



北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

“冯如杯” 创意大赛论文

会爬楼梯的箱子

摘要

会爬楼梯的箱子是通过对普通旅行箱进行改造，实现在提箱子上楼梯过程中的省力效果。这里的改造是指向旅行箱上添加直杆部件，通过箱子上的按钮对直杆进行控制，使其在上楼梯的过程中对箱体进行支撑，平衡了箱体的大部分重量，人在提箱上楼的过程只需起到一个牵引和控制直杆的作用，从而有效的起到了省力的作用。本方案要克服支撑杆构造设计，支撑杆材料选择、减震方法等问题，所以对于会爬楼梯的箱子有如下设计方案。

关键词：重力支撑杆、起落架、减震、重力作用、仿生学、高分子复合材料、铍铝合金、PE 塑料托辊

Abstract

The suitcase in the essay is reconstructed by the ordinary suitcase, which can save energy when people go upstairs with a heavy suitcase. The reconstruction here means that bracing pieces are added to the suitcase, and the bracing pieces can be controlled by the press button on the suitcase. So the bracing pieces can play a supporting role to the suitcase, balancing most of the weight. When going upstairs, people just need to lead the suitcase forward and control the press button, which can save the energy effectively. To put it into practice, some difficulties should be overcome, such as the construction of the bracing pieces, the material of the bracing pieces, and the shock absorption. Here are our designs of the suitcase.

Key words: the bracing piece, undercart, shock absorption, Gravity, bionics, polymer based composite, lockalloy, PE carrier roller

目录

引言	1
一、方案背景	1
二、设计方案：重力支撑杆装置.....	2
2.1 创意来源	2
2.2 装置结构图	2
2.3 工作过程	4
2.3.1、状态一.....	4
2.3.2、状态二.....	5
2.3.3、状态三.....	5
2.3.4、状态四.....	5
2.3.5、状态五.....	5
2.4 可行性分析	7
2.5 材料筛选	12
2.6 创新性分析	12
三、参考文献	13

引言

生活中多数人的经常会有远距离出行的经历，很多人都会携带不少行李，尤其是在春节等节假日出行时行李更是又多又重。最普遍的用于装行李的工具是旅行箱，但有的行李箱为了能够多装进一些物品致使型号很大，这就为行李的携带带来很大不便。尤其是在许多中小型的车站，电梯并不普遍存在，上下楼梯提着沉重的箱子本来就是一个烦恼，并且还会降低旅客疏散的效率，使本来就不轻松的环境更加拥挤。

通过查询资料得知现在尽管在市场上已经有能够爬楼梯的箱子，但并没有得到推广生产，应用也不普及，这就证明这些设计还存在一些不足，还有设计不够合理的地方。而且这些改进的思路大多是从轮子的角度来说，将轮子加大或做成多边形。本方案尝试从不同的角度思考问题，希望利用重力支撑杆的方法来实现箱子轻松上楼梯。

一、方案背景

目前，针对“会爬楼梯的箱子”这个问题已有相关的专利，但是对于相关方案存在它的局限性。方案是将箱体轮子设计成三角形,每个角上连接一个小轮子，如图 1-1 所示。此方案的最大的局限就是小轮子之间距离不难以调整，需要依赖台阶高度，所以此方案不具有普适性。除此之外，此方案仍需要依靠人力提供向上的拉力，所以并未完全地解放人力。

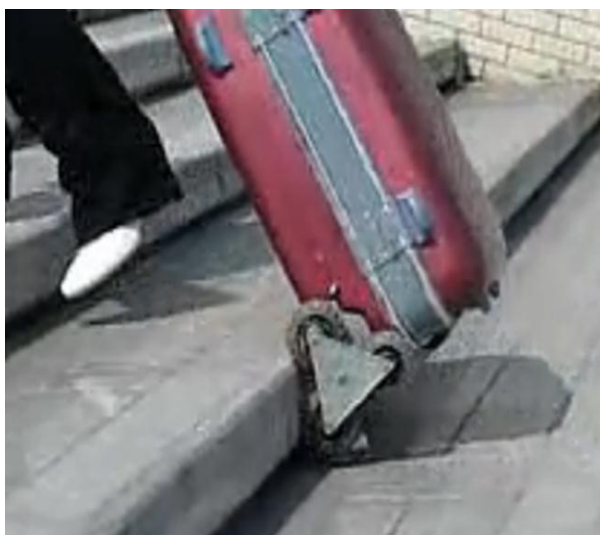


图 1-1

二、设计方案：重力支撑杆装置

2.1 创意来源

考虑到上台阶时，在箱子质量一定的前提下尽可能地减少人所受的拉力，通过进行竖直方向上的受力分析，如图 2-1 所示。本方案的初步想法就是找一个力来平衡部分甚至是全部的重力。所以能否提供这样的一个直杆，让它能够抓在上一层台阶上支撑起箱子，是能否解决箱子爬上台阶的关键。



