
摘 要

随着汽车行业的不断发展，随之而来的汽车维修的任务也愈来愈重。在汽车举升机没有出现之前，一般汽车维修工人都要趴在汽车底盘下面进行维修，在这样的环境下，不但维修活动范围受到限制，而且维修质量、维修效率也同样受到一定程度的影响。随着汽车维修业的迅猛发展，这样的维修方法已经不能够满足繁忙的汽车维修工作。于是就有了汽车举升机的出现，这种机器是将整辆汽车举升到一定高度，这样可以使维修工人很方便的在汽车底部工作。本设计是四柱液压汽车举升机的结构设计，首先对题目进行分析，再结合现有的汽车举升机的结构和液压系统，加上对汽车举升机的深入研究，然后对其中的方案进行拟定选择，并且对其中的重要零部件进行设计校核，并且画出装配图及零件图，从而将四柱液压汽车举升机设计完成。

关键词： 汽车维修 四柱 液压 举升机

Abstract

With the continuous development of the automotive industry followed by the vehicle maintenance tasks also increasing. Before the life did not appear, The general vehicle workers must expense under the car below the chassis for maintenance, in the environment only maintenance activities were restricted and maintenance of quality and efficiency of maintenance is also to a certain extent affected. As the vehicle maintenance industry is rapidly developing, the maintenance of this has not be able to meet peak of vehicle maintenance there is the emergence of the automobile lift, this machine is to give the whole vehicle at certain height, so maintenance workers can make it convenient to work in the car at The design is of four-post hydraulic car lift the structural design, the first topic for analysis, combined with the existing car lift the structure and the hydraulic system, coupled with the car lift-depth research, and then The programme for development of choice, and one of the parts of the design verification, and painted parts and assembly plans, which will lift hydraulic car design is completed.

Key Words: Vehicle Maintenance Four-Post Hydraulic Lift

目 录

摘要.....	
ABSTRACT	
前言.....	
§ 1 设计要求.....	
§ 1.1 该机的用途	8
§ 1.2 该机的工作原理	9
§ 1.3 设计技术参数及要求.....	9
§ 2 该机主要参数的确定.....	
§ 2.1 汽车的主要参数	10
§ 2.2 各种小型汽车的主要参数	12
§ 2.3 对该机主要参数的初步确定.....	14

§ 3 方案的确定.....	
§ 3.1 联动装置方案的确定-----	16
§ 3.2 驱动机构方案的确定-----	16
§ 3.3 导向装置方案的确定-----	17
§ 3.4 安全保险机构-----	17
§ 4 重要零件的设计计算.....	
§ 4.1 对托架进行设计计算-----	19
§ 4.2 对升降架进行设计计算-----	23
§ 4.3 对立柱进行设计计算-----	26
§ 4.4 对钢丝绳进行设计计算-----	29
§ 4.5 对滑轮的转轴进行设计计算-----	29
§ 4.5.1 活塞杆端部滑轮的转轴.....	
§ 4.5.2 需要绕过两根钢丝绳的滑轮的转轴:.....	
§ 4.5.3 有一根钢丝绳绕过的滑轮的转轴:.....	
§ 5 重要机构的设计计算.....	
§ 5.1 锁紧机构的结构设计-----	36
§ 5.2 锁紧机构的设计计算-----	38
§ 5.2.1 棘爪的设计计算.....	
§ 5.2.2 棘爪转轴的设计计算:.....	
§ 5.2.3 凸轮转轴的设计计算:.....	
§ 6. 绘制有关零件图和装配图.....	

§ 7. 设计小结.....

§ 8. 总结.....

致谢.....

参考资料

前 言

汽车发明后不久，汽车维修机械师就在想：怎样才能把汽车举升到空中，从而可以在其下面工作？举升机的发展史告诉我们，发明第一台自动举升机的灵感来自理发师的椅子，因为它可以快速升降和旋转，以适应于不同身高和胖瘦的顾客。早期的单柱地基式液压举升机，大大地提高了比它问世还早的千斤顶和台架的功能，这种早期举升机的旋转功能可以在举起汽车以后，将其旋转 360°。也许你经常去的一个汽车维修厂，现在仍然利用这种举升机为客户提供日常的汽车维修服务，这种举升机大多已经工作了 75 年了。

随着汽车工业的发展，单柱式举升机设计上的局限性很快就显露出来了。如果只是在汽车四周进行检测维修工作的话，这种举升机也就足够了，但是这种举升机的起重臂和中央立柱会妨碍进入汽车底部的大部分区域。针对单柱式举升机的这些局限性，工程师已经提出了很多举升机的设计方案并作了许多改进工作。现在，举升机的选择范围很大，有地基式、托举式、剪式、平行四边形式、便携式、单柱式、双柱式、四柱式、驱动式、接触车架式、对称式、非对称式、小行程、大升程、队列式以及其它的各种举升机设计方案。

