

家用电梯结构设计中的空间利用研究

黄杰勋
(广州广日电梯工业有限公司 广东 广州 511447)

摘要：本文根据家用电梯与客梯使用场景略有不同，对 GB/T 7588.1、GB/T 21739 国家标准的差异点进行分析，在满足 GB/T 21739 要求的前提下，对空间的利用上列举出顶层及底坑的影响因素和可优化设计的零部件，具体在机房系统上空间结构设计、轿底设计方法、家用梯特殊的防护栏及护脚板部件、轮梁的设计结构布置方法，以及对重空间结构设计等方面，基于家用梯在极致土建空间上，设计更为紧凑的机械件，并阐述了结构件的设计方法，以满足家用电梯场景的使用。

关键词：轿架优化；对重优化；顶层底坑

0 引言

家用电梯场景需要的空间较小，而安装电梯会占用家居建筑面积，故电梯总体不会布局太多建筑面积的结构。针对电梯的适用性，有必要考虑适用于家用场景的电梯结构，特别是针对空间比较紧凑的家用梯结构。家用电梯结构主要有曳引电梯、螺杆电梯和液压电梯等。目前，市场上大多采用钢丝绳技术的曳引电梯结构，而钢带技术的曳引电梯结构由于其能够提升井道利用率，在家用梯上正在兴起并逐步应用。无论是普通曳引式的家用电梯，还是钢带式的家用电梯，最主要的衡量手段是其结构是否紧凑，即在较小的井道空间中能否实现较大的电梯尺寸。

1 普通客梯电梯的结构分析

曳引式电梯的轿架采用的结构为龙门架结构（图 1），即包含了上横梁、轿底、立柱、导向轮梁或导靴轮、防护栏。曳引式电梯中除了轿架外，还包含了主机安装结构、对重架结构。在结构空间上，主要以受力要求、国标中空间要求设计为前提，本文讨论的是空间上的设计优化方案。国标要求上的主要空间体现在顶层、底坑、轿厢面积和井道面积上。除以上空间要求外，还有其他的各项国标指标则不在本论文中分析。

对于顶层国标，具体要求为：对重压到缓冲器后时，电梯的轿顶上最高位置的部件距离上顶需要满足不小于 $0.3+0.035V^2m$ ；对于导靴或滚轮等部件则需要满足不小于 $0.1+0.035V^2m$ 的距离；另外，为保证维保人员安全，还必须满足 $0.5m \times 0.6m \times 0.8m$ 的空间^[1]。那么在做设计时定义了顶层高度的要求，则需考虑最高部件的布局优化，例如轿顶防护栏的安装位置、上横梁的高度位置、轮梁或轮子的配合高度，以及导靴或油杯的高度等。对

