

# 家用小型电梯机械系统整体方案设计

田瑞锋

许昌奥仕达自动化设备有限公司 河南 许昌 461000

**【摘要】**：针对家用住宅空间紧凑、安装条件受限、运行需求静音安全的特点，本文开展家用小型电梯机械系统整体方案设计，立足 GB/T 21739-2008《家用电梯制造与安装规范》核心要求，确定额定载重 320kg、额定速度 0.4m/s 的基础设计参数，选用紧凑型无机房曳引驱动结构，完成驱动系统、导向系统、轿厢与对重系统、安全保护系统、门机系统的一体化设计。方案兼顾空间利用率、运行稳定性与使用安全性，适配别墅、复式住宅等小型家用场景，可实现浅底坑、小顶层安装，降低土建改造难度，满足家庭日常垂直出行需求。

**【关键词】**：家用小型电梯；机械系统；曳引驱动；方案设计；安全保护

DOI:10.12417/3041-0630.26.05.095

当前家用电梯市场存在驱动形式杂乱、结构设计不规范、空间适配性差等问题，部分产品盲目简化结构导致安全隐患突出。本文结合家用场景实际需求，开展标准化、轻量化、紧凑型机械系统整体方案设计，优化各子系统布局与参数匹配，解决家用电梯小井道、浅底坑、无机房的安装难题，同时完善安全保护机制，提升电梯运行稳定性与使用寿命，为家用小型电梯的工程设计与生产制造提供参考。

## 1 设计依据与核心参数确定

### 1.1 设计依据

本次设计严格遵循 GB/T 21739-2008《家用电梯制造与安装规范》，同时参考 GB 7588-2020《电梯制造与安装安全规范》相关安全要求，结合家用住宅井道尺寸小、顶层高度有限、底坑深度浅的实际土建条件，摒弃传统商用电梯的机房设计，采用无机房一体化布局，确保设计合规且适配家用场景。

### 1.2 核心设计参数

结合家庭使用人数、物品搬运需求及空间限制，确定本次设计核心参数，具体见表 1。参数选取兼顾实用性与空间适配性，额定载重满足 2-3 人乘坐及小型家具、日用品搬运需求，低速运行保证乘坐舒适与安全，浅底坑、小顶层设计大幅降低土建施工成本与改造难度。

表 1 家用小型电梯核心设计参数

参数名称	参数数值	参数说明
额定载重	320kg	适配家用 2-3 人乘坐，满足日常搬运需求
额定速度	0.4m/s	低速平稳运行，提升舒适性，降低噪音
最小井道尺寸	1500mm×1400mm	紧凑型设计，适配小型住宅预留井道

顶层最小高度	2600mm	无需额外加高顶层，减少土建改造
底坑最小深度	300mm	浅底坑设计，适配现有住宅地面条件
提升高度	≤12m	适配 3-4 层家用住宅垂直运输需求

## 2 机械系统整体方案与驱动形式选型

### 2.1 系统整体布局

本次设计采用无机房紧凑型曳引驱动方案，整体机械系统分为五大核心子系统：驱动曳引系统、导向系统、轿厢与对重系统、安全保护系统、层门与轿门系统。各系统集成布置于井道内部，曳引主机安装于井道顶部一侧，不占用额外室内空间，对重置于轿厢后侧，平衡轿厢自重与部分载荷，降低主机负载，实现节能与平稳运行。井道内无多余突出结构，空间利用率达到 90%以上，完美适配家用小井道条件。

### 2.2 驱动形式对比与选型

家用电梯常见驱动形式有曳引驱动、液压驱动、螺杆驱动三种，本次设计通过对比三种形式的空间适配性、运行噪音、安全性、维护成本及使用寿命，最终选用永磁同步无齿轮曳引驱动，液压驱动结构复杂，需单独液压站，占用空间大，存在漏油隐患，噪音偏高，维护繁琐，不适用于紧凑型家用场景；螺杆驱动安全性高，底坑要求极低，但运行速度慢，承载能力小，长期使用易出现卡顿，成本偏高。

## 3 核心子系统详细设计

### 3.1 驱动曳引系统

驱动曳引系统是电梯的动力核心，由永磁同步无齿轮曳引机、曳引钢带、曳引轮、反绳轮组成。摒弃传统钢丝绳，选用

扁平柔性曳引钢带,相比钢丝绳厚度更薄、柔韧性更强,可减小曳引轮直径,进一步压缩井道顶部空间,同时降低运行噪音与磨损。曳引机选用壁挂式安装结构,直接固定于井道顶部侧壁,无需专用机房,主机功率 1.1kW,适配 320kg 载重与 0.4m/s 速度,具备断电制动功能,制动响应快、平稳无冲击。曳引比采用 2:1 设计,减小主机扭矩需求,降低主机体积与能耗,提升运行稳定性。

