

# 基于无碳小车运动结构的设计研究与分析

帅琦 沈渝皓 龚晨 丁思奕

南京工程学院 江苏 南京 210000

**【摘要】**无碳小车是现代工程设计当中，一项综合性很强的设计项目，其通过功能转换关系，给定一重力势能，根据能量转换原理，设计一种可将该重力势能转换为机械能并可用来驱动小车行走的装置。在具体的设计与制作过程当中，依据不同的功能部分和模块，进行结构的划分与阐述，并在此提出一种设计结构。

**【关键词】**结构；能量转换；摩擦

## 引言

无碳小车是依据基本物理学当中有关的能量守恒定理来进行工作的，其工作原理是将整个运动过程分为两个环节，在前行的第一个环节过程当中，中午在高处，在进行下落时将重力势能转换为小车往前运动的机械能，并且在小车上搭载的重物使得小车在第二个环节当中机械能部分转换为重物的重力势能，在重物达到最高点的时候回到运动初始状态，即结束整个过程，之后进入下一个工作循环。在某种程度上来说，无碳小车可以说是借鉴了“第一类永动机”的设计思想，即让某种物质或者物体循环运动一个周期之后回复到初始状态，并在此过程中仅有较少的能量消耗与损失。结合类比和工作原理，可以给无碳小车进行定义：无碳小车是给定一重力势能，根据能量转换原理，设计一种可将该重力势能转换为机械能并可用来驱动小车行走的装置。如下图1，为其能量流动路线。



图1 能量流动路线

结合工作原理，在设计和制作一架无碳小车时，依据上述的能量流动路线，首先需要做的是依据功能关系以及实现所需要完成基本的运动内容，包括了完成重力势能的转换、驱动自身行走、自动避开障碍物，三项主要内容来进行结构的设计与分析，结合前人的设计经验与设计思想，为了方便设计这里根据小车所要完成的功能将小车划分为五个部分进行模块化设计（车架、原动机构、传动机构、转向机构、行走机构、微调机构）。如图2所示：

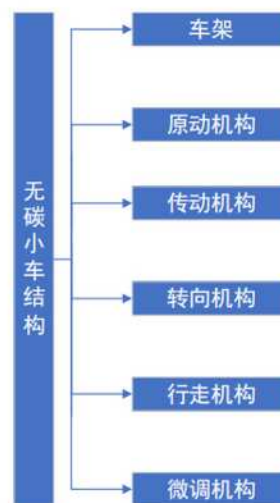


图2 无碳小结构组成

## 1 车架

车架是整个机构的支撑部分，其余机构都安装在其上，结合实际考虑，车架无需承载很大的力，同时设计精度的要求也不会很高，只需要担负好支撑整个结构的功能即可，一般可使用铁皮板或者模板加工制作成三角底板式。

## 2 原动机构

原动机构的作用是将重块的重力势能转化为小车的驱动力。能实现这一功能的方案有多种，但是就效率和简洁性来看绳轮最优。小车对原动机构还有其他的具体要求。

(1) 驱动力满足，要避免小车拐弯时发生倾翻，或重块晃动厉害影响行进过程；

(2) 在一个晕过环节结束时，重块竖直方向的速度不要过大，避免对小车过大的冲击。同时使重块的动能尽可能的转化到驱动小车前进上，能量利用率有所保证；

(3) 由于不同的场地对轮子的摩擦摩擦可能不一样，在不同的场地小车是需要的动力也不一样。在调试时也不知道多大的驱动力恰到好处。因此原动机构还需要能根据不同的需要调整其驱动力；

(4) 机构简单，效率高。

基于以上分析，提出了输出驱动力可调的绳轮式原动机构，通过改变绳子绕在绳轮上不同位置来改变其输出的动力。

## 3 传动机构

传动机构的功能是把动力和运动传递到转向机构和驱动轮上。要使小车行驶的更远及按设计的轨道精确地行驶，传动机构必需传递效率高、传动稳定、结构简单重量轻等。

(1) 不用其他额外的传动装置，直接由动力轴驱动轮子和转向机构，此种方式效率最高、结构最简单。在不考虑其他条件时这是最优的方式；

(2) 齿轮具有效率高、结构紧凑、工作可靠、传动比稳定但价格较高。因此在满足要求的情况下优先考虑使用齿轮传动。

## 4 转向机构

转向机构是本小车设计的关键部分，直接决定着小车的功能。转向机构也同样需要尽可能地减少摩擦耗能，结构简单，零部件已获得等基本条件，同时还需要有特殊的运动特性。能够将旋转运动转化为满足要求的来回摆动，带动转向轮左右转动从而实现拐弯避障的功能。

