

机械创新设计大赛

参赛作品设计说明书



作品名称：机械传动教学演示模型

设计者：康云龙 胡伶超 魏学昊 杜玉浩 陆雪梅 王哲天

指导老师：彭如恕

参赛单位：南华大学

目录

机械传动教学演示模型.....	- 1 -
第一章 绪论.....	- 2 -
1.课题研究背景.....	- 2 -
2.意义.....	- 4 -
第二章 作品具备的主要功能及创新之处.....	- 4 -
1.功能.....	- 4 -
2.功能的设计.....	- 6 -
3.创新之处.....	- 6 -
第三章 可行性分析.....	- 6 -
1.运动分析.....	- 7 -
2.力学分析.....	- 8 -
第四章 本课题的技术方案.....	- 10 -
1. 小车转向装置的原理及设计：.....	- 10 -
2. 变速原理.....	- 12 -
3. 换挡原理.....	- 12 -
第五章 调速电机利用部分.....	- 13 -
1.调速电机的调速原理.....	- 13 -
2.调速器工作方块示意图.....	- 14 -
3.调速器电器原理图.....	- 14 -
第七章 整体三维效果图.....	- 16 -
第八章 材料选取.....	- 17 -
1.车体材料.....	- 17 -

2.齿轮材料.....	-18-
3.传动轴材料.....	- 18 -
4.轴承材料.....	-18-
参考文献.....	- 19 -
附图.....	- 19 -

机械传动教学演示模型

设计者：康云龙，胡伶超，魏学昊，杜玉浩，陆雪梅，王哲天

指导老师：彭如恕

联系人：康云龙；班级：过控 1001 班；

联系电话：15096041926；Email：1308384077@qq.com

摘要

机械传动教学演示模型是通过将多种典型的机械传动形式（连杆传动，皮带传动，链传动，齿轮传动）按照一定的关联传动方式巧妙的组合在一起，并以教学演练模型车的总体结构将这些机械传动形式具体生动连贯的表现出来，多连杆结构的组合构成了车的转向机构，链条传动机构，带电机驱动皮带传动构成了车的动力输出装置，多种齿轮按一定的位置啮合并通过传动轴，轴承，轴承支座及换挡杆的配合构成了车的变速箱。将本典型机械传动教学演练模型车放置在教学实验室中的实验平台上，首先，学生们可以很清晰并且直观的了解车辆传动装置，传动装置，变速机构的具体结构；其次，通过老师对这些机构和机械传动的讲解，以及通过具体的操作演示，更生动具体的让学生们懂得这四类典型机械传动的传动原理，并且清楚的了解到这些传动是如何配合并实现转向机构，动力输出装置和变速箱的具体功能的；再次，通过学生们的亲自动手操作，一方面，老师关于机械传动的授课内容得以巩固，另一方面，在很大程度上提升了学生们动手操作能力，也可以以我们的设计和基本机械传动原理为基础，激发学生们关于机械设计的创新研发理念，以推动机械及相关行业的发展。本机械传动教学演练模型车，是在现当代机械传动教具的基础上创新研发出来的，并且针对现当代机械传动教具只是单一针对某一种传动的教学演练的不足做出了改进，在模型车的总体结构基础上实现了连杆传动，皮带传动，链传动，齿轮传动的密切配合以及实现转向，动力输出以及变速功能的教学及演练。是当代机械传动实验教具的革新，体现了机械传动教具正向着多方面教学的发展方向。

关键词

连杆传动 皮带传动 链传动 齿轮传动 教学演示 模型

第一章 绪论

1. 课题研究背景

机械工业是国民经济的基础性产业，也是国民经济的装备产业，承担着为国民经济各部门、各行业提供技术装备和生产工具的任务。因此培育一大批机械方面的人才至关重要。当代学习机械设计及其自动化专业以及机械相关专业的大学生很多，机械传动相关课程的学习更是教学过程中的重中之重，机械中传动系统的作用是将原动机的运动和动力传给执行机构，常见的机械传动包括连杆传动，带传动，链传动和齿轮传动。但由于机械课程有许多对人们的空间想象能力要求很高，仅仅靠课本上的理论知识不能让学生深入感触和理解机械，所以展示教具就诞生了，实体能更加清晰地展示机械原理，加深学生的记忆和理解，更有助于学生空间思维的建立和拓展。

在机械原理的教学课程中，教师为了更加清楚的讲解此四种传动的工作原理，基本结构，基本功能及基本特点，都会在自己的课堂上使用演示教具这一更加直观的手段。经相关调查，目前各大高校存在的常见机械传动演示教具主要有两大类： 1) 关于此四种常见传动的单独的演示教具。此类教具制作简单，演示方便。能在一定程度上给学生直观的演示，使学生分别了解四种传动的工作原理，基本机构，基本功能。但由于其为单独演示，不便于学生同时对各类机械传动进行观看并比较，且学校在购买教具时必须分别购买四种教具，增加了教学费用。 2) 常见机械传动综合演示教具。此类教具是在第一类教具的基础上设计制作的。它不仅继承了第一类教具的优点，也在一定程度上避免了其存在的缺点。它的设计在减少了学校教学费用的同时，也使学生能同时观看了解四种常见传动的工作原理，基本结构，基本功能并通过比较方便教师的讲解。但我

