

大面积混凝土地坪平整度控制技术

陶永生

湖北中宸建筑安装有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i5.16869

[摘要] 随着现代工业建筑与物流仓储设施的发展,大面积混凝土地坪平整度控制成为关键质量要求。激光整平机作为高效精密设备已广泛应用,但实际施工中仍受设备、材料、工艺及环境等因素影响,导致局部平整度超差。本文基于设备工作原理与现场实践,系统分析了混凝土工作性、设备校准、协同作业及环境干扰等关键因素,提出综合性改进措施与精细化控制工艺,覆盖施工全过程。实践验证表明,该体系可将地坪平整度稳定控制在 $\pm 3\text{mm}/2\text{m}$ 规范范围内,显著提升施工质量与使用性能,为同类工程提供重要参考。

[关键词] 大面积混凝土地坪; 平整度控制; 激光整平机; 施工工艺; 误差分析; 质量改进

中图分类号: TV331 文献标识码: A

Technical control of flatness of large area concrete floor

Yongsheng Tao

Hubei Zhongchen Construction and Installation Co., Ltd.

[Abstract] With the advancement of modern industrial construction and logistics warehousing facilities, controlling the flatness of large-area concrete floors has become a critical quality requirement. Although laser screed machines, as high-efficiency precision equipment, are widely used, practical construction still faces challenges from factors such as equipment limitations, material variations, process inconsistencies, and environmental influences, resulting in localized flatness deviations. This study systematically analyzes critical factors including concrete workability, equipment calibration, collaborative operations, and environmental interference based on equipment working principles and field practices. It proposes comprehensive improvement measures and refined control processes covering the entire construction process. Practical verification demonstrates that this system can stably maintain floor flatness within the $\pm 3\text{mm}/2\text{m}$ specification range, significantly enhancing construction quality and performance. The findings provide valuable references for similar engineering projects.

[Key words] large area concrete floor; flatness control; laser level; construction process; error analysis; quality improvement

引言

大面积混凝土地坪是工业厂房、物流中心等设施的核心承载面层,其平整度直接影响使用功能与运营效率。优良的平整度可确保叉车等设备平稳运行,减少磨损,避免积水,提升整体性能。传统人工或简易机械施工存在效率低、精度差、接缝多等缺点,难以满足现代地坪要求。激光整平机的应用实现了地坪施工的技术革新,通过集成激光测控、液压传动与智能控制,实现了标高控制的自动化与智能化。然而在实际施工中,受设备、材料、环境等多因素影响,激光整平机的精度优势往往难以充分发挥,局部平整度超标问题频发。为此,本研究通过剖析激光整平机工作机理,结合现场实践,从“人、机、料、法、环”多维度

构建全面质量控制体系,提出精细化施工控制技术,以实现大面积混凝土地坪平整度的精准控制,推动施工技术进步。



激光整平机施工示意图

1 地坪平整度控制技术中的激光整平机运用

激光整平机的核心技术在于其闭环控制系统,该系统确保了地坪标高的实时性与整体一致性。

1.1 激光整平机的工作系统的主要构成

激光整平机的工作系统主要由三大核心部分构成:激光发射与定位系统,独立于整平机设置的激光发射器,发射出每秒旋转数十次的基准激光平面。该平面即为整个施工区域的绝对标高基准。其独立性从根本上杜绝了因模板沉降或测桩位移带来的累积误差;信号接收与处理系统,安装在整平机刮板上的激光接收器负责捕捉激光信号。控制系统通过比较接收器信号与预设标高的差异,实时计算出高程偏差;液压执行与调整系统,这是整平机的“手脚”。控制系统将高程偏差信号转换为指令,驱动精密的液压油缸,实时调整刮板的高度。这一过程是动态且连续的,整平机行进到哪里,调整就进行到哪里,确保了在整个施工区域内标高的统一。

1.2 整平与密实一体化工艺

激光整平机并非单一功能设备,而是集摊铺、刮平、振捣、整平于一体的综合平台。刮板刮平:高速旋转的刮板负责将隆起的混凝土刮除,并输送至低洼部位,完成初步的标高找平与布料;振动密实:整平头下部集成有多频振动器(工作频率通常高达3000-4000次/分钟),在刮平的同时对混凝土进行高频振捣,有效排除内部气泡,提高混凝土的密实度,为获得高强度、高耐磨性的地坪奠定基础;整平板精平:在振动之后,紧随其后的整平板对混凝土表面进行最终的揉压、抹平,消除振动可能产生的微小不平,形成光滑、坚实的表面。激光整平机实现了动态精平与多工序集成,彻底摆脱控制线束缚,效率与平整度远超传统方式。

