

超高层施工垂直运输系统优化配置研究

任明宇

中铁建国际集团（天津）贸易有限公司 北京 100039

摘要：随着城市化进程的加速，超高层建筑如雨后春笋般涌现。在超高层施工过程中，垂直运输系统作为工程建设的“生命线”，其配置的合理性直接影响施工进度、成本和安全。本文深入剖析了超高层施工垂直运输系统在设备选型、调度管理、安全保障等方面存在的问题，结合实际案例与工程技术，提出了从科学选型、智能化调度、安全防护等多维度的优化配置策略，旨在为超高层施工项目提供理论依据和实践指导，提升施工效率与管理水平。

关键词：超高层施工；垂直运输系统；优化配置；设备选型；智能化调度

1 引言

近年来，我国超高层建筑建设发展迅猛。截至2023年底，全国已建成高度超过200米的建筑达1000余座，其中不乏像上海中心大厦（632米）、深圳平安金融中心（599米）等世界级超高层地标建筑。超高层施工具有工期长、工程量大、作业面复杂等特点，垂直运输系统承担着人员、材料、设备等的运输任务，其重要性不言而喻。据统计，在超高层施工中，垂直运输作业时间约占总施工时间的40%-60%，运输成本占工程总成本的15%-25%。然而，当前超高层施工垂直运输系统普遍存在配置不合理、调度效率低等问题，严重制约了施工进度与经济效益。因此，对超高层施工垂直运输系统进行优化配置研究具有重要的现实意义。

2 超高层施工垂直运输系统概述

2.1 垂直运输系统的组成

超高层施工垂直运输系统主要由垂直运输设备和配套设施构成。垂直运输设备包括塔式起重机、施工电梯、物料提升机等。塔式起重机主要用于大型建筑材料和设备的吊运，如钢结构构件、混凝土预制件等；施工电梯主要负责人员和小型物料的垂直运输；物料提升机则常用于楼层较低、运输量较小的物料运输。配套设施涵盖轨道、附着装置、停靠平台等，它们为垂直运输设备的稳定运行提供保障。例如，塔式起重机的轨道基础需经过严格的设计与施工，以确保起重机在吊运重物时的稳定性；施工电梯的停靠平台与楼层的衔接必须精准，保证人员和物料进出的安全与便捷。

2.2 垂直运输系统的特点

超高层施工垂直运输系统具有运输高度高、运输量大、作业环境复杂等特点。运输高度方面，随着建筑高度的增加，对垂直运输设备的提升能力和稳定性要求越来越高。例如，在建设600米以上的超高层建筑时，普通

的塔式起重机已无法满足需求，需采用特制的超大型塔式起重机，其起重能力可达百吨以上，提升高度超过建筑实际高度。运输量上，超高层施工涉及大量的建筑材料、设备和人员运输，高峰期每日运输量可达数千吨。作业环境复杂体现在超高层建筑施工过程中，受风力、天气变化等因素影响较大，垂直运输设备需具备较强的抗风能力和适应恶劣天气的性能。同时，施工现场空间有限，设备之间容易相互干扰，增加了运输作业的难度。

2.3 垂直运输系统的重要性

垂直运输系统是超高层施工顺利进行的关键保障。合理的垂直运输系统配置能够提高施工效率，缩短工期。在超高层钢结构施工中，高效的塔式起重机配置可加快钢构件的吊装速度，从而推动整个工程的进度。反之，若垂直运输系统配置不合理，将导致施工材料供应不及时，人员窝工等问题，严重影响施工进度。此外，优化的垂直运输系统还能降低施工成本。通过科学选型和合理调度，可减少设备的闲置时间，提高设备利用率，降低设备租赁和维护成本。同时，高效的垂直运输系统有助于保障施工安全，减少因设备故障或操作不当引发的安全事故。

3 超高层施工垂直运输系统存在的问题

3.1 设备选型不合理

在超高层施工中，部分项目在垂直运输设备选型时缺乏科学规划。一方面，对建筑结构特点、施工工艺和运输需求分析不足，导致设备选型与实际需求不匹配。例如，在一些超高层混凝土结构施工中，选用的塔式起重机起重能力不足，无法满足大体积混凝土构件的吊运需求，只能采用分批次吊运的方式，增加了施工时间和成本。另一方面，盲目追求设备的高性能和高配置，造成资源浪费。有些项目为了加快施工进度，配置了过多、过大的塔式起重机，而实际施工过程中设备的使用