### 3.2 导向系统

导向系统负责约束轿厢与对重的运行轨迹,防止运行过程中出现偏摆、晃动,由导轨、导靴、导轨支架组成。轿厢选用两根立式实心导轨,对重选用两根空心导轨,导轨采用轻量化截面设计,通过膨胀螺栓直接固定于井道侧壁,无需额外焊接,安装便捷。导靴选用弹性滑动导靴,自带缓冲结构,贴合导轨运行,减少摩擦噪音与振动,保证轿厢运行平稳无晃动,即使在启停阶段也无明显颠簸感,提升家庭乘坐舒适性。

### 3.3 轿厢与对重系统

轿厢采用轻量化龙门架式结构,框架选用 Q235B 方钢焊接,强度高、自重轻,轿厢内部净尺寸优化为 1000mm×1100mm×2200mm,满足乘坐空间需求,同时适配小井道尺寸。轿厢内壁采用环保轻质板材装饰,无异味、易清洁,底部加装防滑减震垫,提升使用体验。对重装置采用铸铁对重块组合式设计,重量精准匹配轿厢自重与 50% 额定载荷,有效平衡轿厢侧载荷,降低曳引机负载,减少能源消耗,同时延长主机使用寿命。对重框架与导靴配合紧密,运行过程中无偏移、无噪音。

### 3.4 安全保护系统

限速器安装于井道顶部,当电梯运行速度超过额定速度 1.3 倍时,限速器触发动作,联动轿厢底部瞬时式安全钳,夹紧导轨制动,防止轿厢坠落或冲顶;底坑安装聚氨酯缓冲器,属于蓄能型缓冲器,体积小、缓冲效果好,当轿厢意外下沉至底坑时,有效吸收冲击能量,避免刚性碰撞。上下限位开关与极限开关分别设置于井道顶部与底部,防止轿厢超出行程运行,限位开关实现提前减速,极限开关实现强制断电制动,双重防护;门机联锁装置层门与轿门均设置机械联锁,只有门完全关闭后电梯才能启动,运行过程中门无法开启,杜绝夹人、

坠落风险;断电应急保护配合电气系统,断电后电梯自动平缓停靠至最近楼层,开门放人,避免困人事故。

### 3.5 层门与轿门系统

门机系统选用直流永磁门机,驱动方式为中分门,开门宽度 700mm,满足人员与小型物品通行,门机运行速度平缓,启停无冲击,噪音控制在 55 分贝以下,符合家用静音需求。层门与轿门均采用轻质铝合金材质,强度高、自重轻,减少门机负载,同时具备防夹功能,触碰障碍物后自动回弹,保障老人、儿童使用安全。

## 4 方案优势与可行性分析

### 4.1 核心优势

本次设计的家用小型电梯机械系统,相比传统方案具备三大核心优势:一是空间适配性强,无机房、浅底坑、小顶层设计,无需大规模土建改造,适配绝大多数家用住宅井道条件;二是安全可靠性强,多重机械安全装置联动,覆盖超速、坠落、冲顶、夹人等各类风险,使用无隐患;三是舒适静音性好,永磁同步无齿轮主机+弹性导靴+曳引钢带组合,运行噪音低、振动小,启停平缓,符合家庭居住环境要求;四是维护成本低,结构简洁,无易损复杂部件,日常仅需定期润滑导轨与检查制动装置,后期运维便捷经济。

### 4.2 可行性验证

从力学性能角度,轿厢框架与曳引系统经载荷校核,在额定载重下应力形变均符合材料力学要求,无结构变形风险;从安装角度,所有部件均为模块化设计,现场组装便捷,无需专业大型设备,2-3 天即可完成安装调试;从使用角度,低速运行模式能耗极低,日均耗电量不足 0.5 度,长期使用经济环保,完全满足家庭日常使用需求。

## 5 结论与展望

本文围绕家用小型电梯的使用场景与核心需求,完成了一套紧凑型、高安全、低噪音的机械系统整体方案设计,确定了核心设计参数,完成五大子系统的优化布局与参数匹配,解决了家用电梯空间受限、土建改造难、安全隐患大等痛点,方案符合国标要求,具备较强的工程实用性与市场推广价值。

### 参考文献:

- [1] 徐强,马维良,高健,等.电梯机械系统智能检验技术应用分析[J].中国机械,2025,(34):152-155.
- [2] 李泉江.电梯机械系统故障诊断技术与诊断系统研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(10):66-68.
- [3] 杨红果,杨龙今.电梯机械系统结构在火灾环境下的稳定性分析[J].消防界(电子版),2025,11(11):161-163.
- [4] 王爱敏.曳引式电梯机械系统垂直振动的原因分析与抑制[J].自动化应用,2023,64(S1):69-72.
- [5] 王曾赞.曳引式电梯机械系统运行阻尼测试方法研究[J].今日制造与升级,2023,(02):10-13.