

# 远控龙门吊轨道梁沉降治理与效能提升

吴迪

武汉港务集团有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i10.6615

**[摘要]** 随着智慧港口建设的深入推进,龙门吊远程操控技术已成为提升作业效率、降低人力成本的关键。然而,堆场轨道梁的不均匀沉降问题严重制约了远程操控龙门吊的运行稳定性与作业效能。本文以湖北港口集团阳逻港区为例,深入分析了轨道梁沉降对远程操控龙门吊造成的运行不稳、故障频发、效率下降等负面影响,并系统介绍了一种创新的“轨道可调锚固装置”解决方案。通过实践应用证明,该方案能有效实现轨道标高快速精调(误差 $\leq 1\text{mm}$ ),显著降低设备故障率与维修成本,为智慧港口背景下港口基础设施的智能化维护与升级提供了可复制、可推广的成功经验。

**[关键词]** 轨道梁沉降; 远程操控龙门吊; 可调锚固装置; 作业效能; 智慧港口

**中图分类号:** U213.2 **文献标识码:** A

Settlement control and efficiency improvement of remote-controlled gantry crane track beams

Di Wu

Wuhan Port Affairs Group Co., Ltd

**[Abstract]** With the in-depth advancement of smart port construction, remote control technology for gantry cranes has become crucial for enhancing operational efficiency and reducing labor costs. However, the uneven settlement of yard track beams severely restricts the operational stability and efficiency of remotely controlled gantry cranes. Taking the Yangluo Port Area of Hubei Port Group as an example, this paper deeply analyzes the negative impacts of track beam settlement on the operation instability, frequent malfunctions, and efficiency decline of remotely controlled gantry cranes. It systematically introduces an innovative solution, the "adjustable track anchoring device." Practical application has proven that this solution can effectively achieve rapid and precise adjustment of track elevation (with an error of  $\leq 1\text{mm}$ ), significantly reducing equipment failure rates and maintenance costs. It provides a replicable and scalable successful experience for the intelligent maintenance and upgrading of port infrastructure in the context of smart ports.

**[Key words]** track beam settlement; remotely controlled gantry crane; adjustable anchoring device

## 引言

在智慧港口建设浪潮下,龙门吊远程操控技术正深刻改变着传统港口作业模式。与传统人工作业相比,远程操控系统对基础设施的稳定性提出了更高要求。然而,长期存在的堆场轨道梁不均匀沉降问题,在自动化运行场景下被放大,成为制约技术效能发挥的关键瓶颈。微小的轨道形变即可引发龙门吊运行抖动、定位失准等一系列连锁反应,不仅影响作业效率,更对安全生产构成威胁。

这一问题的特殊性在于,远程操控模式下操作人员失去了在驾驶室里的直观体感,难以通过传统经验判断轨道状况。由轨道不平顺导致的设备运行异常,往往需要更复杂的诊断过程和更长的处置时间。因此,治理轨道梁沉降已从传统的设备维护问题,转变为关乎智慧化改造成败的系统性工程问题,亟需探索与

自动化作业特点相适应的创新解决方案。

## 1 轨道梁沉降对远程操控龙门吊作业效能的影响机理

通过对阳逻港区的实地调研与技术检测,轨道梁沉降主要通过以下机理对远程操控龙门吊的作业效能产生系统性负面影响:

### 1.1 运行稳定性与定位精度下降

轨道不均匀沉降导致轨顶出现高低差,形成局部坡度。远程操控龙门吊在低速、高精度定位运行时,其对轨道的平顺性要求极高。轨道的不平顺会直接导致大车行走系统产生非匀速运动,引发车身摇晃,使得吊载的集装箱出现摆动<sup>[1]</sup>。在远程视频监控视角下,这种摆动被放大,严重干扰司机对箱、闭锁操作的精准性,大幅延长单次作业循环时间。

### 1.2 机械传动系统故障率激增

沉降导致的轨道线形变化,会使大车车轮与轨道之间的接触应力重新分布,产生异常的侧向力与扭力。这些额外的动载荷持续作用于大车台车系统,最终导致车轮轴断裂、轴承破损、减速机及过桥齿轮过载损坏等严重机械故障。阳逻港区C1、C2、B1等箱区屡屡出现的此类问题,造成了设备停机时间过长,直接影响了港区的作业吞吐能力。