们团队在学习生活中观察并通过查阅相关的资料了解到，上述两种教具虽然能直观的演示四种常见传动的工作原理，基本结构，基本功能。但是第一类机械传动教具不便于学生同时对此四类机械传动进行观看比较，而第二类机械传动教具虽然针对第一类机械传动教具的缺点进行了优化，但是此第二类机械传动教具只是对这四类机械传动形式进行了简单生硬的组合，只是起到了让学生综合的比较这四类机械传动，并没有使学生在学习过程中对这四类机械传动形式进行融会贯通，并且学生只是对老师的演示进行了观看式的学习，并不能实际动手操作练习，因此此二类现有的机械并不能做到让学生在实践意义上的对四类典型的机械传动进行融会贯通，教学效果不是很理想。

针对以上两种传统的机械传动教具的不足，我们的团队对第二类机械传动教具进行了全面的优化，并在此基础上进行了创新性的优化设计，我们设计制作的机械传动教学模型，创新性的将模型车作为承载连杆传动，链传动，皮带传动和齿轮传动的基础，并将此四类传动形式进行了模块化的巧妙组合，将连杆传动应用到了小车的转向机构模块，将链传动应用到了手动动力输出模块，将皮带传动应用到了电机驱动模块，将齿轮传动应用到了变速机构模块，此四种模块借助于小车的整体结构，得以密切配合，并形象生动的展现了四种典型机械传动的工作原理，基本结构和基本功能，且很好的体现了车的转向机构，动力输出机构和变速机构的结构形式和工作原理，还通过不同级的齿轮的啮合，造成皮带的从动轮上的负载不同，由此学生可以全面的观察到皮带传动的正常工作状态和过载失效时皮带的打滑现象。我们设计制作的机械传动教学模型不仅用于老师对于机械传动的演示，而且学生可以对其进行操作演练，这样老师既生动形象地演示了连杆传动，链传动，皮带传动和齿轮传动的机构形式和工作原理，并且学生通过观察学习和实际操作演练，不但可以将老师的授课内容融会贯通，而且在很大程度上提升了学生们动手操作能力，也可以以我们的设计和基本机械传动原理为基础，激发学生们关

于机械设计的创新研发理念，以推动机械及相关行业的发展。

2.意义

(1).本作品针对现行机械传动教具进行了优化和创新性的设计，在机械传动教具方面具有远大前景。

(2).较现行机械传动教具，可以为学生更为生动形象的展示中国典型机械传动的具体结构，工作原理和基本功能，很大程度上提升了教学效率。

(3).本作品采用模块化设计，使学生在在学习典型机械传动形式的基础上，充分了解转向机构，动力输出机构以及变速机构的基本结构，工作原理。

(4).本作品采用可操作演练模式，并且结构简单合理，可拆卸，在师生教学的过程中，很大程度上提升了学生的实际操作能力，并可以激发学生关于机械传动的创新性思维。

(5).本作品清晰的向学生展示了车的结构，以及转向装置，动力装置和调速装置的工作原理，使学生对车的了解更具体，更深入。

第二章 作品具备的主要功能及创新之处

1.功能

(1): 车前端的转向机构，应用了连杆传动的传动形式，结构一目了然，结构配合紧密合理，很好的展现了连杆传动的的基本结构，工作原理和基本功能，形象生动的展示了车辆的转向机构的基本结构，转向功能实现的工

作原理。

(2): 位于车中部的驱动电机和皮带传动装置的配合, 构成了车辆的电动动力输出机构, 清晰的展示了皮带传动的的基本结构, 工作原理和基本功能, 全面的展示了车辆的动力输出机构的结构和工作原理。

(3): 位于车中部的手动摇柄和链传动装置的配合, 构成了车辆的手动动力输出机构, 形象生动的展示了链传动的的基本结构, 工作原理和基本功能。

(4): 位于车后端的齿轮传动装置和档位切换装置, 由于换挡装置的对不同级齿轮啮合的切换, 从起到了对车速的调控作用, 构成了车辆的变速机构, 形象生动的展示了齿轮传动的的基本结构, 工作原理和基本功能, 全方位的展示了车辆的变速机构的结构和工作原理。

(5): 通过驱动电机, 皮带传动装置和变速机构的密切配合, 驱动电机的调速箱将电机的动力分为不同等级的输出, 造成皮带传动装置的主动轮的驱动力不同, 而由于皮带轮的从动轮与变速机构的齿轮通过同轴配合, 从而不同级的齿轮的啮合会造成皮带传动装置的从动轮的负载不同, 由此不同的动力输出和负载, 可以使皮带处于不同的工作状态, 可以生动的展示皮带的正常工作状态和皮带传动的打滑现象。

(6): 本作品所有传动形式和功能机构借助小车的形式得以体现, 既可以使学生学习机械传动的的基本结构, 工作原理, 又可以使学生了解车的底盘的内部构造以及车的功能机构的实现形式和工作原理。

