
半自动负重爬楼器设计-传动系统方案设计与仿真设计

摘 要

目前科学技术的发展给人们带来了便利,但仍有部分群体和行业没有享受到机械制造所创造的幸福。因此要在前人的基础上进行完善和创新,进一步提升半自动负重爬楼器的科学技术水平。首先,开头是对半自动负重爬楼器结构的简单概述;然后就是分析爬楼器传动结构计算方法,并进行选择;接着根据这些设计准则和计算方法的进行爬楼器结构的设计;最后就是检查整体结构的设计是否满足要求。在设计过程当中,主要是运用机械制造、工程力学、齿轮传动等方面的文献资料,进行一定的计算和校核。然后通过 AutoCAD、Unigraphics NX 以及 Solidworks 等软件,完成设计产品的二维图纸、三维建模等的绘制,同时进行动态仿真。目前,半自动负重爬楼器向长距离,高速度,低摩擦的方向发展,在设计中,该半自动负重爬楼器结构的研制与应用,与市场先进水平相比,可以说是各有优劣。在市场上的半自动负重爬楼器结构的制造中存在着许多问题,例如产品功能单一、保护措施不完善、结构强度不合格等。其中最大的劣势是体积太大,在狭窄楼梯使用不方便。而体积小巧,则可以增添许多便利。

关键词: 半自动负重爬楼器结构; 传动结构; 动态仿真; 体积小巧

Design of Semi-automatic Weight-bearing Climber – Design of Transmission System Scheme and Simulation Design

Abstract

At present, the development of science and technology has brought convenience to people, but some groups and industries still do not enjoy the happiness created by mechanical manufacturing. Therefore, it is necessary to improve and innovate on the basis of predecessors, and further improve the scientific and technological level of semi-automatic load-bearing climbing equipment. First, it begins with a brief overview of the semi-automatic load-bearing crawler structure; then it analyzes the calculation method of the drive structure of the crawler and selects it; then it designs the structure of the crawler according to these design criteria and calculation methods; and finally, it checks whether the overall structure design meets the requirements. In the process of design, mechanical manufacturing and engineering mechanics are mainly used and gear transmission and other aspects of the literature data, for a certain calculation and check. Then through the software such as AutoCAD、Unigraphics NX and Solidworks, the two-dimensional drawings and three-dimensional modeling of the design products are drawn, and dynamic simulation is carried out at the same time. At present, the semi-automatic load-bearing floor-climber develops towards long distance, high speed and low friction. In the design, the semi-automatic load-bearing floor-climber structure is developed and applied. There are many problems in the manufacture of semi-automatic load-bearing floor-climber structure in the market, such as product work can be single, the protection measures are not perfect, and the structural strength is not qualified. One of the biggest disadvantages is that the volume is too large to use in narrow stairs inconvenient. And small size, can add a lot of convenience.

Keywords: Semi-automatic load-bearing crawler structure; transmission structure; dynamic simulation; compact size

1 前言.....	1
1.1 本设计的目的、意义及应达到的技术要求.....	1
1.2 本设计在国内外的的发展概况及存在的问题.....	2
1.3 本设计应解决的主要问题.....	4
2 传动机构的总体设计.....	5
2.1 总体方案.....	5
2.2 传动机构原理.....	6
2.3 设计过程.....	7
2.3.1 爬楼支杆设计过程.....	7
2.3.2 轴承的选择.....	11
2.3.3 电动机的选择.....	12
3 二维图及三维图.....	13
4 动态仿真过程.....	15
5 结论.....	18
参考文献.....	19
谢辞.....	20

1 前言

半自动负重爬楼器结构是运输企业及家庭生活中普遍应用的运输物品的结构，半自动负重爬楼器结构水平上的高低以及功用上的多少，将直接关系到整体工艺效果的好坏、生产制造效率的高低以及能源节省程度的多少，从而影响到企业的经济效益和消费者使用感觉的好坏。而半自动负重爬楼器结构以它机械构造简单、功能多样化和工作运行可靠等优点，所以在目前所有的负重爬楼器中占有绝对地位，其占有量约为 95%。最近，各个国家对半自动负重爬楼器技术的研究都很重视，如加大爬楼能力、优化机械构造和关键零部件的改进等。自从同步技术的推广应用、新的半自动负重爬楼器结构的出现等，都是围绕着爬楼结构发展起来的。目前已经出现许多种不同爬楼结构的方式，从而实现爬楼动作。虽然目的是一样的，但方式不同，其效果体现也是不一样的。可以说是各有利弊，各有优劣。

半自动负重爬楼器自被发明于 1795，经过两个世纪的发展，已广泛应用于运输行业。特别是第三次工业革命的新技术、新设备的应用带来的，半自动负重爬楼器的发展，使半自动负重爬楼器进入了一个新纪元。现在，从爬楼能力，爬楼距离，无论各方面，来衡量的经济效益，成为各个国家和行业的发展。半自动负重爬楼器是一种爬楼工具。其特点是承载支架的爬楼盘也是传递动力的爬楼。高效的半自动负重爬楼器，它与其他爬楼机器相比，不仅具有可以进行远距离运动以及爬楼能力强的优点，同时它机构运行可靠且容易实现电气化，可以实现电气控制。半自动负重爬楼器已成为实现高效爬楼的机电一体化技术与装备的关键设备。

1.1 本设计的目的、意义及应达到的技术要求

目前，我国人口社会结构已经发生变化，老龄人口越来越多。现在我国的老龄人口将要达到 1.3 亿左右，并且会以年均 3.30% 的增长速度持续增长。除此之外，我国还有行动能力缺失的残疾人口约 6 千万。这些大量的行动能力不便的人口的存在，使得行动能力缺失人群出行问题已经成为了一个重大的社会问题。目前，我国辅助器具已经慢慢形成了着眼我国国情并结合国外先进经验，以满足自我行动能力缺乏人群出行需求为基本点的辅助器具服务模式。但是，有一些问题现今依旧存在，例如当前存在辅助器具服务监督政策不完善、销售网络不健全、提供的服务内容少以及创新能力低等问题。

爬楼机适用于需要上下楼梯不方便的行动能力有问题的人群，使其在没有电梯等上下楼辅助设备的时候，可以顺畅通行。目前市场上面的辅助设备价格比较昂贵，使用较为复杂，普通家庭若是购买，则需要一定的经济条件。现在有许多老旧楼房在建造之初，没有安装电梯。而现在大多数是一些行动不便的老年人居住在这些楼房之中，高楼层的出行就成为了一种困难。因此，一款家用轻型、物美价廉的辅助设备，对于这些家庭来说，可以解决许多问题。