2 地坪平整度控制技术中的精细化施工工艺流程与操作要点

要确保最终平整度,必须对施工全过程的每一个环节进行精细化控制。

2.1 施工前期准备

基层处理与验收:基层处理须保证平整密实,高程误差应控制在±10mm内,并具有足够的承载力,避免因基层沉降导致面层开裂或变形;基准网建立与设备校准:这是精度控制的“原点”。需根据设计标高,在施工区域外稳固处架设激光发射器。光发射器应架设于稳固区域,高度1.5-1.8米,严格调平并避开振动、强风及反光干扰。随后使用手持接收器复核基准点,确保零误差。最后,对整平机本身进行校准,通过自动调平使主机绿灯稳定,确认机身水平。

2.2 混凝土摊铺与初步整平

即使采用激光整平机,混凝土的初始摊铺仍需要人工配合。卸料后,应由3-4名工人使用铁锹等工具将堆积的混凝土初步摊开,大致铺平,料堆高度不宜超过设计标高过多,以避免整平机负荷过大及初步刮平时产生离析。

2.3 激光整平机协同作业

整平机按照预设路径行进,其操作并非一成不变,需根据混凝土状况动态调整。行进速度控制:行进速度应与混凝土的坍落度相匹配。坍落度大时,可适当提高速度(但不宜超过每分钟4-6米);坍落度小时,则需降低速度,确保有足够的振捣与整平时间。速度过快易导致整平头“抬着”混凝土前进,形成“波浪面”;振捣频率调整:振捣频率也需视混凝土情况微调,确保振捣充分但不过振,防止粗骨料下沉、表面泛浆过多。

2.4 后续工序的紧密衔接

地坪施工是一个连贯的过程,后续工序的及时性至关重要。同步切缝:为防止混凝土收缩裂缝,必须及时切缝。建议每台激光整平机配备2-3台切缝机同步跟进,在混凝土达到一定强度(通常指能承受切缝机作业,且不致造成边缘破损时)后立即进行。切缝延迟是导致地坪出现不规则应力裂缝,进而破坏平整度的主要原因之一;表面收光与养护:在混凝土初凝前后,使用驾驶型或手扶式抹光机进行多次收光作业,以封闭表面毛细孔,提高耐磨性。收光结束后,应立即覆盖塑料薄膜或喷洒养护剂进行保湿养护,防止表面失水过快导致开裂。

3 影响平整度的关键因素深度剖析

导致平整度超差的原因是多方面且相互关联的,需进行系统性分析。

3.1 材料因素:混凝土的工作性

混凝土的坍落度是核心指标。坍落度过大(如超过180mm),混凝土在振动下流动性过强,整平头过后材料易回弹、下沉,难以维持设定的标高,且易出现泌水、离析。坍落度过小(如小于120mm),则材料阻力大,整平机行进困难,易造成“爬坡”现象,刮板与振动器无法充分发挥作用,表面形成麻面、鱼鳞纹,平整度与密实度均难以保证。因此,将坍落度稳定控制在140mm±20mm的范围内是保证质量的前提。

3.2 设备因素:精度衰减与系统误差

校准误差:激光发射器未精确调平、整平机自身初始水平未校准,会引入系统性偏差;信号干扰:强烈的环境振动(如附近重型车辆通行、其他机械作业)可能导致激光发射器发生微小位移或抖动。强光直射接收器、空气中尘埃水汽过多,也会影响激光信号的稳定接收。液压系统响应:液压油温过高会导致油液黏度下降,执行机构(油缸)响应迟缓,无法跟上控制系统发出的快速调整指令,造成调整滞后,形成误差;机械磨损:刮板、整平底板、振动器等部件的磨损,会直接改变其工作状态,影响整平效果。

3.3 人为与协同因素

操作熟练度:操作员对设备性能的理解、对混凝土状态的判断以及行进速度与路径的选择,直接影响施工质量。经验不足的操作员可能无法应对现场的突发情况;协同作业脱节:如前所述,人工初平不到位、切缝不及时、养护不跟进,都会对最终平整度造成负面影响。这是一个团队协作的过程,任一环节的疏漏都可能导致前功尽弃。

3.4 环境因素

环境温度不仅影响混凝土的凝结速度与工作性,其波动还会引起设备金属部件的热胀冷缩。有研究表明,环境温度波动1℃,对于大型精密设备可能引入微米级的误差。虽然在土木工程中此量级误差可忽略,但极端温度(如夏日暴晒)会加速混凝土凝结,缩短可施工时间,增加操作难度。