2.功能的设计

主要用到连杆传动，链传动，皮带传动，齿轮传动，无变速电机等知识。具体实现车辆的转向机构，动力输出机构，变速机构的功能。

3.创新之处

(1): 将四类典型的机械传动（连杆传动，链传动，皮带传动和齿轮传动）借助车的整体结构体现出来，更为生动形象。

(2): 整体结构简明合理，可拆卸，并进行了模块化处理，可做教师演示，学生实际操作演练使用，综合利用价值提高，可锻炼学生的实际操作能力。

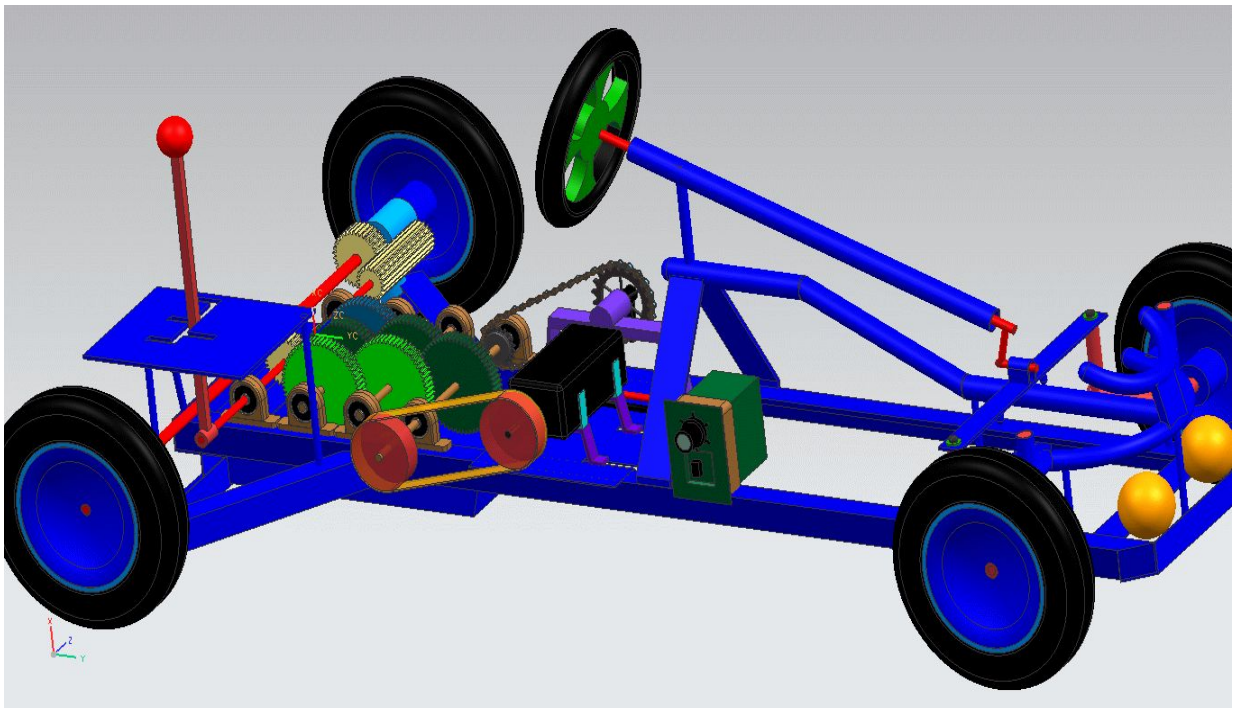
(3): 通过无机电机的驱动和调速，并配合齿轮变速机构，可以演示皮带传动的不同工作状态下的工作现象。

(4): 设置了手动驱动模式，和电机驱动模式两种操作模式，实用性和操作性较强。



第三章 可行性分析

1. 运动分析



如图所示，小车水平放置于实验台上，通过方向盘的左右旋转，与方向盘相连的方向转动轴带动连杆转向装置使车的前轮在操作者的控制下实现左右转向。当电机控制旋钮调至工作位置时，驱动电机做顺时针运转，此时皮带轮在驱动电机的带动下，使皮带在垂直平面内做顺时针传动运转，将动力通过与之同轴的传动轴传输给变速齿轮组，齿轮组进行相互啮合传动，将动力输出给后轮，后轮在齿轮的带动下，在垂直平面内做顺时针运转。换挡操纵杆在操作者的横向移动下，做横向移动，从而带动控制轴上

的换挡齿轮与不同的齿轮进行啮合，实现变速功能。整体机构相互配合，实现转向，调速功能，运转平稳，机构配合紧密，合理。

2.力学分析

(1) 齿轮变速箱齿轮数据一览表

Φ (外径) mm	m (模数)	Z (齿数)	t (厚度) mm	Φ (孔外 径) mm	个数
104	2	50	15	12	×6
44	2	20	21	12	×6
34	2	15	20	12	×7
64	2	30	15	12	×1

(2) 皮带数据:

长 (mm) :920 厚度 (mm) :2 宽度 (mm) :28

个数×3 根 (装备×1, 备用×2)

(3) 驱动电机数据

启动扭矩: $M=0.367N \cdot M$ 额定扭矩: $M=0.294N \cdot M$

额定转数: $V=1300r/min$

(4) 传动比的计算

$$i = \omega_1 / \omega_2 = Z_1 / Z_2$$

取电机转速的实验范围为：400r/min ~ 800r/min

①当换挡杆处于最低档位时

$$i_1 = 1/1 \times 104/44 \times 104/44 \times 104/44 \times 44/104 \times 64/34 = 10.516$$

$$V_{\text{车轮}} = V_{\text{电机}} / i_1 = 38.037\text{r/min} \sim 76.075\text{r/min}$$