图 2-1

2.2 装置结构图

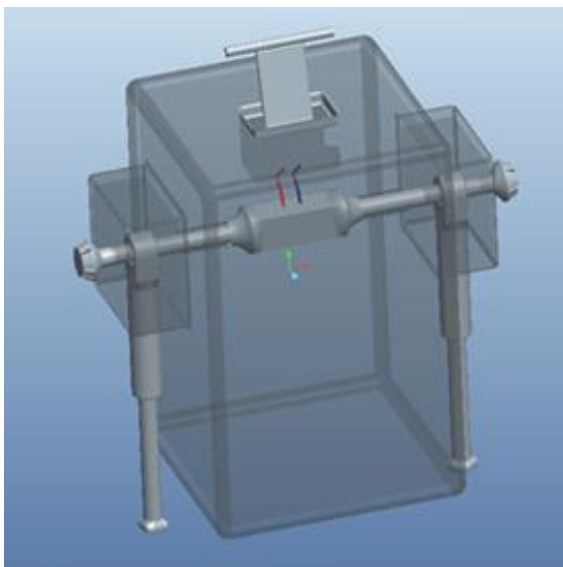


图 2-2 三维立体图

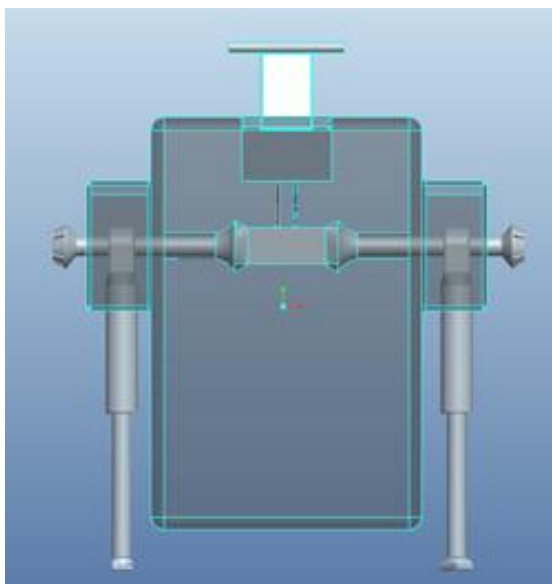


图 2-3 主视图

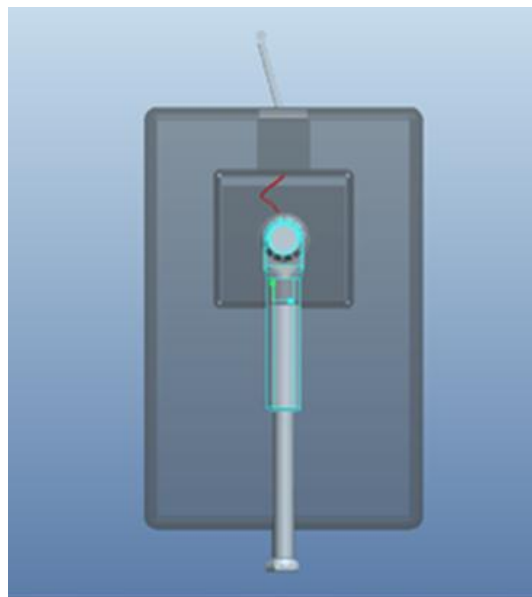


图 2-4 左视图

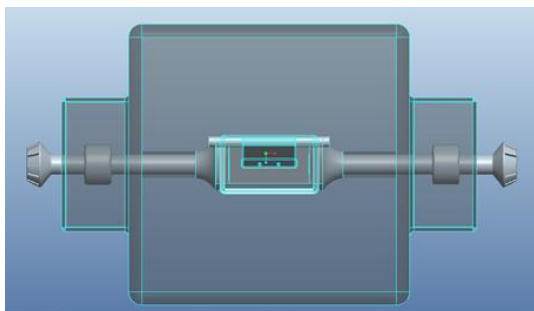


图 2-5 俯视图

1、控制按钮：操纵按钮可以控制大舵机的启动，进而为支撑杆落下，箱子爬上楼梯做准备。

2、舵机：具体结构如图 2-6 所示。由于本方案的支撑杆装置预期设计为飞机起落架形式，而起落架的动力装置通常为液压装置。但是考虑到液压装置质量过大，而且不好控制，所以，本方案采用电力来为支撑杆提供动力的模式。根据小气压下舵机输出比较稳定这一个特点，本方案决定采用舵机这种驱动装置，对支撑杆进行驱动。另外舵机是依靠电池来提供动力的，比较简便，质量轻，占用体积也比较小，所以，舵机非常适合在该方案中做驱动装置。具体驱动过程可参考图 2-7。

3、支撑杆：本方案是采用飞机起落架的形式对支撑杆进行改造。飞机起落架的具体结构图参考图 2-8。与飞机起落架不同的是，本方案中支撑杆没有冲击载荷，所以强度方面不存在问题，也不需要缓冲装置。支撑杆是在舵机的驱动下，进行收放过程。

4、箱轮：具有缓冲装置，防止在箱轮落地时受冲击过猛而使材料断裂。



图 2-6



图 2-7



图 2-8

2. 3 工作过程

2. 3. 1、状态一：箱子即将爬到上一节台阶前，是处于倾斜的状态，如

图 2-9 所示；

2. 3. 2、状态二：支撑杆在控制下落下，到达上一级台阶，如图 2-10 所示；

