。对于风机机组，应特别关注蜗壳出口、风管弯头以及围护反射面的相对位置关系；对于水泵机组，则需控制吸入侧直管段长度、支吊架设置以及止回阀冲击路径。减振降噪工艺的核心不在于将所有连接都做成柔性，而是在保证介质稳定输送的前提下，削弱机组与周边结构的刚性耦合，减少流体扰动转化为结构噪声的可能性。机组各部位控制节奏应保持一致，避免某一环节成为新的噪声放大点。此外，还应详细记录复测结果、调整动作及复位条件，为后续运行维护提供依据，防止问题在运行中重复放大。通过科学统筹与协调，可以有效降低机组振动和噪声，提高整体运行可靠性和舒适性。

3.3 穿墙穿楼板节点与机房围护协同处理

穿墙和穿楼板节点通常是振动与噪声二次传播的薄弱环节。当管道、风管或电缆桥架从设备区穿越到相邻空间时，如果套管安装不规范、封堵不严密或柔性过渡处理不到位，设备侧产生的结构振动和空气噪声就可能沿节点直接扩散至其他空间。因此，机房围护的协同处理不能等到装修收尾阶段再补，而应在安装工艺阶段提前介入。施工时，应结合构件尺寸和振动特征，严格控制穿越节点的间隙尺寸、封堵材料的连续性及其柔性层设置位置，同时避免桥架和风管与墙体刚性顶死，以免形成振动传递的刚性通道。对于噪声敏感区域，还需复核机房门、检修孔及轻质围护的连接细部，确保围护结构既满足检修与使用要求，又不会成为振动绕行传播的便捷路径。节点与围护的协同优化完成后，振动和噪声绕行传播的概率将显著降低。应完整记录复测结果、调整动作及复位条件，为后续运行提供依据，防止问题在设备运行过程中被重复放大或累积。

4 调试验收与长效保持

4.1 试运转阶段振动噪声复测与参数修正

减振降噪施工的有效性不能只靠安装完成时的外观判断，必须在试运转阶段通过振动和噪声复测来验证。复测内容应包括启停瞬态、稳态运行和负荷变化阶段的振动响应，并结合轴承温升、连接松动、流量压力变化等信号综合判断。若振值变化具有方向性，应优先回查对中状态、基础受力和相连管线约

束,而不是立即更换隔振件。参数修正也不能只围绕设备本体展开,还要同步核查阀门开度、风量分配和控制逻辑对噪声水平的影响。通过把试运转数据与安装记录对应起来,才能判断问题究竟源自设备特性、安装偏差还是工况扰动,从而避免整改反复。复测记录保留得越完整,后续判断问题来源就越有依据。同时要把复测结果、调整动作和复位条件记录清楚,避免问题在运行中重复放大。

4.2 常见失效点识别与整改复盘

减振降噪措施失效往往不是一次性失效,而是由若干小缺陷逐步叠加形成。常见失效点包括底脚复紧不足、隔振器受力不均、柔性接头被拉偏、支吊架二次变形以及穿越节点封堵开裂等。整改工作若只处理表面症状,设备运行一段时间后仍会出现问题回潮。施工验收阶段应建立失效点识别清单,把机械连接、电气附件、管线约束和围护节点纳入同一轮排查,并对每一类问题记录成因、处理动作和复测结果。复盘的价值在于把个别故障转化为工艺经验,特别是对同类型设备重复出现的问题,要及时回溯到安装方法、材料选配和工序衔接层面修正,减少同类缺陷在后续项目中再次发生。整改复盘越细,后续同类设备安装时越能提前规避重复缺陷。同时要把复测结果、调整动作和复位条件记录清楚,避免问题在运行中重复放大。

4.3 运行维护嵌入施工成果保持机制

机电设备的减振降噪效果能否长期保持,取决于运行维护

是否从施工阶段就被嵌入交付体系。施工完成后应同步移交基础复测数据、隔振元件布点信息、找正记录、接口受力说明和复测参数,使运维人员掌握设备初始状态。对于需要周期复紧、季节性复测或停机后复位的设备,还要在资料中标明关键检查位置和允许偏差变化趋势,避免后续维护仅凭经验操作。运行维护介入越早,施工成果保持越稳定,因为很多振动和噪声问题并不是突然出现,而是在荷载变化、维护拆装和附件更换过程中被逐步放大。把维护要求前置到交付文件和现场标识中,才能让减振降噪从一次性施工动作转化为可持续的运行控制机制。维护要求在交付阶段说明清楚后,施工成果才不容易被后续操作削弱。同时要把复测结果、调整动作和复位条件记录清楚,避免问题在运行中重复放大。

5 结语

机电设备安装减振降噪施工的核心,在于把振动源识别、受力链条校核、隔振构造设置、柔性连接处理和试运转复测纳入统一控制体系。只有在基础、设备、管线和围护之间建立协调的安装关系,减振措施才能在运行阶段持续发挥作用。后续工程应用仍应结合设备类型、转速特征、工况波动和维护方式细化控制重点,使施工成果真正转化为长期稳定的运行状态。施工、调试和维护三段信息保持连贯,才能让减振降噪效果在设备全周期内持续稳定。

参考文献:

- [1] 覃晓明.机电设备安装减振降噪施工技术应用[J].科技创新与应用,2026,16(13):193-196.
- [2] 龚春全.复杂环境下水利泵站机电设备安装施工技术研究[J].工程技术研究,2025,10(24):110-112.
- [3] 余金来.汽轮机安装过程中的振动控制策略[J].新时代论坛,2024,1(7):42-43.
- [4] 闫吉洲.分析机电设备安装工程质量通病及控制对策[J].建材与装饰,2020,(20):227+230.
- [5] 孙长广.化工机电设备安装调试异常原因与应对措施[J].化工管理,2020,(18):159-160.
- [6] 苏晓丹.探究化工机械设备振动控制技术及其应用[J].内燃机与配件,2020,(08):171-172.