频率较低,导致设备闲置,增加了设备租赁费用和维护成本。

3.2 调度管理效率低

目前,多数超高层施工项目的垂直运输系统调度管理仍采用传统的人工调度方式,缺乏科学的调度方法和信息化管理手段。人工调度存在信息传递不及时、调度决策主观性强等问题。在施工现场,调度人员难以实时掌握各运输设备的运行状态和运输任务需求,容易出现设备闲置与任务积压并存的现象。例如,当某一区域急需建筑材料时,由于调度不及时,运输设备未能及时调配到位,导致施工人员等待材料,延误施工进度。此外,不同类型运输设备之间缺乏协同调度,塔式起重机、施工电梯和物料提升机各自独立运行,无法实现资源的优化配置,降低了整个垂直运输系统的运行效率。

3.3 安全保障不足

超高层施工垂直运输系统的安全问题不容忽视。部分项目在设备安装和使用过程中,未严格按照操作规程进行,存在安全隐患。例如,塔式起重机的附着装置安装不规范,可能导致起重机在运行过程中发生倾斜甚至倒塌事故;施工电梯的安全防护装置损坏未及时修复,增加了人员和物料坠落的风险。此外,对操作人员的安全培训不到位,部分操作人员安全意识淡薄,违规操作现象时有发生。如在物料吊运过程中,操作人员为了节省时间,超负荷吊运,极易引发设备故障和安全事故。同时,缺乏有效的安全监测和预警机制,无法及时发现设备运行过程中的安全隐患,难以做到防患于未然。

3.4 配套设施不完善

超高层施工垂直运输系统的配套设施建设往往得不到足够重视。轨道基础施工质量不达标,可能导致塔式起重机运行不稳定,影响吊运精度和安全性。施工电梯的停靠平台设置不合理,如平台与楼层之间的间隙过大,会给人员和物料的进出带来不便,甚至存在安全风险。此外,垂直运输设备的维修保养设施不完善,缺乏专门的维修场地和设备,导致设备出现故障时无法及时维修,影响施工进度。同时,施工现场的照明、通讯等辅助设施不足,在夜间或恶劣天气条件下,会影响垂直运输设备的正常运行和操作人员的视线,增加安全事故发生的概率。

4 超高层施工垂直运输系统优化配置策略

4.1 科学合理的设备选型

在设备选型前,需对超高层施工项目进行全面的分析。深入研究建筑结构特点,包括建筑高度、平面布局、结构形式等,结合施工工艺和进度计划,准确计算

各阶段的人员、材料和设备运输需求。对于钢结构超高层建筑,应优先选用起重能力大、起升高度高的塔式起重机,如动臂式塔式起重机,其起重性能优越,能够满足大型钢构件的吊装需求。在混凝土结构施工中,根据混凝土浇筑方案,合理选择混凝土输送泵和塔式起重机的搭配,确保混凝土能够及时、高效地输送到施工部位。同时,考虑设备的经济性,在满足施工需求的前提下,选择性价比高的设备,避免资源浪费。可通过对比不同设备的租赁价格、能耗成本和维护费用,综合评估设备的全生命周期成本,选择最优设备方案。

4.2 智能化调度管理

引入信息化技术,构建智能化垂直运输调度管理系统。该系统通过安装在运输设备上的传感器,实时采集设备的运行状态、位置、载重等信息,并将数据传输至中央控制室。调度人员借助智能调度软件,根据施工进度计划和运输任务需求,制定科学合理的调度方案。利用优化算法,实现不同类型运输设备之间的协同调度,提高设备利用率和运输效率。例如,当塔式起重机完成一次吊运任务处于闲置状态时,调度系统可自动分配其执行其他运输任务,避免设备空转。同时,该系统还可提供可视化的调度界面,使调度人员能够直观地了解整个垂直运输系统的运行情况,及时发现问题并进行调整。此外,可结合BIM技术,对施工现场的垂直运输系统进行三维建模和模拟分析,提前优化设备布局和运输路线,减少设备之间的相互干扰。

