

平稳可控磁悬浮演示小车的制备*

古迪 周青云 黄楚仲 钟婷婷 吴红梅 张周粮 朱伟玲

(广东石油化工学院理学院 广东 茂名 525000)

(收稿日期:2020-12-27)

摘要:磁悬浮小车利用磁力克服重力使小车处于一个无接触悬浮的平衡状态,由于小车与轨道无接触,不存在摩擦阻力,所以磁悬浮小车具备运行速度快,无噪音,不产生有害气体及有利于环境保护等优点.本实验设计并制备了一种平稳可控梯形磁悬浮演示小车,该演示小车身为梯形,永磁铁粘贴于两个侧面和底部,有利于克服水平方向外力微扰的影响,有利于维持运行时水平方向的稳定性;演示小车身设置了侧向辅助轮子,减少了演示小车转弯时的摩擦力,提高了演示小车转弯时的稳定性;演示小车身自带驱动电源和电路控制系统,可使演示小车灵活可控行驶.经实验验证,该演示小车能在模拟现实场景的直道、弯道、上坡、下坡等场景中平稳可控地加速、减速地行驶,可作为一款有效的教学或科普展示用磁悬浮演示小车,提高学生对磁悬浮技术的兴趣.

关键词:磁悬浮演示小车 梯形车厢 稳定性 可控性

1 引言

传统的汽车和列车依靠车轮在地面或铁轨上滚动而快速前进,当汽车和列车高速行驶时,车轮与地面或轨道存在较大的摩擦阻力,因而将难以获得人们期望的高速度.为克服传统列车运行过程中所受摩擦阻力的问题,科学家探索了将列车与轨道脱离接触的技术——磁悬浮技术^[1~3].磁悬浮列车利用电磁体“同性相斥”原理,改变了传统轨道车辆靠轮轨摩擦力推进的方式,采用电磁力悬浮车体、直线电机驱动技术,使其在高速行驶时以不到几厘米的间隙悬浮在单轨导向路上,从而实现无接触的高速运行.这是对人类地面交通技术史上的一次重大突破,被誉为21世纪一种理想的交通工具^[2,4,5].磁悬浮列车的突出优点是速度快、可达500 km/h、噪音小及安静舒适等优点^[6~8].在物理课程和实验课程的教学过程中,由于磁悬浮列车模型较复杂且昂贵,所以较难在课堂上通过磁悬浮列车模型展示磁悬浮列车的技术.本实验中,设计并制备了一种平稳可控的磁悬浮演示小车,该演示小车通过磁力克服重力使小车处于一个无摩擦、无接触悬浮的平衡状态,且小车身自带驱动电源和电路控制系统,可使小车在直道、弯

道、上坡、下坡等场景中平稳地加速、减速或反方向行驶,可作为一款有效的教学或科普展示用磁悬浮演示小车.

2 磁悬浮演示小车的制备

本实验对磁悬浮演示小车各类型的悬浮系统、推进系统、导向系统进行了制备,并根据实验的最佳效果,最终制备平稳可控梯形的磁悬浮演示小车,如图1所示.

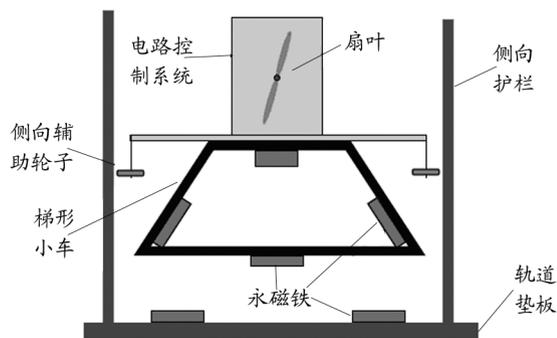


图1 平稳可控梯形磁悬浮演示小车示意图

平稳可控梯形的磁悬浮演示小车利用“同性相斥,异性相吸”的原理,让磁铁具有抗拒地心引力的能力,使车体完全脱离轨道,悬浮距离轨道约0.5

* 广东省教育厅特色创新项目,项目编号:2018KTSCX144

通讯作者:朱伟玲(1965-),女,教授,主要从事物理学教学与研究.

cm处,腾空行驶.轨道侧向密封护栏能减少外界对系统的干扰;小车车身设置了侧向辅助轮子,减少了小车转弯时的摩擦力,提高了小车转弯时的稳定性;小车上小风扇给小车提供动力,使小车水平滑行以及爬坡滑行.

2.1 不同形状小车稳定性的比较

如图2(a)所示,实验最初制作的是矩形的悬浮小车,矩形小车长6 cm,宽度3 cm.车体内部,装有8颗长1.1 cm,宽0.5 cm,厚0.5 cm的磁铁(以下用①号磁铁表示),左右对称排布,小车的磁铁与轨道的磁铁正对的面极性相同,小车受到互相排斥的力而悬浮.在实验过程中,矩形的小车悬浮高度较高,而且稳定性较差,可能的原因是:小车悬浮高度较高,受到轨道强排斥力造成小车重心不稳;小车磁铁的侧面容易被轨道磁铁的侧面吸引,导致小车容易侧翻.

