

土木工程格构柱式塔吊基础施工技术分析应用研究

——以灵桥镇永丰安置小区建设工程为例

白 红

身份证号码: 210122198509054212

摘 要: 灵桥镇永丰安置小区建设工程, 该工程地下室基坑开挖深度约6米; 根据本工程地勘察报告及项目现状环境确认, 地质条件主要为杂填土、黏质粉土、淤泥质粉质黏土, 地表水位在自然地面向下约0.5m处。本文研究内容为: 工程项目在遇到土质差、地基承载力低、地表水位高时, 如何确保塔吊基础安全施工及尽快投入使用。通过查阅大量相关参考资料及对类似项目实地考察走访, 经过个案与功能分析, 与项目上相关部门探讨了技术可行性、经济合理性、安全可靠、工期影响等众多因素后, 最终选定格构柱式塔吊基础作为本项目的塔吊基础形式。

关键词: 土木工程; 格构柱式塔吊基础; 施工技术; 安置小区建设工程

Analysis and Application of Construction Technology of Lattice Column Tower Crane in Civil Engineering

— Take the Construction Project of Yongfeng Resettlement Community in Lingqiao Town as an Example

Hong Bai

ID number: 210122198509054212

Abstract: In the construction project of Yongfeng resettlement community in Lingqiao town, the base pit of basement excavation depth of about 6 meters. According to the survey report of the project and the environmental confirmation of the project status, the geological conditions are mainly miscellaneous fill, clayey silt, and silt clay, and the surface water level is about 0.5m below the natural ground. The content of this paper is: In case of poor soil quality, low foundation bearing capacity, and high surface water level, how to ensure the safe construction of tower crane foundation and put into use as soon as possible? After consulting a large number of relevant reference materials and field visits to similar projects, through case studies and functional analysis, and after discussing with relevant departments of the project many factors such as technical feasibility, economic rationality, safety and reliability, and the impact of the construction period, the fixed-lattice column tower crane foundation is finally selected as the tower crane foundation form of this project.

Keywords: Civil engineering; Lattice column tower crane foundation; Construction technology; construction project of Resettlement community

引言:

在我国土木工程不断发展的当下, 土地资源已越来越珍贵, 在确保18亿亩耕地红线的同时, 自然而然增加了沿海地区滩涂等不适宜耕种的土地开发建设, 由于其土质常年受海水侵蚀, 地质条件多为黏质粉土、淤泥质土, 而该类型土质承载能力低, 开挖后稳定性差, 虽本身具有一定隔水性, 但在地表水位高或遇降雨天气时往

往成液态。塔吊作为工程建设中必不可少的大型垂直运输设备, 其基础安全早已是各级安全监管部门的管控重点, 若在上述土质地区直接开挖并采用传统深埋式塔吊基础必将存在严重安全隐患。因此, 也就更加凸显塔吊基础选型及其施工技术重要性。

一、灵桥镇永丰安置小区建设工程概况

本工程位于杭州市富阳区灵桥镇, 总建筑面积27.5

万m², 框架剪力墙结构, 最高楼层27层, 工程造价108230.73万元, 建筑性质主要为住宅用房, ±0.00相当于黄海高程9.30m, 设计使用年限均为50年。

本工程地下室车库底板底标高-6.2m, 集水坑最深部位-9.2米, 现有地表清障后标高为-1.5m左右, 基础结构形式为钻孔灌注桩+筏板。

地质条件: 根据地质勘察资料, 依据场地岩土层的成因、类型和力学性质等, 可将勘察深度范围内的地层由上到下划分为5个工程地质层, 各岩土层数据描述详见本文第4页。

地下水条件: 勘察钻孔控制深度范围内存在三层地下水, 各地下水性质特征描述如下:

