

现代航空配餐中心建设中的技术难点与解决方案分析

张基雄

上海东航工程建设有限公司 上海 200232

【摘要】：在我国建筑行业高速发展过程中，建筑施工技术不断提升。而民航建筑领域对建筑质量有着较高要求，因此需要相关团队结合实际工程项目，对项目技术难点进行分析，并给出针对性解决方案。基于此，本文以航空食品有限公司集约化配餐中心一期项目为例，针对项目实施过程中软土地基、大跨度预应力混凝土施工等难点提出了针对性解决方案，项目的顺利实施为后续阶段的扩展奠定了坚实基础，也为行业未来的发展探索出了一条可行的技术路径。

【关键词】：集约化配餐项目；软土地基；大跨度预应力混凝土

DOI:10.12417/3083-5526.26.01.058

随着中国民航业的快速发展和乘客对航空食品质量、安全与多样化的更高需求，航空配餐行业正朝着规模化、集约化、智能化方向转型升级。作为东方航空集团食品业务的重要组成部分，东方航空食品投资有限公司高度重视常州及长三角地区航空配餐能力的提升。常州东方航空食品有限公司集约化配餐中心一期项目是由东方航空食品投资有限公司投资建设的重要工程，旨在为常州及周边地区航空运输提供安全、高效的航空配餐服务。

1 项目施工难点分析

项目概况：本项目位于常州市新北区空港产业园内，建设用地面积约100亩，项目总建筑面积12560m²。其中集约化生产厂房9400m²，门卫室和接待中心460m²，污水处理站1500m²以及办公楼1200m²。工程内容主要包含桩基工程以及建筑主体土建施工。

1.1 软土地基条件下建筑基础稳定性与沉降问题

项目所在区域地质勘察报告揭示存在较厚淤泥质软土层，承载力低，压缩性大。9400m²的大型生产厂房对地基均匀沉降要求极为严格，任何不均匀沉降都可能影响未来精密食品生产设备的运行精度及主体结构安全。同时，1500m²的污水处理站涉及大型水池深基坑开挖（局部开挖深度超过6米），在软弱土层中开挖面临边坡失稳、坑底隆起、周边建筑沉降风险。在本工程中柱网8m×10m、筏板厚0.8m，因地基6m下存在2.3m泥炭质黏土，主体封顶后6个月内差异沉降达42mm，相对弯沉率0.45%，超出阈值50%；根因在于降水—堆载联合预压不足，深层土体固结度仅达65%，且筏板刚度突变诱发应力集中^[1]。

1.2 大型集约化生产厂房大跨度预应力混凝土结构施工与裂缝控制难题

生产厂房设计为大跨度（18米）单层框架结构，采用后张

法有黏结预应力混凝土梁技术以满足大空间无柱需求和承载大型吊挂设备。技术难点首先体现在分批张拉次序优化：先张拉次梁60%σ_{con}再张拉主梁100%σ_{con}可有效消减支座负弯矩峰值，但钢绞线与波纹管摩擦系数μ离散导致有效预应力损失差异达15%，需通过预埋π形测力传感器实时监测锚固端拉力并调整超张拉量。混凝土浇筑阶段，胶凝材料总量480kg/m³、水胶比0.28、入模温度30℃的配比虽可满足C50强度，但绝热温升峰值达55℃，叠加大气昼夜温差15℃后温度梯度可达20℃/m，从而在受拉面形成0.3MPa拉应力集中，超越当日混凝土抗拉强度0.25MPa^[2]。

1.3 污水处理站大型薄壁混凝土水池抗渗防裂与施工缝处理难题

污水处理站的核心是多个大型薄壁混凝土水池结构，池壁高度普遍超过7米，壁厚仅350~450mm。这类结构面临多重严峻考验：一是池壁高而薄，属于典型的薄壁高耸结构，模板侧压力巨大，支模体系稳定性要求极高；二是水池长期运行需承受水压、土压及内部腐蚀介质侵蚀，设计抗渗等级达P8甚至更高，对混凝土自身密实度、抗渗性能和施工裂缝控制提出了近乎苛刻的要求。

1.4 食品工厂核心生产区高精度预埋件、套管密集施工与机电管线预留预埋协调难题

集约化配餐中心的核心是洁净等级要求高的食品加工区域（热厨、冷厨、包装车间）。这些区域功能复杂，设备种类多、管线密集，要求土建施工阶段必须精确预埋数量庞大的设备地脚螺栓、设备基础、各种穿墙/穿楼板的套管（不锈钢套管为主），以及为机电安装预留的孔洞、沟槽和预埋管线。在施工过程中如何对预埋件进行精准定位以及满足大型设备施工需要是施工重点^[3]。