同时，在一些老旧社区等电梯不便的场所，半自动负重爬楼器可以运输货物实现上

下楼梯的过程。大大的减少人力，改善工作条件，同时也提高了劳动效率。最重要的就是保证了工作人员运输货物上下楼梯时的安全，以前是靠人力背着货物上下楼梯，如冰箱、电视机等，在运输过程中存在很大的安全隐患。半自动负重爬楼器的出现可以大大改善这种现象，并且随着技术的不断发展，产品的不断更新，其使用范围会越来越广，解决的问题也会越来越多。

爬楼机属于机器辅助，在设计过程中确保爬楼机器传动过程中的安全、稳定和高效等，以及操作控制的难易程度。对爬楼机器的传动机构进行方案设计和仿真设计，主要包括爬楼机器传动机构实现上下楼梯等动作，实现手动控制、电机运行，从而达到对行动不便人群上下楼梯的辅助效果。以及通过一定的设计，转变为对小型货物的楼梯上下运输，降低人力，提供便利。

1.2 本设计在国内外的的发展概况及存在的问题

目前来看，国外对半负重爬楼机的研究比较早并且全面和深入，最早的专利产品就是美国公司在 1892 年发明制造的爬楼梯轮椅。其中美国、英国、德国和日本等传统制造业强国占据主导地位，美国公司生产 200 多种半自动负重爬楼器结构，通用化程度较高，日本公司和海因勒曼公司都研制了双倾角的半自动负重爬楼器结构。美国公司新研制 FF 型双频率爬楼，采用了不同速度的爬楼器。技术相对而言已经比较成熟，研发出来的产品也比较全面，已经有相当一部分产品早就已经投入市场运行。相比之下，我国对这种类型装置的开发研究起步比较晚，但随着经济的不断发展，人们越来越重视生活的质量。会去考虑一些机械产品对生活等方面产生的影响，因此，国内企业也开始出现大规模的研制、生产半自动负重爬楼器。并且，不断的与国外进行交流对比，不断进步。

现在市面上常见的半自动负重爬楼器的主要形式有履带式、星轮式以及步行式。其中履带式的运行原理比较简单，类似于装甲车等履带式的车辆。在需要进行爬楼动作时，将履带从背后放下，与楼梯台阶相接触，开动电机，履带转动，从而实现爬楼动作。具体结构如下图所示：



图 1.1 履带式爬楼器

星轮式顾名思义，它的的机械结构类似于行星轮。按照轮组中车轮的使用个数可以分为两轮式和三轮式等，其中最常见的就是三轮式。它的爬楼机构由车轮按照“Y”形

或者“+”形等方式，均匀分布在中心轴四周组成。各个车轮可以绕着自己的轴线进行自转，同时也按照中心轴线进行公转。在平地行驶时，各个车轮进行自转。进行爬楼运动时，各个车轮进行公转，借此实现上下楼梯的功能。具体结构如下图所示：



图 1.2 星轮式爬楼器

而步行式则类似于人上下楼梯的过程，由曲柄等部件组成的机构实现负重的抬高和移动。类似进行一种圆周运动，从而实现攀爬楼梯的过程。这种方式运动原理较为简单，操作起来也不复杂，同时还保证了一定的安全性。整个运动过程不会出现冲击等，运行比较平稳。本次设计半自动负重爬楼器也采用了与此类似的方式，同时进行一定的改良设计。具体结构形式如下图所示：



图 1.3 步行式爬楼器

随着科技的发展，半负重爬楼器的功能可以说是越来越强大和完善，性能也有了质的改变。但就一些调查情况来看，半自动负重爬楼器也仍然存在一些问题，例如部分半

自动负重爬楼器单方面过分的强调性能的优越，却忽略实际使用中的方便快捷，造成产品的外形过大，大大降低了使用者的使用体验。有的半自动负重爬楼器操作过于复杂，虽然功能很强大，但按钮众多，对于一些老年人来说使用不是那么方便。

1.3 本设计应解决的主要问题

对爬楼设备在平地及上下楼运动中进行的动力分析，得到相关参数。同时根据楼梯的间距和高度等设计传动系统结构的大小、形状。此外还要根据实际，考虑电动机的选择，依据传动系统的整体设计，计算传动效率，选择合适的传动比。并以此来修改或者优化传动系统的整体设计，实现最优的传动效率，充分利用能源，减少浪费。分析在平地及上下楼的过程中传动机构运动的稳定性，利用相关软件对整体特别是关键部位进行分析、验证。保证了传动机构的稳定性和可靠性，从而进行优化，例如使用材料的选择、用料的多少。如何做到更轻便、更节俭、更具有性价比。

2 传动机构的总体设计

本次设计与以往的任何设计都不一样，在我们过去的课程设计当中，老师所选择的是具有代表性的产品，无论是减速器设计还是冲压模具设计，它们都是具有我们机械工程的综合性和全面性。我们通过它们可以检验和了解我们所学习的学科和内容，但这次设计不同以往，我们是自己亲力亲为，没有可以借鉴的产品，没有标准答案来对照。因此我结合以往的案例和经验进行本次传动机构的总体设计。

通过对传动机构的数学模型进行分析，利用绘图软件进行作业，确定传动机构的传动方式和主要结构尺寸。依据实际使用条件和传动功率，进行尺寸的修改和优化。同时进行受力分析，验证机械强度。利用 3D 绘制软件对传动结构进行整体设计和完善，应用软件对爬楼机构进行运动仿真分析，通过分析机构的爬楼运动过程以及运动轨迹的仿真结果，检验传动系统整体的稳定性，验证传动结构方案的可行性，从而做出修改和完善。

2.1 总体方案

本次所设计的半自动负重爬楼器主要是由车体主机架、运动机构和平地行驶辅助装置组成。在一般平地使用时，由电动机正传，提供动力，依靠四轮和平地行驶辅助装置进行运动。在进行上下楼梯运动时，电动机反转，通过齿轮啮合，带动爬楼支杆运动，实现爬楼的运动过程。在平地或者上下楼梯运动时，由载物台进行载物。如是载人的情况下，则将座椅板放下，人坐在上面。如是载物的情况下，则将座椅板放回，与车体贴合，释放空间，不会造成干扰。平地行驶辅助装置与座椅板类似，利用死点原理进行固定，起到辅助支撑的作用。不用时将杆件收回，不会造成干扰。其具体结构如下图所示：

