

# 无碳小车轨迹建模与参数优化

卞玉帅 陈正强 晁兴旺

(山东理工大学 交通与车辆工程学院, 山东 淄博 255049)

**【摘要】**无碳小车以“S”形轨迹绕桩运行, 轨迹曲线的平滑度和形状直接决定了小车的稳定性和绕桩数量。通过建立数学模型, 对无碳小车的运动过程进行分析, 对模型中各参数进行不断地调整, 最终获得了具体的分析结果和直观的轨迹函数图像, 从而确定了影响小车运行轨迹的各参数最优值。为无碳小车的调试和优化奠定了基础。

**【关键词】**无碳小车; 轨迹曲线; 数学模型

无碳小车行走及转向的能量全部由给定重力势能转换而来, 小车绕桩数量越多, 前进距离越长, 性能越好。因此对无碳小车运动规律的研究对提高其性能具有重要意义。

## 1 无碳小车整体结构

为适应大赛赛题, 无碳小车整体结构设计为三轮结构, 前轮转向, 后轮驱动, 并且两后轮中一轮为主动轮, 一轮为从动轮。具体结构如图1所示。

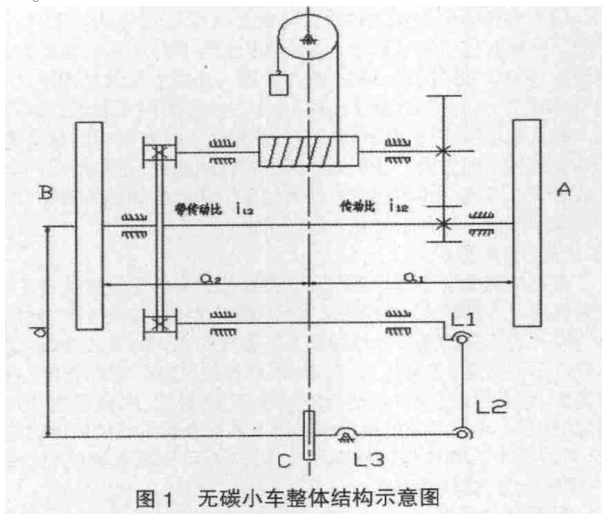


图1 无碳小车整体结构示意图

## 2 驱动系统建模分析

小车行驶, 当重物缓慢下落  $dh$  时, 通过牵引线带动绕线轴转动, 绕线轴与后轮轴通过齿轮传动, 传动比为  $i_{12}$ , 则主动轮 A 前进的距离:

$$ds = \frac{Rdh}{r_1 i_{12}}$$

绕线轴与转向系统的曲柄轴通过皮带传动, 传动比为  $i_{13}$ , 曲柄 L1 转过的角度:

$$d\beta = \frac{dh}{r_1 i_{13}}$$

## 3 转向系统的建模分析

转向系统由空间 RSSR 机构组成, 建模求解曲柄 L1 的输入角  $\beta$  和摇杆 L3 的输出角  $\theta$  之间的关系。建立空间直角坐标系, 具体如图2所示。

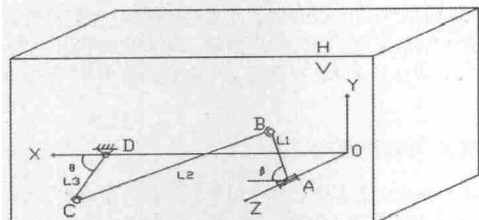


图2 转向系统中空间 RSSR 机构示意图

铰接点坐标:  $A(0,0,z_0)$ ,  $D(x_0,0,0)$ ,  $B(x_b,y_b,z_b)$ ,  $C(x_c,y_c,z_c)$

设计时特别要求:  $z_c = z_0$ , 并且当曲柄 L1 绕 OZ 轴转动到 YOZ 平面内时, 摇杆 L3 与 OZ 轴保持平行。

由几何原理得出:

$$l_2^2 = (x_b - x_c)^2 + (y_b - y_c)^2 + (z_b - z_c)^2 \quad (1)$$

根据三角关系可得:

$$\begin{bmatrix} x_b \\ y_b \\ z_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \cos \beta \\ l_1 \sin \beta \\ l_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 + l_3 \cos \theta \\ 0 \\ l_3 \sin \theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

将式(2)(3)代入式(1)得:

$$l_1^2 - l_2^2 + 2l_3^2 + x_0^2 - 2x_0 l_1 \cos \beta = (2l_1 l_3 \cos \beta - 2x_0 l_3) \cos \theta + 2l_3^2 \sin^2 \theta$$

设  $A = 2l_1 l_3 \cos \beta - 2x_0 l_3$

$B = 2l_3^2$

$C = -(l_1^2 - l_2^2 + 2l_3^2 + x_0^2 - 2x_0 l_1 \cos \beta)$

则原式可写为:

$$A \cos \theta + B \sin \theta + C = 0$$

求解上式得:

$$\theta = \arcsin \left( \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}} \right) - \arccos \left( \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}} \right)$$