②当换挡杆处于中间档位时

$$i_2 = 1/1 \times 104/44 \times 44/104 \times 64/34 = 1.882$$

$$V_{\text{车轮}} = V_{\text{电机}} / i_2 = 212.540\text{r/min} \sim 425.080\text{r/min}$$

③当换挡杆处于最高档位时

$$i_3 = 1/1 \times 104/44 \times 44/104 \times 64/34 = 0.337$$

$$V_{\text{车轮}} = V_{\text{电机}} / i_3 = 1186.949\text{r/min} \sim 2373.887\text{r/min}$$

(5) 当驱动形式切换为手动驱动时，由链传动的形式将动力输出，取手摇时的平均转速 $n \approx 50\text{r/min}$

①当换挡杆处于最低档位时

$$V_{\text{车轮}} = n / i_1 = 4.755\text{r/min}$$

②当换挡杆处于中间档位时

$$V_{\text{车轮}} = n / i_2 = 26.567\text{r/min}$$

③当换挡杆处于最高档位时

$$V_{\text{车轮}} = n / i_3 = 132.626\text{r/min}$$

(6) 转矩计算(理论值)

外负载一定但从动轮的负载变化

$$\text{公式: } T = 9549p/n$$

电机转速及传动比一定时，电机输出转矩一定

①当换挡杆处于最低档位时

$$T_{\text{输出}} = T_{\text{输入}} \cdot i_1 = 0.294 \text{ N} \cdot \text{M} \times 10.516 = 3.092 \text{ N} \cdot \text{M}$$

②当换挡杆处于中间档位时

$$T_{\text{输出}} = T_{\text{输入}} \cdot i_2 = 0.294 \text{ N} \cdot \text{M} \times 1.882 = 0.553 \text{ N} \cdot \text{M}$$

③当换挡杆处于最高档位时

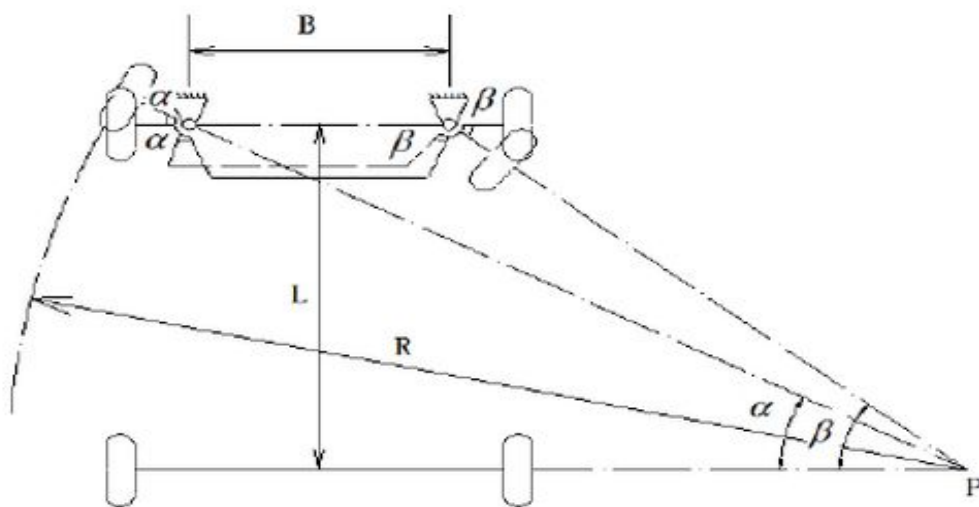
$$T_{\text{输出}} = T_{\text{输入}} \cdot i_3 = 0.294 \text{ N} \cdot \text{M} \times 0.337 = 0.099 \text{ N} \cdot \text{M}$$

由此得出结论：使皮带的从动轮负载增大是出现皮带打滑现象的根本原因。

第四章 本课题的技术方案

1. 小车转向装置的原理及设计：

①机构简介 汽车的前轮转向，是通过等腰梯形机构 ABCD 驱使前轮转动来实现的。其中，两前轮分别与两摇杆 AB、CD 相连，如图所示。



当汽车沿直线行驶时（转弯半径 $R=\infty$ ），左右两轮轴线与机架 AD 成一条直线；当汽车转弯时，要求左右两轮（或摇杆 AB 和 CD）转过不同的角度 α 、 β 。理论上希望前轮两轴延长线的交点 P 始终能落在后轮轴的延长线上。这样，整个车身就能绕 P 点转动，使四个轮子都能与地面形成纯滚动，以减少轮胎的磨损。因此，根据不同的转弯半径 R（汽车转向行驶时，各车轮运行轨迹中最外侧车轮滚出的圆周半径），就要求左右两轮轴线（AB、CD）分别转过不同的角度 α 和 β ，其关系如下：

