

高层动臂塔机布置及群塔关系分析研究

孙齐超

中禾华兴达丰机械工程有限公司

摘要:近年来,随着高层建筑的增多,内爬及外挂动臂塔机的应用也随之增多。本文以超高层建筑中动臂塔机为例,结合高层建筑的施工特点,详细分析了高层动臂塔机的布置形式和高层动臂塔机在布置过程中的技术重点与难点。根据平头塔机的特点:回转半径大、高空群塔干涉风险多等问题,在核心筒空间狭小塔机布置密集,高空吊装量大的超高层施工需求。动臂塔机以臂架可变幅、回转半径小、抗风性能好、空间适应性强等优势,成为超高层建筑施工的主流起重设备。针对高层中布置的两台动臂塔机,阐述了多台动臂塔机的群塔施工注意事项,解决了高层建筑塔机在现场较小空间下施工时出现干涉的难点,对高层建筑中动臂塔机的普及和应用有一定的推动作用。

关键词:超高层;动臂塔机;定位布置;群塔关系

DOI: 10.65976/3078-8145.2026.03.015

引言

随着社会的发展,土地资源越来越紧张,超高层建筑成为主流建筑形式。对于建造高层建筑来说,动臂塔机以其避障性强受到广大施工项目的青睐。在塔机布置形式上,因建筑结构较高,采用附着的形式受附着道数及塔身稳定性的影响,塔机租赁单位往往会采用内爬与外挂的形式,降低塔身(标准节)投入成本。本文针对高层建筑中动臂塔机的布置形式,结合高层建筑核心筒的布置,对动臂塔机的定位展开分析。本文对高层建筑中两台动臂塔机的布置需注意的事项进行了详细的描述,阐述了两台动臂塔机的群塔关系注意事项,对沿海地区高层动臂塔机防台措施提出了要求,为方案编制人员和施工人员提供理论指导与实际依据,推动了动臂塔机在高层建筑中的应用。

1 高层动臂塔机选型

高层动臂塔机布置不仅涉及塔机选型、机构承载力验算、塔机定位、内爬/外挂钢梁设计等内容,更需解决塔机抗台、群塔作业、与结构干涉等关键技术难题。本文结合多个超高层项目工程实践,着重介绍内爬和外加动臂塔机形式和特点。

目前,高层建筑动臂塔机的布置一般采用内爬的形式,但也存在外挂的形式,如图1所示。

内爬塔机依托核心筒结构安装,核心筒是塔机承载力的唯一来源,当采用内爬塔机时,一般高层建筑的核心筒需满足以下三个条件:1、核心筒内部结构可以放置内爬钢梁,且核心筒内部剪力墙或者连梁收分最窄处可以承受内爬塔机的基础载荷;2、核心筒及其内部结构可以放置预埋件,提供内爬钢梁的固定位

置^[1];3、若在核心筒结构上布置两台或多台内爬塔机,必须保证多台塔机的中心距满足群塔安全距离,保证塔机在工作状态及非工作状态下的运行安全。内爬塔机钢牛腿及埋件位置现场施工如图2所示。



图1 高层建筑内爬与外挂塔机



图2 高层建筑内爬塔机内部埋件及牛腿

外挂塔机附着于核心筒外侧剪力墙,适用于核心筒净空不足、外框先行、场地相对开阔的超高层项

目,当采用外挂塔机时,外挂塔机的安装与内爬塔机基本一致,主要需考虑以下两个问题:1、外挂架的钢梁铰接点与支撑的铰接点应均布置在核心筒外部的剪力墙或者连梁上,以满足外挂架的载荷受力;2、剪力墙与连梁的厚度一般不低于400mm(由于外挂塔机是单侧结构承受塔机受力,剪力墙与连梁厚度低于400mm,无法保证塔机安全运行),如果最上层剪力墙收分严重,最上层剪力墙厚度较薄,此时就无法采用外挂形式的塔机;3、当采用外挂塔机时,核心筒结构不易收分过大^[2],收分后的核心筒局部承载力变化,可能影响附着装置的受力传递,需重新计算并加强局部结构,增加施工成本与工期。

