

探究垂直升降立体车库的结构设计

杨相鹏

(大洋泊车股份有限公司 山东 潍坊 261021)

摘要: 垂直升降式立体车库具有占地面积小, 车辆停放容量大等特点, 将成为未来城市车辆停放的主要方式。文章以垂直升降式立体车库结构设计为核心, 结合实际案例对其结构设计的合理性进行分析, 为垂直升降式立体车库的结构设计提供相应参考。

关键词: 垂直升降; 立体车库; 结构设计

0 引言

随着城市车辆的不断增多, 传统停车库已经无法满足现阶段停车需求, 因此需要对垂直升降式立体车库加以积极建设和应用, 有效解决停车难的问题。在进行垂直升降式立体车库进行设计时, 需要对其稳定性和安全性进行全面分析。

1 垂直升降式立体车库结构

因为考虑到经济性、占地面积等因素, 对于垂直升降式立体车库的设计为每层两个车位。通过电梯交叉方式对车辆进行运输。车库的结构按照独立铁塔方式进行设计。按照车库停车和取车的流程, 对于垂直升降式立体车库结构设计主要包括钢结构、横移系统、升降系统、卷帘门、旋转托盘、电气控制等。

其中, 钢结构主要为四立柱和 K 型支撑, 在垂直升降式立体车库的内部通过固联于升降导轨立柱横移托架之上, 分为多个停车层。横移系统主要包括停车位的横移驱动、升降台的横移驱动、隔板、横移托板、横移托架状态检测装置、安全限位等。升降系统主要包括导向系统、配重系统、传动部件、制动系统、驱动系统、电梯叉检测系统和限位系统。卷帘门安装在垂直升降式立体车库底层位置, 在进行车辆停放、提取时, 保证车库内不会进入其他人和车辆。托盘系统是采用滚轮在导轨上滚动并围绕托盘中心轴转动实现托盘的回转。提取和存放车时作为汽车出车库和入车库过渡停放平台, 并对底层汽车的位置进行检测和定位。

2 垂直升降式立体车库主要结构

3.1 主体结构

垂直升降式立体车库主要有升降机构、钢架结构、横移结构、控制系统、回转机构以及保护装置构成, 例如垂直升降式立体车库为 6 层 10 车位, 在每层设置有 2 个车位, 一层不设置车位, 对于车库的设计需要按照相关设计标准进行设计, 底层高度为 2000mm, 顶层高度为 3150mm, 除去顶层和底层, 各层间距相同。立体结构由升降机构、曳引机、钢架和载车板等构成。

3.2 立体车库钢架结构

钢架结构通过高强度螺栓和型钢焊接而成, 钢架结构的主要作用是承受车辆向下负载, 因此需要具备足够的刚度和强度, 确保垂直升降式立体车库的稳定性和安全性。常见

的钢架结构设计材料多为槽钢和 H 型钢。为能够提升钢架结构的强度, 使用立柱和横梁做加强筋板。

3.3 钢架结构分析

对于垂直升降式立体车库的钢架设计比较复杂, 通过在实际的结构设计中, 通过建模软件进行设计时建模分析和实际情况存在较大差异, 为确保计算的准确性, 需要积极应用先进的建模软件进行设计, 在进行网格划分之前忽略凹槽和小孔, 细化局部网格。

对于有限元的设计分析。主体结构受载主要包括载车板、车辆、钢架自身重量, 曳引机重量、横移机构、轿厢重量以及因为环境温度发生变化所产生的温度应力、地震载荷、结构所受风力等, 以上负载集中或分布作用在主体结构之上。

在对有限元进行分析时, 首先忽略不计风载荷和地震载荷作用, 之后按照我国相关设计标准, 在载车板上模拟车辆位置, 按照额定载荷的 6:4 放置额定负载 1.1 倍重量。垂直升降式立体车库所受负载情况如下表 1 所示:

表 1 垂直升降式立体车库载荷工况

工况	说明	载荷计算
1	满载	配重、轿厢、横移机构、曳引机、载车板、钢架、车辆重量 (10 辆)
2	右侧 / 左侧满载	配重、轿厢、横移机构、曳引机、载车板、钢架、车辆重量 (5 辆)
4	空载	配重、轿厢、横移机构、曳引机、载车板、钢架

通过分析, 垂直升降式立体车库在满载情况下, 工况最为恶劣, 因此需要针对此工况进行分析, 对垂直升降式立体车库整体结构刚性和所受应力情况进行分析。验证垂直升降式立体车库主体架构是否达到预期刚度和强度。

在对该工况进行计算时, 设计参数施加载荷单位车辆最大载荷为 1.7T, 载车板的重量为 0.7T, 按照放置额定负载 1.1 倍进行计算, 最终单车所施加荷载 2.64T, 轿厢和横移机构重量和为 3070kg, 配重为 4245kg, 考虑到电机重量、升降架构以及钢架自重需要按照实际情况对载荷进行计算。钢架结构材料选择使用 Q235A, 密度为 7850kg/m³, 弹性模量为 2.1E+11, 泊松比为 0.3。

通过对垂直升降式立体车库所受应力和位移变形情况进行分析, 在最上角层的钢支撑部位所受的载荷最大, 应

(下转第 12 页)

来的 $125 \pm 5 \text{ m}^3/\text{h}$ 减少到 $110 \pm 5 \text{ m}^3/\text{h}$, 保持结晶器的进出水温度差在 $6 \sim 10^\circ\text{C}$ 范围内。

(4) 合适的结晶器锥度以及结晶器铜管表面质量。弯月面前沿部位是钢液最先开始凝固的位置, 坯壳表面状态与该部位铜管表面的光洁度密切相关。如果铜管表面存在磨损和划伤, 则会导致铜管的热传导出现差异, 使坯壳冷却不均, 容易使坯壳产生裂纹。对此应密切关注铜管表面的光洁度, 避免出现较大的热传导差异。结晶器的锥度应与凝固坯壳的收缩相适应, 但在结晶器使用周期中, 由于磨损和变形结晶器的锥度可能会发生变化, 项目实施前, 一炼钢厂在生产包晶钢时, 对结晶器通钢量与其他钢种没有区别, 项目实施后要求生产包晶钢结晶器通钢量要小于 3000 吨。

(5) 合适的拉速技术。降低拉速相当于间接增强了结晶器冷却, 反而更加剧了结晶器内钢液凝固过程的包晶相变反应。相反, 提高拉速相当于间接降低了结晶器冷却强度。起到和减少结晶器冷却水流量一样的作用。实际生产中, 为防止拉速过高导致漏钢事故, 项目实施前一炼钢厂 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ 小方坯拉速控制在 $1.80 \sim 2.2 \text{ m/min}$,

$200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 小方坯拉速控制在 $1.0 \sim 1.2 \text{ m/min}$ 。项目实施后 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ 小方坯拉速控制在 $2.0 \sim 2.2 \text{ m/min}$, $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 小方坯拉速控制在 $1.1 \sim 1.3 \text{ m/min}$ 。

(6) 优化结晶器保护渣。结晶器保护渣的主要作用是润滑铸坯和调节凝固坯壳向结晶器的传热。低碳包晶钢在冷却过程对传热的均匀性有很高的要求, 为达到其冷却要求, 应根据低碳包晶钢选用热传导效率较差一些的保护渣, 以使铸坯均匀、缓慢冷却。设计低碳包晶钢保护渣成分和物理性能的指导原则是控制热流和固体渣层厚度。保证较高熔点、较高粘度和较高碱度。

4 结语

技术改进措施实施以来, 包晶钢铸坯无论是纵向还是横向的凹陷和裂纹均显著减少, 凹陷深度也普遍降低到 0.5 mm 以下, 有效提高了包晶钢铸坯质量。

参考文献:

[1] 巩彦坤, 史进强, 颜慧成, 等. 包晶钢连铸坯角部裂纹缺陷产生原因分析与预防 [J]. 河南冶金, 2019, (2) .