## 5 行走机构

行走机构即为三个轮子，轮子又厚薄之分，大小之别，材料之不同需要综合考虑。

有摩擦理论知道摩擦力矩与正压力的关系为：

$$M = N \cdot \delta$$

对于相同的材料  $\delta$  为一定值。

而滚动摩擦阻力  $f = \frac{M}{R} = \frac{N \cdot \delta}{R}$ ，所以轮子越大小车受到的阻力越小，因此能够走得更远。但由于加工问题、材料问题、安装问题等等具体尺寸需要进一步分析确定。

由于小车是沿着曲线前进的，后轮必定会产生差速。对于后轮可以采用双轮同步驱动，双轮差速驱动，单轮驱动。单轮驱动即只利用一个轮子作为驱动轮，一个为导向轮，另一个为从动轮。就如一辆自行车外加一个车轮一样。从动轮与驱动轮间的差速依靠与地面的运动约束确定的。其效率比利用差速器高，但前进速度不如差速器稳定，传动精度比利用单向轴承高。

综上所述行走机构的轮子应有恰当的尺寸，如果有条件可以通过实验来确定实现差速的机构方案，如果规则允许可以采用单轮驱动。

## 6 微调机构

一台完整的机器包括：原动机、传动机、执行机构、控制部分、辅助设备。微调机构就属于小车的控制部分。由于前面确定了转向采用曲柄连杆+摇杆方案，由于曲柄连杆机构对于加工误差和装配误差很敏感，因此就必须加上微调机构，对误差进行修正。这是采用微调机构的原因之一，其二是为了调整小车的轨迹（幅值，周期，方向等），使小车走一条最优的轨迹。

由于理论分析与实际情况有差距，只能通过理论分析得出较优的方案而不能得到最优的方案。因此我们设计了一种机构简单的小车，通过小部分的改动便可以改装成其他方案，再通过试验比较得到最优的小车，形成整个小车的设计方案，如下图3所示：

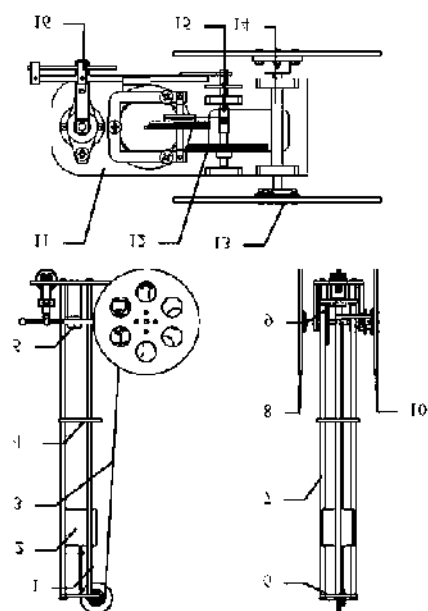


图3 无碳小车三视图

1. 变径定滑轮 2. 重物 3. 支撑杆 4. 尼龙细绳 5. 正弦机构 6. 顶置支撑架 7. 支撑杆 8. 从动轮 9. 转向轮结构 10. 主动轮 11. 车架 12. 齿轮副 13. 轴承法兰 14. 小齿轮轴 15. 大齿轮轴 16. 微调机构

## 结语

综上,通过能量守恒定律,把重力势能转化为小车运动的动能来驱动小车整个运动过程的形成。在具体的设计和制作时,应该对具体的细节性内容加以考虑和注意,包括车底不需要承受太大的力量采用选用铝板,另外在原动机构采用的摆杆机构由传统的刚性杆改为柔性绳索,使得小车控制转弯可以更省力,继而躲避障碍物的周期更容易实现与控制,同时降低了整车重量。传动机构传动机构选择的是齿轮机构,因为传动机构是使小车获得动能的重要连接装置,小车能否走得远和获得持续能量全都取决于他并且齿轮机构能保证恒定的传动比等内容。需要注意的是,无碳小车此类纯机械结构的设计和制作的综合性项目,很具有对基本学科知识掌握的

考验,以及结合实践对制作和创新能力的拓宽。

## 【参考文献】

- [1] 石云浩.无碳重力小车的研究与设计[J].现代制造技术与装备,2016(10):80-81.
- [2] 韩书葵,节茂岩,林传熙,张胜杰.“双8字”无碳小车关键结构设计与分析[J].机械设计与制造,2020(03):241-245+249.
- [3] 卢彤.S型无碳小车结构创新设计与分析[J].机电工程技术,2020,49(04):30-32.
- [4] 唐伟,李旭波,黄渊,强轩轩,赵星星.基于凸轮的“双八字”无碳小车结构设计与优化[J].南方农机,2019,50(21):44-46.
- [5] 王鹏博,蓝建,张国超,于洋,张家祥.一种三轮无碳小车的车体结构设计[J].机械工程师,2014(07):127-128,34.
- [6] 谢议升,张佳旺,于欢.无碳小车转向机构[J].农家参谋,2020(06):187.
- [7] 张艳丽,田顺,姚逸帆.双“8”字形无碳小车轨迹分析及结构设计[J].西安文理学院学报(自然科学版),2020,23(01):24-29.