2 高层动臂塔机的布置

2.1 高层内爬塔机布置

在选用高层建筑建造时,由于核心筒+外框覆盖范围较大,所需吊装的物件较多,因此大多数项目会采用两台内爬或者外挂塔机来完成整个核心筒+外框的吊装。对于技术人员来说,如何布置塔机成为广大技术人员急需解决的难题。面对上述难题,以两个项目为例,进行具体分析。

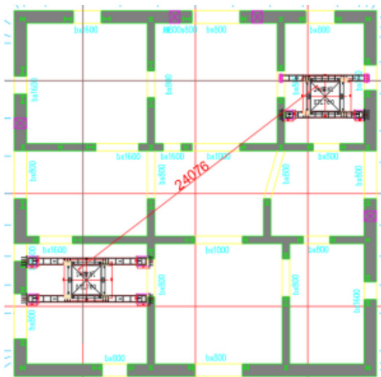


图3 内爬塔机定位平面图

如图3所示,本塔楼总高320米。最上层核心筒外侧剪力墙厚度为300mm,核心筒内侧剪力墙厚度为250mm,在此核心筒内部布置两台永茂动臂式STL760-50t塔式起重机,塔机定位分别位于核心筒的右上角和左下角,两台塔机中心距为24m,其中STL760塔机平衡臂长度约为10.1m,宽度约为5.4m,此时需计算动臂塔机平衡臂可以扫到的最大范围。采用勾股定理计算:

$$R = \sqrt{L^2 + (H/2)^2}$$

式中: L 为平衡臂的长度, H 为平衡臂的宽度, R 为塔机平衡臂回转最大半径。将数据带入公式可得:

$$R = \sqrt{10.1^2 + (5.4/2)^2} = 10.5m$$

因此,STL760塔机平衡臂最大覆盖范围为

10.5m。在核心筒上布置两台内爬或者外挂塔机时,考虑安全距离为2m,可得两台塔机最小的中心距为 $10.5m + 10.5m + 2m = 23m$,本项目中两台塔机中心距为24m,STL760塔机平衡臂距离塔机中心为10m,此时两台塔机平衡臂与平衡臂之间相距3m,满足塔机安全使用的要求(安全距离不小于2m)^[3]。

2.2 高层内爬塔机布置

当核心筒结构比较窄时,无法满足安装两台内爬塔机的最小中心距离,此时就需要考虑外挂塔机,如图4所示。

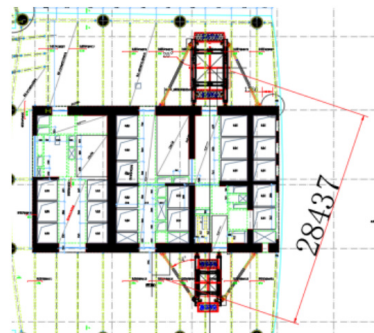


图4 外挂塔机定位平面图

图4中核心筒结构尺寸较小,同时由于最上层内部核心筒结构均进行收分,无法在核心筒内部布置塔机,因此采用两台外挂塔机进行核心筒的施工,两台外挂塔机中心距约为28.4m,两台塔机的平衡臂最大回转范围为23m,考虑安全距离最少为2m^[4],因此当采用外挂塔机时,两台塔机的中心距最少是25m,图4中距离满足外挂塔机的安全使用。

2.3 高层内爬与外挂塔机布置

当上述两种情况均无法满足高层动臂塔机布置时,可考虑一台内爬塔机与一台外挂塔机。外挂塔机处的剪力墙在核心筒最上层厚度为400mm,满足外挂塔机的需求,同时内爬塔机处的核心筒内侧剪力墙厚度也满足内爬塔机的载荷要求,如图5所示。