1) 孔隙潜水: 勘察期间测得地下潜水稳定水位埋深在0.50-2.80m之间, 年变幅≤1.50m。该地下水对工程桩施工影响较小, 但对本工程基坑开挖影响较大。

2) 孔隙承压水: 本地区孔隙承压水位埋深距地表在10.0m左右, 本工程下部有厚层状淤泥质粉质黏土隔水层, 故承压水对本项目基础结构施工基本无影响。

3) 基岩裂隙水: 水量较贫乏, 对本工程建设无影响^[3]。

二、格构柱式塔吊基础设计方案

由于本项目土质差、地表水位高, 不论是从施工难易程度或是安全角度考虑均不宜采用传统深埋式塔吊基础。通过经济成本分析、技术分析、结合施工工期要求, 并经过多种施工方案比选后, 塔吊最终采用桩基+格构柱+钢筋混凝土承台的基础形式。

1. 塔吊桩基、承台设计参数见下表

表1 塔吊桩基、承台参数/要求

名称	参数/要求
塔吊型号	QTZ80 (ZJ5710)
上承台长	5.0m
上承台宽	5.0m
上承台高	1.35m
上承台底标高	-1.3m (绝对标高8.0m)
上承台顶标高	0.05m (绝对标高9.35m)
上承台配筋	双层双向配筋HRB400直径22mm@150mm, 承台竖向连接筋为HRB400直径12mm@450mm。
上承台砼强度等级	C35
承台垫层	150mm厚C20
塔吊桩基选型	钻孔灌注桩直径为800mm, 桩身砼为水下C35, 通长配筋14根直径18mm, 桩顶4m范围内箍筋8@100mm, 其余部位箍筋8@200mm, 加劲筋14@2000mm。桩顶超灌长度1500mm。(钢筋型号均为HRB400)

名称	参数/要求
设计桩顶标高	-6.500m (绝对标高2.8m)
设计桩底标高	-36.08m (绝对标高-32.38m)
桩长	有效桩长不少于28.0m与进入持力层≥3米双控
桩间距	3400mm
桩持力层	5-3卵石
入持力层深度	≥3m
桩底注浆	每根桩身内埋设2根直径32mm壁厚2.5mm注浆管, 桩底注浆量4.0t (干水泥质量), 注浆水泥选择强度等级为42.5的普通硅酸盐水泥, 水灰比0.5~0.7
塔吊地脚螺栓	严格按照塔吊使用说明书预埋, 采用焊接形式固定
构造承台长	5.0m
构造承台宽	5.0m
构造承台高	0.4m
构造承台底标高	-6.7m (绝对标高2.6m)
构造承台顶标高	-6.3m (绝对标高3.0m)
构造承台配筋	构造承台主筋为HRB400直径14@200mm 双层双向布置, 承台竖向连接筋为HRB400直径10@500mm。
构造承台砼强度等级	C35

2. 塔吊格构柱设计相关参数见下表

表2 塔吊格构柱参数/要求

名称	参数/要求	名称	参数/要求
格构柱钢柱长度	9.0m	格构柱顶标高	-600mm
格构柱截面边长	460mm*460mm	格构柱底标高	-9.4m
格构柱分肢材料	L140*14mm	角焊缝焊脚尺寸	10mm
缀板截面	400×300×10mm	缀板间距	600mm
格构柱分肢与缀板焊缝形式	绕角焊	格构柱插入桩内深度	≥3.0m
格构柱分肢与缀板焊缝长度	460mm	剪刀撑材料	L140*14mm
剪刀撑间距	1.7m	止水钢板尺寸	3×300mm
格构柱与承台连接方式	与主筋焊接, 焊接长度≥10d	格构柱深入上承台高度	700mm

3. 塔吊基础桩所在的土层设计参数

本文取1#塔吊为实例, 根据岩土工程勘察报告数据, 其就近地质勘察孔参数见下表^[3]

