

高层住宅群塔布置与安全管理

张龙

中国一冶集团有限公司, 湖北 武汉 430081

摘要： 据不完全统计，2020年全国发生了67起塔吊事故；2021年全国发生的大型塔吊事故也达到了21起；2022年1月至11月全国塔式起重机事故亦有40起。塔吊安全形势严峻，应从群塔布置，塔吊基础，塔吊附着的验算等方面强化平时的安全管理。

关键词： 群塔；防碰撞；基础；CAD布局；附着

Title: Layout and Safety Management of High-rise Residential Tower Cranes

Zhang Long

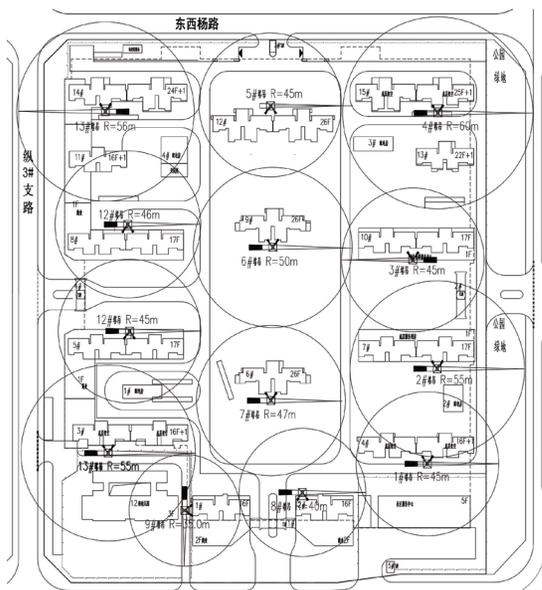
China First Metallurgical Group Corporation, Wuhan, Hubei 430081

Abstract : According to incomplete statistics, there were 67 tower crane accidents nationwide in 2020; in 2021, there were also 21 major tower crane accidents across the country; from January to November 2022, there were 40 tower crane accidents in China. The safety situation of tower cranes is severe, and regular safety management should be strengthened in terms of tower crane layout, tower crane foundation, and checking calculations for tower crane attachments.

Keywords : tower crane group; collision prevention; foundation; CAD layout; attachment

一、工程概况

某安置房项目总建筑面积约304889.98 m²，其中地下建筑面积70331.90 m²。包括9栋17层住宅楼（局部含一层附楼）、3栋26层住宅楼、2栋25层住宅楼、1栋23层住宅楼、1栋5层社区服务中心、1栋3层幼儿园及地下室。



> 图1 群塔布置布置图

二、群塔布置

(一) 群吊布置原则

满足现场材料运输需求：塔吊吊次、吊重（最远端起重量）

满足施工（与进度匹配）要求；与料场布置综合考虑，尽量减少二次倒运；有装配式预制构件或钢结构构件时，要依据构件分段和安装方案确定塔吊选型，确保塔吊选型、布局经济合理。采用格构基础时，可结合塔吊启用时间确定格构柱长度和塔吊基础的标高，力争实现塔吊早安装、早验收、早使用，提高作业效率；能安装易拆除：塔吊的平面位置要综合考虑与结构的位置关系，安装、附着、顶升、拆除的便利性；群塔作业时，要考虑各塔的平面位置和顶升高度之间的逻辑关系，满足群塔施工安全需求；降低对工程施工的影响、经济合理：结合项目总体施工部署，尽量减少对结构、防水、市政、园林的影响；安装、拆除时间要合理安排，使用时段要满足经济性要求^[1]。

(二) 群塔布置具体步骤

群塔布置，可先在建筑总图上进行初步布置，因总图上有用地红线，建筑高度，建筑物的外轮廓线，地下室边线等信息。在塔吊初步布置的过程中，先考虑一台塔吊覆盖一栋楼，尽量减少3塔机相互交叉作业的情况。一般考虑布置在楼栋的中间位置，根据塔吊附着的距离一般是塔吊标准节中心线至结构边的距离为3.5m至5m，综合布置塔吊的位置^[2]。

在总图中塔吊初步布置完成后，将塔吊基础、标准节、大臂覆盖区域的图分别粘贴至地下室底板、顶板布置图，将主楼标准层的结构图纸粘贴对车库底板的结构图中，在车库底板初步调整后，再考虑塔吊在主楼结构位置处的附着点，附着距离，附着角度能否满足塔吊说明书的要求。最后再把每栋楼的塔吊单独在该楼栋上的结构底层、标准层和屋面层等结构层上粘图，确保塔吊的附着点的位置并检查塔吊大臂与主楼的主体结构是否有碰撞，后期是否能正常拆除塔吊，避免塔吊附着无法在主楼的非标层上附着，塔吊大臂与非标层的外挑的造型碰撞，导致后期塔吊