某些举升机可能同时具有这些设计方案中的几个特点。同样汽车举升设备按汽车被举升的部位不同，可以分为车桥举升设备、车轮举升设备和车架举升设备。

车桥举升设备是通过汽车的前后桥或者横梁把整车举升的。这类设备的主要特点是装有支撑前后桥或者横梁的专用支座或者托架。车桥举升设备一般由一个以上的独立的举升装置组成，举升装置可以做成固定式的，也可以做成移动式的。这类举升机的举升重量一般较大，最大重量可达30吨，所以主要用于大型汽车的举升作业缺点是造价较高，稳定性较低。

车轮举升设备是通过车轮把汽车举升到一定的高度的，它的特点是具有支撑汽车车轮的轨道或者托架，可以采用移动式单轮举升设备成组使用，也可以采用固定式整车举升结构。其优点是，只要把汽车开到举升机的轨道或者托架上，或者将移动式单轮举升器推到轮胎处，就可以进行举升作业，所以具有安全和高效的特点；其缺点是，由于车辆的支撑部位是车轮，因此不能在举升机上直接进行轮胎和制动器的保修作业。车轮举升设备主要用于小客车的维修作业，但大型汽车的使用也很方便。

车架举升设备是通过车架或者纵梁把整部汽车举升的，举升后，汽车的轮胎、前后桥、传动系统、排气系统和悬挂装置全部悬空，因此可以方便地在车下进行多项保修作业。车架举升设备所用承重机构多为V形、X形或H形承重支臂。为了便于调整和供多种类型的汽车使用，承重支臂大多做成伸缩式或者旋转式结构。这种设备的缺点是受承重支臂的限制，举升重量较小，一般不超过4吨，主要是供小客车或者轻型载汽车的举升作业使用。

针对这次毕业设计的题目来说，车轮式的举升机比较适合要求，因此这次毕业设计主要是围绕着车轮式举升机来展开的。在市场上可以看到的型式各异、尺寸不同的举升机中，有一些特别适合于从事特殊类型的维修作业，也有少数的举升机适合进行一些其它的维修作业。

毕业设计过程中，主要是在老师的指导下，通过查阅相关资料，以了解举升机的相关

知识，根据举升机现有的一些形式，确定本设计的传动方案、联动方案等；然后通过对汽车参数的调研，从而确定举升机的部分参数；随后根据所用于的参数进行设计计算，对主要的零部件进行设计计算和校核。同时用从新学习了 CAXA 电子图版这个软件，方便了后来装配图和零件图绘制。最后再根据有关的知识，画出举升机的装配图，并绘制所有的非标零件零件图；最后完成设计计算说明书。

§ 1 设计要求

§ 1.1 该机的用途

四柱举升机用途主要是用于汽车的维修，也可以用于汽车的停放。

§ 1.2 该机的的工作原理

本机在工作时，由电动机提供源动力驱动液压泵工作，液压泵输出的液压油经过所需要的一些液压元件进入液压缸，驱动液压缸推动活塞杆移动，这时即可推动钢丝绳移动，从而升降架移动，最终可将所需维修的汽车举升一定的高度，以便于维修，提高维修效率。

§ 1.3 设计技术参数及要求

- (1) 所设计的四柱液压举升机应该能够适应所有小汽车的举升的重量、长宽尺寸的要求；
- (2) 举升机的最大举升高度为 1800mm ；
- (3) 举升机升降过程中及停留在空中时，要保证升降平稳，工作可靠，锁定可靠；
- (4) 进行必要的支承结构件的强度与刚性验算，保证结构合理。
- (5) 液压传动系统工作可靠，操纵方便，结构紧凑。

§ 2 该机主要参数的确定

§ 2.1 汽车的主要参数

该机的作用是为了将所要维修的汽车举升到所要求的高度，因此首先将汽车的主要参数调查清楚。汽车的主要参数是长、宽、高、轴距、轮距、重量等，对它们的解释如下：

一，长（mm）

汽车长是垂直于车辆纵向对称平面并分别抵靠在汽车前，后最外端突出部位的两垂面之间的距离。简单的说，就是沿着汽车前进的方向，最前端到最后端的距离。如（图 2.1）所示：