如图所示为汽车右拐时 $\tan \alpha = \frac{L}{R-d-B}$ $\tan \beta = \frac{L}{R-d}$

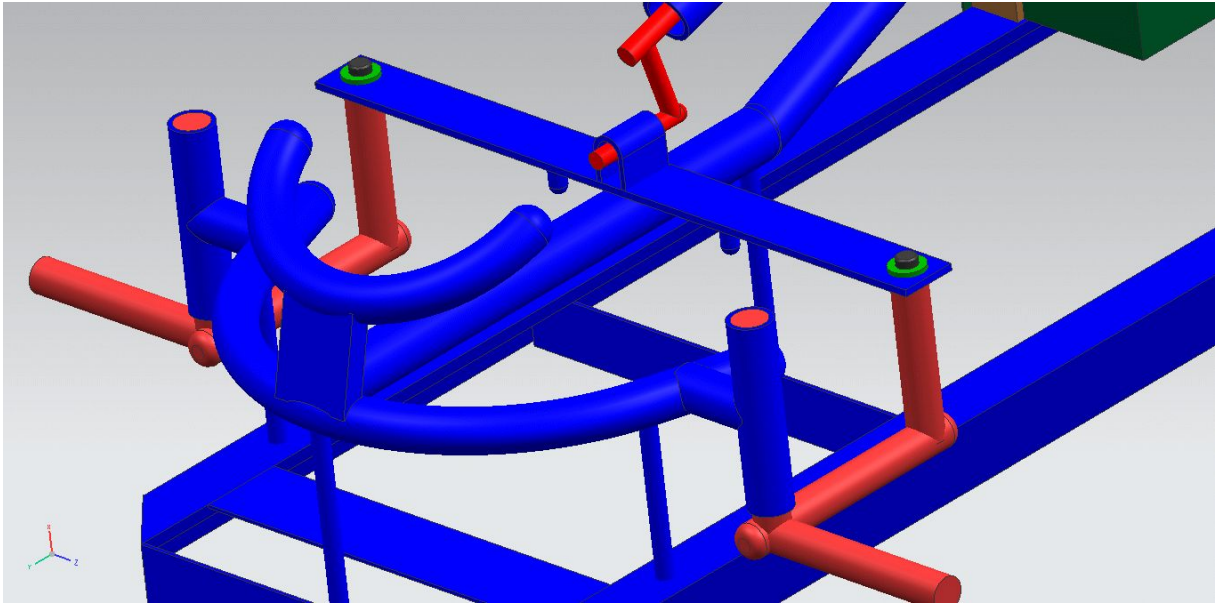
所以 α 和 β 的函数关系为 $\cot \beta - \cot \alpha = \frac{B}{L}$

同理，当汽车左拐时，由于对称性，有 $\cot \alpha - \cot \beta = B/L$ ，故转向机构 ABCD 的设计应尽量满足以上转角要求。

②设计数据

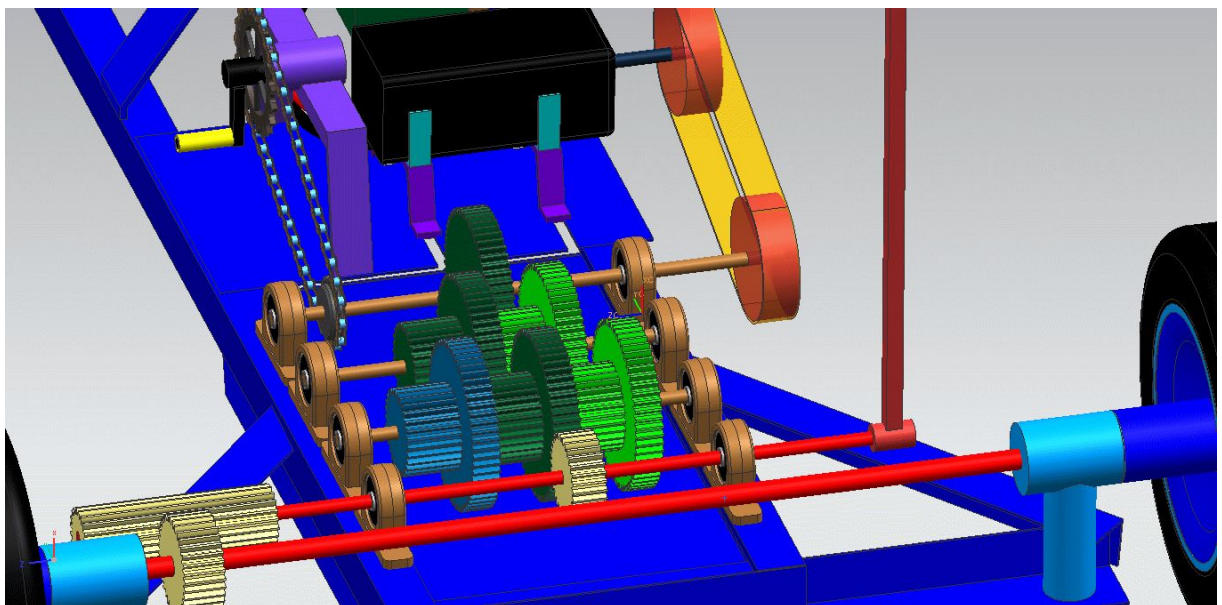
设计数据见下表。要求汽车沿直线行驶时，铰链四杆机构左右对称，以保证左右转弯时具有相同的特征。该转向机构为等腰梯形双摇杆机构，设计此铰链四杆机构。其设计参数如下表所示：