2. 3. 3、状态三：等到支撑杆落地后，支撑杆会继续伸长到本方案所设计的高度，直到箱体离开地面，如图 2-11 所示；

2. 3. 4、状态四：由于部件之间有个光滑的轴相互连接，所以部件之间是可以存在相对转动的。支撑杆伸长了之后，由于箱子脱离了地面，所以，箱子会绕轴转动，最终达到的结果是箱子成为竖直状态，如图 2-12 所示；

2. 3. 5、状态五：箱子达到竖直状态之后，支撑杆收回，箱子落地。箱子恢复原状。箱子爬上了一个台阶，如图 2-13 所示。

不断地重复本方案上述过程，拉杆箱就会在不需要人力的情况下逐步爬上台阶。

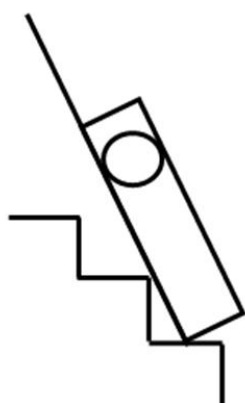


图 2-9

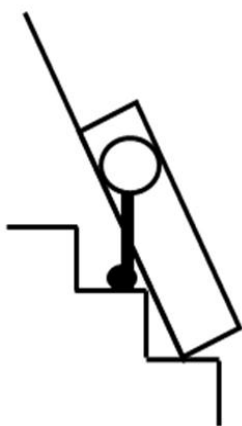


图 2-10

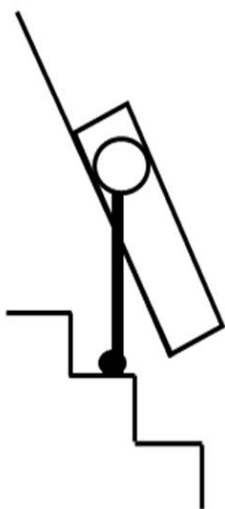


图 2-11

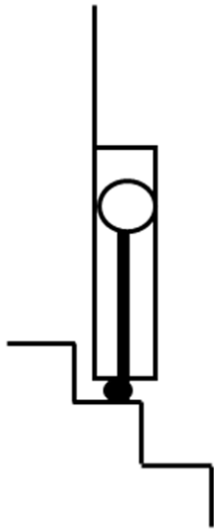


图 2-12

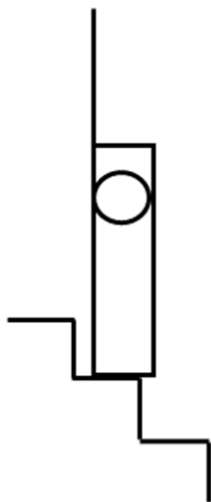


图 2-13

2. 4 可行性分析

该方案在理论上是可以实现的。需要进行理想化的假定。

根据民用建筑设计通则第 4.2.1 条 可知各种建筑中台阶尺寸大小的规定如表 2-1 所示

表 2-1

十、楼梯踏步的高度应符合表中的规定。

	踏步最大高度/m	踏步最小宽度/m
住宅	0.18	0.25
其他建筑物楼梯	0.17	0.26
幼儿园小学	0.15	0.26
电影院、剧院、体育馆、 商场、医院、疗养院等	0.16	0.28
住宅户内楼梯，专用服 务楼梯	0.20	0.22