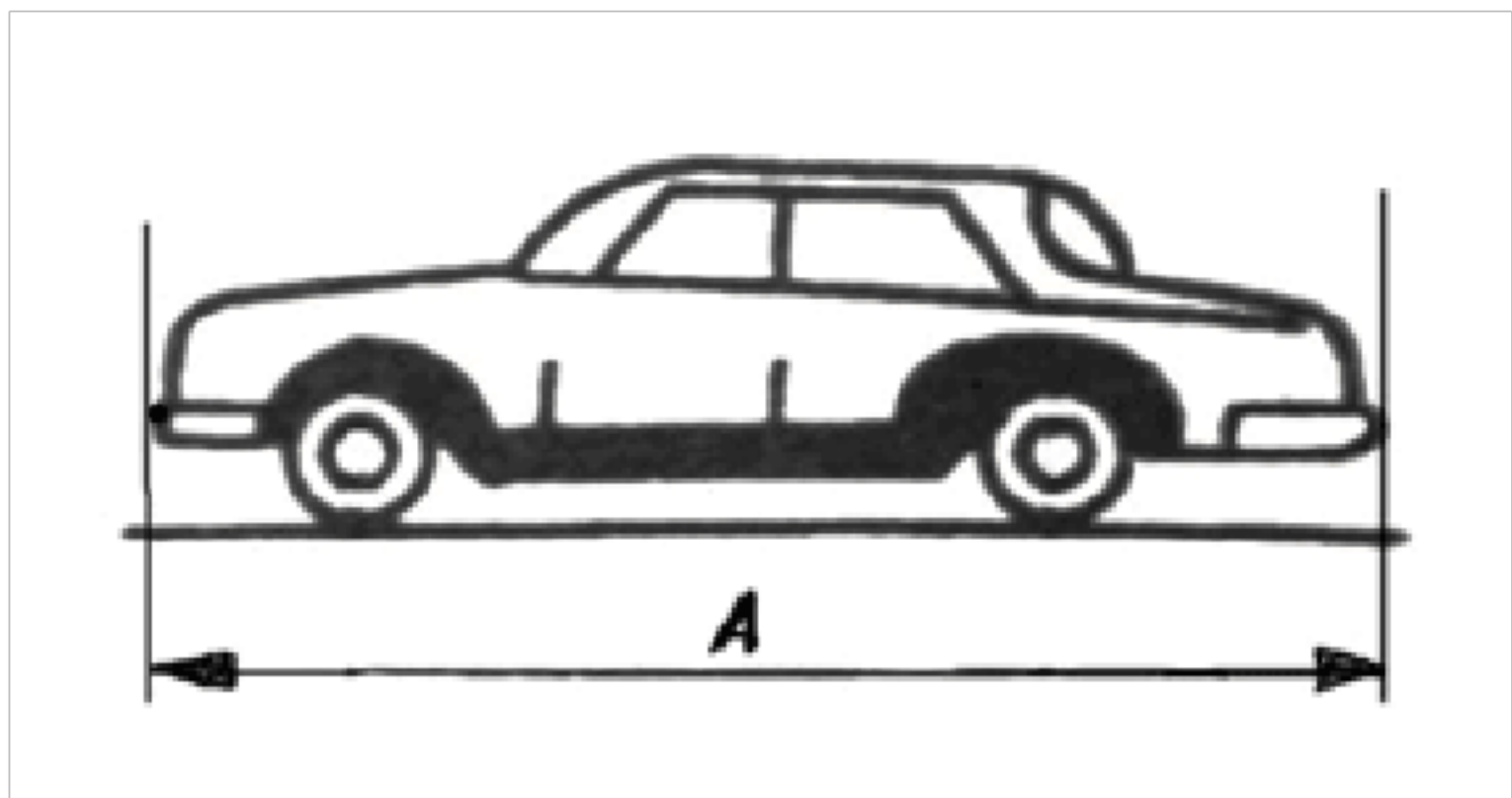


图 2.1 汽车的长度示意图

二，宽（mm）

汽车宽是平行于车辆纵向对称平面并分别抵靠车辆两侧固定突出部位的两平面之间的距离。简单的说，就是汽车最左端到最右端的距离。其中所说的“两侧固定突出部位”并不包括后视镜，侧面标志灯，示灯示位灯，转向指，挠性挡泥板，防滑链以及轮胎与地面