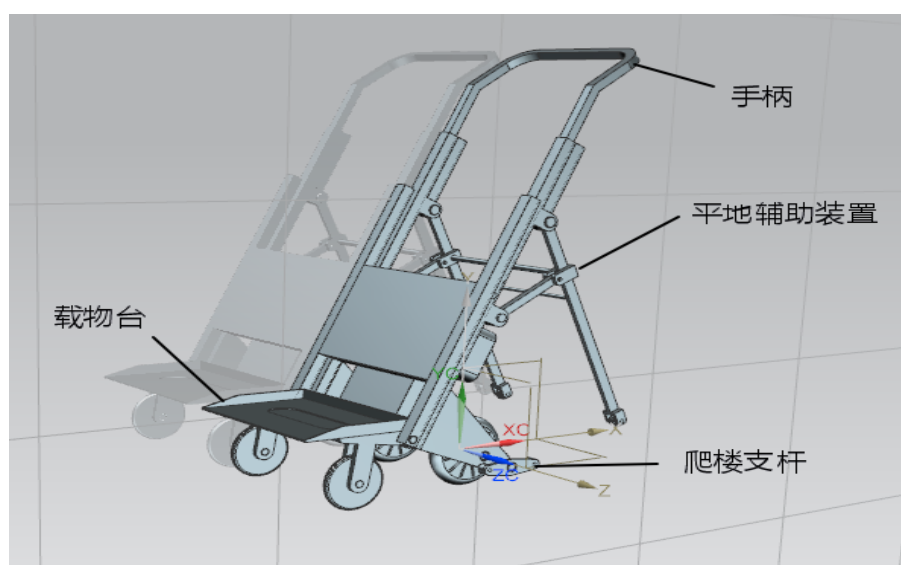


图 2.1 总体结构三维图

本次毕业设计我们是以小组的形式进行的，按照毕业设计的要求，我们每个人负责不同的部分。因此，整个半自动爬楼器也分为了三个部分：传动系统方案设计与仿真设计、载人及运货结构设计和车体结构设计。我负责的就是传动系统方案设计与仿真设计，这是整个设计里面比较核心的一个部分，传动系统包括了爬楼结构和电动机等部分。仿真设计也是设计的关键，它可以帮助我们进行方案的结果分析，验证数据的可行性，为修改和完善设计，提供很大的帮助。小组成员王占江负责的是载人及运货结构设计，这一部分是半自动负重爬楼器实现多功能的关键，我们所希望的是它不仅仅可以运输货物上下楼梯，在有需求时，它还可以进行一些结构的转变，实现载人的功用。小组成员张金岳负责的是车体结构设计，我们的整体结构就是根据车体的结构进行设计。在一开始，我们查阅资料、在网络上寻找有关产品的照片，在进行一定的比较分析之后，我们确定了车体的外形结构以及一些使用方面便利的结构设计。

2.2 传动机构原理

在本次设计半自动爬楼器中，最主要的就是传动系统，如何实现平地行驶及爬楼运动，这是我们所要解决的关键。不同类型的半自动爬楼器有不同的爬楼方式，也就是说，它们有不同的传动方式。每种方案都有它的优劣性，下面是两种不同类型传动系统方案的比较分析，从而选择合适的，并进行改造和创新。

方案一所采用的是步进式的传动结构，其具体原理如下图所示，在平地行驶时，爬楼支杆与齿轮脱离，电动机正转，带动轮子进行运动。在进行爬楼运动时，在支撑板的支撑下，电机提供动力，进行反转，爬楼支杆与齿轮啮合，从而带动爬楼支杆进行运动。在其与楼梯台阶地接触过程当中，可以平稳地进行运动，它不会存在打滑等现象，此外由于车轮的存在，即使发生动力不足、载荷过大甚至支杆机构断裂的情况，也不会发生剧烈的倾翻现象。因此，它的安全性是可以依靠的。

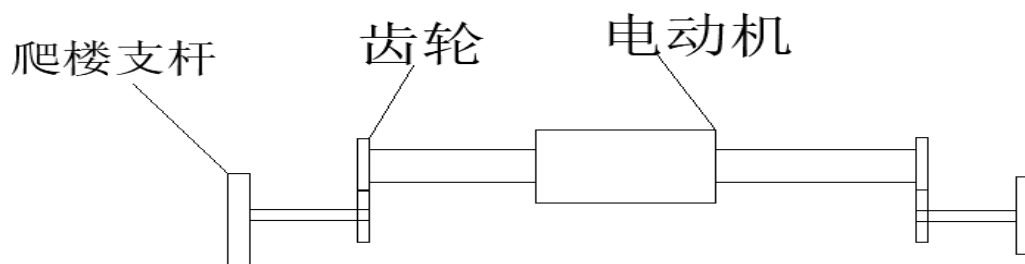


图 2.2 方案一原理图

方案二所选用的是履带式的传动结构，它的原理结构比较简单，就是利用传动轴带动齿轮运动，通过链条的连接以及履带棱的作用，实现上下楼梯的运动。履带式的爬楼结构具有很好的地形适应能力，可以轻松越过楼梯等物体。在爬楼的运动过程中，它与楼梯台阶的接触点可能有一个、两个甚至多个。但在使用过程中，接触点的稳定性是不

一定的。在运动过程中，履带棱与楼梯台阶的互相接触，可能会导致整体的滑移，甚至导致会整体的翻倒，这是十分危险的。此外，在运输货物时，有时需要进行一定的整体倾斜，但是由于履带部分的存在，在倾斜时会造成行驶的不方便。

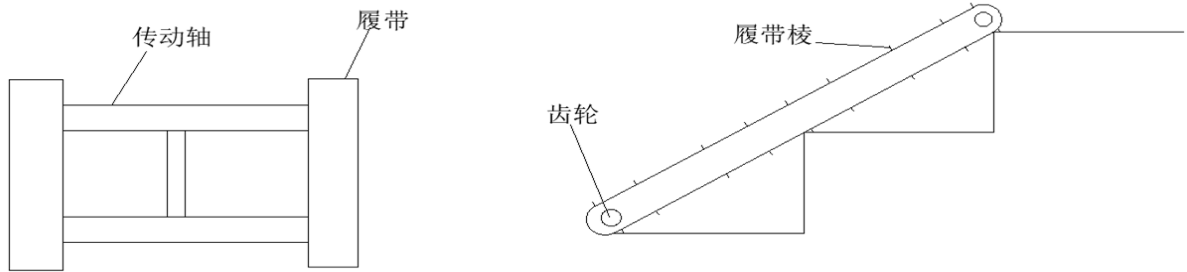


图 2.3 方案二原理图

因此，通过以上两种爬楼结构方式的对比，我们可清晰了解到不同爬楼结构的优缺点。在设计之初，我们所确定的就是小型化、简便化以及安全可靠。其中安全性是我们最关心的一点，一个产品无论它的设计多么巧妙，它的外形多么精美，它的功能多么强大，只要它的安全性能不达标，那么它就是一个不会被制造出来的失败品。所以，在与履带式爬楼器结构进行对比的时候，我们注意到步进式爬楼结构的优点。步进式爬楼结构在满足工作性能的同时可以做到小型化，节省空间，带来使用上的便利。此外，在运输货物进行爬楼运动时，它相比履带式爬楼结构，会更加安全，即使出现一些极端的情况，它的结构可以在一定的程度上减少危险性。所以，通过两者之间的对比，经过仔细考量和讨论研究之后，我们选择采取步进式爬楼结构。

