

混凝土地基处理技术在厂房防微振中的应用研究

王会立

中建三局集团有限公司 湖北 武汉 430073

摘要：本文研究混凝土地基处理技术在厂房防微振中的应用。分析了厂房防微振需求特点与混凝土地基处理技术特性，阐述了两者的匹配性。探讨了地基处理技术在防微振中的应用原理、设计方法及实施要点，涵盖振动传递理论、技术作用机制、场地评估、设计指标确定、方案优化及施工质量控制等内容，为厂房防微振提供技术参考。

关键词：混凝土地基处理技术；厂房防微振；振动传递；地基改良；施工质量控制

引言：在工业生产中，厂房微振会影响精密设备运行与产品质量。不同设备和工序对振动环境要求差异大，需将振动幅度控制在极窄范围。混凝土地基处理技术能有效解决厂房防微振问题，但需结合厂房需求、场地条件等因素合理应用。本文将深入分析该技术在厂房防微振中的应用，为相关工程提供指导。

1 厂房防微振需求与混凝土地基处理技术关联性分析

1.1 厂房防微振需求特点

总装、测试厂房内设备对振动的敏感程度存在显著差异。测试环节中使用的精确度检测设备，如三坐标测量仪、动态平衡测试仪等，对振动环境的要求极为严格。微小的振动幅度和频率变化都可能干扰其正常工作，导致测量结果出现偏差，甚至影响设备的使用寿命。在总装工序中，涉及精密部件组装的流程，如航空发动机零部件装配、高端机械设备核心组件安装等，振动过大会直接造成部件安装精度不达标，进而影响产品整体性能和合格率。这些设备和工序需要将振动幅度控制在极窄的范围内，以确保生产过程的稳定性和产品质量的可靠性。

1.2 混凝土地基处理技术特性

常见的混凝土地基处理技术包括桩基础、复合地基、地基改良技术等，其原理和性能特点各不相同。桩基础通过将上部结构的荷载传递到深层稳定地层，利用桩体的刚性和深部地层的承载能力，减少浅层地基土的振动响应。该技术适用于浅层地基软弱、深层存在可靠持力层的场地条件，能有效降低振动从上部结构向地基的传递效率。复合地基是在地基中设置增强体（如混凝土桩、砂石桩等），形成桩与土共同作用的承载体系。增强体的存在提高了地基的整体刚度，同时改变了地基的动力特性，通过桩土之间的相互作用消耗振动能量，从而抑制振动的传播。地基改良技术则是通过物理或化学手段改变地基土的物理力学性质，例如采用强夯法对

松散砂土进行夯实，提高土体密实度和强度；或通过水泥搅拌法对软黏土进行固化，减少土体压缩性和振动敏感性。这些技术从地基土体本身的特性出发，改善地基的振动响应性能。

1.3 技术与需求的匹配性

混凝土地基处理技术与总装、测试厂房防微振需求的匹配性体现在多个方面。桩基础因其高承载力和低压缩性，能有效控制地基沉降变形，适用于对振动传递控制严格的总装、测试厂房。当厂房内布置有大型精密测试设备且浅层地基承载力不足时，采用桩基础可将荷载直接传递至深层稳定地层，避免土体因振动产生过大变形。复合地基通过桩土共同作用提高地基刚度和阻尼，适用于中等振动敏感的总装、测试厂房，既能满足承载要求，又能通过动力特性调整有效降低振动传播。例如，在普通机械设备总装车间或一般性能测试厂房中，采用复合地基可在合理成本范围内实现较好的防微振效果。地基改良技术则适用于地基土质较差但振动控制要求相对宽松的场景，通过改善土体密实度和强度，减少地基本身的振动响应，同时为上部结构提供更稳定的支撑。实际应用中，应根据厂房设备的振动敏感程度、生产工艺要求及场地地质条件，综合选择合适的混凝土地基处理技术，以实现防微振目标与工程经济性的平衡。

2 混凝土地基处理技术在厂房防微振中的应用原理

2.1 振动传递与地基相互作用理论

振动在土壤和地基中的传播遵循特定规律^[1]。振动波主要分为体波和面波两类：体波包含纵波（P波）和横波（S波），可在地基内部传播，其中纵波使土体颗粒沿波的传播方向往复运动，横波则导致颗粒产生横向位移；面波（如瑞利波和洛夫波）沿地基表面传播，对上部结构影响显著。这些波在传播过程中，受地基土的密度、弹性模量、泊松比等物理性质影响，波速、振幅和频率会发生改变。地基与振动源之间存在动态相互作用关

系,振动源产生的能量通过地基传递至厂房结构,地基的刚度和阻尼特性也会反作用于振动源,改变其振动特性。混凝土地基处理技术通过改变地基土的物理力学性质,如增加地基刚度、调整土体密实度,改变振动波的传播路径和衰减速度,削弱振动向厂房结构的传递。