4.3 强化安全保障措施

建立健全垂直运输系统安全管理制度,明确各部门和人员的安全职责。在设备安装过程中,严格按照安装规范和操作规程进行,确保设备安装质量。安装完成后,需经过专业机构的检测验收,合格后方可投入使用。加强对操作人员的安全培训,定期组织安全知识讲座和操作技能培训,提高操作人员的安全意识和业务水平。培训内容应包括设备的操作规程、安全注意事项、应急处理方法等。同时,建立操作人员考核制度,考核合格者方可上岗作业。此外,完善安全监测和预警机制,在垂直运输设备上安装各类传感器,如重量传感器、风速传感器、倾斜传感器等,实时监测设备的运行参数。当参数超过安全阈值时,系统自动发出预警信号,并采取相应的安全保护措施,如停止设备运行、启动制动装置等。定期对设备进行维护保养,建立设备维护档案,记录设备的维护情况和故障处理信息,确保设备始终处于良好的运行状态。

4.4 完善配套设施建设

重视垂直运输系统配套设施的建设。在轨道基础设施工前,进行详细的地质勘察和基础设计,确保轨道基础具有足够的承载能力和稳定性。施工过程中,严格控制施工质量,按照设计要求进行施工和验收。对于施工电梯的停靠平台,应根据施工电梯的型号和尺寸进行合理设计和安装,确保平台与楼层之间的衔接紧密,间隙符合安全标准。同时,在平台上设置可靠的安全防护栏杆和防护门,保障人员和物料的安全。为垂直运输设备配备专门的维修保养场地和设备,定期对设备全面的维护保养,及时更换磨损的零部件。此外,加强施工现场照明、通讯等辅助设施建设,在垂直运输设备作业区域和运输通道设置充足的照明灯具,确保夜间施工安全。配备先进的通讯设备,如对讲机、无线呼叫系统等,保证操作人员与调度人员之间的通讯畅通,提高施工效率和安全性。

5 案例分析

5.1 案例项目概况

以某在建的600米超高层商业综合体项目为例,该项目总建筑面积约50万平方米,建筑结构为钢结构-混凝土核心筒混合结构。施工过程中,主要运输任务包括钢结构构件吊装、混凝土浇筑、人员运输以及各类建筑材料的垂直运输。项目工期紧张,对垂直运输系统的效率和可靠性要求极高。

5.2 优化前存在的问题

在项目初期,垂直运输系统配置存在诸多问题。设备选型方面,选用的塔式起重机起重能力不足,无法满足部分大型钢结构构件的吊装需求,导致吊装工作效率低下,延误了施工进度。调度管理上,采用传统人工调度方式,信息传递不及时,设备闲置与任务积压现象并存,垂直运输系统整体运行效率较低。安全保障方面,部分设备的安全防护装置存在损坏未及时修复的情况,操作人员违规操作现象时有发生,存在较大的安全隐患。配套设施方面,轨道基础施工质量不达标,导致塔式起重机运行不稳定;施工电梯停靠平台与楼层之间的

间隙过大,给人员和物料进出带来不便和安全风险。

5.3 优化措施及效果

针对上述问题,项目团队采取了一系列优化措施。设备选型上,更换了起重能力更大的动臂式塔式起重机,并增加了混凝土输送泵的数量,确保了施工材料的及时运输。引入智能化调度管理系统,实现了设备的实时监控和科学调度,提高了设备利用率和运输效率。强化安全保障措施,建立健全安全管理制度,加强人员培训,完善安全监测和预警机制,有效降低了安全事故发生的概率。完善配套设施建设,对轨道基础进行加固处理,调整施工电梯停靠平台,配备了专门的维修保养场地和设备。经过优化后,该项目的垂直运输系统运行效率显著提高,施工进度加快,安全事故发生率大幅降低,取得了良好的经济效益和社会效益。

6 结论

超高层施工垂直运输系统的优化配置是一项复杂的系统工程,直接关系到超高层建筑施工的进度、成本和安全。通过科学合理的设备选型、智能化调度管理、强化安全保障措施和完善配套设施建设等优化策略,能够有效解决当前超高层施工垂直运输系统存在的问题,提高垂直运输系统的运行效率和可靠性。在实际工程中,应结合项目的具体特点和需求,综合运用多种优化方法,不断探索和创新,以实现超高层施工垂直运输系统的最佳配置,推动超高层建筑施工行业的高质量发展。

参考文献

- [1]艾心荧,方源,余地华,等.超高层建筑施工垂直运输通道塔设计与施工技术[J].施工技术(中英文),2024,53(14):41-46.
- [2]邹德华.超高层结构施工垂直运输方案技术研究[J].建筑施工,2023,45(08):1587-1589.DOI:10.14144/j.cnki.jzsg.2023.08.026.
- [3]崔芳.超高层结构主体施工垂直运输机械优化配置[J].建筑技术开发,2015,42(10):67-70.