轴距	轮距	最小转弯半径	销轴到车轮中心的距离
L	B	R	d
单位 mm			
350	550	2600	150



2. 变速原理

本教具的变速箱调速功能是靠四组平行轴上的不同齿数齿轮之间的相互啮合来实现的。变速机构的具体结构如下图所示：



①当换挡杆处于最低档位时

$$i_1 = 1/1 \times 104/44 \times 104/44 \times 104/44 \times 44/104 \times 64/34 = 10.516$$

②当换挡杆处于中间档位时

$$i_2 = 1/1 \times 104/44 \times 44/104 \times 64/34 = 1.882$$

③当换挡杆处于最高档位时

$$i_1 = 1/1 \times 104/44 \times 44/104 \times 64/34 = 0.337$$

3. 换挡原理

①传动比变化，即档位改变。

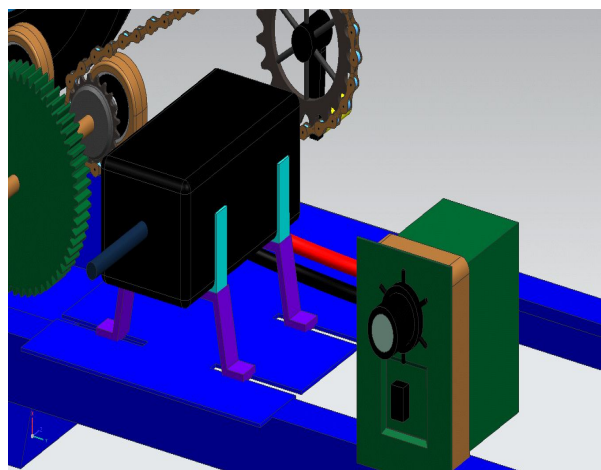
② $i > 1$ 为减速档， $i = 1$ 为直接档， $i < 1$ 为超速档。

③当动力不能输出到输出轴，即为空挡。

第五章 调速电机利用部分

1. 调速电机的调速原理

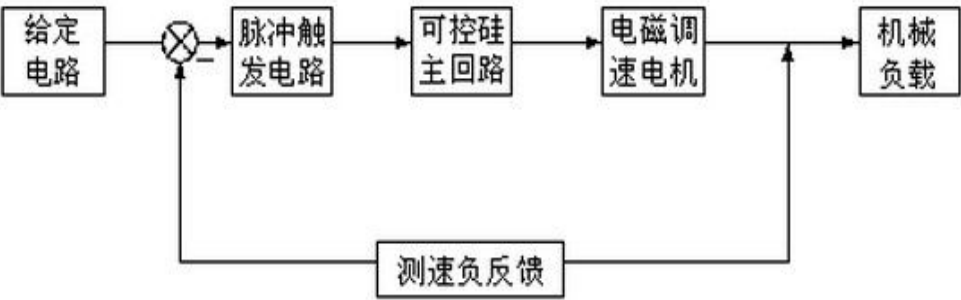
为了使皮带轮的输入转速可调，并配合变速机构使得后轮的转速可调，驱动电机我们选用了额定功率为 40W 的调速电机。



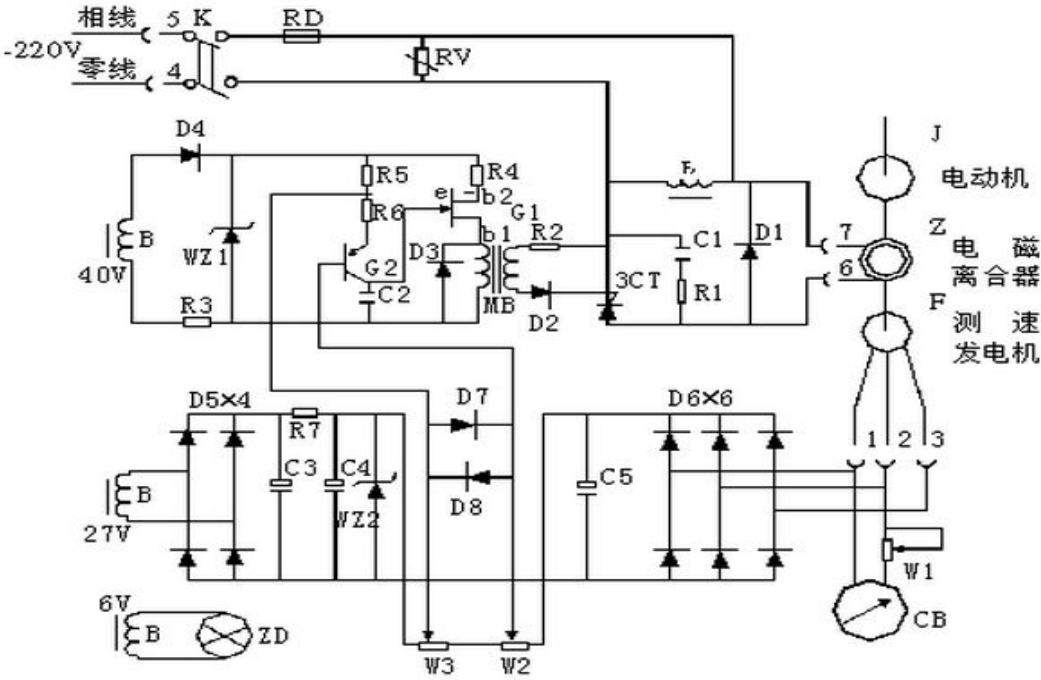
电磁调速电机是由单速或多速鼠龙型异步电动机和电磁转差离合器组成。通过控制器可在较广范围内进行无级调速。