2.2 地基处理技术对振动衰减的作用机制

各类混凝土地基处理技术通过不同途径实现振动衰减。桩基础在振动传播过程中发挥多重作用:一方面,桩体将上部荷载传递至深层稳定地层,缩短振动源与稳定持力层的距离,改变振动波的传播路径,使波在传播过程中发生折射、反射,加速能量耗散;另一方面,桩体与周围土体的刚度差异导致振动波在界面处产生能量损耗,降低波的传播效率。复合地基通过桩体与土体协同工作实现振动衰减。桩体作为增强体,其较高的刚度限制了周围土体的变形,减少振动传递;桩土之间的摩擦力和相对位移产生能量耗散,类似于阻尼器的作用,将振动能量转化为热能散失。地基改良技术,如强夯法或化学加固法,通过改善土体密实度和强度,降低土体的压缩性和振动敏感性。经改良后的地基土弹性模量增加,振动波在传播过程中衰减速度加快,从而减少振动对厂房结构的影响。

2.3 不同技术防微振效果的比较

不同混凝土地基处理技术的防微振性能受地基刚度、阻尼和变形控制能力等因素影响。桩基础凭借高刚度和低压缩性,能有效控制地基变形,适用于对振动敏感且深层存在稳定持力层的总装、测试厂房,其通过直接传递荷载降低浅层土体振动响应,但对水平向振动的抑制效果依赖于桩的布置形式。复合地基的优势在于通过桩土共同作用调节地基的动力特性,既能提高地基刚度,又能利用桩土摩擦产生阻尼效应,适用于中等振动敏感程度的总装、测试厂房,尤其在软弱地基上效果显著。地基改良技术则侧重于从根源上改善土体性质,虽然在提升地基刚度方面不如桩基础或复合地基,但通过优化土体密实度和强度,可有效减少地基自身的振动响应,适合对振动控制要求相对宽松、需兼顾经济性的总装、测试厂房。实际应用中,需根据总装、测试厂房设备振动特性、地质条件及防微振目标,综合选择单一技术或组合方案,以实现最佳防微振效果。

3 混凝土地基处理技术在厂房防微振中的应用设计

3.1 场地条件评估与技术选择

总装、测试厂房场地评估需系统开展地质勘察与振动测试工作^[2]。地质勘察聚焦土壤类型、地下水位、地质构造等关键要素:通过钻孔取样分析土壤颗粒级配、

密实度及压缩性,判断地基土承载能力;结合地下水位数据,评估其对地基稳定性的影响,避免因水位变化导致土体软化或沉降;地质构造信息则帮助识别潜在的软弱夹层、断层等不良地质区域,为地基处理提供基础依据。振动测试需精准捕捉场地固有频率及振动源特性,包括设备运行产生的振动频率、振幅及作用方向。例如,当场地存在深厚软弱土层且振动源频率与地基固有频率接近时,易引发共振效应,此时需规避浅层处理方案,优先考虑桩基础等深层加固技术;若场地地下水位较高且土体含水率大,地基改良技术中的排水固结法或化学加固法可有效改善土体性能。通过综合分析场地与振动源特征,匹配地基处理技术的适用范围,确保方案的针对性与可行性。

3.2 防微振设计指标确定

防微振设计指标的确定需遵循安全性与适配性原则。振动加速度是衡量地基振动强度的核心参数,总装、测试厂房内的精密设备通常对低频段(0-10Hz)振动加速度极为敏感,微小波动即可干扰设备运行精度,因此需严格限制该频段的加速度阈值;频率范围的界定则需综合考虑设备固有频率与场地共振频率,避免设计频段与二者重叠。针对不同设备的振动敏感程度,需制定差异化设计标准:高精度动态测试设备对振动响应要求严苛,需将振动幅值控制在微米级,且限定特定频率区间的加速度不超过某一临界值;而普通总装设备对振动的耐受度相对较高,可适当放宽指标要求。厂房整体结构的动力特性也需纳入考量,通过计算结构自振频率,确保设计指标与结构振动特性相协调,避免因振动耦合导致结构破坏或设备失效。

3.3 地基处理方案设计与优化

地基处理方案设计需紧密结合场地条件与防微振指标。以桩基础为例,桩长的确定需综合考虑持力层埋深与振动传递路径,通常需穿透软弱土层,将荷载传递至稳定地层以减少振动影响;桩径的选择则需平衡承载需求与经济性,较大桩径虽能提升承载能力,但也增加施工成本与难度。复合地基设计中,增强体材料、间距及置换率直接影响地基刚度与阻尼特性,需根据场地土性质与振动衰减目标优化参数。地基改良技术的换填材料厚度、加固深度等参数需依据土体改良效果动态调整。方案优化依赖理论分析与数值模拟双重手段:运用弹性力学、土动力学等理论计算地基动力响应,评估不同方案的振动衰减效果;通过有限元软件建立三维数值模型,模拟振动在地基与厂房结构中的传播过程,直观对比方案间的差异。例如,针对高振动敏感的总装、测试