2.3 设计过程

2.3.1 爬楼支杆设计过程

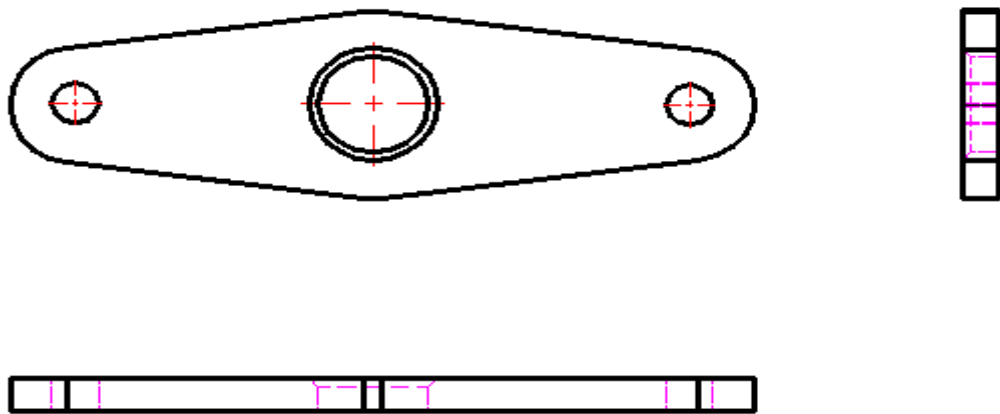


图 2.4 爬楼支杆

为减少半自动负重爬楼器结构运行中的歪斜和支架同轨道的摩擦阻力，半自动负重

爬楼器结构的爬楼器结构 K 和跨度 S 要满足一定比例关系，对于本次设计而言比例关系为 $\frac{k}{L} = \frac{1}{5} \sim \frac{1}{7}$ 。

$$\begin{aligned} \text{即 } k &= \left(\frac{1}{5} \sim \frac{1}{7}\right)L \\ &= \left(\frac{1}{5} \sim \frac{1}{7}\right) \times 10 \\ &= 1.42 \sim 2.0\text{m} \\ \text{取 } k &= 2.0\text{m} \end{aligned}$$

爬楼支杆结构中央断面设计

①断面总面积

则：

$$F = 2 \times 30 \times 0.5 + 2 \times 21 \times 0.5 + 28.5 \times 1 = 79.5\text{cm}$$

②位置(相对于 $z' - z'$)则：

$$y_1 = (2 \times 30 \times 0.5 + 21 \times 0.5 \times 29.75 + 21 \times 0.5 \times 1.25 + 28.5 \times 1 \times 15.75) \div 79.5 = 15.3\text{cm}$$

$$\text{所以： } y_2 = 30 - 15.3 = 16.7\text{cm}$$

(相对于 $y' - y'$)则：

$$z_1 = (30 \times 0.5 \times 22.75 + 30 \times 0.5 \times 1.25 + 28.5 \times 1 \times 0.5 + 2 \times 21 \times 0.5 \times 12) \div 79.5 = 7.9\text{cm}$$

$$\text{所以： } z_2 = 26 - z_1 = 18.1\text{cm}$$

③断面惯性矩

$$\begin{aligned} J_x &= 2 \times \frac{1}{12} \times 0.5 \times 30^3 + 2 \times 30 \times 0.5 \times 0.3^2 + \frac{1}{12} \times 1 \times 28.5^3 + \frac{1}{12} \times 3 \times \\ &21 \times 0.5^3 + 21 \times 0.5 \times 16.45^2 + \frac{1}{12} \times 21 \times 0.5^3 + \frac{1}{12} \times 21 \times 0.5^3 + 21 \times 0.5 \times 16.05^2 \\ &= 8410\text{cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_y &= 2 \times \frac{1}{12} \times 0.5 \times 21^3 + 2 \times 21 \times 0.5 \times 4.12^2 + \frac{1}{12} \times 30 \times 0.5^3 + 30 \times 0.5 \times \\ &16.85^2 + \frac{1}{12} \times 30 \times 0.5^3 + 35 \times 6.65^2 \times 0.5 + \frac{1}{12} \times 28.5 \times 1^3 + 28.5 \times 7.42^2 = 6650\text{cm}^4 \end{aligned}$$

平行移动轴公式： $I_{z1} = I_z + a^2A$

$$I_{z2} = \frac{bh^3}{12}$$

④断面模数

$$W_x = J_x / y_1 = 8410 \div 15.3 = 550\text{cm}^3$$

$$W_y = J_y / z_2 = 6650 \div 16.7 = 452\text{cm}^3$$

爬楼机构运行时，由于各种原因会出现跑偏、歪斜现象。此时，爬楼机构与轨道侧

面接触，并产生运行方向垂直的侧向力 s 。

当载荷移到左端极限位置时，操纵时最大压为 $N_D=163.5\text{kg}$ ，并认为 $N_A \approx N_D$ ，这时的最大歪斜侧向力为：

$$SD = \lambda \cdot N$$

式中： N —最大压， $N=163.5\text{N}$ λ —测压系数

对于爬楼器结构 K 同跨度 l 的比例关系在 $\frac{1}{k} = \frac{1}{5} \sim \frac{1}{7}$ 之间，可取 $\lambda \approx 0.1$