如图2(b)所示,梯形小车两侧面下方按同一极性斜向下各粘贴4颗长2 cm,宽0.9 cm,厚0.2 cm的磁铁(以下用②号磁铁表示),两侧面的磁铁磁性相同与轨道粘贴的①号磁铁的侧面相互排斥,进而悬浮起来.经过多次的实验和理论分析,梯形的车身较矩形小车更为稳定.首先梯形的小车重心会比矩形小车低,其次梯形小车的磁铁的侧面不易被轨道磁铁的侧面影响.在悬浮效果较好的情况下,进一步装上驱动动力,小车表现出不稳,出现了矩形小车所显现的问题.

如图2(c)所示,进一步对小车进行稳定实验,在梯形下底面中间粘贴3颗②号磁铁,磁铁排布方式为“N-S-N”,其中两颗②号磁铁与轨道①号磁铁的内侧面相互排斥,增强小车的悬浮力,而另外一颗②号磁铁作用则与其他两颗②号磁铁作用相反,与轨道①号磁铁的内侧面相互吸引,使小车更平稳.且实验证实这个梯形小车的悬浮稳定性更强.

如图2(d)所示,进一步对小车车身设置了侧向辅助轮子,提高了转弯时候的稳定性和减少了小车转弯时的摩擦力.由于转弯时候,演示小车产生了一定的向心力,容易往一边倾斜,从而与挡板产生摩擦,行驶时不稳定,所以增加侧向辅助轮子,一方面,在小车发生倾斜时起到支撑作用,同时又会把与侧向护栏之间的摩擦变为摩擦力较小的滚动摩擦,提高了小车转弯时的稳定性.

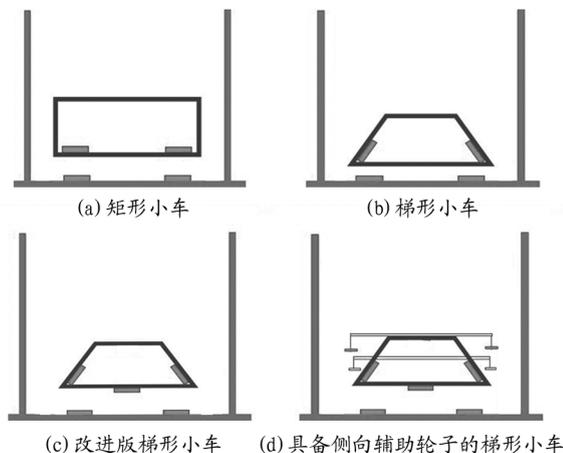


图2 小车车身改进过程示意图

2.2 不同倾斜程度轨道稳定性的比较

在木板上,按磁铁极性进行排列粘贴,两列磁铁磁极向上的极性相同,小车两侧面的磁铁与轨道磁铁外侧面同极相对,使小车实现悬浮.在制作过程中,尝试两种粘贴磁铁方式制作轨道如图3所示.图3(a)是用①号磁铁按一定的间隔粘贴且极性相同.图3(b)是用②号磁铁粘贴的倾斜式轨道,磁铁与直板大约成 45° 角粘贴,两列磁铁侧面极性相同.本实验的小车采取梯形的车身,两侧面各粘贴4颗②号磁铁,两侧面的磁铁磁性相同与轨道粘贴的磁铁的侧面相互排斥,进而悬浮.在不断实验和改进过程中,图3(a)的轨道比图3(b)的轨道达到悬浮的效果更好,稳定性更强,主要因为图3(b)的磁铁侧面极性与小车两侧面磁铁极性相斥,两个所成的角度相同,但却在悬浮中表现极不稳定.相比较下,图3(a)的轨道表现出较大的优越性,悬浮较为稳定并且悬浮高度(0.5 cm)适合小车爬坡和转弯.

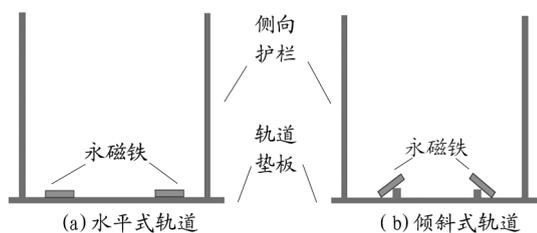


图3 水平式轨道和倾斜式轨道示意图

2.3 演示小车推进系统的制备

如图4所示,本实验中,演示小车采用双螺旋桨鼓风机作为动力推进系统,其中,两个电动机驱动电源输出电压9 V,电机额定电压是7 V.通过遥控系统控制装有螺旋桨的电动机的转动,从而产生动力.