张龙 (1988.10-)，男，汉族，湖北荆州，本科，工程师，研究方向：工程管理。

无法正常拆除^[3]。

由于群塔的布置，需考虑多重因素，因此塔吊需要不断的调整位置后，考虑不同塔吊的碰撞，主楼的先后施工顺序等因素，最终得出最优的布置方案。常规的调整方法是，在CAD模型中画图，某一塔吊的位置调整后，需将调整后的塔吊再粘贴至不同的图中，操作较繁琐^[4]。

本项目结合CAD布局的操作，简化了调图时的操作，能在每张不同的布局图中直观的看到，某一塔吊位置调整后，该调整会同步的在车库底板、顶板、主楼附墙的不同图纸中予以调整。提高了绘图的施工效率。

具体操作方法是，在图纸中分别给车库底板、车库后浇带集水坑、车库顶板、主楼标准层、原始地貌图、总图建立对应的图层，并将对应的图形都放到对应的图纸中去，将对应的比例调整一致，再将所有的图以用地红线角点或轴线交点叠在一张图上。在CAD的操作界面，点击“模型”旁的“布局”，在“布局”的操作界面，绘制一个矩形，输入快捷键“MV”即mview创建并控制布局视口，沿矩形对角绘制布局内的视图，双击鼠标左键，进行布局视图内，双击鼠标滚轮，将视图内的图形调整至最合适的显示比例，在CAD操作页面的正下方，点击一下锁形的图形，即锁定布局视图内已调整合适的比例。在CAD的图层管理器中，选择某一图层，如“车库基础”图层，点击“在当前视口中冻结”，即在当前布局视图中不显示车库基础图层，可以设置好的该布局复杂，在不同的布局视图内仅显示车库顶梁和塔吊布置的图层，在其中任何一个布局视图中调整某一塔吊基础的位置时，其它布局视图的对应的塔吊位置能做同样的调整^[5]。

塔吊设置在基坑内，塔吊基础应避开集水坑，标准节避免与上部结构梁重叠，塔吊标准节应发尽量布置在板跨中的位置；塔机布置在地下室结构范围外避免与主体基础重叠，且塔吊基础与主楼的筏板距离应大于筏板基础在开挖时放坡开挖的距离（且需考虑砖模施工的距离），避免主楼筏板基础在开挖时，塔吊基础底的部分土被掏空，造成安全隐患^[6]。

群塔平面布置完成后，再考虑立面的防碰撞。相邻塔吊按重合距离小于1/2塔吊臂长时，塔吊高差应大于等于4.5米重合距离大于1/2塔吊臂长，塔吊高差应大于等于7米，若重合距离大于3/4塔吊臂长时，塔吊高差应大于等于9米。根据各楼栋的进度安排，确定各塔吊不同施工阶段的高度，可以规定低塔为平头塔，以减少施工过程中高塔与低塔施工时错开的高度，以便于现场施工。

三、基础布置

JGJ/T187-2019《塔式起重机混凝土基础工程技术标准》于2019年11月1日起实施，主要的变化点有“3.0.6塔吊基础设计应采用塔机使用说明书中提供的基础荷载，塔机使用说明书没有特别说明的情况下，所提供的基础荷载应作为标准值进行计算”塔吊基础设置在基础外的塔吊基础，应尽量避免室外总体密集区域和基坑边；设置在基坑基础结构内的塔吊基础，应避免与地下室墙、柱、梁、后浇带体系相碰。

本项目共布置最终布置13台塔吊，其中11台塔吊的位于地下室底板内，两台塔吊的基础位于地下室外。塔吊基础顶标高的问题，位于地下室底板内的塔吊基础顶标高，常规的有两种，一种是塔吊基础顶标高高于车库底板的顶标高50mm，此种方法的优点是，可以避免后期塔吊基础在使用过程中积水，可以将临时的塔吊基础与车库底板重合的部分利用，成为车库底板的主体结构永久使用，降低塔吊基础的施工费用，缺点是塔吊基础施工过程中，需在四周与车库底板相接的位置预留底板的钢筋，四周焊接止水钢板，施工过程较为复杂。