## 4 小车行走轨迹

### 4.1 A 轮行走轨迹

无碳小车前轮为转向轮, A 轮为主动轮, B 轮为从动轮。当重物下落时, 主动轮转动驱动小车前进, 同时前轮做周期性摆动。前轮转过的角度为  $\theta$  时小车前进距离为  $ds$ , 整体转过的角度:

$$d\alpha = \frac{ds \tan \theta}{d + a_1 \tan \theta}$$

在地面坐标系中, 小车转过的角度为  $\alpha$  时, 有:

$$\begin{cases} dx = -ds \cdot \sin \alpha \\ dy = ds \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

### 4.2 小车其他轮的轨迹

以轮 A 为参考, 在小车的运动坐标系中, 轮 B 的坐标  $B(-(a_1+a_2), 0)$ , C 的坐标  $C(-a, d)$

在地面坐标系中, 有:

$$\begin{cases} x_B = x_A - (a_1 + a_2) \cdot \cos \alpha \\ y_B = y_A - (a_1 + a_2) \cdot \sin \alpha \\ x_C = x_A - a_1 \cdot \cos \alpha - d \sin \alpha \\ y_C = y_A + d \cdot \cos \alpha - a_1 \sin \alpha \end{cases}$$

在程序中给各参数赋初始值, 通过不断地对各参数进行调整, 最终得出较为合理的轨迹函数图像, 如图3所示。从函数图像中看出, 曲线光滑、连续, 没有较大的突变, 此时的各参数值即为理论上的最优值, 具体值为: 齿轮传动比  $i_{12}$  为 0.2, 带传动比  $i_{13}$  为 0.37, 绕线轴半径  $r_1$  为 6, 后轮半径  $R$  为 150, 曲柄 L1 为 13.47, 连杆 L2 为 94.7, 摇杆 L3 为 74.5,  $a_1$  为 60,  $a_2$  为 60,  $d$  为 150。

(下转第 173 页)

得知识和技能,利于开发智力。

“摩尔庄园”是一个专门针对儿童的网上虚拟乐园,以“健康、快乐、创造、分享”为主题。在摩尔庄园里,可以在农场里种植蔬菜,饲养动物,装扮自己,选择喜欢道具,跟伙伴一起玩游戏、打水仗、捉迷藏,玩滑雪比赛。通过各种活动参与,增长知识与技能。

“游戏学堂”是由昱泉信息技术(上海)有限公司设计,游戏学堂注重做中学,学中玩,将学习与快乐创造性地结合在一起,不仅使学习的形式立体化、生动化和趣味化,而且更能激发学习者的兴趣和主动性,让学习者在游戏学堂中学会学习,学会创造、学会交流,有效提升学习效果。

“奥卓尔”是由珠海奥卓尔软件有限公司设计,游戏是以“快乐学习,健康成才”的理念,将教学内容融入故事和游戏中,教学内容与最新教材配套,游戏与教学内容同步,让学习者在“玩”中学习,从而充分调动学习兴趣,利于提高学习效果。游戏主要是角色扮演+养成类的游戏模式,参与者通过扮演探险家,在探险的过程将学习到的知识,去解决所遇到的困难,利于提升学习者的综合素质。

《奥比岛》由广州百田信息科技有限公司研发运营,为中国 6-14 岁的儿童提供安全、健康、有趣的互联网服务,让儿童能够在绿色的虚拟世界中,充分发挥自己的想象力和创造力,满足自己的童年梦想,从而培养更加健康积极的人生观和世界观。

“赛尔号”是上海淘米公司发布的是一款专为中国儿童开发的科幻的社区养成类网页游戏。专为 7-14 岁儿童开发的儿童虚拟社区游戏,以健康、快乐、探索、智慧理念,探寻太空新能源为主题,设计了安全健康的太空科幻探险虚拟飞船“赛尔号”。

“浪漫庄园”是由北京天成胜境科技有限公司(北京乐游网)基于 Game3.0 理念,自主研发的一款集娱乐、模拟、养成的大型社区类网游。游戏集合了多种 DIY 元素,以“建造”、“自由”、“开放”贯穿整个游戏架构。

#### 4 教育游戏发展及应用存在的困难与阻碍

教育游戏的设计开发及应用尚处于尝试与探索阶段,教育游戏的潜力发展还面临较多困难和阻碍,比如,教育游戏的设计中,教育思路倾向严重,教育性与娱乐性的不平衡;游戏缺乏创新性,吸引力不足;

教育游戏产品单一,风格单调;教育游戏的应用比较少,局限于个别学科上;教育人员与游戏开发人员的沟通度不够,教育游戏软产品不能满足实际的教学需要;教育游戏研发商业性比较强;社会各阶层尚未形成成熟的教育游戏观等,这些我们都需进一步的研究、探索与尝试。