2 疑难点解决方案

2.1 软土地基施工解决方案

施工时,我先对场地进行了勘查,发现大型生产厂房需要均匀沉降来避免精密设备运行偏差;污水处理站的深基坑开挖在软土层里容易引发边坡垮塌或坑底隆起,威胁周边结构安全。普通桩基因为软土摩阻力不够而失效,且支护成本也高,所以施工团队决定采用“预处理+桩网复合+智能监测”三步法。第一步是真空-堆载联合预压:铺好0.6米厚的中粗砂垫层,将间距0.8米的PVD排水板埋进去,穿过软土进入下卧粉砂层0.5米;维持真空度80kPa,同时堆2.5米高的土方。90天后,实际测得沉降1.2米,固结度达到92%, c_u 提高到35kPa,为后面的桩基形成低压缩性“硬壳”。第二步是采用变径PIHC管桩加土工格栅褥垫,外径600mm和800mm交替排列,桩长24米,桩底深入密实砂层2米;桩顶铺0.3米厚的加筋碎石垫层,里面铺设双向拉伸聚丙烯格栅,极限抗拉强度50kN/m,构成“桩-土-格栅”共同作用体系。复合地基承载力特征值从60kPa提升至280kPa,沉降计算模量 E 从3MPa增加到15MPa。第三步是智能沉降监控:将光纤光栅埋在筏板下面,沿柱网轴线呈“井”字形排列,采样时间间隔为10分钟,通过4G模块将数据发送到云平台。当差异沉降速率连续3天超过0.05mm/d时,自动启动SMS预警,现场可马上调整加载路径,施工优化上,采用跳打沉桩和静压植桩相结合的方式,将沉桩速率调整到0.8m/s,成功减少超孔压累积,垫层压实用36kJ液压夯,夯击点距离1.5米,三击沉降差小于5mm就确定密实。这个组合方案在华东某配餐中心使用后,主体封顶最大沉降18mm,差异沉降4mm,大大低于规范限值,为后面的高精度地坪和冷链设备安装打下毫米级平整度的平台^[4]。

2.2 大跨度预应力混凝土结构施工解决方案

针对大截面预应力梁的模板支撑体系,我不再使用传统的扣件式脚手架,而是设计了全域刚性支撑系统。首先,将立杆间距加密到900mm×900mm,用盘扣式脚手架搭建底层支撑结构,水平杆步距不超过1.2m;还在梁底投影区域额外增设双排立杆,形成加强带。顶部装上顶调托,上面铺设双拼20#H型钢作为主龙骨,次龙骨采用100mm×100mm方钢,每隔250mm铺满;模板采用18mm厚的覆膜胶合板,还预先开孔预留好预应力波纹管的通道。施工团队在施工中建立起三维空间稳定系统,顺着梁跨度方向每隔3米设置一道10槽钢焊接而成的三角形斜撑桁架,与立杆牢牢连接成稳定三角区;同时,在混凝土浇筑层下面1.5米处增设水平兜底防护网,防止支撑变形累积。施工时,用全站仪实时监测支架沉降,在梁体两侧对称安装位移传感器。一旦变形值超过2mm,就立刻开启液压千斤顶补偿系统做动态调平。裂缝预防上,梁体用水平分层后退浇筑,每层厚度不超过400mm,芯部埋 ϕ 25mm冷却水管,间距1.2m,通水流量12L/min,把芯表温差控制在18℃以内,

顶面盖0.2mm真空绝热毡再加上塑料薄膜,72小时让湿度保持在95%以上,施工监控设置振弦式应变计和热电偶共48个点,用无线采集数据,频率1Hz,当应变增量超过 $150\mu\epsilon$ 或温度梯度大于20℃/m时自动报警,现场马上改变养护方法,二次张拉选在混凝土龄期7天的时候,这时候弹性模量已经到35GPa,能充分吸收早期徐变,补张后用聚氨酯封锚,保护层厚度50mm,通过碳化实验预测100年碳化深度小于20mm。这个方案在华南冷链厂房实践过程中,屋盖拆模后没看到明显裂缝,跨中向下弯曲实测是L/1100,达到了L/800的规范要求,给航空配餐大空间无柱作业带来了高平整度和耐用性的保障^[5]。