接触部分的变形。如（图 2.2 所示：

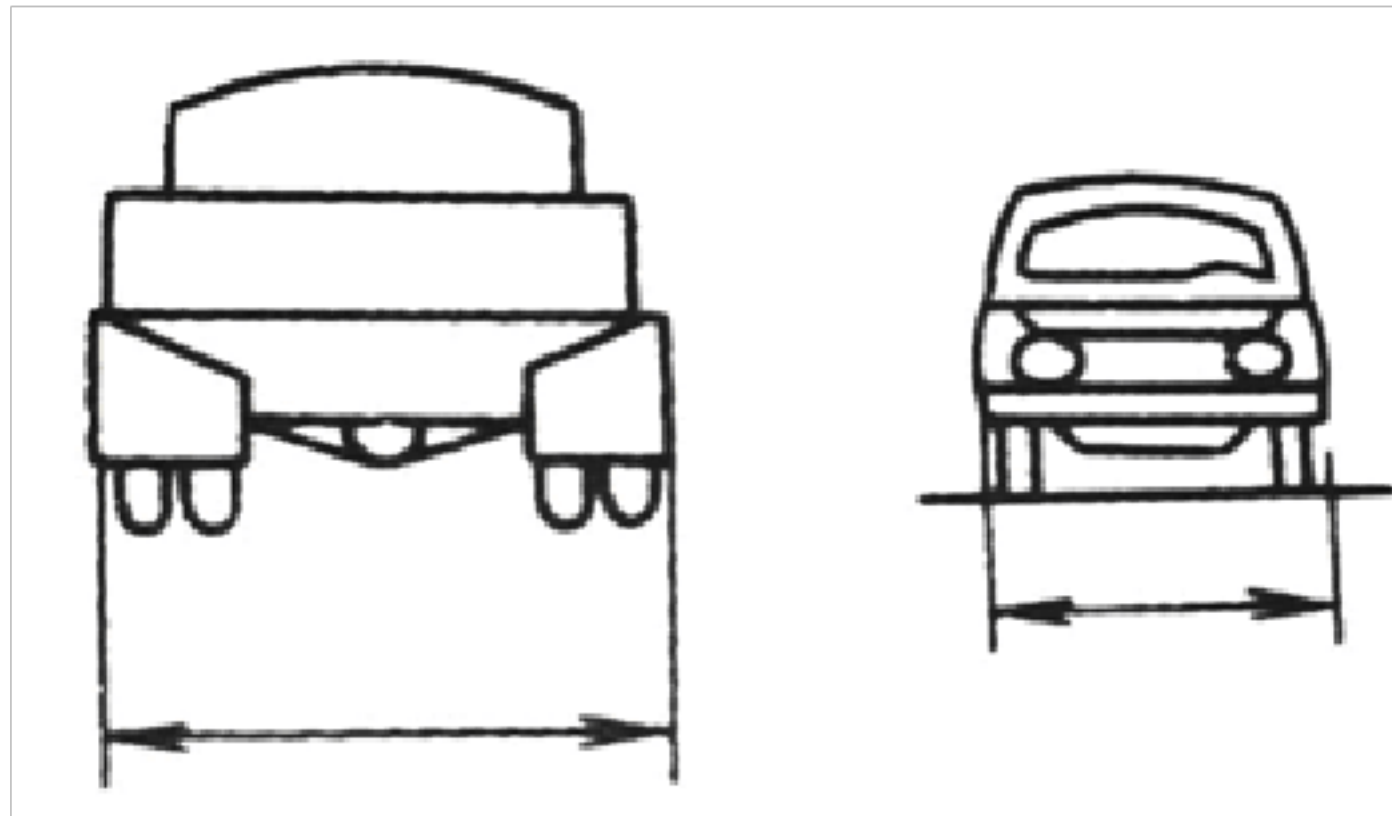


图 2.2 汽车宽度示意图

三，高（mm）

汽车高是车辆支承平面与车辆最高突出部位相抵靠的水平面之间的距离。简单的说就是从地面到汽车最高点的距离。如（图 2.3 所示：

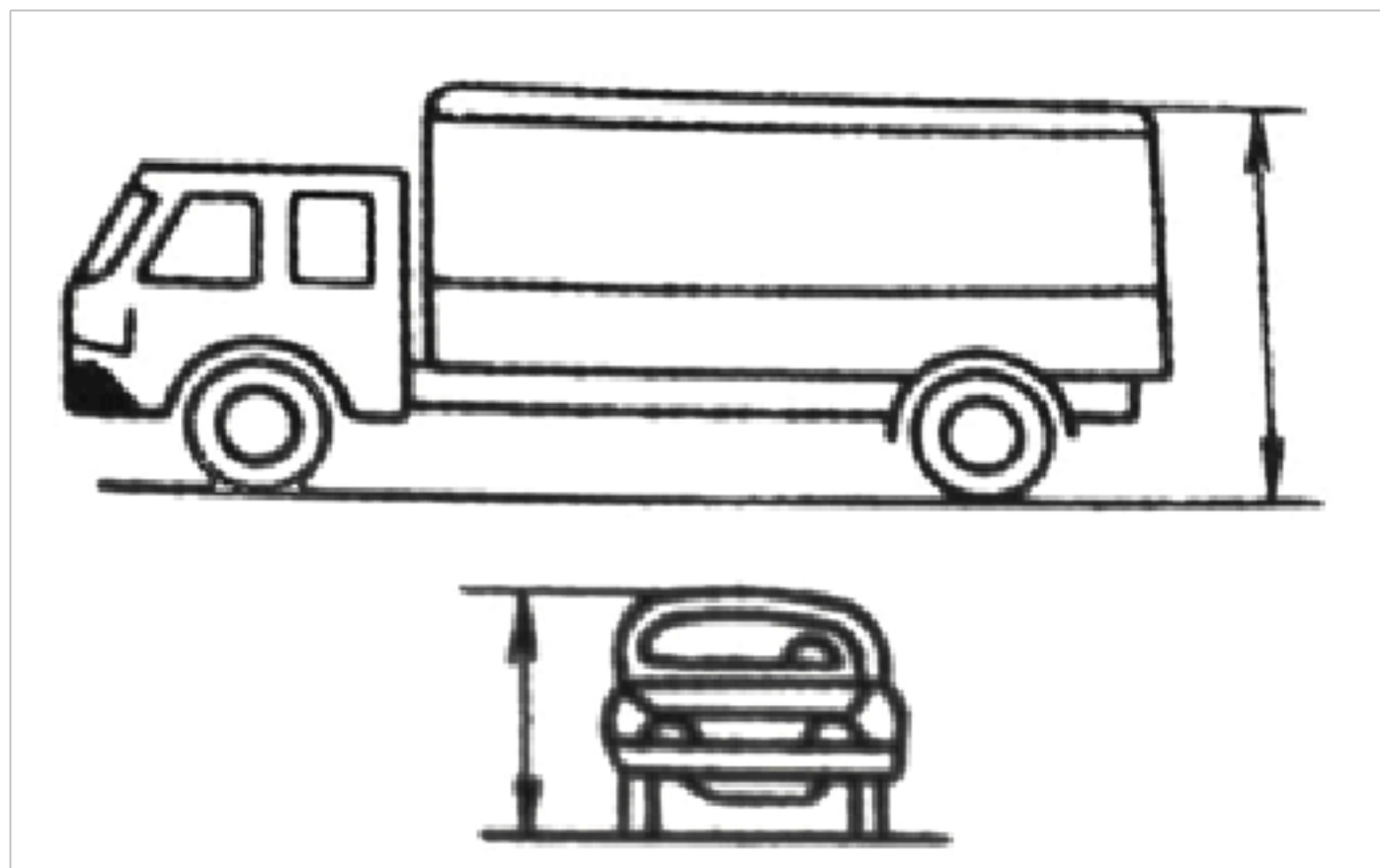


图 2.3 汽车高度示意图

四，轴距（mm）

轴距,是通过车辆同一侧相邻两车轮的中点,并垂直于车辆纵向对称平面的二垂线之间的距离.简单的说,就是汽车前轴中心到后轴中心的距离。

五, 汽车轮距 (mm)

汽车轮距是车轮在车辆支承平面(一般就是地面)上留下的轨迹的中心线之间的距离。如果车轴的两端是双车轮时, 轮距是双车轮两个中心平面之间的距离。汽车的轮距有前轮距和后轮距之分, 前轮距是前面两个轮中心平面之间的距离, 后轮距是后面两个轮中心平面之间的距离, 两者可以相同, 也可以有所差别。

六, 胎宽