厂房,对比桩基础与复合地基的振动响应云图,可发现复合地基在降低水平向振动方面更具优势;而对于软弱土层深厚的场地,长桩基础结合地基改良的组合方案可能实现更佳的防微振效果与成本控制。通过多轮方案比选与参数优化,最终确定兼顾技术可行性与经济性的最优方案。

4 混凝土地基处理技术在厂房防微振中的实施要点

4.1 施工前准备

施工前准备是保障混凝土地基处理质量的基础环节。人员培训聚焦施工工艺细节与质量控制要点,使施工人员深入理解防微振地基处理的技术原理与操作规范。例如,针对强夯法施工,需确保操作人员掌握夯击次数、落距与间隔时间的控制方法,以及不同土质条件下的施工差异;对于桩基础施工,人员需熟悉钢筋笼制作、混凝土浇筑等关键工序的质量要求。设备检查涵盖性能调试与安全维护,确保成桩机械、夯击设备、注浆泵等处于最佳运行状态。以钻孔灌注桩设备为例,需检查钻头磨损程度、钻机垂直度控制系统的精准性,避免因设备误差导致桩体倾斜或孔径偏差^[3]。材料准备方面,严格筛选水泥、砂石、外加剂等原材料,核查出厂合格证与质量检测报告,确保混凝土配合比符合设计强度与耐久性要求。同时对特殊材料如注浆加固用的化学浆液,需验证其凝固特性与抗渗性能,从源头保障地基处理效果。

4.2 施工过程控制

施工过程中的工艺参数监控直接影响地基处理质量。以强夯法为例,夯击能量需根据设计要求与现场土质动态调整,通过安装在夯锤上的传感器实时监测每次夯击的冲击力与沉降量,若发现夯沉量异常或土体隆起,需立即分析原因并调整夯击次数与间隔时间,避免地基土体过度扰动。注浆加固施工中,注浆压力是关键参数,需通过压力表持续监测并控制在设计阈值内,压力过大易导致地面抬升或浆液流失,压力不足则无法有效填充土体孔隙。施工过程严格遵循设计方案执行,如复合地基中桩体的间距、深度与垂直度必须符合设计图纸要求,采用全站仪、测斜仪等设备进行定位与偏差校

准。同时建立施工日志制度,详细记录每道工序的起止时间、工艺参数、异常情况 & 处理措施,为质量追溯与后续调整提供依据。一旦发现实际工况与设计预期不符,立即组织技术人员评估,通过优化施工参数或调整施工顺序,确保地基处理达到防微振设计目标。

4.3 施工后质量检验

施工后质量检验是验证地基处理效果的关键环节。制定系统的检验标准与方法,从多个维度评估地基性能。地基承载力检验采用静载荷试验,通过逐级加载观测地基沉降量,判断其是否满足设计要求;对复合地基,还需检测桩土应力比,验证桩土协同工作性能。变形指标检验包括地基沉降观测与水平位移监测,通过在厂房关键部位布设沉降观测点与位移传感器,长期记录地基变形数据,分析其随时间的变化趋势。振动指标检验采用高精度振动测试仪,模拟设备运行工况施加激振力,测量地基表面的振动加速度、速度与频率,对比设计限值判断防微振效果。此外,对桩基础进行低应变动力检测,判断桩身完整性与缺陷位置;对注浆加固地基采用取芯检测,观察浆液扩散范围与土体加固效果。通过全方位质量检验,确保混凝土地基处理工程在承载能力、变形控制与防微振性能等方面达到预期目标,为总装、测试厂房设备安全运行提供可靠保障。

结束语

混凝土地基处理技术在厂房防微振中发挥着关键作用。通过分析厂房防微振需求、技术特性及匹配性,明确应用原理,进行合理设计并严格把控实施要点,能有效降低振动对厂房结构及设备的影响,保障生产过程的稳定性和产品质量的可靠性,为工业厂房的防微振建设提供有力支持。

参考文献

- [1]李斌.混凝土地基处理技术在电子厂房防微振中的应用研究[J].中国住宅设施,2024(2):154-156.
- [2]王华国,姚舜禹.半导体厂房防微振梁板结构形式及成本对比分析[J].建筑安全,2024,39(7):70-74.
- [3]万曦,代剑英,吴芳.某FAB厂房结构微振动有限元计算与分析[J].科学技术创新,2024(22):173-176.