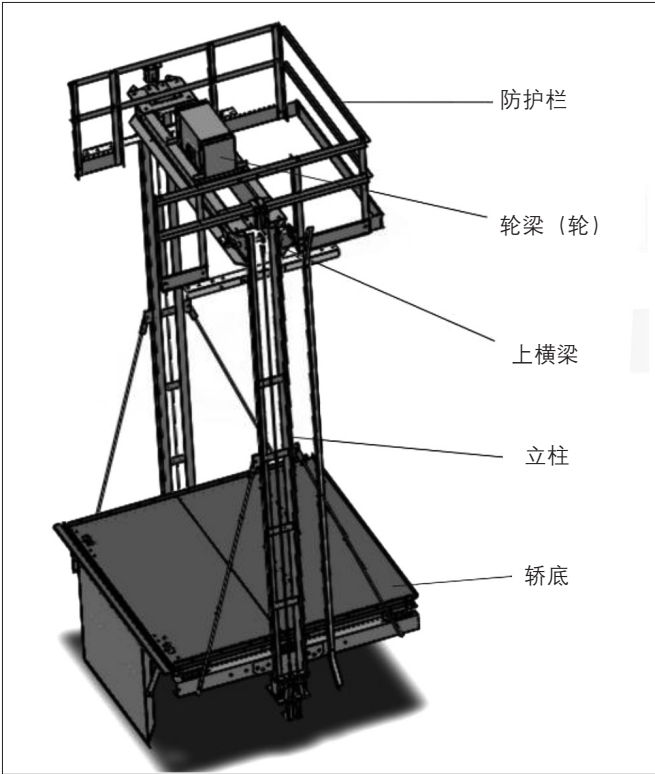


图 1 龙门架结构

于无机房电梯，甚至还需考虑优化绳头与主机架下端的位置等。

对于底坑国标，具体要求为：轿厢压到缓冲器后时，电梯轿厢的最低部件和导靴、护脚板和门系统部件至少需要预留的距离为 $0.1m$ ，另外，为保证维保人员安全，还必须满足 $0.5m \times 0.6m \times 1.0m$ 的空间^[1]。那么在做设计时定义了底坑深度的要求，则需考虑到最低部件的布局优化，如护脚板的安装位置、下梁的高度位置、导靴的位置和轿底的厚度等^[2]。顶层及底坑的空间布置如图 2 所示。

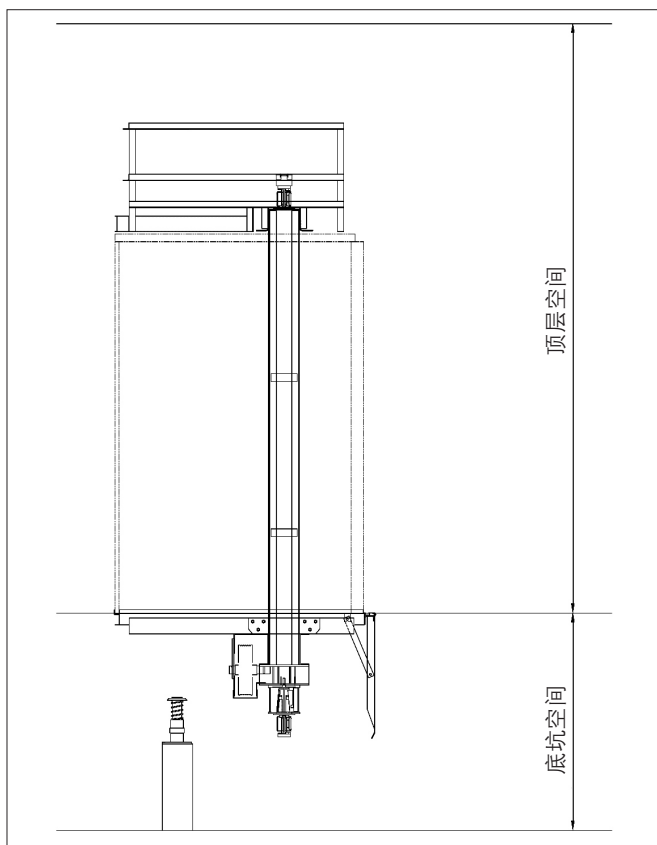


图 2 顶层空间和底坑空间示意图

2 机房系统的空间利用

家用电梯按主机安装的位置,可分为有机房电梯和无机房电梯两种。由于大多数别墅场景土地或建筑物的限制,无机房电梯选用较多。对于有机房的布局,主要考虑人行过道的空间、检修空间、控柜摆放空间、盘车空间和主机上方预留空间即可;而无机房的布局,则相对多样性,主要有两种布局:导轨支撑主机结构(图3)和搁机梁支撑结构(图4)。