胎的宽度以毫米为单位(例如 175 mm)。一般轿车轮胎的名义断面宽度从 125mm (例如 125/80 R 12 到大约 335mm (例如 335/30 R 19)。每个宽度之间都相差10mm。新的“车轮轮胎技术”所用的特殊轮胎例如邓禄普的TD 轮胎与米其林的TRX 与 TDX 轮胎) 有其他的宽度参数, 也已毫米为单位。宽度从 160mm 到 240mm。真正的宽度会比标出的名义宽度有所不同, 因生产上会出现一些可接受的误差, 各厂家的轮胎会出现不同的误差, 范围不会超过几毫米。轮胎的宽度也要看此轮胎安装在哪个轮毂上。大部分轮胎可安装在不同宽度的轮毂上。一些汽车只可以安装一定品牌的轮胎或必须与一定轮毂配套的轮胎, 因为只有指定的品牌轮胎可以在任何情况下保证安全。

§ 2.2 各种小型汽车的主要参数

对现在国内的各种轿车、小型越野车、小型休闲车等小型汽车的长、宽、高、轴距、车重、轮距进行调研。具体情况如(表 2.1)所示:

表 2.1 几种具有代表性汽车的主要参数

车牌	长 (mm	宽 (mm	高 (mm	轴 距 (mm	车 重 (kg)	轮距(mm)
----	-----------	-----------	-----------	-------------	-------------	---------