拉杆箱常用尺寸（不含拉杆）如图 2-14 所示：

常见拉杆箱尺寸：（仅供参考，长宽高尺寸只是参考尺寸，不同品牌拉杆箱尺寸会略有不同，主要是利用三边之和来判断。）

16 寸拉杆箱尺寸：31cm*43cm*13cm

17 寸拉杆箱尺寸：32cm*45cm*18cm

18 寸拉杆箱尺寸：34cm*44cm*20cm

20 寸拉杆箱尺寸：34cm*50cm*20cm

22 寸拉杆箱尺寸：36cm*52cm*26cm

24 寸拉杆箱尺寸：38cm*60cm*28cm

28 寸拉杆箱尺寸：48cm*70cm*30cm

图 2-14

根据本方案研究问题的实际情况要求，选择 28 寸拉杆箱作为主要的研究对象进行计算。

在探究支撑杆位于拉杆箱的最佳位置以及支撑杆的伸长高度之前，应假定数据如表 2-2 所示：

表 2-2

人的身高	170cm
手距离地面的高度	60cm
拉杆箱及其内部重物总重	30kg
拉杆箱（含拉杆）总高度	100cm
楼梯踏步高度	18cm

楼梯踏步宽度	25cm
--------	------

通过直角三角形作图可知，人拉着箱子在水平地面上行走时箱子和地面的夹角约为 37° （即 $\alpha \approx 37^\circ$ ）如图 2-15 所示。