### 1.3 轨道锚固系统失效与安全隐患

传统的压板螺栓式锚固系统在沉降工况下暴露出固有缺陷。首先,压板螺栓直接承受钢轨的侧向力,极易松动或剪断,导致固定失效。其次,预埋螺栓锈蚀、抗弯能力不足,无法有效约束钢轨位移。这使得轨距发生变化,引发“啃轨”现象,加剧钢轨与车轮轮缘的磨损,形成恶性循环,存在货物滑落等重大安全隐患。

### 1.4 基础结构损伤与维护成本高企

钢轨与胶垫板直接置于混凝土基础之上,无法消除应力集中。在沉降区域,轨道梁混凝土因长期承受不均匀载荷而破损碎裂。传统的维修方式不仅工期长、费用高昂,且无法从根本上解决差异沉降问题,陷入“反复修、修反复”的困境<sup>[2]</sup>。

## 2 可调式轨道锚固系统: 解决方案与技术优势

针对上述问题,阳逻港创新性地引入并实施了“堆场轨道可调锚固装置”这一系统性解决方案。该方案并非简单的局部修补,而是对轨道支撑与固定体系的一次革命性升级。

### 2.1 技术方案概述

该系统的核心设计理念在于“侧向力与竖向承载的解耦处理”和“标高可调”。其主要构成与工作原理如下:

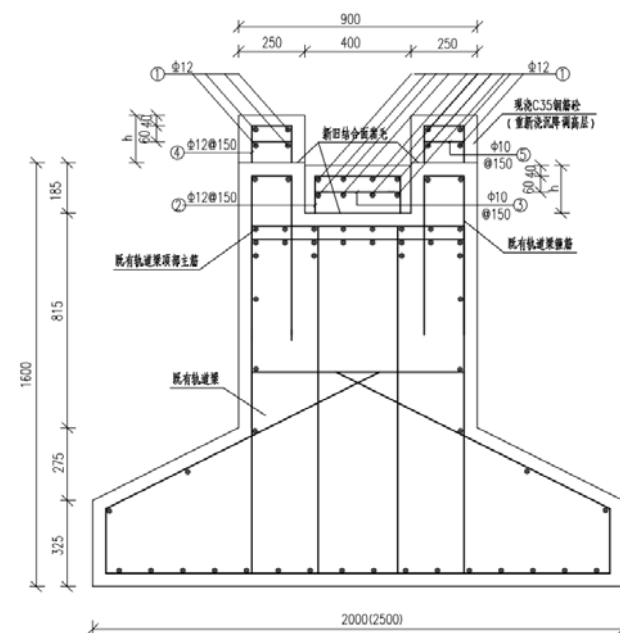
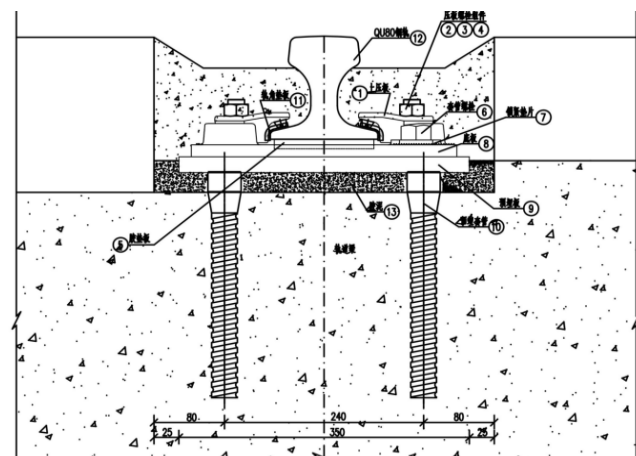
**侧向约束系统:** 由上压板、轨角垫板和压板螺栓组成。此系统的创新在于,压板螺栓仅起到连接上下压板的作用,而非主要受力构件。真正的侧向约束力由整个压板系统与轨头的咬合结构提供,为钢轨提供了强大且柔性的侧向约束,确保轨距在允许范围内变化并能自动恢复<sup>[3]</sup>。