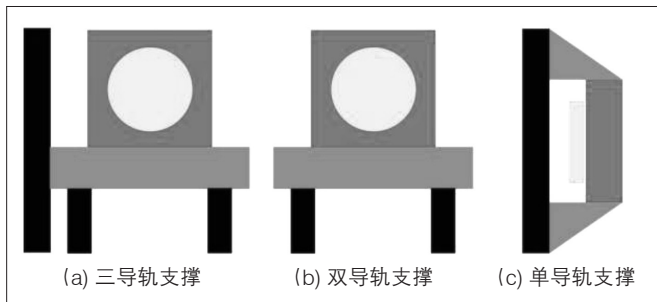


图 3 导轨支撑主机结构示意图

对于导轨支撑主机的结构,主要为三导轨支撑结构(图3a)、双导轨支撑结构(图3b)和单导轨支撑结构(图3c)三种。其中,三导轨支撑结构最为复杂,受力均匀;单导轨支撑结构则最省空间,但受力集中于一点,对结构设计或材料要求较高。三种导轨支撑结构均无需预留土建开孔,井道适应性较强,但选用主机的结构则是薄型结构,

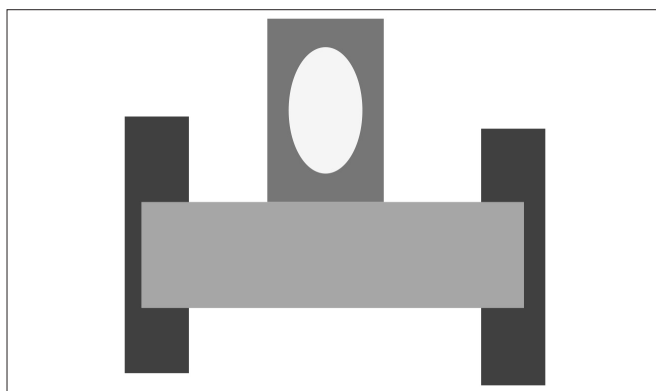


图 4 搁机梁结构

该主机相对较大,当主机及主机座占用了较大的上下空间时,则会在对重侧加高对重行程,该结构对于紧凑型的家用电梯,如果顶层底坑过小,往往容易导致对重行程不足。所以,导轨支撑在空间上影响最大的是对重行程。

对于搁机梁支撑主机的结构,则可不考虑导轨对主机架或搁机梁的影响,此结构为搁机梁两端固定在墙上,故受力最为牢靠。搁机梁支撑,在受力和功率满足的条件下,可优先选用卧式主机。卧式主机结构上具有占用空间较小、受力平衡的优点。搁机梁结构在空间上影响最大因素是顶层高度,采用搁机梁结构时,电梯最高点的部件则容易与搁机梁相撞,因此采用搁机梁结构会通过加大顶层高度满足要求,对于顶层的要求相对较高。

3 家用电梯的轿底优化

常规电梯的轿底为上轿底与下轿底组合结构(图5),上轿底和下轿底之间用防震橡胶连接,双层轿底的轿架既可起到缓冲作用又可以起到称重作用,称重则提供到超载信号的输出条件。

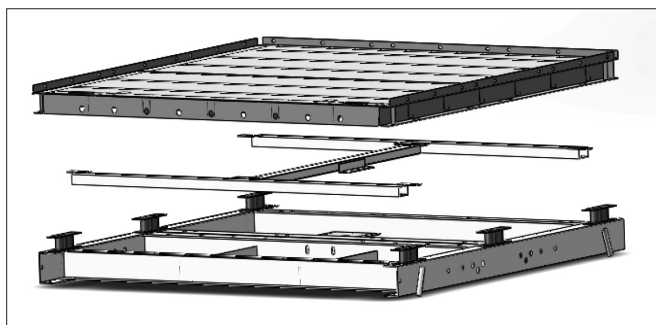


图 5 双层轿底结构

依照适用于较小底坑要求的轿底设计原则,尽可能地把占用底坑深度的零部件减小尺寸以达到一个占用空间较小的轿底结构。

家用场景使用的电梯,往往底坑深度越小越好,一般情形下底坑要求仅0.5m左右。以底坑深度为500mm为例,那么对家用梯的轿底,因载重量相对较小,在结构受力满足条件的情况下,可设计为单层轿底结构,此

时可减少了至少 50mm 的垂直高度, 单层轿底的结构中设计足够的加强筋满足受力要求; 同时, 如果为了减少底坑深度, 可设计绳轮导向轮梁的结构为上梁, 减少底坑下的绳轮梁占用的空间, 这样可减少 100mm 以上的垂直高度。对于其他影响底坑因素如电缆挂线用的挂线架, 则可以选择用较小结构的小架子或连接件, 避开干涉的位置安装于轿底上^[3]。