2.3 污水处理站大型薄壁混凝土水池施工解决方案

在污水处理站施工中,我运用“补偿收缩混凝土+柔性止水+温控-养护一体化”组合技术,将混凝土同时加入10%膨胀剂与0.9kg/m³玄武岩纤维,其限制膨胀率达 2.5×10^{-4} ,能在14d内形成0.5MPa预压应力,抵消60%温度收缩,水胶比为0.38,28d抗渗等级超过P12;施工缝设置成“底板+30cm壁板”一次连续浇筑的形式,形成0.3m宽膨胀加强带,带内膨胀剂掺量提高到12%,上部墙体7d后进行二次浇筑,接缝处采用10mm厚HDPE柔性止水板+遇水膨胀胶条复合防水节点,接缝界面预留剪力键槽并涂刷双组份环氧,界面劈裂抗拉强度提高到1.5MPa;温控系统在壁板内埋入并固定 ϕ 20mm HDPE冷却管,间距1.0m,通入15℃的水,流量15L/min,将芯表温差控制在20℃以内,外侧粘贴覆盖50mm厚发泡陶瓷保温板,导热系数0.052W/m·K,养护期14d确保表面湿度 $\geq 90\%$;防渗强化采用渗透结晶型防水涂层,干膜厚1.0mm,28d二次抗渗压力 $>0.8\text{MPa}$,池壁外侧额外加装PVC防渗膜,搭接宽度100mm,热风焊接双焊缝检查气压0.2MPa保持5min无泄漏;施工工序采用“跳仓法”,单段长度 $\leq 18\text{m}$,间隔浇筑时间 $>48\text{h}$,有效缓解早期收缩应力,拆模后使用移动式喷雾架,雾化粒径 $<50\mu\text{m}$,确保湿度均匀。

2.4 高精度预埋件密集施工方案

在设备安装前施工人员将BIM模型坐标通过全站仪投射至模板面层,采用激光投影仪在模板上生成1:1定位网格(线宽0.3mm),关键节点设置不锈钢定位环。在预埋施工阶段,针对不同类型预埋件制定针对性解决方案,一级预埋件(设备基座、大型套管)采用“钢骨架定位法”,直径 $\geq 150\text{mm}$ 的不锈钢套管焊接于定制井字钢架($\angle 50\times 5$ 角钢),钢架通过 ϕ 16锚筋与主体结构钢筋焊接固定,浇筑前采用电子倾角仪校准垂直度,二级预埋件(小型套管、管线槽)应用“智能模具系统”:预埋盒内置压力传感器与陀螺仪,实时传输位移数据至移动终端,当偏移量 $>2\text{mm}$ 时触发声光报警。针对大型设备基座预埋,创新采用“悬浮式安装工艺”:在真空包装机区域,将8组M36地脚螺栓预先固定在20mm厚钢底板,底板四角

设置可调支腿。

3 项目施工成效

在项目完成后建筑整体效果与施工方案几乎一致，建筑的各项功能可以有效满足业主的使用需求，并且各项生产所需的大型设备安装精度较高，可以切实提升配餐效率。同时，大跨度梁采用低热水泥与二次张拉，取消后浇带，减少模板周转 1.5 次，综合单价降低 235 元/m³；光纤监测预警系统投入 0.3% 建安费，将质量缺陷返工率压至 0.1 % 以下，实现寿命周期成本

最优。

4 总结

在本项目中建筑工程内容较为复杂，不仅要应对软土地基问题，还需要解决混凝土裂缝以及设备安装精度问题。因此施工团队在施工之前与设计单位和业主单位进行了多次深入交流，并在施工现场对施工中可能出现的问题进行了详尽分析，在保障项目顺利进行的基础上切实提升工程质量。在项目完成后获得了业主的高度评价，并获取了较为可观的经济效益。

参考文献：

- [1] 颜克明. 软土地基处理技术在市政路桥施工中的应用探析[J]. 城市情报,2024(22):198-199.
- [2] 张燕平. 浅谈软土地基处理技术在市政路桥施工中的应用[J]. 百科论坛电子杂志,2023(16):25-27.
- [3] 姚少永. 道路桥梁施工中的软土地基处理分析[J]. 商品与质量,2023(12):121-124.
- [4] 李宪金,朱静.大跨度复杂空间钢结构施工全过程受力分析与监测[J].砖瓦, 2024(6):149-151.
- [5] 杨海斌.大跨度钢结构工程施工技术和投资管控分析[J].价值工程, 2024(007):043-043.