))))		
宝马 Z4 Coupe 3.0Si	4091	1781	1268	2495	1495	1473/1523
新梅赛德斯奔驰 E 系	4818	1822	1452	2854	1690	1577/1570
奔驰 GL450 越野车	5088	1920	1840	3075	2355	1645/1648
宝马 3 系 320i	4520	1817	1421	2760	1395	1500/1513
宝马 5523Li	4981	1846	1477	3028	1595	1558/1582
广州本田 飞度三厢 1.3	4300	1690	1495	2450	1489	1455/1455
广州田一 雅阁 2.4 EX	4945	1845	1480	2800	1515	1590/1585
广州本田思迪	4390	1690	1495	2450	1068	1455/1455
一汽丰田 普拉多 4.0GX	4970	1875	1905	2790	2050	1575/1575
金杯 07 款锐驰 2.4丰田	5070	1690	1935	2590	1700	
一汽丰田 花冠 EX 1.6 G	4530	1705	1490	2600	1600	1470/1460
现代 雅绅特 1.4	4310	1695	1480	2500	1130	
北京现代雅绅特.4AT GL	4310	1698	1480	2500	1160	1470/1460
赛欧 SCX	4026	1608	1448	2443	1069	1387/1388
别克凯越 04 款 1.6	4515	1725	1445	2600	1220	1475/1476
马自达 6 2.3	4670	1780	1435	2675	1475	1540/1540
马自达 5	4565	1745	1620	2750	1516	1530/1515
马自达 2 1.5	3885	1695	1475	2490		1470/1445
海马福美来	4365	1705	1410	2610		1470/1470
海马福美来 2	4466	1705	1410	2610	1180	1470/1470
奥迪 quattro 4.2	4811	1933	1575	2756		1575/1585

奥迪 A8 4.2	5192	1894	1455	3074	1780	1619/1605
奥迪 A6L2.0T	5012	1855	1485	2945	1730	1612/1618
一汽大众 新宝来 1.6	4383	1742	1446	2513	1310	1513/1494
帕萨特 2.0AT	4780	1740	1470	2803	1425	1500/1500
东风日产骏逸 1.8XL	4420	1690	1590	2600	1280	1470/1475
尼桑(日产) 350Z 3.5 MT	4317	1815	1324	2650	1545	1535/1540
红旗新明仕奥运之星	4792	1814	1422	2687	1280	1476/1483
红旗 HQ3	4965	1796	1485	2850	1730	1535/1535
奇瑞开瑞系列	4610	1693	1855	2700	1300	1456/1446
奇瑞 旗云 1.3	4393	1682	1424	2468	1050	1425/1419
比亚迪 F8	4490	1780	1405	2520	1525	1520/1515
比亚迪 F6 2.0	4846	1822	1465	2740	1435	1511/1511

§ 2.3 对该机主要参数的初步确定

根据（表 2.1）所述可总结得：汽车的最大长度取为 5192mm，最大宽度取为 1933mm，最大高度取为 1935mm；轴距的最小值为 2443mm，最大值为 3040mm；最大重量为 2355kg；轮距的最小值取为 1425mm，最大距离取为 1648mm。轮胎的宽度一般在 160—240mm 之间。通过上表所列的几款汽车的外形参数可以初步确定：

- 1,举升的最大重量为 3000kg;
- 2,举升的高度为 1800mm;
- 3,托架的长度 4000mm, 托架的宽度为 400mm，使用材料为钢板与槽钢焊接件;
- 4,升降架的长度 2600mm，使用材料为矩形空心型钢;

5,立柱高度为 2500mm ， 使用材料为内卷边槽钢。

§ 3 方案的确定

§ 3.1 联动装置方案的确定

联动装置的作用是将举升托架的升降运动传递给支撑立柱的举升托架，保证两举升托架的同步运动。

在四柱汽车举升机的联动装置有很多，例如：螺母丝杠联动装置、齿轮链条联动装置、钢丝绳联动装置等。而能够适合以液压为动力的举升机来说，齿轮链条和钢丝绳联动装置比较合适。对于这两种方案，各有优缺点：齿轮链条联动装置能够比较精确的保证举升同步，但是链条的使用寿命比较短，而且造价比较高。对于钢丝绳联动装置，不但能够保证同步举升，而且使用寿命长，成本比较低，并且比较容易调整钢丝绳的长度。

通过这两种方案的比较，对于该机械而言钢丝绳联动比较合适。钢丝绳升降联动装置主要由钢丝绳、滑轮、螺套和螺母等构成。钢丝绳滑轮利用滑轮轴安装在升降架上；钢丝绳的端部固定在螺套中，并且用螺母安装在立柱上部的顶板上；螺母可以用来调整钢丝绳的长短，以使承重托架保证水平位置。