#### 5 教育游戏应用的几点思考

随着教育游戏应用广泛化的提高,必将使教育本身与新技术结合得更加密切,目前新技术的发展尤其是计算机技术,3G、4G 技术为教育游戏开拓了应用广度,教育游戏的发展潜力将不断提高。

1)教育游戏作为新的学习资源可以更加丰富教学形式,可大胆尝试融于实际的课堂教学中,教育游戏的趣味性、挑战性、教育性、竞争性和交互性的特点在课堂教学或自主学习中,都有利于提高游戏者思维的维能力,反应能力、解决问题能力及创造力。

2)教育游戏作为虚拟的学习环境,为学习者提供与现实世界一样的环境,容易引发兴趣。在创造环境上,以接触、强化、应用为手段,反复的科学的强化对知识的记忆,在有效的应用过程中来使用知识,来帮助学习者克服抽象和较少接触的学习内容,人为的创造环境来突出学习内容的应用环境。

3)教育游戏作为校本课程资源和网络课程资源,丰富教学方式及学习方式,在游戏过程中潜移默化地影响到学习者的知识建构。

4)“轻游戏”为教育游戏融于教学提供了一个较好的设计思路,可实现游戏与教育的可行性结合,就目前较好的可以解决“教育性”与“游戏性”的平衡问题,在实践教学中比较可行的解决教育游戏在教学中的应用的问题,更有利于推动学习者进行探究学习。S

#### 【参考文献】

- [1]吕森林.教育游戏产业研究报告[J].中国远程教育,2004.
- [2]尚俊杰,李芳乐,李浩文.“轻游戏”:教育游戏的希望和未来[J].电化教育研究,2005.
- [3]方芳.教育游戏的理论基础及应用模式[D].上海:上海交通大学,2007.
- [4]朱玉萍.教育游戏发展前景调查与分析[J].枣庄学院学报,2010.

[责任编辑:丁艳]

(上接第 136 页)

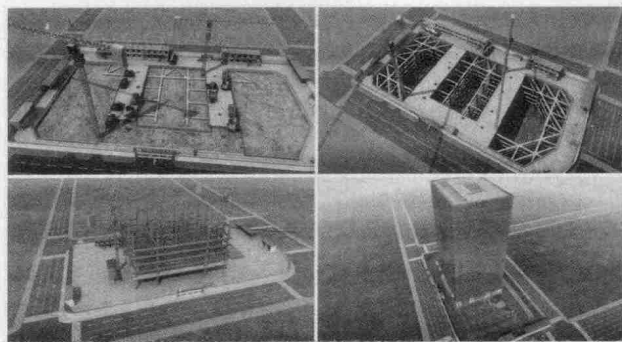
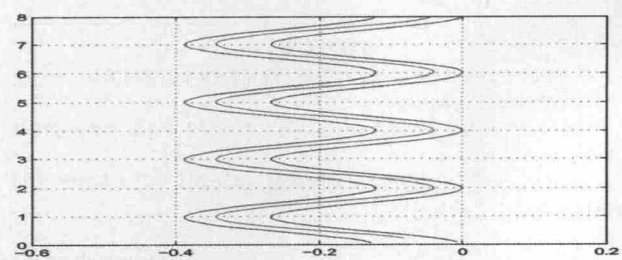


图 1 上海富士康大厦施工组织设计模拟截图

马克思说过,制造和使用工具是人类进化的重要因素和人类诞生的重要标志。可见工具的应用和工具的进步是推动人类历史和社会进步的正能量,它解放了生产力。BIM 技术也是一种工具,无论是硬件的提升还是软件的飞跃,它势必不可忽略的改变这个世界和这个行业。在人类历史上,任何一次工具、方法或理念的提升,都将带来新的产业革命。也许,我在这里说 BIM 会改变世界,不免夸张,但是立足于当今高度开放、高速发展的中国,直面汹涌而来的国际化大潮,我们无法逃避。我相信通过循序渐进的引进,厚积薄发的积累,我们一定会寻找到一条符合中国国情的道路。S

[责任编辑:曹明明]



(上接第 171 页) 图 3 无碳小车运行轨迹函数图像

本研究针对影响无碳小车运行的主要机构进行建模分析,编制计算机程序,通过调整各参数来优化小车轨迹函数,并作出函数图像。从函数图像中看出,曲线光滑、连续,没有较大的突变,从而确定出合理的参数。S

#### 【参考文献】

- [1]杨可桢,程光蕴,李仲生.机械设计基础[M].5 版.北京:高等教育出版社,2006.
- [2]哈尔滨工业大学理论力学教研室.理论力学( ) [M].7 版.北京:高等教育出版社,2009,7.

[责任编辑:丁艳]

#### 5 结论