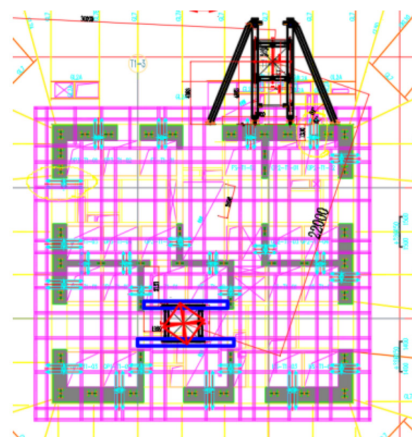


图5 内爬与外挂塔机平面布置图

2.4 高层动臂塔机安装形式

当高层动臂塔机的布置形式确定后,安装也存在较多的形式。根据项目与实际需求,可分为固定转内爬、固定转外挂、直接内爬与直接外挂等,一般较多的安装形式为固定转内爬与固定转外挂,固定基础一般会与核心筒大底板共同浇筑,如图6所示。



图6 固定基础预埋脚注

大多数项目选择做基础转换的原因在于核心筒的前期施工^[5]。在前期可以安装固定基础的动臂塔机,极大地加快了核心筒的施工进度,同时可采用此固定基础的塔机安装剩余一台内爬或者外挂塔机,极大地节省了塔机安装所需的人力与物力。待剩余一台动臂塔机安装完成,将固定基础塔机的内爬框就位,打开固定基础动臂塔机的基础销轴,即可开始内爬或者外挂顶升,当固定基础的动臂塔机完成转换后,就可开始另一台塔机的顶升。

3 高层动臂塔机位置关系

高层动臂塔机在定位及安装结束后,由于后期塔机与建筑物高度较高,群塔关系及防台需求就非常重要。

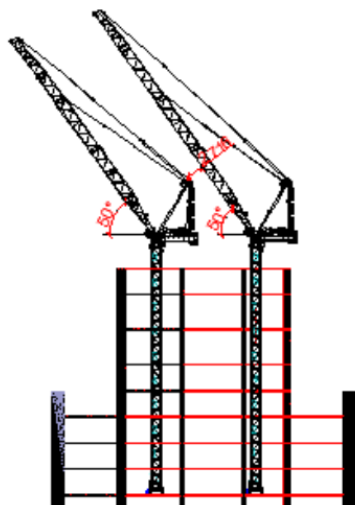


图7 风标效应下的动臂塔机群塔立面图

高层动臂塔机的群塔关系,一般可从以下四个

方面注意:1、塔机定位布置之时,就需考虑两台塔机的安全距离是否达到2 m以上;2、两台塔机最好为同一种型号塔机,当两台塔机在非工作状态时,可将风标制动打开,使得塔机形成风标效应(风标效应是指塔机在风力作用下,臂架自动调整到与风向平行的位置。这样可以减少风力对塔机的侧向作用力,降低塔机的倾覆风险。),在非工作状态时所受风载荷的方向是同一个方向,两台塔机同步回转,最终趋于同一方向停止,如图7所示;3、当风标效应形成时,还需再次考虑两台动臂塔机的位置,确保一台塔机的塔头与另外一台塔机的起重臂存在2 m的安全距离;4、对于沿海地区的高层建筑上的动臂塔机,当台风来临时,在收到气象预报的台风到达,第一时间做好抗台措施,及时将其中的一台动臂塔机的上部结构进行拆除,上部结构主要有起重臂、塔头、配重及平衡臂部件,确保剩余一台动臂塔机可以360°自由回转^[6]。

在分析高层动臂塔机的群塔关系时,相同塔机在相同风载与风速的作用下,塔机会朝相同方向回转,不会出现两台塔机朝相反方向回转,因此,在高层动臂塔机布置与选型时,就应布置型号相同的两台塔机,尽量避免在同一个核心筒上布置两台不同型号的动臂塔机。综上所述,高层塔机在核心筒上布置出现干涉的技术难题,可以概括为以下两点:1、核心筒的尺寸与形状是先决条件,大多数建筑的核心筒较小,布置两台内爬塔机干涉可能性越大;2、动臂塔机的平衡臂的工作半径,平衡臂的工作半径越小,则两台高层动臂塔机出现干涉的可能性则越小。