§ 3.2 驱动机构方案的确定

驱动机构是液压举升机的动力执行元件，它主要是驱动钢丝绳运动，从而带动升降架上下运动。驱动元件主要是由液压缸组成的，它的驱动方式主要有两种，一是拉钢丝绳，二是推钢丝绳。由于举升机的行程为 1800mm，如果不采取一定的特殊方式的话，那么做出的活塞杆的长度就要 1800mm，那么对活塞杆的刚度要求就比较高。而且运动起来也不稳定。因此采用动滑轮的原理，可以将活塞杆的长度减为原来的一半。在活塞杆的端部安

装一个滑轮，使其成为一个动滑轮，再将钢丝绳绕过滑轮，如（图 3.1）所示：通过利用动滑轮原理可以减少活塞杆的行程，同时提高了活塞杆的刚度和稳定性。

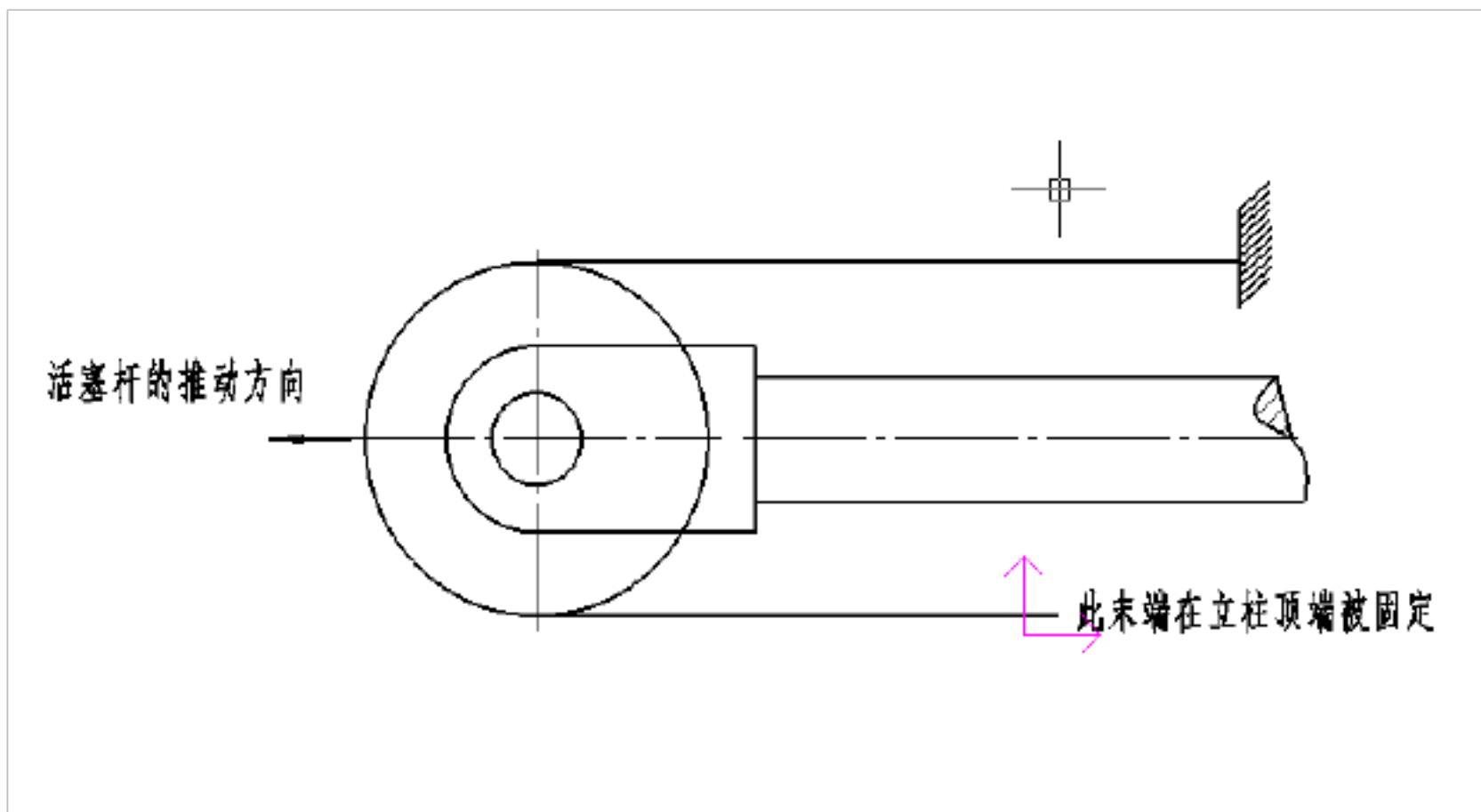


图 3.1 驱动装置的示意图

最终确定活塞在向外推的时候为升降架上升，而且活塞端部采用滑轮装置。

