



复原“木牛”“流马”的尝试

李 冰 李金坡

(北京市通州区运河中学 北京 101100)

(收稿日期:2011-10-26)

摘 要:对木牛流马进行了研究,并在此基础上制作了一款基于不倒翁原理的步行机。

关键字:木牛流马 不倒翁 步行机

2010 年 7 月初,笔者参观成都“武侯祠”时,见到了许多能工巧匠做的“木牛”“流马”,萌生了自己也做一个的想法。于是认真研读了历史文献和众多专家学者的研究文章,并参考网上的一些“木牛”“流马”实物图片,形成了自己的想法,做出了“木牛”“流马”模型,如图 1。按其行走的方式,取名为“摆动式步行机”。



图 1 “木牛”“流马”实物模型

1 摆动式步行机的构造与运行机理

摆动式步行机的主要部件:车厢、车辕、车轴、一

对活动腿脚(可以绕轴转动)、一对固定腿脚(与车厢固定在一起),如图 2 所示。脚的底部做成弧形,使整车成为一个不倒翁。车箱中间有隔板,将车厢分成前后两部分,以便前后合理分配装载物。调整车的重心,使车在不同斜坡路面都呈不倒翁状态,以便在不同路面上都能“省力”行走。

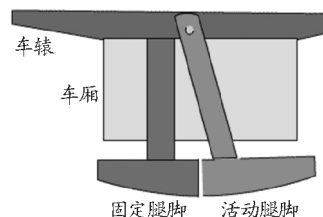


图 2 摆动式步行机结构示意图

步行机车轴安装在车的中轴线上端。前后“车足”组成的弧形顶端也在中轴线上,与重力作用线“重合”。根据杠杆原理,用很小的力便可以搬动车辕使其前后摆动。拉动步行机迈步前行时,支持力作用线偏离重力作用线不大,仍可以用很小的力驱动步行机。

此式表示界面两侧 E 的切向分量连续,即静电场的边界必须与电场线垂直,电场的边界必须是等势面或等势线。

在实际应用中设置电场边界就是在截断边界处施加导电壁或导磁壁^[5],根据导体的属性,沿着导电壁(导磁壁)方向电场(磁场)必然为零,所以具体实现时也就是在该边界上把电场(磁场)切向分量强制设为零。根据麦克斯韦定律,磁场(电场)的法向分量也为零。

高考试题具有权威性和导向性,应该符合物理

的基本规律并与实际模型相结合。

参 考 文 献

- 1 赵凯华,陈熙谋. 电磁学. 北京:高等教育出版社,2003. 73,213,609,793
- 2 郭硕鸿. 电动力学(第二版). 北京:高等教育出版社,1997. 37
- 3 陈秉乾,舒幼生,胡望雨. 电磁学专题研究. 北京:高等教育出版社,2001. 597
- 4 尹真. 电动力学. 北京:科学出版社,2005. 66,90
- 5 胡斌,杨育霞. 不同电磁边界设置的仿真研究. 微计算机信息,2009,25(9-1):140 ~ 142

一般步行机行走时重心会上下移动,需要外力克服重心做功。另外,步行机行走时一“动”一“停”,运动过程中的动能不能充分利用。摆动式步行机底部弧形的长脚很好地解决了这一问题。行进中利用摆动,将动能转化成重力势能贮存起来,回摆时再转化成动能。因此,人力驱动摆动式步行机行走在平地或较平缓的斜坡路面时,非常省力。

特别是走下坡路时,将车子的重心调整到车的后部,因车处在斜坡上,重心与两脚接触点(中心)仍在一条竖直线上。行走时,车子摆起来,先后仰,再前倾,前倾至水平位置时,前脚接触不到地面,自然会向前“迈一步”落地。由于整车的重心下降了,重力势能转化为更多的动能,补充机械能的消耗。回摆后仰时有足够的能量后仰至前脚抬起的角度。重复前面的动作,自动下行。如果重心不合适,或坡度太小,稍加辅助便可行走。

上坡时将车子的重心调整到偏前的位置,行走与走平地相似,只是费力一些。

2 对于“木牛”“流马”的研究

历史上关于“木牛”“流马”的记载文字很少。人们对这些描述的理解有很大的不同,主要的原因是没有做出与古人描述相符的实物;一些做出的实物也没有得到大家的认同。我们的理解如下。

(1) “木牛”“流马”是否是两种不同的运输工具

历史文献中对“木牛”的描述侧重功能和形态,对“流马”则侧重的是尺寸。综合历史文献,“木牛”“一脚四足”,“流马”“前后四脚”;“木牛”与“流马”应该是两种不同的运载工具。“木牛”“流马”是同一个人设计并使用,用途都是运粮,工作原理应该相差不多,一脉相承。“流马”是“木牛”的改进版,结构更合理。二者载重不一样,“木牛”“载一岁粮”,“流马”装两个“二斛三斗”。它们都应是一种省力运载机械,只是“载多行少”,运输效率都不高,没有流传下来。也可能因为“宜可大用,不可小使”,空载时不如载重时好用。另外,结构简单,制作方便,而且是一次性运输机械。将军粮运到前线后,车就成了烧火做饭的燃料,不适于民用。