(上接第 10 页)

力约 268 Mpa , 超过屈服强度为 256 Mpa , 顶部的承载处存在变形量最大, 位移量约 9.38 mm , 按照垂直升降式立体车库相关设计标准对起重机垂直挠度进行计算, 需要满足公式 $W \leq s/1000$ 。其中, W 表示垂直挠度 (单位 mm), s 表示起重跨度 (单位 mm)。横框跨度 7200 mm , 则垂直挠度需要 $\leq 7.2 \text{ mm}$, 刚度和强度无法满足相关校准要求。

3.4 结构优化

针对最上角层的钢支撑部位所受的载荷最大问题, 可以将此处的角钢进行加厚处理, 在确保车辆进行安全进出的前提下, 在最上层两梁之间设置角钢支撑。通过结构优化, 最大应力 177 Mpa , 位移最大量 6.42 mm , 满足设计要求标准。

4 垂直升降式立体车库的结构设计实际案例分析

4.1 工程概括

该垂直升降式立体车库工程建设面积为 80 平方米, 停车位设计为 50 辆, 建筑高度为 52.5 m 。通过 EPC 模式进行工程建设。在该工程中对于垂直升降式立体车库钢结构的设计为支撑结构体系, 安全等级为二级, 工程场地类别为 II 类, 抗震设防烈度为 6 度, 预计使用年限为 50 年, 钢架结构的抗震等级设计为四类。

4.2 设计流程

按照《车库建筑设计规范》相关规范要求进行设计, 该工程属于小型垂直升降式立体车库。不同于传统建筑, 此工程的机电设备和主体结构都由供货商提供, 相关设计院需要首先对上部结构的受力情况和变形情况进行复核, 确保相关设计满足国家规范要求, 支护对电气设计、给排水、消防、基础进行检查。

4.3 结构设计要点

对于垂直升降式立体车库结构的设计包括基础设计和

上部结构的设计。在该工程中, 上部结构图纸有供货商提供, 设计院进行验算复核, 结合实际工作经验和实际情况开展基础设计工作。

该项目中垂直升降式立体车库支撑结构构件主要包括 Q345、斜撑、纵梁、横梁以及立柱。基础通过混凝土管桩形式, 共 8 根, 混凝土等级为 C30, 桩径为 500 mm , 承台尺寸设计为 $1 \text{ m} \times 3 \text{ m}$, 高度为 1.2 m 。经过计算, 垂直升降式立体车库在受风载作用下最大位移为 146.3 mm , 层间位移角最大为 $1/278$, 地震载荷作用下位移最大 5.7 mm , 层间最大位移角为 $1/5354$, 结构的侧向刚度满足相关要求规范。

强度分析方面, 垂直升降式立体车库底部的尺寸为 $\text{HW}250 \times 14 \times 9 \times 250$, 地脚螺栓规格为 M24, 设计强度无法有效满足。究其原因, 主要是供货商没有对水平载荷进行考虑, 通过分析, 可将 1 ~ 5 层的水平梁截面设计由 $\text{HM}194 \times 150 \times 9 \times 6$ 改为 $\text{HN}298 \times 149 \times 8 \times 5.5$, 底部两层钢支撑截面改为 140×5 , 地脚螺栓选用 M52。

5 结语

随着我国国民经济的不断发展, 全社会车辆保有量将不断增长, 住宅小区和商业停车位供应将逐渐紧缺, 因此需要积极加强对垂直升降式立体车库的设计, 实现垂直升降式立体车库在建筑中的广泛应用, 解决停车难问题。另外, 垂直升降式立体车库的广泛应用也将成为城市建筑的一大新亮点。

参考文献:

[1] 王亦凡, 陶睿. 垂直升降式立体车库的结构设计 [J]. 中国机械, 2016(6):49.
[2] 赵云, 杨海粟, 德祥, 等. 垂直升降式立体车库钢架结构分析及优化设计 [J]. 科技创新与应用, 2016(9):16-17.