4 家用梯的顶层和底坑的关键影响部件——防护栏和护脚板

电梯中当外边缘离墙超过 0.3m 时, 轿顶需要设置防护栏进行人员防护, 正常电梯要求防护栏的高度在大于等于 0.7m 或 1.1m^[1]。在家居场景中, 一般家居场景的顶层层高在 3m 左右, 此时如若轿架的高度、防护栏 0.7m (或 1.1m) 高度、制导行程及安全距离高度组合成的总高, 电梯结构往往都会冲顶。为了避免防护栏最高部件冲顶的情况, 对于家用梯可设计可以活动的防护栏结构, 最常用的方式就是伸缩型防护栏或折叠式防护栏, 当电梯正常运作时防护栏处于缩小的状态或折叠的状态, 当检修时把防护栏达到伸长的状态或非折叠的状态, 此时的防护栏高度可满足到 0.7m 及以上的检修要求, 同时防护栏配置的电气开关会提供信号到控制柜, 以检修状态停机。从以上结构分析可知, 由于防护栏的高度的缩小, 至少可减少 300mm 以上的顶层空间的要求。

每个轿厢地坎上都需要安装护脚板, 宽度需大于等于门的宽度。而普通客梯的护脚板的垂直高度需大于等于 0.75m。当家用场景的底坑为 0.5m 时 (以 500mm 为例), 即使电梯正常停靠, 护脚板以 0.75m 尺寸安装已比底坑深度大, 即使未算上压缩行程距离都已经直接撞到地下。故针对家用梯需求, 护脚板的垂直高度可按减少一半计算, 但正常运行电梯时则需要满足 0.75m, 为了解决小底坑的问题, 护脚板可设计成伸缩型护脚板^[4], 当压底时护脚可以缩小, 避免直接受力撞坏护脚板。

由上分析可知, 当顶层和底坑较小时, 影响到的关键

部件为轿顶防护栏和护脚板, 在满足国标的情况下, 减小尺寸是最直接的结构设计原理。通常家用电梯采用的是伸缩型的防护栏和护脚板。

5 家用梯轮梁介绍

家用梯轮梁在电梯中作为轿架上轮系结构, 除了满足吊挂受力外, 轮子的大小也同样需要满足国标要求。常用的轮梁会设计在轿架上方或轿底下方, 一般设计的原则在于如果考虑重点是减少顶层高度, 则轮梁需要设计到轿底上, 以保证上空的空间可以减少, 但此情况则一般会加大了底坑的要求; 同理如果考虑重点是减少底坑, 则轮梁需要设计在于上横梁配合, 以上轮梁的方式满足轿架吊挂, 以保证下空的空间可以减少, 但此情况则一般会加大了顶层的要求。而轮梁的摆放有与上横梁平行的结构 (图 6a)、与上横梁垂直的结构 (图 6b)、与上横梁成角度的结构 (图 6c)。

对于设计来说, 平行结构一般只设计在轿底, 且结构以两端固定在轿底上最为稳固, 当有足够上下空间和井道宽深空间时最常采用的结构; 而垂直结构和成角度结构, 则可较充分地利用轿架上的空间, 可使得轿架结构更加紧凑, 当安装于上方时, 轮梁的中部与上横梁连接, 当安装于下方时, 轮梁的两端与轿底连接。

轮梁结构中, 反绳轮是必不可少的零部件, 对于客梯要求中, 曳引轮、滑轮、滚筒包括反绳轮的公称直径需为钢丝绳的 40 倍。对于家用梯, 则有不同的要求, 滑轮、滚筒包括反绳轮的公称直径需为钢丝绳的 25 倍^[5]。以 $\phi 8\text{mm}$ 钢丝绳为例, 客梯需要轮径至少为 320mm, 而家用梯则仅需要轮径为 200mm 即可, 在紧凑尺寸要求时, 轮径的大小尤为重要。另外, 有些厂家考虑到既要缩小顶层, 又要浅底坑, 则往往会考虑选用轮梁安装于轿底下的结构, 钢丝绳则选用 $\phi 6\text{mm}$ 的钢芯钢丝绳, 以钢芯材料满足受力要求, 此时根据要求轮径仅需 150mm, 大大地减少了最低部件 (轮子) 的空间, 从而满足小顶层浅底坑的目的。