4 平整度控制技术的综合改进措施

基于以上分析,必须采取一套“预防为主,过程控制,事后补救”的综合改进体系。

4.1 精细化前置管理

混凝土配合比优化与动态监控:与商品混凝土站密切沟通,明确技术指标。在施工现场,对每车混凝土进行坍落度检测,对不合格的坚决退回,从源头上把关。创建稳定的施工环境:尽量避免在强风、雨雪、高温暴晒等恶劣天气下施工。如必须在温差大的环境下作业,应考虑对激光设备加装保温罩,并启用设备的环境补偿功能(如EC10单元),对激光信号进行温度、气压修正。夜间施工往往是更好的选择,此时环境稳定,干扰少。

4.2 过程控制的精准化

实施“双校准”制度:在每日开工前和施工中超过2小时后,必须重新对激光发射器和整平机进行校准与复核。建立校准记录表,责任到人;参数化施工:根据当日混凝土的坍落度,明确规定整平机的行进速度范围与振捣频率设置,使操作有据可依。例如,坍落度为140mm时,速度设定为4-5米/分钟。引入实时监测技术:在条件允许的情况下,可在整平机上加装惯性导航系统(INS)或多点激光测距系统,与主激光系统形成数据互补与校验,构建多重保障。施工后,立即使用激光扫描仪或3米直尺配合电子水平仪进行全数或抽样检测,数据实时上传至项目管理平台,实现质量可视化。

4.3 协同作业的流程再造

建立“一体化作业班组”:将混凝土摊铺、激光整平、切缝、养护等工序的人员整合为一个班组,统一指挥,明确各岗位职责与衔接标准,确保流程顺畅。推行“首件验收制”:在大面积铺开前,先施工一个检验段(如20m×20m),全面检测其平整度、密实度等指标。验收合格后,将其工艺参数和效果作为后续施工的样板。

4.4 设备维护的制度化

制定并严格执行设备的日、周、月维护保养计划。重点包括:每日清洁激光镜头、检查液压油位与油温;每周更换液压油滤芯、检查结构件螺栓紧固情况;每月委托专业机构对激光发射器与接收器的精度进行标定,对液压系统进行全面检测。通过上述综合措施的系统性实施,能够将各种误差源控制在最小范围,从而在实践中稳定实现±3mm/2m甚至更高的平整度

目标。

5 安全注意事项与设备维护保养

5.1 安全施工规范

激光整平机属于大型机械设备,安全至关重要。操作人员必须经过专门培训,持证上岗。施工现场必须设立清晰的警戒区域,防止非操作人员进入。所有人员需佩戴好安全防护用品,特别是防止激光对人眼的伤害,严禁直视激光光束。设备移动、转向时,需有专人观察周围情况。

5.2 系统性维护保养

建立完善的设备档案和保养记录。除了常规的清洁、紧固、润滑,应重点关注:液压系统:定期检测油质,及时更换。监测系统工作温度,加装冷却器;激光及控制系统:防潮、防震、防尘。定期用专用工具清洁光学元件;结构件与执行机构:定期检查刮板、整平底板的磨损情况,及时更换。检查各铰接点、轴承的磨损间隙。

6 结论与展望

激光整平机是实现大面积混凝土地坪高平整度的核心手段,但其精度优势的发挥依赖于科学的精细化控制体系。平整度受混凝土工作性、设备校准、协同作业及环境等多因素影响,需系统管理。实践表明,通过涵盖前置管理、过程控制、流程再造与设备维护的综合性改进措施,可有效降低局部超差率,稳定提升地坪施工质量。未来,地坪施工将向智能化、数字化深度发展。BIM技术可实现设计模型直接驱动整平机,完成无图纸化施工;物联网(IoT)能远程监控设备状态、材料温度及环境数据,通过大数据分析实现预测性维护与智能调度。这些技术的融合应用,将推动地坪平整度控制迈向更高精度、更高效的新阶段。

【参考文献】

- [1]中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50037-2013建筑地面设计规范[S].北京:中国计划出版社,2013.
- [2]李明,张伟,王涛.激光整平机在大面积工业地坪施工中的应用与平整度控制研究[J].施工技术,2020,49(15):92-95.
- [3]王建国.现代建筑施工机械与应用技术[M].北京:机械工业出版社,2018:156-162.
- [4]American Concrete Institute.ACI 302.1R-15:Guide for Concrete Floor and Slab Construction[R].Farmington Hills,MI:ACI,2015.
- [5]张磊,刘强.从自动化到智能化:激光整平技术在未来工地中的发展路径探析[J].土木建筑工程信息技术,2021,13(4):78-83.

作者简介:

陶永生(1966--),男,汉族,湖北十堰人,本科,高级工程师,从事建筑施工及研究。