4 高层动臂塔机施工安全与风险防控

高层动臂塔机具有高空作业、区域群塔密集、受风载不均、单个部件吊载时间长易造成与结构碰撞等特点,安全风险等级远远高于普通塔机,若想安全监控,必须建立全过程、系统化风险防控体系,从人员、设备、环境、管理四方面落实安全管控,杜绝高处坠落、物体打击、群塔干涉、台风倾覆等事故。

4.1 人员安全管控

高层动臂塔机作业一般结构都超过200 m,属于超危大工程,施工人员操作水平直接决定安全水平,需严格执行持证上岗、岗前培训、专项交底、过程监护制度。

所有作业人员必须持有特种作业操作证,包括塔机司机、起重指挥、安拆工、电工等,无证人员严禁上岗。上岗前需完成三级安全教育、方案交底、安全技术交底等专项安全培训,培训内容涵盖动臂塔机特性、高

空作业规范、群塔避让规则、风载控制要点、台风应急处置等,考核合格后方可上岗。

高空作业人员必须正确佩戴好安全帽、安全带、防滑鞋,严禁无防护作业;工具、螺栓、销轴等小件必须放入工具袋,严禁高空抛物,严防物体打击。

4.2 设备安全管控

动臂塔机是高空重载核心设备,设备完好、工况合规是施工安全的基础,需建立日常巡检、定期维保、专项检测、隐患闭环管理体系。

日常巡检由专职安全员、塔机司机每日执行,重点检查塔身垂直度、附着螺栓紧固、焊缝开裂、钢丝绳磨损、限位装置灵敏、液压系统渗漏、电气绝缘等,发现隐患立即停机整改,严禁带病作业。

定期维保按厂家说明书执行,每月进行全面维保,包括螺栓紧固、钢丝绳润滑、液压油更换、限位校验、焊缝探伤、电气检测等,维保记录存档备查。

4.3 环境风险防控

超高空环境复杂,大风、暴雨、雷电、台风是主要环境风险,需建立实时监测、分级管控、应急处置机制。

在施工现场设置风速仪、风向标、雨量计、雷电预警系统,实时监测高空风速、风向、雨量、雷电信号。沿海项目重点防控台风风险,建立蓝、黄、橙、红四级预警机制:蓝色预警停止高空作业;黄色预警收拢臂架、拆除部分配重;橙色预警拆除大臂、塔头、配重;红色预警整机降节至独立高度,切断电源、锁闭操作室,塔身加固。台风过后需全面验收塔身、附着、焊缝、

螺栓、电气,合格后方可复工。

5 结论

本文结合目前基建的形式与特点,详细介绍了高层动臂塔机的选型及塔机布置形式。针对不同核心筒的施工工况和结构特点,将高层动臂塔机的布置分为双内爬、双外挂、内爬与外挂三种工况,对如何选择三种布置形式给出详细的介绍,重点分析了高层动臂塔机干涉的原因,并给出梁台动臂塔机最小中心距的计算与分析方法,同时对高层动臂塔机的安装形式给出详细介绍,极大地解决了技术人员目前面临高层动臂塔机选型时所面临的难题。根据高层动臂塔机布置的特点,深入分析高层动臂塔机的群塔位置关系,为技术人员与施工人员提供一定的理论指导和实际依据,为高层动臂塔机的应用与普及起到了推动作用。

参考文献:

- [1] 金久富,王开发,孙齐超.大型动臂塔机内爬顶升施工关键技术[J].建筑机械化,2022,43(8):13-15.
- [2] 赖泽荣.乐山华达内爬塔机的施工技术研究与应
用[J].建筑机械化,2012,33(10):97-100.
- [3] 范崇明.超高层建筑动臂塔机垂直外挂支撑施工技术[J].建设机械技术与管理,2021,34(4):41-46.
- [4] 高兴梁.超高层建筑施工塔机应用技术研究[J].建筑机械,2019(3):68-71.
- [5] 肖季.动臂式塔机在超高层建筑施工中的应用研究[J].建筑机械化,2022,43(5):61-63.
- [6] 林冰.国内超高层建筑施工大型动臂塔机方案综述[C]//2015全国施工机械化年会论文集,2015:6-12.