所以 $S_D = 0.1 \times 1631.5 = 163.5\text{Kg}$

当载荷移动到右端极限位置时最大压 $N_A = N_B = 65.3\text{Kg}$ ，并认为 $N_C \approx N_B$ 这时的最大歪斜侧向力为：

$$SB = 0.1 \times 653.3 = 6.33\text{Kg}$$

爬楼器结构中央断面合成应力：

最大侧向力考虑当载荷向右移动到极限位置时最大侧向力在 B 支架上即有 $SB=65.33\text{Kg}$ ；

$$450\text{kg}/\text{m}^3 = \frac{N \cdot K}{2W_x} + \frac{S \cdot K}{2W_y} = 200 \times 9.8 \times 0.1 + 12 \times 450 \times 9.8 \times 0.1$$

上式中： K —— 爬楼器结构 ($k=200\text{cm}$)
 W_x 和 W_y —— 断面模数 ($W_x=550\text{cm}^3$ 和 $W_y=452\text{cm}^3$)
 $[\sigma]$ —— 许用应力

由于爬楼器结构受理复杂，一般只计算垂直载荷和歪斜侧向力，所以许用应力取 $[\sigma] \leq 1600\text{kg}/\text{cm}^2$

$$\sigma = 653.3 \times 200 \div 2 \times 550 + 65.33 \times 200 \div 2 \times 452 = 362.3\text{kg}/\text{cm}^2$$

所以 $\sigma < [\sigma] = 1600\text{Kg}/\text{cm}^2$ 。

所以经过校核是安全的。

支架轴的设计计算

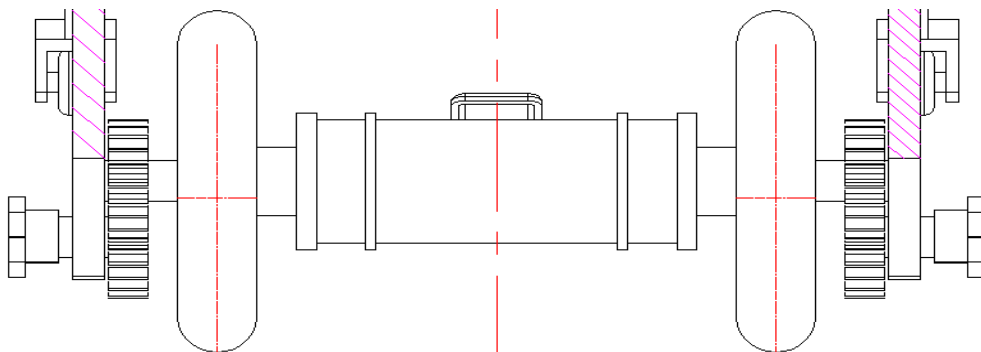


图 2.5 传动轴

1) 输出轴的功率 P 、转速 n 和转矩 T

$$\text{由上述计算可知 } P = P_{\text{输}} \eta_1 \eta_3 = 0.475 \times 0.95 \times 0.98 = 0.442\text{ kW}$$

$$n = 124.1\text{ r}/\text{min}$$

于是
$$T = 9550000 \frac{P}{n} = 9550000 \times \frac{0.442}{124.1} \approx 34013.7N \quad mm$$

2) 作用在支架上的力

已知支架轴的分度圆直径为 $d = mz = 2.5 \times 26 = 65mm$

$$\text{而圆周力 } F_t = \frac{2T}{d} = \frac{2 \times 34013.7}{65} = 1046.6N$$

$$\text{径向力 } F_r = F_t \tan \alpha = 1046.6 \times \tan 20^\circ = 380.9N$$

3) 初步确定轴的最小直径

轴的材料为 40Cr, 调质处理。初步估算轴的最小直径。

$$d = A_0 \sqrt[3]{\frac{P}{n}}$$

$$\text{取 } A_0 = 112 \quad \text{则 } d_{\min} = 112 \times \sqrt[3]{\frac{0.442}{124.1}} \approx 17.1mm$$

轴的最小直径显然是安装从动支架处轴的直径 d_1 。此轴上有一键槽, 应适当增大轴径: 单键增大 5%。取 $d_{1\min} = 12mm$

为了使所选的轴与支架孔径相适应, 同时, 支架轴孔的直径是 $\Phi 29mm$, 故取 $d_1 = 29mm$; 又由于支架支架啮齿合面为 $l = 33mm$, 故该轴尺寸 $l_1 = 33mm$;

轴的结构设计

1) 拟定轴上零件的装配方案

选用装配方案: 螺母、轴端挡圈、支架、轴承端盖、右端轴承、右端套筒、支架轴、左端套筒、轴承、轴承端盖依次从轴的左端向右安装。

2) 根据轴向定位的要求确定轴的各段直径和齿合面

为了满足从动支架的轴向定位要求, $b-c$ 轴段右端需制出一轴肩, 轴肩高度 $h = (0.07 \sim 0.1)d = (2.1 \sim 3)mm$, 故取 $b-c$ 段的直径 $d_2 = 32mm$; $b-c$ 齿合面可参

考安装尺寸取 $l_2 = 160mm$

初步选取滚动轴承。因轴承受径向力较大, 故选用深沟球轴承。参照工作要求并根据 $d_2 = 32mm$, 由轴承产品目录中查找得初步选取深沟球轴承, 其尺寸为

$$d \times D \times B = 35 \times 72 \times 17, \quad \text{故 } d_3 = d_7 = 35mm、l_7 = 19mm; \quad \text{而 } d_5 = 65mm。$$

轴端滚动轴承采用轴肩进行轴向定位。根据轴承的安装尺寸, $d_4 = d_6 = 42mm$

其余尺寸可根据其他相关零件而确定，即 $l_5 = 55mm$, $l_4 = l_6 = 25mm$

轴的强度计算

按弯扭合成强度条件校核计算

通过轴的结构设计，轴的主要结构尺寸、轴上零件的位置、以及外载荷和支反力的作用位置均已确定

许用应力值用插入法由表查得 $[\sigma_{ob}] = 102.5MPa$, $[\sigma_{1b}] = 60MPa$

$$\text{应力校正系数 } \alpha = \frac{[\sigma_{1b}]}{[\sigma_{ob}]} = \frac{60}{102.5}$$

表 2.1 支架轴受载计算结果

载 荷	垂直面 V	水平面 H
支 反 力	$F_1 = F_2 = 190.45N$	$F_3 = F_4 = 523.3N$
弯 矩	$M_V = 10284.3N \cdot mm$	$M_H = 28258.2N \cdot mm$
总 弯 矩	$M = \sqrt{M_V^2 + M_H^2} = \sqrt{10284.3^2 + 28258.2^2} = 30071.5N \cdot mm$	
扭 矩	$\alpha T = 0.59 \times T = 0.59 \times 34013.7 = 20068.1N \cdot mm$	