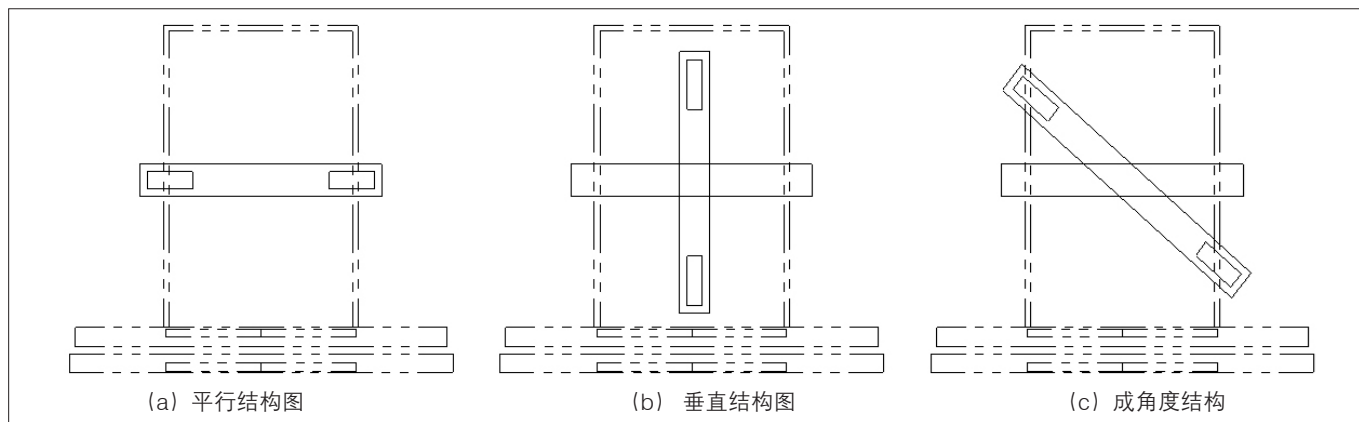


图 6 平行结构垂直结构成角度结构

6 家用电梯对重空间的设计

家用场景用的电梯，一般井道空间占用的地方均不会太大，所以要求井道利用率要尽可能高，为了能达到设计要求，对重占用的宽度需要较小。对于客梯来说，为了考虑经济成本，常常选用的对重块为复合对重块，但在家用场景中，往往井道的宽或深都较小，以对重侧置为例，为了避开开门时占用的空间，剩余对重架的长度更加愈小，所以通常家用电梯的对重导轨距约设定在 450 ~ 550mm^[4]，在较小的对重块尺寸时往往选择铸铁材料来弥补达不到的重量。对重系统中的对重空间如图 7 所示。

除了以上空间的设计外，对重空间中选择导靴也尤其重要。对于上下运行的要求，对重行程也不可忽略，为了提高对重行程的距离，可优化下部的导靴安装于对重架的侧边，从而减少安装于对重架下端时占用下端的位置。

7 结语

本论文以电梯结构的顶层、底坑和对重行程为切入点，在满足国家标准和构件受力要求的前提下研究了如何对主机安装系统、轿架系统和对重系统结构进行优化，应对小顶层、浅底坑的使用场景，符合现行家用场景的用地要求及空间需求。