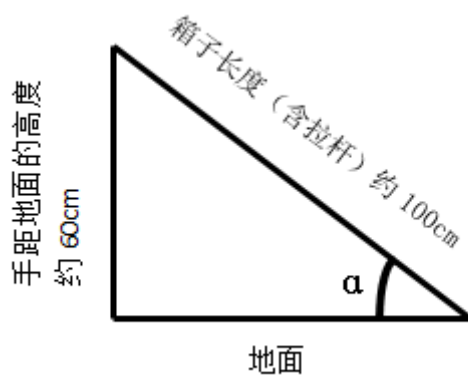


图 2-15

建立直角坐标系对箱子的所处状态及受力进行理想的分析。如图 2-16 和图 2-17 所示

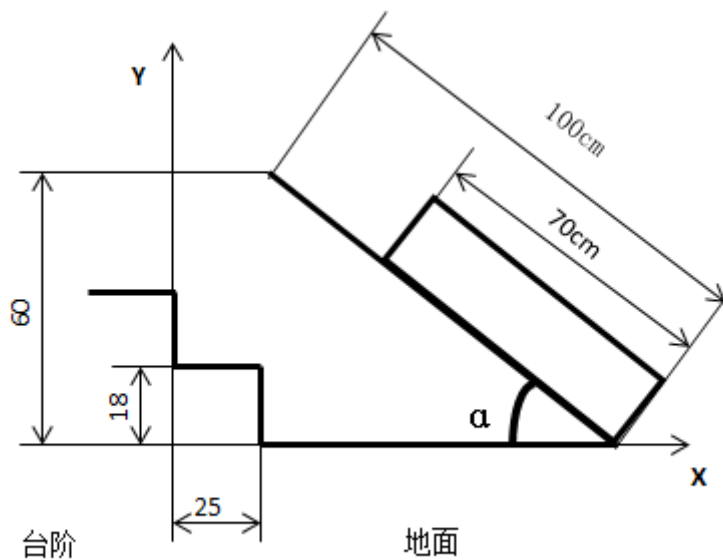


图 2-16

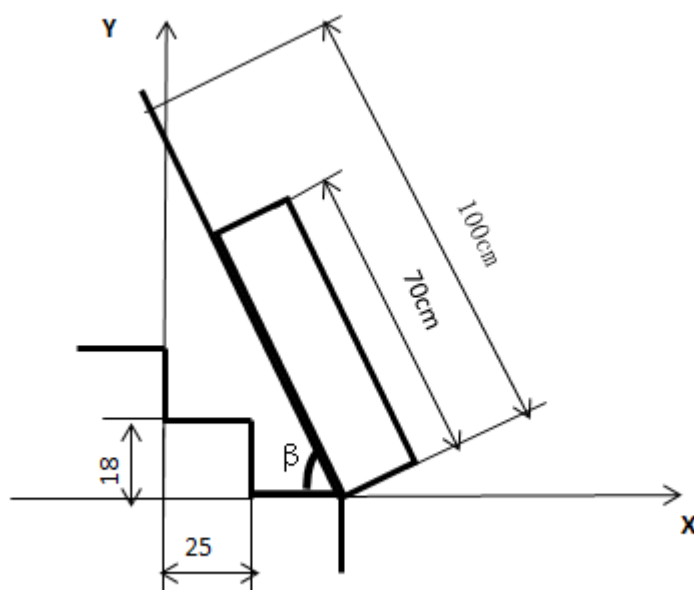


图 2-17

由于本方案基于实际过程中不同情况具备一定的近似性，所以，将其抽象成为一种理想的情况来进行计算。当箱子整体爬到上一级台阶时，箱子最初是呈现以支撑杆为基准倾斜的状态，本方案要求箱子在重力的作用下旋转成为竖直状态。为之后支撑杆收回以及箱子落到上一级台阶上做准备。然而，为了保证箱子能够在重力作用下顺利旋转成为竖直状态，需要本方案的支撑杆与箱体连接处的位置应高于箱子重心。所以，本方案在实施过程中需要用户将质量较重的物品远离拉杆一端摆放，把质量较轻的物品置于拉杆一侧，尽可能地降低重心。但是在重心以上也有问题，支撑杆带动皮箱向上走的时候，箱子会转动，手必须得按住才能保证箱子平衡。所以重心过高会导致箱子在绕轴旋转时稳定性下降。对此，提出两个解决方案。一、调整支撑杆与箱体连接处到合适位置，最好是稍稍高于重心。我们将其调到据箱底 42cm 处；二、利用仿生学原理，将支撑杆的一小段做成人体脊椎状，图 2-18、图 2-19、图 2-20 为三种不同的状态。根据图可知，此结构具有一定的缓冲作用，可以有效地防止箱子由于晃动过猛而翻到。

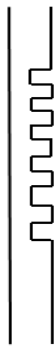


图 2-18



图 2-19



图 2-20

对于支撑杆的长度问题，本方案也是需要将其进行理想化处理。如图所示，箱子和水平面的夹角 $90^\circ \geq \beta \geq \arctan(18/25)$ 。为了简便计算，本方案也将其进行理想化处理，由于 $90^\circ > 45^\circ > \arctan(18/25)$ ，所以，本方案将 β 理想化为 45° 。由于支撑杆的总体高度应大于台阶的高度加上支撑杆与箱体连接处的位置到箱底的距离，所以支撑杆的总长 L 应满足

$$L=18+42=60 \text{ (cm)}$$

2. 5 材料筛选

1. 支撑杆

首先根据支撑杆在本方案中的作用得知，制成支撑杆的相关材料需要具有比较强的韧性，在弯曲时仍不会断裂。然后是要求支撑杆质量要轻，以达到尽可能减少箱体的整体重量。

综上所述，传统的金属材料比较脆，易断裂，不符合上述要求，所以，本方案支撑杆的材料锁定在合金，以及高分子复合材料领域内，如铍铝合金、PE 塑料托辊。

2. 箱轮

根据箱子运动所涉及的过程，箱轮的重要性是比较大的。本方案需要箱体轮子具有非常显著的减震效果。但是，关于这一点问题已经得到解决，并不会对本方案的设计造成问题，如图 2- 21 所示。



图 2- 21

2. 6 创新性分析

此方案的创新点在于将飞机的起落架和拉杆箱有机地结合在一起，通过类似起落架的支撑杆将拉杆箱运上台阶，预期可以实现更省力行进。

在现实生活中，多数起重设备为吊起式，如电动葫芦等等。而本方案则给了一个简单的启发，尝试着通过支撑杆装置完成起重过程。

三、参考文献

- [1]朱林, 孔凡让, 尹成龙, 郭丽, 孔晓玲.基于仿真计算的某型飞机起落架收放机构的仿真研究[J].中国机械工程. 2007.01
- [2]刘功华. 湖北研制出 PE 塑料托辊[J]. 工程塑料应用.2003.11
- [3]刘孝宁, 马世光. 铍铝合金的研究与应用[J]. 稀有金属.2003.01
- [4] 李铭.大型飞机起落架制造技术.[J]. 航空制造技术.2008.21