高速旋转的螺旋桨能产生较强的气流(风力),气流向小车后方吹动时,根据反作用力原理推动小车整体向前进.此外,通过电路板控制小车.该电路板仅用于两电机独立驱动磁悬浮演示小车的两螺旋桨.前进时两电机同时正转,后退时两电机同时反转,减速时一个电机正转.从而有效地实现演示小车前进、后退、减速和停止的控制指令.

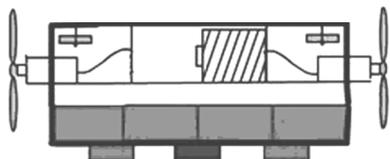


图4 演示小车推进系统示意图

2.4 模拟现实场景的轨道

如图5所示,设计了一条模拟现实场景的轨道,包括了模拟现实场景的直道、弯道、上坡、下坡等场景.在轨道中均铺设了①号永久磁铁,其中,永久磁铁之间竖间隔0.6 cm,横间隔3.6 cm.模拟现实场景的轨道可分为3部分,第一部分是长直轨道,包括两段长直轨道,第一段是小车启动段(AB段),为了小车平稳运行后爬坡和拐弯,第二段是小车停止段(EF段);第二部分爬坡轨道(BCD段),坡度最高高度2.0 cm,总弧长42 cm;第三部分拐弯轨道(DE段),外半径25 cm,内半径16 cm.轨道两侧均用合板围起.经过不断改良小车,使小车重心降低,稳定性提高.此外,可进一步设计,采用更多的轨道,可模拟成首尾相接的闭环轨道,以便演示小车在闭环轨道内持续循环地行驶.

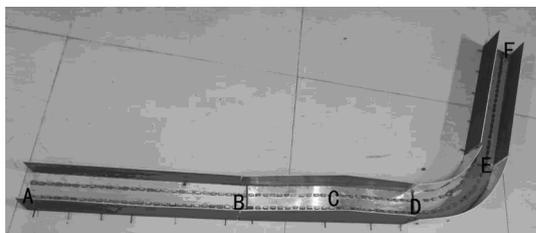


图5 模拟现实场景小车轨道

2.5 平稳可控磁悬浮演示小车速度

本实验中,将磁悬浮演示小车放在轨道上模拟其在平直轨道时的速度,经过多次实验测量通过直轨道所用的时间,并求出了其平均速度.如表1所示,磁悬浮演示小车通过长度为46.7 cm的直轨道所用的平均时间为0.974 s,其平均速度为47.9 cm/s,且多次实验的结果均接近于平均值.而且实

验过程中磁悬浮演示小车行驶平稳可控.

表1 磁悬浮演示小车在平直轨道速度

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	平均值
位移 / cm	46.7	46.7	46.7	46.7	46.7	46.7	46.7	46.7
时间 / s	0.930	1.000	1.020	0.920	1.000	0.950	1.000	0.974
平均速度 / (cm · s ⁻¹)	50.2	46.7	45.8	50.8	46.7	49.1	46.7	47.9

3 结论

本实验制备了平稳可控梯形磁悬浮演示小车.研究发现该小车车身为梯形时比车身为矩形时稳定;梯形小车的永磁铁粘贴于两个侧面和底部,侧面的永磁铁用于悬浮,而底部的永磁铁有利于克服水平方向外力微扰的影响,维持运行时水平方向的稳定性;小车车身设置了侧向辅助轮子,减少了小车转弯时的摩擦力,提高了小车转弯时的稳定性.该演示小车能在模拟现实场景的直道、弯道、上坡、下坡等场景中平稳可控地加速或减速行驶,其中该磁悬浮演示小车在平直轨道的平均速度达47.9 cm/s,可作为一款有效的教学或科普展示用磁悬浮演示小车,提高学生对磁悬浮技术的兴趣.

参考文献

- 1 严陆光.关于我国高速磁悬浮列车发展战略的思考[J].科技导报,2002(11):3~8
- 2 沈通,马志文,杜晓洁,等.世界高速磁悬浮铁路发展现状与趋势分析[J].中国铁路,2020,701(11):94~99
- 3 屈炜,张洁,沈嘉,等.磁悬浮列车的发展及其应用中的几点想法[J].现代物理知识,2003(6):35~37,41
- 4 何芳,梁荫杰,卢俊城,等.基于单边强磁场效应的无轨磁悬浮小车[J].大学物理实验,2018,31(3):36~38
- 5 童杏林,魏敬闯,邓承伟,等.高速磁悬浮列车测速定位技术研究进展[J].激光杂志,2020,41(3):1~5
- 6 张瑞华,严陆光,徐善纲,等.几种典型的高速磁悬浮列车方案比较[J].电工电能新技术,2004(2):46~50
- 7 张士勇.磁悬浮技术的应用现状与展望[J].工业仪表与自动化装置,2003(3):63~65
- 8 袁健,胡钰涛,李东哲,等.单边短定子驱动可控磁悬浮小车设计[J].物理通报,2019(8):116~118