表3 地质分布高程及厚度

层号	岩土名称	高程 (m)	深度 (m)	土层厚度 (m)
1-1	杂填土	6.22	1.50	1.50
2-2	黏质粉土	4.72	3.00	1.50
2-3	粉质黏土	2.72	5.00	2.00
3	淤泥质粉质黏土	-9.68	17.40	12.40
5-1	圆砾	-18.08	25.80	8.40
5-2	卵石	-23.48	31.20	5.40
5-3	卵石	-29.28	37.00	5.80

按照现有地表标高及地勘报告相关数据计算, 1#塔吊基础钻孔灌注桩孔深为40.1米, 桩底标高相对于黄海高程-32.38米, 有效桩长为29.58米, 进入5-3持力层深度为3.1米。格构柱式塔吊基础断面设计详见下图

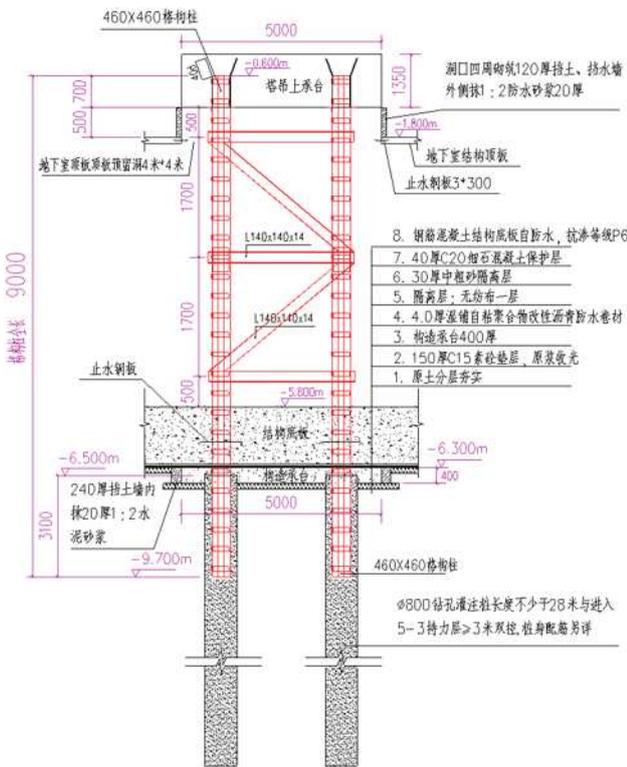


图1 格构柱式塔吊基础断面详图

(注: 本图中未注明的单位均为 mm)

三、格构柱式塔吊基础实施过程

1. 钻孔灌注桩

1) 孔位采用PTK进行测量定位, 并做好醒目的标识, 确保桩机就位后孔位没有移动, 必要时桩机就位后重新测量孔位。

2) 钻孔灌注桩施工工序: 放线定位→钢护筒埋设→钻机成孔(泥浆护壁)→第一次清孔→下放钢筋笼(同步安放高压注浆管)→吊装并定位格构柱→下导管→第二次清孔→浇筑水下混凝土同步拔出导管→拔出钢护筒→制作试块→清理→移至下一根桩、重复以上工序^[12]。

3) 钢护筒内径应大于钻头直径100mm。护筒的顶部应开设1-2个溢浆口, 上口与自然地面基本持平。护筒采用埋置法, 埋设深度超过地表杂土层且深入至原土中不宜小于0.2m。挖掘时, 护筒与坑壁之间用现场原土填实, 护筒中心与桩位中心的偏差≤50mm。

4) 塔吊桩基础灌注桩最小有效桩长为28米并进入持力层(5-3卵石层)≥3米双控(例如: 桩端已进入持力层3m而不满足桩长28m时要求钻至桩长28m方可停止钻孔), 采用反循环法进行施工。

5) 孔内泥浆液面与地表水面高差应≥0.5m, 泥浆比重应保证孔壁稳定不坍塌。

6) 孔底沉渣的厚度应≤50mm, 充盈系数应≥1.15, 允许偏差分别为孔径≤-50mm, 垂直度小于1%, 孔深+300mm。

7) 施工中钢筋笼分节吊装, 采用直径10mm的HPB300钢筋设置定位环, 钢筋笼高度定位采用2根14mmHRB400钢筋与主筋单面搭接焊, 焊接长度为10d, 吊筋长度根据孔深调节。