另一种施工方法是，塔吊基础的顶标高同车库底板的底标高，该施工方法的优点是施工过程不用预留车库底板的钢筋，也不用在四周焊接止水钢板。但缺点是塔吊在使用过程中，易积水，且塔吊基础部分的车库底板需在塔吊基础最终拆除完成后方可施工该区域的防水层和钢筋混凝土结构，会增加塔吊基础施工的费用。本项目位于车库底板内的塔吊基础最终均采用塔吊基础顶标高高出车库底板顶标高50mm的方法施工，节省了塔吊基础的施工成本，并避免了后期塔吊基础积水长期需排水的措施费用。

四、附着

本项目共有13台塔吊，其中有8台塔吊的附着距离在3.5m至5m，是塔吊中的常规附着距离，另外5台塔吊附着的距离在5m以上，其中3#塔吊附着距离最长，达到7.4米。

3#塔吊附着采用厂家定做的附着，非伸缩式撑杆组合由耳板撑杆、调节撑杆、螺纹撑杆、调节螺栓、螺纹耳环和耳环等组成。耳板撑杆、调节撑杆和螺纹撑杆均为四肢角钢的格构式截面杆件，三者之间通过M24-8.8级高强度螺栓副紧固连接。通过微调节螺栓可以实现撑杆组合长度的小范围变化^[7]。

附墙杆内力计算，支座4处锚固环的截面扭矩Tk（考虑塔机产生的扭矩由支座4处的附墙杆承担），水平内力Nw=20.5RE=211.579kN。

$$\alpha 1 = \arctan(b1/a1) = 53.407^\circ$$

$$\alpha 2 = \arctan(b2/a2) = 49.233^\circ$$

$$\alpha 3 = \arctan(b3/a3) = 40.813^\circ$$

$$\beta 1 = \arctan((b1+c/2)/(a1+c/2)) = 52.19^\circ$$

$$\beta 2 = \arctan((b2+c/2)/(a2-c/2)) = 56.847^\circ$$

$$\beta 3 = \arctan((b3+c/2)/(a3+c/2)) = 41.368^\circ$$

各杆件轴力计算：

$$\Sigma M0 = 0$$

$$T1 \times \sin(\alpha 1 - \beta 1) \times (b1+c/2) / \sin \beta 1 + T2 \times \sin(\alpha 2 - \beta 2) \times (b2+c/2) / \sin \beta 2 - T3 \times \sin(\alpha 3 - \beta 3) \times (b3+c/2) / \sin \beta 3 - Tk = 0$$

$$\Sigma Mh = 0$$

$$-T2 \times \sin \alpha 2 \times c - T3 \times \sin \alpha 3 \times c + Nw \times \cos \theta \times c/2 - Nw \times \sin \theta \times c/2 - Tk = 0$$

$$\Sigma Mg = 0$$

$$T1 \times \sin \alpha 1 \times c + Nw \times \sin \theta \times c/2 + Nw \times \cos \theta \times c/2 - Tk = 0$$

(1) θ 由 $0 \sim 360^\circ$ 循环, 当 Tk 按图上方向设置时求解各杆最大轴拉力和轴压力:

最大轴压力 $T1=324.022kN$, $T2=0kN$, $T3=203.24kN$

最大轴拉力 $T1=48.734kN$, $T2=166.941kN$, $T3=222.562kN$

θ 由 $0 \sim 360^\circ$ 循环, 当 Tk 按图上反方向设置时求解各杆最大轴拉力和轴压力:

最大轴压力 $T1=48.734kN$, $T2=166.941kN$, $T3=222.561kN$

最大轴拉力 $T1=324.022kN$, $T2=0kN$, $T3=203.24kN$

塔吊附着点分别在主体结构的构造边缘柱 GBZ1 (纵筋为 8C12)、GBZ2 (纵筋为 16C12)、GBZ8 (纵筋为 16C12) 上, 经设计单位复核, 需将塔吊附着点处的构造边缘柱的纵筋增大至 C16 以后, 结构才可以满足塔吊支座处的反力。

五、群塔运行管理安全防护措施

施工期间建立群塔作业指挥中心, 并研究制定“群塔作业综合管理制度”。

首次立塔高度必须按顶升控制高度的要求, 一次顶升未到位的塔机不得进行吊装作业。二次顶升时要保持塔间高差, 由高塔开始顶升, 顺序进行, 设专人监护。

各塔要按塔机的说明书规定与建筑物附着, 附着杆长度及与建筑物的连接由各塔机专业安装单位另行设计并报总承包单位备查。

控制大臂回转区域, 禁止负载做 360° 回转, 以免大臂在场外马路上空以及建筑物上空回转, 同时规定吊钩负载不可越出场区范围。

进场塔机须在起重臂和平衡臂端、塔帽顶端装警示灯, 各塔机确保司机 24 小时值班, 值班人员不办好交接班不得离开驾驶室, 塔机不作业时吊钩起升到最高位置, 小车驶至靠驾驶室位置, 起重臂按顺风向停置。