**竖向承载与调平系统:** 系统采用高分子材料制成的轨底垫板、预埋底板和调整板。高分子材料提供了优异的减振性能和承载能力。当基础发生沉降时,无需破除混凝土或更换大型构件,仅需使用专用的液压调高工具,在底板与预埋板之间塞入不同厚度的高分子材料调整板,即可在20分钟内完成局部轨顶标高的精确调整,将误差控制在 $\leq 1\text{mm}$ 的极高水准。轨道梁提升装置剖面图及沉降处理图如下:

### 2.2 核心优势分析

**安装便捷,维保高效:** 底板与下压板采用整体铸造工艺,省去了现场焊接工序,提高了安装精度与效率。预埋套管设计解决了传统预埋螺栓在调高时长度不足的致命缺陷,为长期维护提供了便利。

**安全可靠,寿命延长:** 底板自带自锁卡位,确保了在屈服值范围内不会发生侧向位移,从根本上杜绝了“轨距变化-啃轨”的恶性循环。高分子材料的应用有效吸收了冲击载荷,保护了轨道梁基础与龙门吊金属结构<sup>[4]</sup>。



快速调平,成本节约:“微创”式的调高工艺,使得应对差异沉降的维修工作变得快速、精准且经济。调整板可选择性循环使用,大幅降低了长期维护材料和人工成本。实践数据表明,该装置投入使用后,因大车轨道问题导致的设备故障率降低了20%,每年仅大车机构车轮组的维修费用就节约了约4万元。

## 3 实施成效与推广价值

该方案在阳逻港二期1#、2#、3#等沉降严重箱区的成功应用,有力保障了龙门吊远程控制改造项目的顺利投产。其成效主要体现在:

**作业效能提升:** 轨道恢复平顺后,远程操控龙门吊的运行稳定性显著增强,定位精度满足自动化运行要求,单机作业效率得到有效保障,拖车等待时间缩短。

**设备可靠性增强:** 大车台车系统故障频次大幅下降,设备月度因轨道问题造成的停机台时减少了约20小时,提升了港区的设备完好率和出勤率<sup>[5]</sup>。

**经济效益显著:** 除了直接的维修费用节约,更因减少停机而

带来了巨大的间接运营收益。该项目的成功使其荣获武港集团科技创新三等奖，凸显了其技术先进性与经济实用性。

#### 4 结论与建议

阳逻港的实践证明，在推进港口智慧化升级的过程中，“硬基础”（如轨道设施）的稳固是“软实力”（如远程控制系统）高效发挥作用的根本前提。针对轨道梁沉降这一普遍性难题，采用可调式轨道锚固系统是一项标本兼治的战略性投资。基于此，提出以下建议：

**前瞻性规划与常态化监测：**在新建堆场或大型改造项目中，应考虑直接采用此类可调、柔性的轨道基础系统。同时，应建立基于全站仪、沉降监测点的轨道健康常态化监测体系，实现预测性维护。

**标准化与模块化推广：**建议湖北港口集团乃至全国港口行业，将此类经实践验证有效的技术方案进行标准化总结，形成模块化产品与技术规范，在条件相似的港区进行大规模推广。

**跨学科人才培养：**智慧港口的维护需要既懂传统港机设备，又熟悉自动化系统与土建工程技术的复合型人才。应加强相关人员的培训，以适应新一代港口基础设施维护管理的需求。

总之，通过技术创新攻克轨道梁沉降这一“卡脖子”问题，不仅为阳逻港的智慧化建设扫清了障碍，也为内河同类港口的升级改造提供了宝贵的经验。

#### [参考文献]

[1]李源,王磊,陈振.自动化集装箱码头轨道吊基础不均匀沉降控制技术研究[J].港工技术,2022,59(4):110-114.

[2]周凯,刘荣,黄飞.港口轨道式起重机轨道梁沉降原因及调整方法探讨[J].水运工程,2020,(7):180-184.

[3]张明,李华.高分子复合材料在港口机械减振与基础防护中的应用进展[J].材料导报,2021,35(12):12075-12082.

[4]中华人民共和国交通运输部.港口道路与堆场设计规范:JTS168—2017[S].北京:人民交通出版社,2017.

[5]赵飞,孙伟,董飞.可调高支座在软土地基港口轨道梁整治中的应用[J].中国水运,2023,23(1):125-127.

#### 作者简介：

吴迪(1986—),男,汉族,湖北武汉人,工程师,大学本科,现从事港口装卸机械设备管理工作。