由于支架为K式直支架，按弯扭合成应力校核的强度

$$M_{Ca} = \sqrt{(\alpha T)^2 + M^2} = 36152.8N \cdot mm$$

$$\sigma_{Ca} = \frac{M_{Ca}}{W} = 48.9MPa < [\sigma_1] = 60MPa$$

故该设计是安全的。

2.3.2 轴承的选用

轴承的功用一般情况下有两种：一是可以支承起转轴以及转轴上的部件，并维持转轴的旋转精度；二是为了减少转轴与支承接触面之间的摩擦和磨损。轴承按照其构造形式的不同，可以分为滚动轴承与滑动轴承两大类，其各有优缺点。与滑动轴承比较，滚动轴承则有摩擦力小、转动瞬间的灵敏性高、轴承内部润滑方式简单和轴承间互换性高等特点。滚动轴承构造简单，一般是由外部圈、滚动体、内部圈以及中间的保持架组成。内圈套在转轴上，外圈装套入支座或者某一部件的轴承孔内。内圈的外表面和外圈的内表面都有凹槽，当内、外圈进行转动时，滚动体会沿着凹槽进行滚动。保持架的功用简

单，就是保持滚动体之间的均匀的隔离开。

内、外圈与滚动体的制造材料都拥有一般高的硬度、良好的接触疲劳强度以及良好的耐磨性和冲击韧性。一般都是用含铬合金钢制造的，经过一定的热处理工序之后，硬度可以达到 62~66HRC，同时各工作表面需要进行磨削和抛光等工艺。而保持架则一般采用含碳量低的钢板冲压制成。本次爬楼器设计中，考虑到整体受到的冲击力度较小，多为平稳载荷，因此初步选用滚动轴承。

滚动轴承依据承受不同的载荷方向，一般可以分为推力轴承和向心轴承两个大类，其中向心轴承主要是承受径向载荷，其公称接触角为 0-45 度；推力轴承主要可以承受轴向载荷，其公称接触角为 45-90 度。在半自动爬楼器运动过程中，主要承受的是径向载荷，因此初步选用向心轴承。进一步根据滚动轴承的类型和性能特点，依据承载能力、极限转速和角偏差，同时结合设计的实际情况，依靠设计的需求最终选择采用深沟球轴承。

2.3.3 电动机的选择

电动机的类型有很多，在我们以往的减速器课程设计当中，我们曾经接触过它的具体型号。教材所介绍的是最常见的 Y 系列三相异步电动机，Y 系列电动机是按照国际电工委员会（IEC）的标准设计的，具有国际通用互换的优点。在《机械设计课程设计》中的表 20-1，详细列出了 Y 系列（IP44）三相异步电动机的技术参数。在设计之初，我们就曾考虑过电动机的类型，按照以往惯例来说，我们肯定采用的是 Y 系列三相异步电动机，但随着设计的不断进行，我们发现采用传统电机会增加设计的尺寸，同时会增加自身的重量，后来在查询电动机的其他类型中，我们发现了双轴伸电动机。

双轴伸异步电动机，顾名思义，即是在电动机两端均有伸出轴的异步电动机。现有的双轴伸电机其主要构造包括机壳、前端盖、后端盖、定子组件、转子组件和转轴等，前端盖和后端盖分别安装在机壳的两端，两个转轴分别从前端盖和后端盖伸出，定子组件和转子组件安装在机壳里，转子组件上安装的有磁环，定子组件的端部绝缘上安装有霍尔线路板，霍尔线路板上的霍尔元件感应所述磁环的磁通量。机壳上设有电线出口，电机线缆从电线出口引到电机外，电线出口外安装有防护套，防护套套在电机线缆外。

与 Y 系列三相异步电动机相比，双轴伸电动机的使用成本较高，使用范围较小，如果不是本次毕业设计需要，我可能还不知道有双轴伸电动机的存在，因此我们决定采用这种新形式的电动机，它可以大大节约我们的设计空间，降低设计产品的自身重量。

3 二维图及三维图

在机械产品设计过程中，图纸的绘制也是十分重要的。在进入大学伊始，我们刚接触本专业的时候，首先学的就是二维图及三维图的绘制。刚开始的时候，我们是手工绘图，从而加强对知识的理解，锻炼自己的动手能力。在后来的不断学习中，我们学习了利用计算机和绘图软件进行绘制，例如 CAD、Proe、soildworks 和 UG 等软件的学习使用，给我们带来了很大的方便。