8) 钢筋笼的分段制作分段吊装, 主筋接头部位应采用焊接, 主筋锚固至塔吊构造承台内长度为40d。

9) 清孔应分二次进行, 第一次清孔在桩孔达到设计深度后立即进行。第二次清孔在混凝土浇筑之前进行。清孔过程中应测定泥浆指标, 清孔后桩底500mm高以内的含砂率不得大于8%, 泥浆比重不应大于1.25。

10) 钻孔灌注桩水下混凝土必须在清孔完成30分钟内连续浇灌, 每根桩的混凝土浇筑时间应控制在初凝时间范围之内, 每根桩须至少留置1组混凝土强度试块, 塌落度宜为180mm~220mm之间。

11) 钻孔灌注桩不得有断桩、混凝土离析、夹泥现象发生。钢筋笼焊接质量应满足规范要求。

12) 钻孔灌注桩施工过程中应加强对周边土体的变形情况及成孔情况进行观测, 发现不正常的现象时及时上报并对其进行相应的技术处理。

13) 废浆处理。钻孔灌注桩的废弃泥浆采用专用泥浆运输车装运至经政府部门审批的专用弃浆场地。当项目桩基数量较大、废弃泥浆较多、无泥浆排放场地或泥浆外运不经济时, 可采用泥浆固化技术, 将现场泥浆固化晾晒后外运。

2. 钢格构柱定位及吊装

1) 格构柱必须由具有相关资格的特种作业人员持证上岗焊接, 由专职质量专员重点检查原材料、构件尺寸、焊缝质量、防锈处理等部位, 并对格构柱的外观进行检

查验收,合格后方可准予吊装。塔吊基础格构柱焊接尺寸详见下图

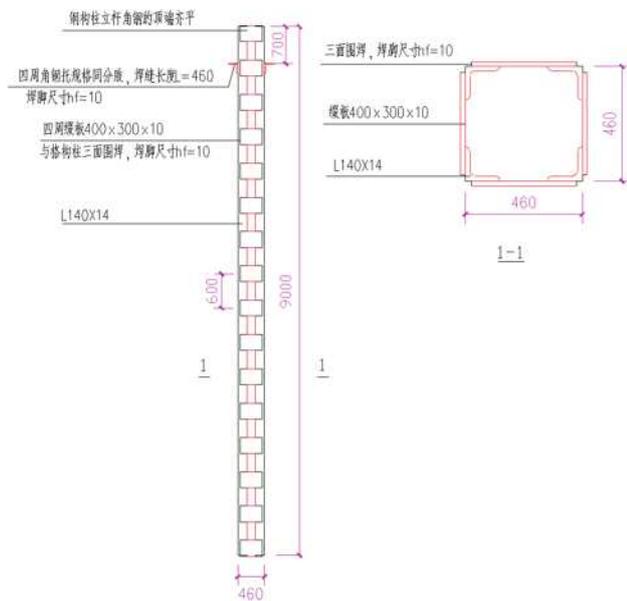


图2 塔吊基础格构柱焊接尺寸详图

(注:本图中未注明的单位均为mm)

2) 格构柱位置提前使用全站仪定位并做好控制线,格构柱与灌注桩主筋采用焊接连接,格构柱下放前在护筒上焊接定位筋。

3) 格构柱与钢筋笼焊接后,使用汽车吊将其垂直插入桩孔内,并与桩心轴线重合,采用经纬仪对其垂直度进行实时监测,保证四根格构柱的垂直度。

4) 格构柱随钢筋笼就位后需采用槽钢对其加固定位,确保格构柱方正度。

5) 钻孔灌注桩浇筑前格构柱必须吊装定位完成,并确保格构柱进入桩身的锚固长度 $\geq 3\text{m}$ 。

3. 桩底注浆

所有塔吊基础桩均做后注浆处理,桩底注浆干水泥质量为4.0t。注浆的主要控制参数及技术要求如下:

1) 每根桩身内埋设直径32mm注浆管2根,钢管壁厚 $\geq 2.5\text{mm}$,注浆管端头敲扁,端头800mm长度内开注浆孔,沿注浆管纵向间隔100mm梅花型布置,注浆管需采用塑料胶带临时缠绕封闭,避免桩身水泥浆流入后无法开孔。注浆管底部长出设计桩底端标高20cm插入基底中,注浆管顶部高出自然地面80cm,以利于注浆施工。

2) 桩身混凝土浇筑48小时后用清水开孔,当开孔水压力突然下降则代表封堵注浆孔的塑料胶带已被冲开。此时可逐渐减小开孔的水压力,以防注浆管周围的泥沙或其它杂物被水压带回堵塞注浆孔。

3) 注浆应在开孔完成7天后进行,注浆过程应严格

做好数据记录。如压力表显示压力已快速上升但是浆液却注不进,应及时排查是否堵管,处理后方可继续注浆。

4) 注浆时水灰比为0.5~0.7,且先稀浆后浓浆,流量应控制在75L/min之内。开塞压力不大于8MPa,终止压力设2~5MPa,当遇群桩,注浆量小于计值时,则需维持注浆压力8MPa,五分钟后可停止注浆。当注浆压力长时间达不到设计值要求、周边地面有冒浆现象、周围桩孔串浆时,应调整为间断式注浆,间断时间应控制在30~60min之间。

5) 注浆作业与其它桩基成孔作业点的距离不宜小于8~10m。

4. 基础承台施工

本项目场地自然地面标高基本为塔吊基础上承台底标高。

施工顺序:放线定位→场地平整→浇筑150mm厚C20素混凝土垫层→铺油毡→放线定位→绑扎承台下层钢筋→绑扎承台上层钢筋→安装预埋螺栓→支模板→浇筑混凝土→振捣→养护→安装塔吊→土方开挖→格构柱剪刀撑、斜撑焊接→构造承台施工→隔离层→地下室底板施工。

1) 上承台施工

由于本项目采用反循环桩基施工,因桩机成桩施工后场地土层承载力必将达不到相关要求,垫层施工前必须将上承台位置换填成道渣并碾压密实,换填厚度不小于1米深,换填范围为塔吊基础四周各加0.5米宽。

在塔吊基础上承台底部标高处浇筑150mm厚C20素混凝土垫层,垫层要求水平度控制在0.2%之内,一次性压光抹平,上铺设油毡以便基础与垫层脱离。

所用钢筋的原厂材质证明必须齐全,应有出厂合格证、材质检验单,钢筋进场后及时进行复试,经复试合格后方可使用。

钢筋加工成型时,要认真核对下料单,确保钢筋半成品规格、尺寸、数量等符合设计及规范的要求。上下层钢筋之间要布置马凳,控制上下层钢筋间距。

塔吊地脚预埋螺栓严格按塔吊说明书要求埋设,定位加固采用钢筋焊接固定,经测量检查各项要求合格后,方可封闭模板。

塔吊地脚预埋螺栓必须采用镀锌扁钢焊接防雷接地,接地电阻不得大于 10Ω 。

采用多层板、木方、钢管做为塔吊基础上承台侧壁模板,内设 $\Phi 14\text{mm}@500$ 对拉螺栓,安装模板时要确保模板及其支撑体系的强度、刚度和稳定性。