离合器是由两个同心而独立旋转的部件所组成：一个称为磁极（内转子），另一个称为电枢（外转子），当磁极的激磁线圈通过直流电流时，沿气隙圆周表面的爪极便形成若干对急性相互交替的空间磁场。当离合器的电枢拖动电动机旋转时，由于电枢与磁场间有相对移动，在电枢内就产生涡流；此涡流与磁通相互作用。产生转矩，带动磁极按同一方向旋转，其转速恒低于电枢转速。改变激磁电流，可调节离合器的输出转矩和转速。

2.调速器工作方块示意图



3.调速器电气原理图



从图中可知，调速器由给定电路，触发电路，可控硅主回路，测速负反馈等环节组成。

给定电路：220V 电压输入至调速器，经变压器变压至 27V 经过 D5×4 桥式整流，R7，C3，C4， π 型滤波器滤波后，经 WZ2 稳压管加到给定电位器 W3 两端。

可控硅主回路：采用可控硅半波整流电路。由于激磁线圈是一个电感负载，为了让电流连续，因此在激磁线圈前并联一个续流二极管（D1）。

主回路的保护装置：用熔断器（RD）进行短路保护，用浪涌吸收器（RV）进行交流侧浪涌电压保护，用阻容吸收回路（C1R1）进行元件侧过电压保护。

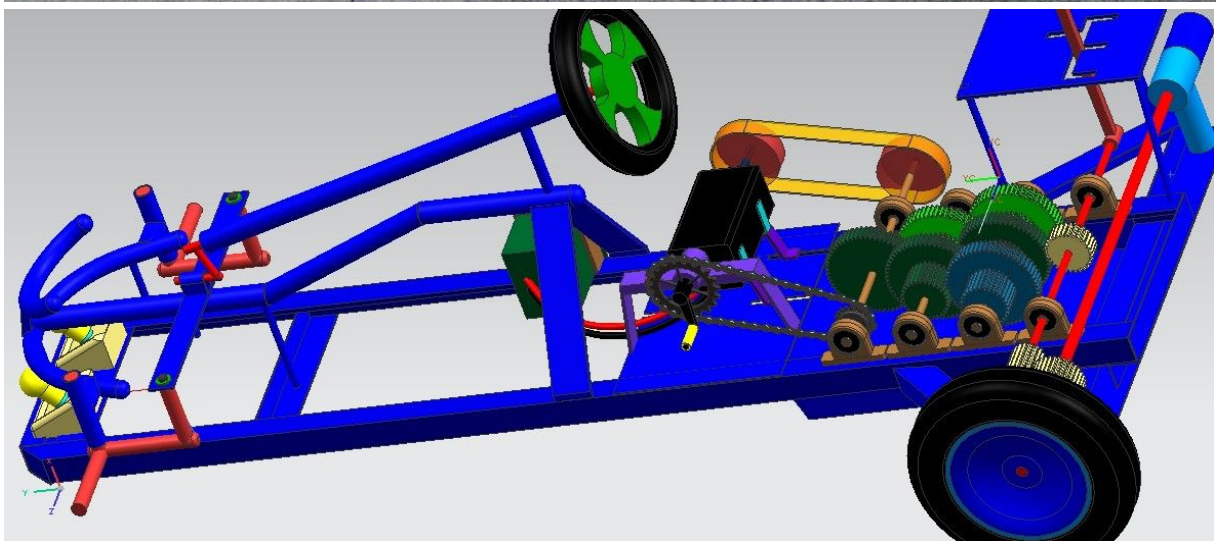
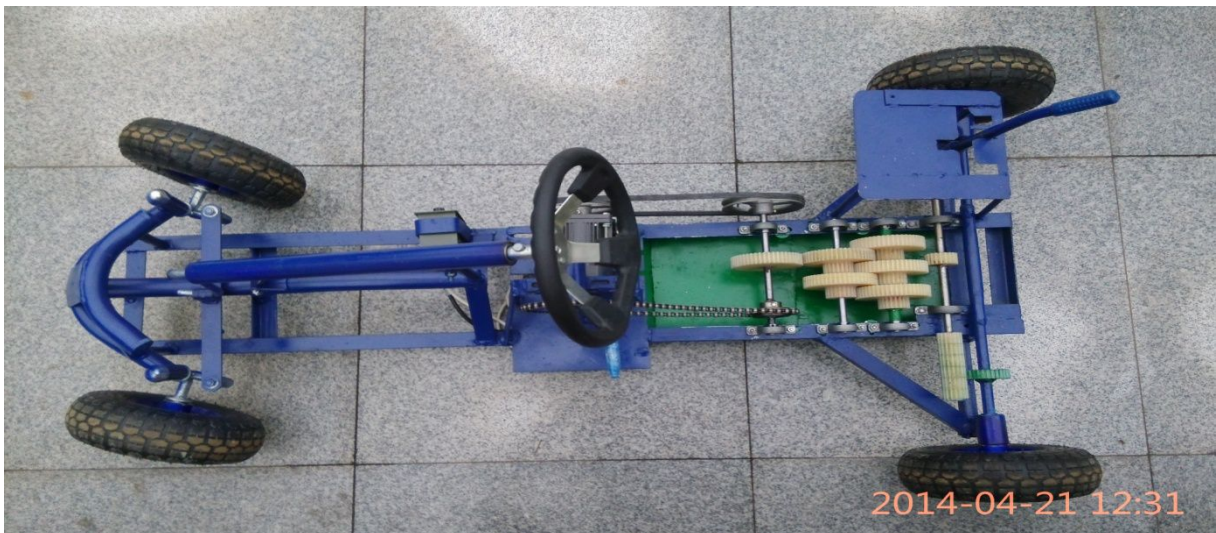
测速负反馈电路：测速发电机三相电压经 D6×6 桥式整流后由 C5 滤波后加到反馈电位器 W2 两端，此直流电压随调速电机的转速变化而成线性变化，作为速度反馈信号与给定信号相比较，由于它的极性是与给定电压相反的，它的增加即起着减小综合信号（给定信号减反馈信号）即负反馈的作用。