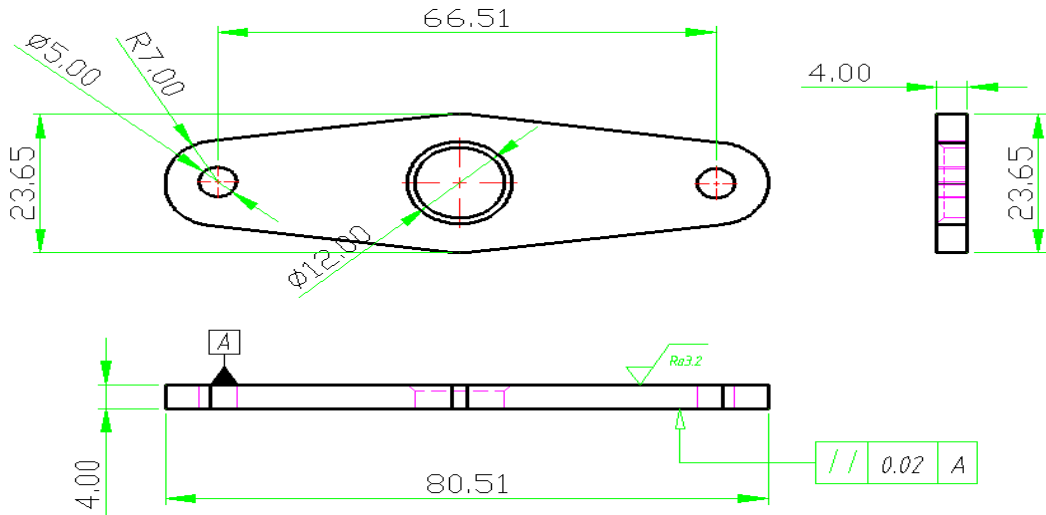


图 3.1 爬楼支杆

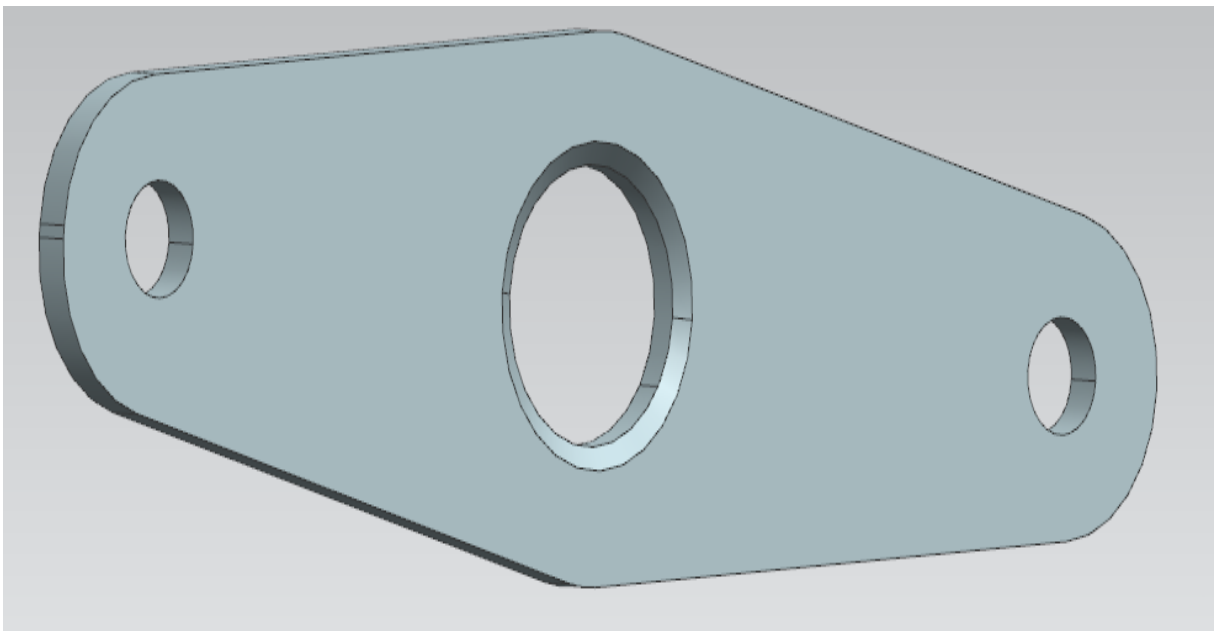


图 3.2 爬楼支杆

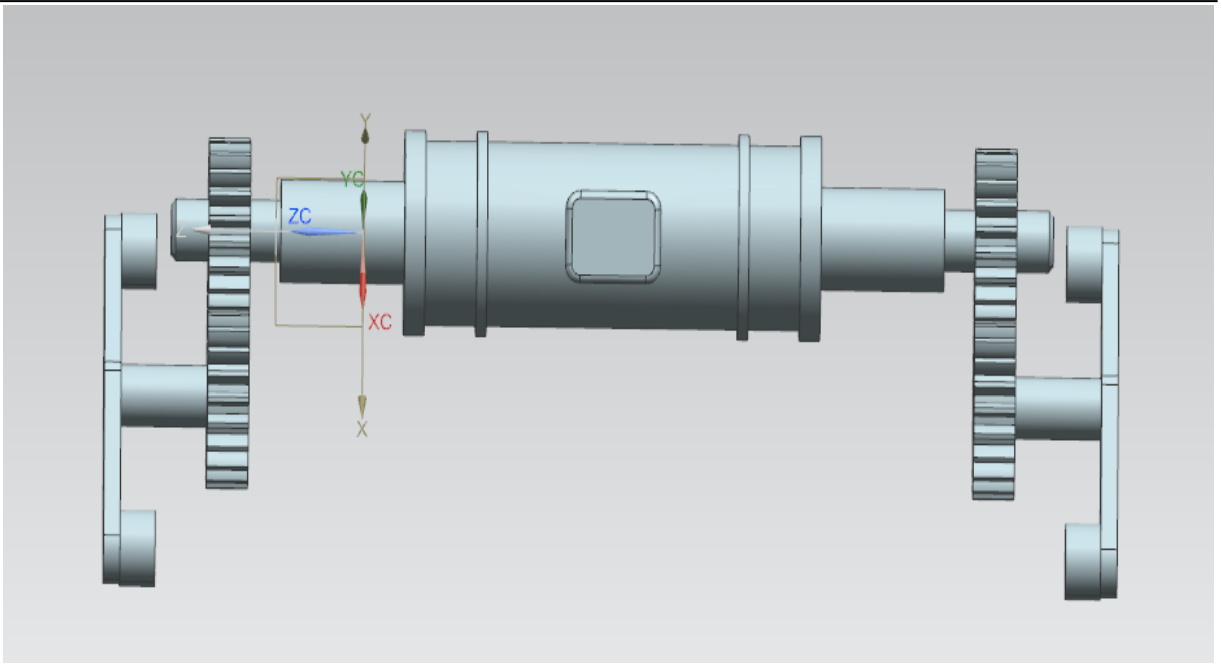


图 3.3 传动机构俯视图

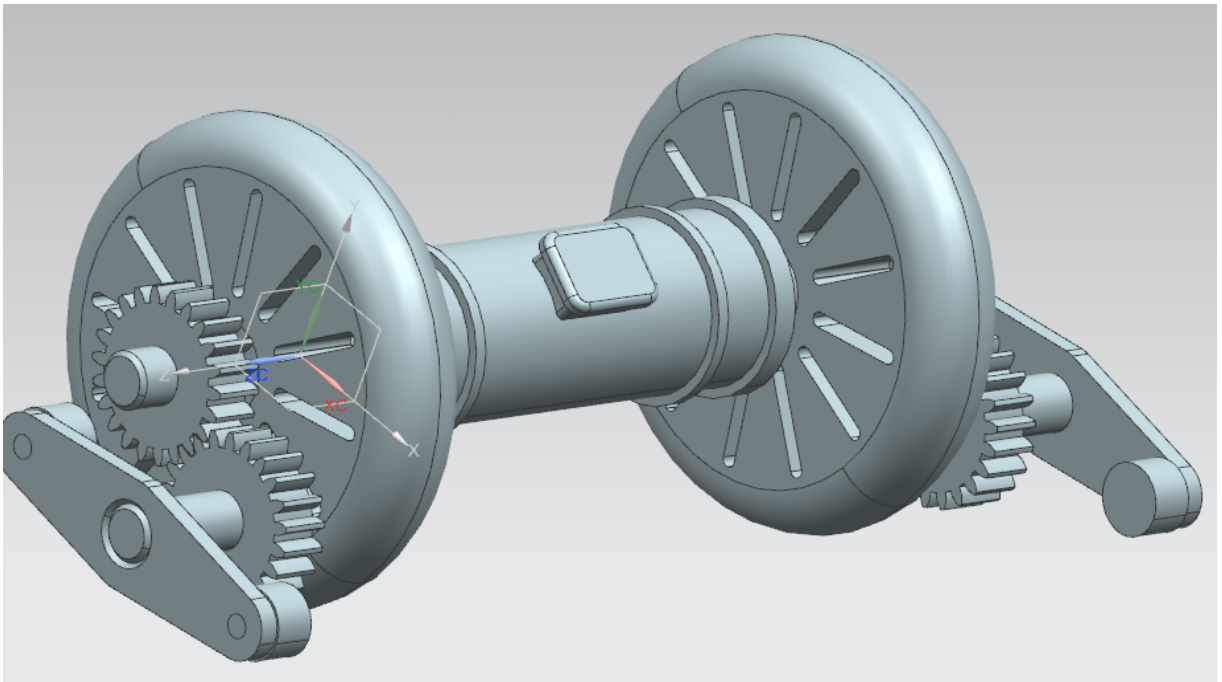


图 3.4 传动机构整体

以上均是传动系统结构设计部分的二维图和三维图纸，由于整个半自动负重爬楼器分为三个设计部分。因此，我们需要在个人的基础上将图纸等设计进行一定的整合。在总体装配中，我们首先是按照各个部分的设计，将相关参数进行归纳整合，参照个人设计的图纸，有取舍的进行整体结构图纸的绘制，例如有的结构在一定的视图下是不展现出来的。在总体结构生成的过程中，我们也会发现一些图纸上的错误，由于图纸是由三个人一起完成的，就代表着会有三种不同的画图标准，例如图纸的标题栏、图线的粗细

以及文字的字体大小等。这些都是画图过程中所出现的一些问题，所以我们会去尽力的沟通，先去统一一些标准，然后分工合作，修改图纸中的一些问题。

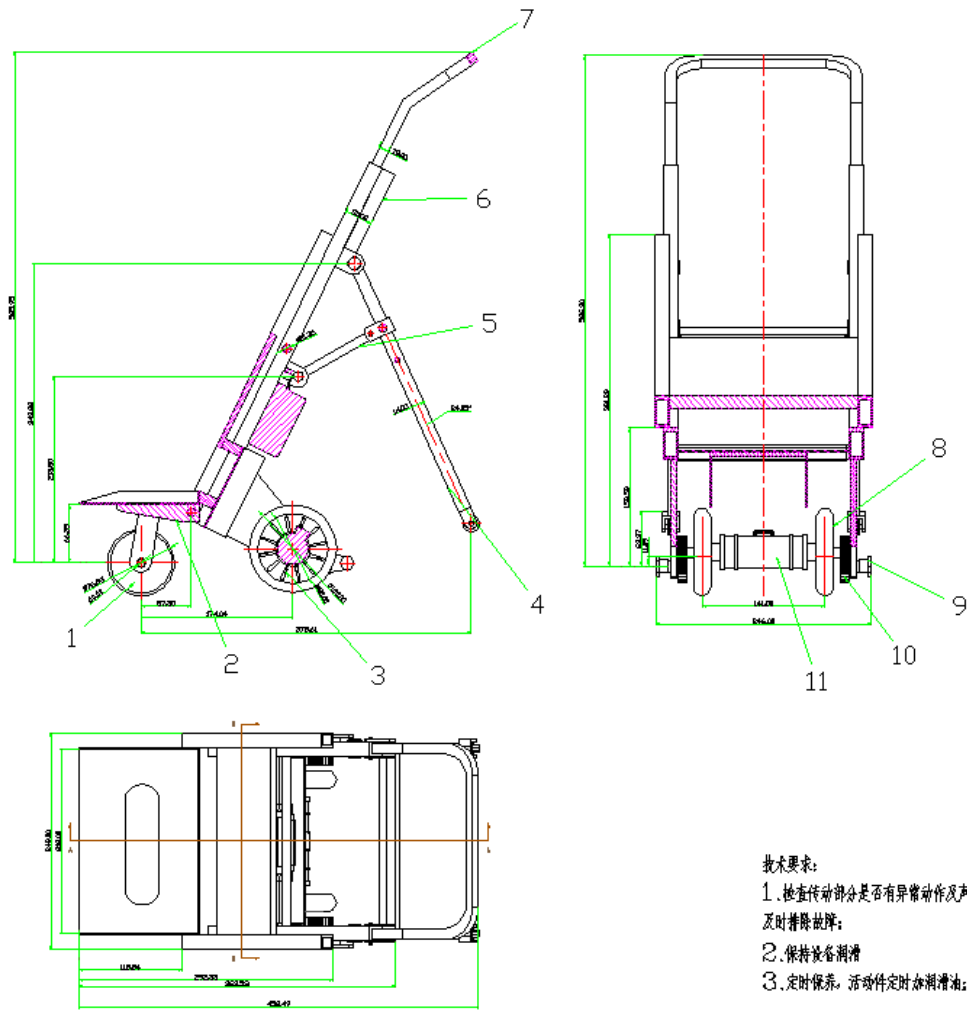


图 3.5 总体装配图

相比于二维图，三维图则会简单一点。在二维图的基础上，我首先按照自己的数据进行建模。因为在之前的计算机辅助设计中，我们主要学习的就是 Proe 软件，由于疫情的原因，电脑都在学校，所以我在新的电脑上下载的是 UG。在学习过程中遇到了一点麻烦，但还好在我们的金工实习中，我们学习了一点 UG 的使用方法以及在出版社里有网络版的书籍资料可以查看借鉴。在二维图中，我们三人都是使用的 CAD 制图软件，所以图纸之间可以互相查看，互相比对，从而发现问题，做出修改。而在三维制图中，我们使用的软件各不相同，所以在进行三维整体装配的时候，会出现一些格式的错误。但还好 SW 可以兼容许多格式，因此我们整体的三维装配都是用 SW 完成的。在三维建模过程中，我们也发现了一些设计的缺陷，因此我们及时调整设计结构，进行一定的修改。三维图的好坏，可以直接关系到整体结构的设计，同时在后面的运动仿真中，我们需要使用三维模型进行方案的可行性分析。三维模型的总体装配较为简单，我们首先将自己设计的结构进行建模，然后使用 SW 进行整体的装配。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/098072033137006051>