塔吊基础浇筑混凝土过程中注意不可冲击固定支脚并加强振捣质量,同时做一组同条件试块和一组标养试块,浇筑过程中应注意控制塔基上表面标高。塔吊基础上承台配筋详见下图

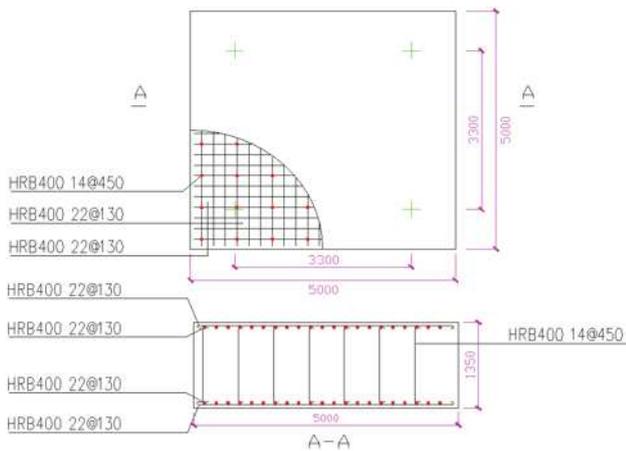


图3 塔吊基础上承台配筋详图

(注:本图中未注明的单位均为mm)

2) 土方开挖及格构柱支撑焊接

塔吊基础浇筑后需加强现场养护,此时可流水施工其它桩基,待上承台混凝土达到100%设计强度时即可安装塔吊。塔吊安装前要对专业安装人员进行安全技术交底。

塔吊安装完成后可根据场内桩基施工进度进行基坑开挖,挖土施工前应按照专项施工方案做好准备工作,可采取临时支护和降水措施。随着基坑土方的开挖进度,逆作法焊接钢格构柱的型钢支撑。待土方每开挖1.70米深后,立即用与格构柱分肢角钢型号相同的角钢将四个格构柱水平方向及斜向焊接形成整体,增加基础整体稳定性,在斜撑及水平撑未焊接之前不得超挖。塔吊基础格构柱水平剪刀撑详见下图

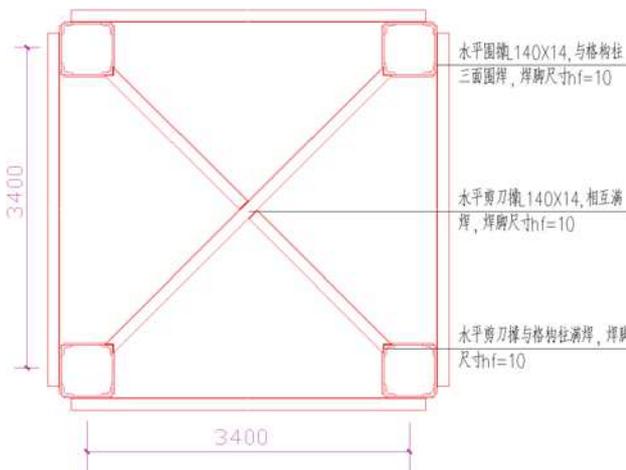


图4 塔吊基础格构柱水平剪刀撑详图

(注:本图中未注明的单位均为mm)

塔吊基础部位的挖土应派专人在旁监控、指挥,严禁控制挖机与格构柱之间的距离不得小于2米,以免对格构柱造成扰动或者损伤,格构柱四周的土方应人工开挖,严格禁止单侧挖土,应对称进行,开挖过程中应重点监测塔吊基础沉降变形、格构柱及塔吊的垂直度等。

使用气泵破碎桩身超灌部位混凝土时,气泵严禁碰触格构柱。超灌部位混凝土凿除后应马上清理基层并浇筑垫层,构造承台紧随施工。

3) 构造承台施工

塔吊部位土方开挖至设计标高后应立即施工构造承台,以增加塔吊基础的在结构底板未浇筑前的整体稳定性。构造承台厚度为400mm,采用人工开挖。

构造承台浇筑150mm厚C20素混凝土垫层,垫层水平度控制在0.2%以内,一次性压光抹平,垫层浇筑好24h后立即绑扎构造承台钢筋并浇筑混凝土,构造承台混凝土浇筑24h后在上部铺设防水及隔离层,以便构造承台与地下室底板有效隔离。构造承台隔离层顶标高为结构底板底标高。塔吊基础构造承台配筋详见下图