参考文献：

[1] 国家市场监督管理总局国家标准化委员会. 电

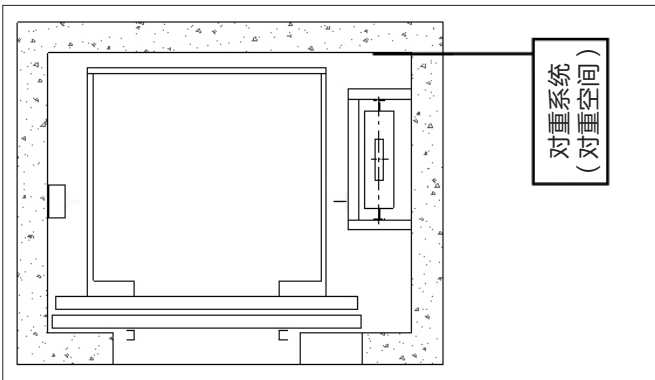


图 7 井道布置

梯制造与安装安全规范（第 1 部分）：乘客电梯和载货电梯：GB/T 7588.1-2020[S]. 北京：中国标准出版社，2022.
[2] 吴红芳，查继明. 浅底坑电梯的安全解决方案及其检验要求[J]. 中国电梯，2021，32(19):33-34+37.
[3] 刘登山. 浅谈家用电梯的设计要求[J]. 中国电梯，2020，31(01):10-13.
[4] 沈向锋. 家用电梯结构设计与优化研究[J]. 机电信息，2018(18):148-149.
[5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. 家用电梯制造与安装规范：GB/T 21739-2008[S]. 北京：中国标准出版社，2008.

作者简介：黄杰勋（1987.07-），男，汉族，广东开平人，本科，工程师，研究方向：电梯技术。

（上接第 4 页）

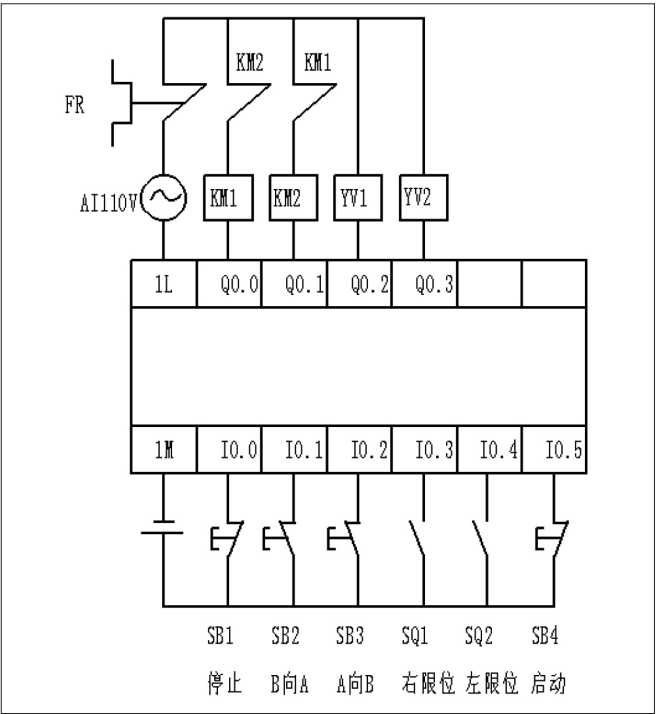


图 3 I/O 接线图

4 结语

在仓储和生产采用基于 PLC 控制和磁导航系统的运输机器人运输物料，可以实现无人化、网络化管理，可以提高生产效率，使仓储、工位管理标准化。磁导航系统运行平稳、准确可靠，可以保证整条自动化生产线的运行畅通。

参考文献：

[1] 周鹏. 基于 PLC 控制器的气动机械手设计[J]. 机床与液压，2018，46(13):107-109.
[2] 沙智华，刘禹峰，吴頔，等. 螺旋铣孔末端执行器设计及其运动仿真分析[J]. 机床与液压，2018，46(13):84-87.
[3] 陈珂，冯卓群，杨俊，等. 一种六自由度机械手的结构设计[J]. 机械制造与自动化，2020，49(01):138-140.

作者简介：张德福（1967.09-）男，汉族，辽宁营口人，本科，高级工程师，研究方向：工业机器人集成与自动化生产线设计。