塔机与信号指挥人员必须配备对讲机, 对讲机经统一确定频率后必须锁频, 使用人员无权调改频率, 要专机专用, 不得转借。

塔机使用前必须执行两级验收制度, 根据当地政府相关部门的有关规定, 经项目部安全、工程部位验收后, 报公司设备、安全部门复查, 逐级签字, 责任到人, 所有资料按照要求存档备查。

塔机安装前应由各专业安装单位责成专人对塔机进行全面的检查, 并提出书面的检查资料 and 检查评定意见, 对有问题的部

位, 应及时更换或采取其他可靠的保证措施, 各种部件必须检查合格后方可立塔。

塔机运行规则:

低塔让高塔: 低塔在转臂前应先观察高塔运行情况再进行作业。

后塔让先塔: 在各塔机塔臂作业交叉区域内运行时, 后进入该区域塔机要避免先进入该区域的塔机。

动塔让静塔: 在两塔机塔臂交叉区作业时, 进行运转的塔机应避免让处于静止状态的塔机。

轻车让重车: 两塔机同时运行时, 无载荷塔机应主动避让有载荷塔机。

客塔让主塔: 以现场实际分区划分塔机工作区域, 若塔机塔臂进入非本栋号工作区域时, 客区域的塔机要避免主区域的塔机;

作业人员必须严格执行“十不吊”的规定: ①指挥信号不明不准吊。②斜牵斜挂不准吊。③吊物重量不明或超负荷不准吊。④散物捆扎不牢或物料装放过满不准吊。⑤吊物上有人不准吊。⑥埋在地下物不准吊。⑦机械安全装置失灵或带病时不准吊。⑧现场光线暗看不清吊物起落点不准吊。⑨棱锐物与钢丝绳直接接触时无保护措施不准吊。⑩六级以上强风不准吊。

信号指挥人员应与塔机组相对固定, 无特殊原因不得随意更换指挥人员。换班时, 采用当面交接制。

指挥过程中严格执行信号指挥人员与司机的应答制度, 即信号指挥人员发出动作指令时, 塔机司机应答后, 信号指挥人员方可发出塔机动作指令。

指挥过程中信号指挥人员必须时刻目视塔机吊钩与转臂过程, 同时还须环顾相邻^[8]。

六、总结

本项目通过前期平面布置, 塔吊基础计算, 附塔吊附着验算等方案设计, 现场交底, 严格落实方案的要求, 施工过程中塔吊加节顶升时, 均需填写加节顶升申请, 通过复核与其有重合覆盖范围的塔吊的高度, 高差满足要求, 且附着以上的自由高度是满足塔吊说明书的要求后, 才批准塔吊的加节申请。从塔式起重机投入施工使用的全过程来看, 本工程的塔式起重机定位布置设计及安拆运维管理有效, 为实现项目的工期保证和安全高效奠定了基础, 真正实现了塔式起重机安全管理的方案优化、技术预控。

参考文献

- [1] 卢宝全. 多标段工程群塔布置与安装 [J]. 四川水泥, 2020(8): 55-56.
- [2] 于全忠、梁锋、刘海冬, 等. 市区深基坑中的群塔布置技术 [J]. 商品与质量, 2015(49): 256.
- [3] 黄利祥. 大型城市综合体群塔布置与施工管理 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2013(22).
- [4] 位凯强. 大型城市综合体群塔布置与施工管理 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2013(9).
- [5] 宋华金. 高层住宅群塔布置及群塔机械作业施工技术分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2012(36).
- [6] 黄清. 群塔布置功能与智能化分析 [J]. 建筑工程技术与设计, 2020(33): 4606. DOI: 10.12159/j.issn.2095-6630.2020.33.4421.
- [7] 胡平. 多标段建筑群施工塔吊的选型和平面布置要点 [J]. 建筑安全, 2022, 37(6): 46-49. DOI: 10.3969/j.issn.1004-552X.2022.06.013.
- [8] 陈为锡, 王亮亮, 史传鑫, 等. 大型场地群塔布置与优化 [J]. 施工技术, 2019(s1): 1458-1461.