脉冲触发电路：本电路由电源变压器副边 40V 交流电压经 D4 整流，电阻 R3 和稳压管 WZ1 削波后，供给晶体管 G2 和单结晶体管 G1。采用单结晶体管触发电路，这种电路比较简单，可靠性高，调整容易，温度补偿性较好，受温度影响小，移相范围能达到 160° 左右。在脉冲触发电路中，当 C2 充电电压 U_C 达到单结晶体管 G1 的峰点电压 U_P 时，e—b1 间的电阻突然变小，C2 就通过 e—b1 放电，形成脉冲电流。C2 放电后，当 $U_C < U_P$ 时，e—b1 间又成为高阻态，直到 C2 再充电至 U_P 时，e—b1 又呈现低阻态，

脉冲变压器 MB 原边就有脉冲电流流过，这样 MB 会边得到一系列脉冲电压。

调速器在工作时，由给定电压和测速负反馈电压进行比较后，作为控制信号加至晶体管（G2）的基极和发射极（晶体管 G2 相当于可变电阻）以改变 G2 的内阻，内阻的改变导致电流的大小的改变，也就改变了电容（C2）的充放电时间，使单结晶体管产生的触发脉冲能进行自动移相，从而改变可控硅的导通角而实现控制电机转速的目的。

第七章 整体三维效果图



我们设计制作的机械传动教学模型，创新性的将模型车作为承载连杆传动，链传动，皮带传动和齿轮传动的基础，并将此四类传动形式进行了模块化的巧妙组合，将连杆传动应用到了小车的转向机构模块，将链传动应用到了手动动力输出模块，将皮带传动应用到了电机驱动模块，将齿轮传动应用到了变速机构模块，此四种模块借助于小车的整体结构，得以密切配合，并形象生动的展现了四种典型机械传动的工作原理，基本结构和基本功能，且很好的体现了车的转向机构，动力输出机构和变速机构的结构形式和工作原理，还通过不同级的齿轮的啮合，造成皮带的从动轮上的负载不同，由此学生可以全面的观察到皮带传动的正常工作状态和过载失效时皮带的打滑现象。

第八章 材料选取

1.车体材料

车体结构是整个车的核心框架，车体结构要做到使车上承载的驱动电机，皮带传动机构，链传动机构和齿轮变速机构运转平稳，能很好的实现各自的功能，所以车体的材料必须具备一定的强度和刚度。所以我们采用的车体材料为耐磨性，消震性，和切削加工性较好的铸铁材料，板材厚度为 2mm。

2.齿轮材料

齿轮为动力的输出及承载零件，所以其必须具备一定的强度和耐磨性，所以我们齿轮的材料选择为强度高，耐磨性好，并且易加工的尼龙材料。

3.传动轴的材料

传动轴是齿轮与皮带轮，齿轮与链轮，齿轮与齿轮密切配合的重要零件，其运动形式为高速转动，并且受到轴向力，压力和摩擦力的同时作用，其必须具备很高的强度和刚性，所以我们选择了不锈钢作为传动轴的材料。

4.轴承材料

轴承是承载传动轴运动的重要构件，其要承受传动轴高速转动带来的极大的摩擦力，所以一定要具备很好的耐磨性，所以我们选择了耐磨性较好并且美观的不锈钢作为轴承的材料。

参考文献

- 【1】 孙桓、陈作模、葛文杰主编，机械原理，第七版，高等教育出版社，2009
- 【2】 刘又文、彭献主编，理论力学，第一版，高等教育出版社，2008
- 【3】 傅水根主编，机械制造工艺基础，第二版，清华大学出版社，2009
- 【4】 孙训方、方孝淑、关来泰主编，材料力学（I），第四版，高等教育出版社，2008
- 【5】 大连理工大学工程画教研室编，机械制图，第五版，高等教育出版社，2005
- 【6】 陈永甫主编，实用无线电遥控电路，第一版，人民邮电出版社，2007
- 【7】 机械设计手册编委会编著，机械设计手册 2，第三版，机械工业出版社，2004.9
- 【8】 机械设计手册编委会编著，机械设计手册 3，第三版，机械工业出版社，2004.9

附图