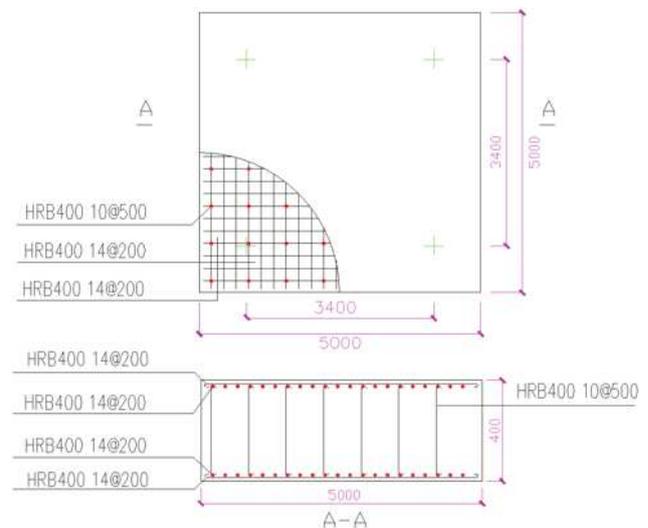


图5 塔吊基础构造承台配筋详图

(注:本图中未注明的单位均为mm)

在浇筑地下室结构筏板时,将格构柱与结构筏板浇筑为一个整体,以增强格构柱之间的整体稳定性,结构钢筋通过格构柱时不得削弱格构柱的截面,可钢筋绕行并加密处理。

在塔吊正常使用过程中,对格构柱焊缝进行定期的质量检查,如出现开焊或格构柱变形等异常情况,必须排查原因并经过修复之后才能继续使用。

四、结论与建议

本方案经专家论证通过后实施,在基础结构桩基施

工过程中同步施工塔吊基础,由于其桩基形式、成孔方式与基础结构桩基相同,因此不需要单独组织人员、材料、机械设备进出场,最大限度的节约了塔吊基础施工成本。

塔吊在土方开挖前安装完成,土方开挖过程中同步焊接格构柱斜撑及水平撑,土方开挖完成后塔吊可以直接投入使用,直接优化掉传统深埋式塔吊基础在土方开挖后才能施工的工期,节约了地下室结构施工作业时的搬运成本,为提高本项目结构施工进度提供了有利条件。

同时本方案也消除了传统深埋式塔吊基础在遇到土质差、承载力低、地表水位高等不利条件时,土方开挖过程中的事故隐患,确保了塔吊基础安全使用。

由于本方案实施效果显著,普遍适用于沿海地区的深基坑建设项目,目前已在本人所任职的集团公司内部推广,同时也欢迎各位建筑业同行提出宝贵的批评与改进建议。

参考文献:

[1]QTZ80 (ZJ5710) 塔式起重机使用说明书;

- [2] 中国联合工程有限公司提供的本工程设计图纸;
- [3] 中国联合工程有限公司提供的本工程岩土工程勘察报告;
- [4] JGJ/T 301-2013 大型塔式起重机混凝土基础工程技术规程;
- [5] DBJ/T 13-247-2016 灌注桩后注浆施工技术规程;
- [6] JGJ 94-2008 建筑桩基技术规范;
- [7] GB 50202-2018 建筑地基基础工程施工质量验收标准;
- [8] GB 50661-2011 钢结构焊接规范;
- [9] GB 50755-2012 钢结构工程施工规范;
- [10] GB 50204-2015 混凝土结构工程施工质量验收规范;
- [11] GB 50300-2013 建筑工程施工质量验收统一标准;
- [12] 2004 浙 G23 钻孔灌注桩;
- [13] 杭建监总[2012]13号文件:关于加强组合式塔机基础制作、安装和使用的若干要求.