(2) “木牛”“流马”是“轮车”还是步行机

后汉三国时期,轮车技术在我国已相当成熟;双辕车、独轮车已经被广泛应用。如果诸葛亮的“木牛”“流马”是带轮的车就不是创新,不会被史学家记录。我们见到的我国古代的车有独轮和双轮两种。因为古代的载重车“轮”和“轴”是一体的(20世纪初还被广泛使用),双轮车转向很困难,四轮车更是不可思议。另外,使用过小推车的人都知道,推车上坡时虽然费力,但几个人合作可以拉拽行走。下坡时靠人力拉拽很难控制载重车的速度。难以想象一个独轮车或四轮车装了几百斤军粮行驶在秦岭的栈道上,“上山下岭,各尽其便”。再者,带轮的车“载多行快”,一天走五十里不在话下,不可能是“载多行少”。综上所述,“木牛”“流马”不应是带轮的运载机械,而是我们所不知道的一种省力机械。做出一个新的更省力的运载机械是复原“木牛”“流马”的关键。

有人这样描述秦岭栈道:“古代的栈道并不陡峻。原来古代人开通褒斜栈道是非常聪明的。他们选择了在秦岭山中最缓的一条道路,不知不觉就上了山,然后不费劲就下去了,很像现在的盘山公路。”摆动式步行机正适用于这类道路。“载多而行少”,“宜可大用,不可小使”。它很可能与诸葛亮的运行原理相同。

3 对“木牛”“流马”的理解

(1) 对“木牛”“流马”结构解读

一脚四足——有一个(对)活动牛腿(脚),其他不动的腿不算数;四只脚(足)。

头入颌中——弯曲的牛头“长”在后面的车厢中,没有脖子。牛头的作用除装饰外还可掩藏制动机关。

舌著于腹——舌头固定在“腹”上。如果照“造木牛流马法”理解,舌头应该是一个挂钩,用于拴牛鞅,如图3。



图3 “木牛”“流马”中的牛舌

如果它的功能如《三国演义》所描述的是控制手柄,如笔者制作的步行机,舌头是固定在腹中连杆上的,则辅助部件有与车轴相连的牛舌连杆.活动腿脚与车轴、牛舌、连杆固定在一起,运行时一起摆动.牛舌实际上是一个挂钩.当扭转牛舌挂在车厢前端的横杠上,整车不能再走动.这一功能是按《三国演义》中的描述做的,实际意义不大.

载多而行少,宜可大用,不可小使——与当时普遍使用的运载车辆相比载重量大,但行走慢.满载使用比空车使用更好.为了证明摆动式步行机比带轮的车省力,同时也是为了证明其实用性,我们做了一个与现代小推车差不多大小的步行机,装载150多公斤,一个人很容易驱动.如果不是考虑车子本身的承重,可以装载更多.

曲者为牛头——牛头是弯曲的,可能仅是一个装饰.

双者为牛脚——牛腿是一对.

横者为牛领——车厢前部有一个横杠称为牛领,其功能有可能是辅助驾驭.

转者为牛足——牛足的底部是弯曲的弧形.

垂者为牛舌——牛舌的安装方向向下.

曲者为牛肋——应该是车厢两旁的护栏,主要的承重部件(模型是由车厢板代替).

立者为牛角——牛角向上,可能是控制小车转向的操纵手柄,也可能只有装饰作用.

摄者为牛鞅轴——车辕末端的小立柱.用于拉车或是控制车转弯.

牛仰双辕——“木牛”“流马”走路的形态,一抬头(车摆起来)车就动起来.

人行六尺,牛行四步——这是“木牛”“流马”走路的步子大小;六尺约1.5 m.

载一岁粮,日行二十里,而人不大劳——描述“木牛”“流马”的功能.载一岁粮应该是一个大概的数,在250~300 kg左右,容积在0.4 m³.

(2) 流马尺寸解读

“肋”及各孔位置,如图4,图5.



图4 “肋”的各孔位置

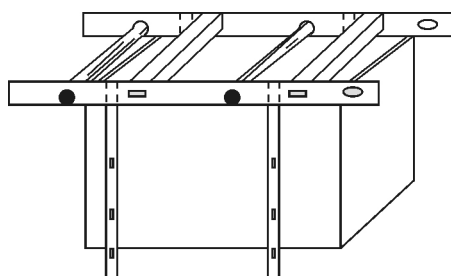


图5 “木牛”“流马”中“肋”的示意图

形制如象,径面四寸三分.孔径中三脚杠——孔径中是说双肩樑,三脚杠是说每对腿上有三根樑子.版方囊二枚——前后两个方形箱子,可以调节重心,这是自动行驶的关键.笔者的模型中没有做成两个,只是分成了前后两部分,这样结构才合理.文献中给的“方囊”尺寸是其内径,换算(1尺=24.2厘米)成现代的尺寸合0.1 m³,能装粮食150市斤左右,与两个“二斛三斗”差不多.

鞅长四寸,径面四寸三分——这块手掌大小的皮子,像是轴上的垫,或绑在车两端的手垫.

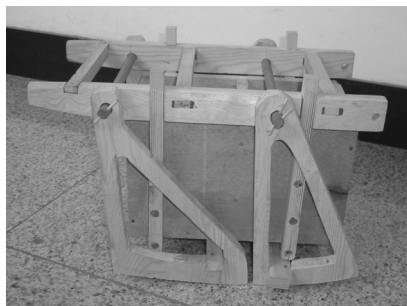


图6 制作的“流马”模型

关于“流马”的制作,我们用10 cm为一尺制作模型,如图6.完全按照文献尺寸制作.整体也做成不倒翁.与“木牛”的差别主要是前腿活动,走路步子更大,走得更快.后轴偏中心后面,这样便于上坡行走.下坡时加了“后载克”这个“平衡物”,调节合适也能自动行走.