§ 3.3 导向装置方案的确定

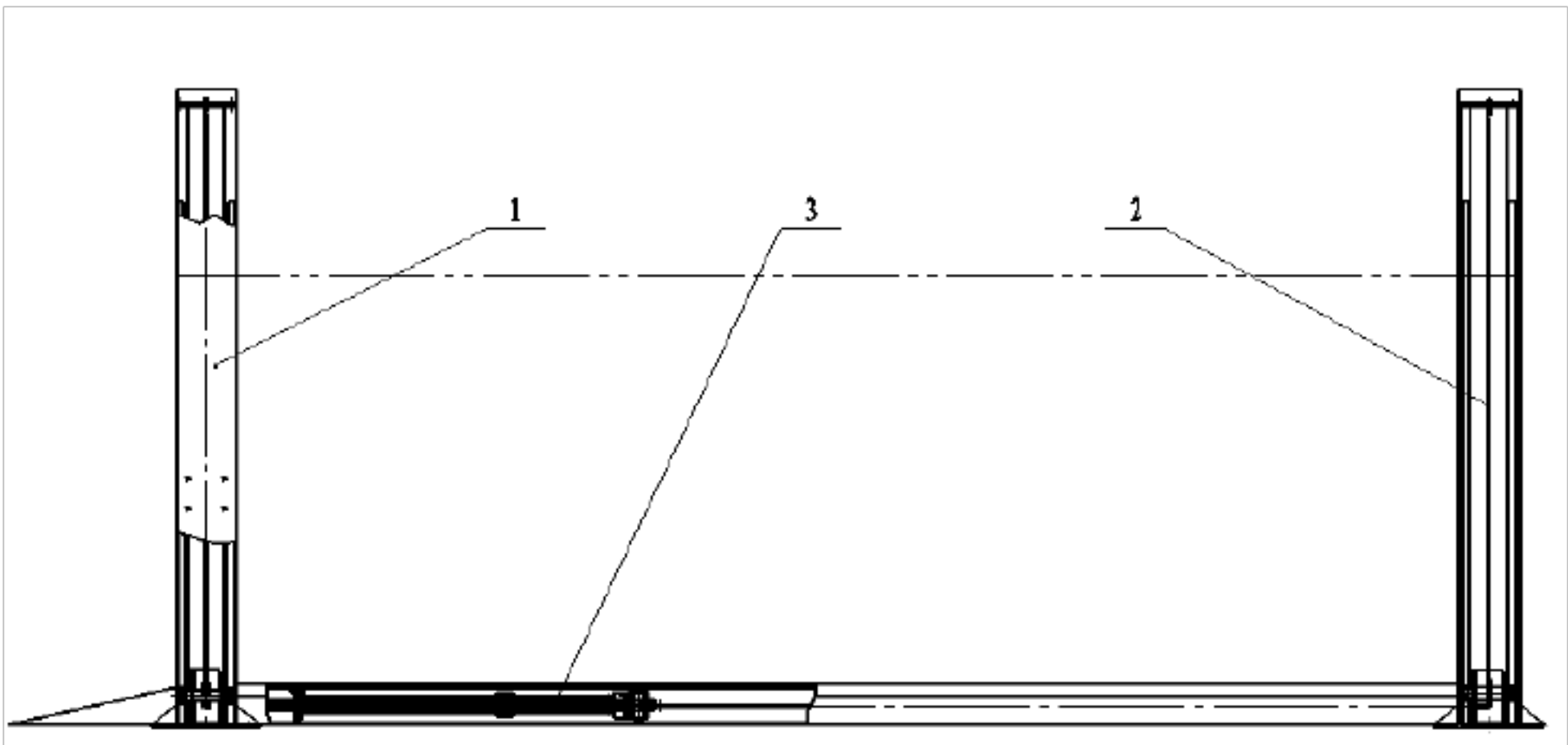
导向装置的作用是为了防止升降架在升降时前后左右摇摆而设定的。导向装置有很多，例如采用导向轴和套筒。在这里打算采用轴端轴承和导向槽来进行导向，这种机构不但安装方便，而且制造比较简单，工艺性能比较好。

§ 3.4 安全保险机构

由于汽车维修工人需要在托架底下进行工作，因此对举升机的安全机构要求比较严格。通常对于链条传动的，它的安全机构比较好设计，可以直接利用链条进行自锁。而对于钢丝绳传动而言，就要采取期的自锁机构。通常采用棘爪和齿条的比较多，初步也采用棘爪和齿条的锁紧机构。

§ 4 重要零件的设计计算

下面将要主要的零部件进行设计计算，最终将要设计出的机械如（4. D）所示：



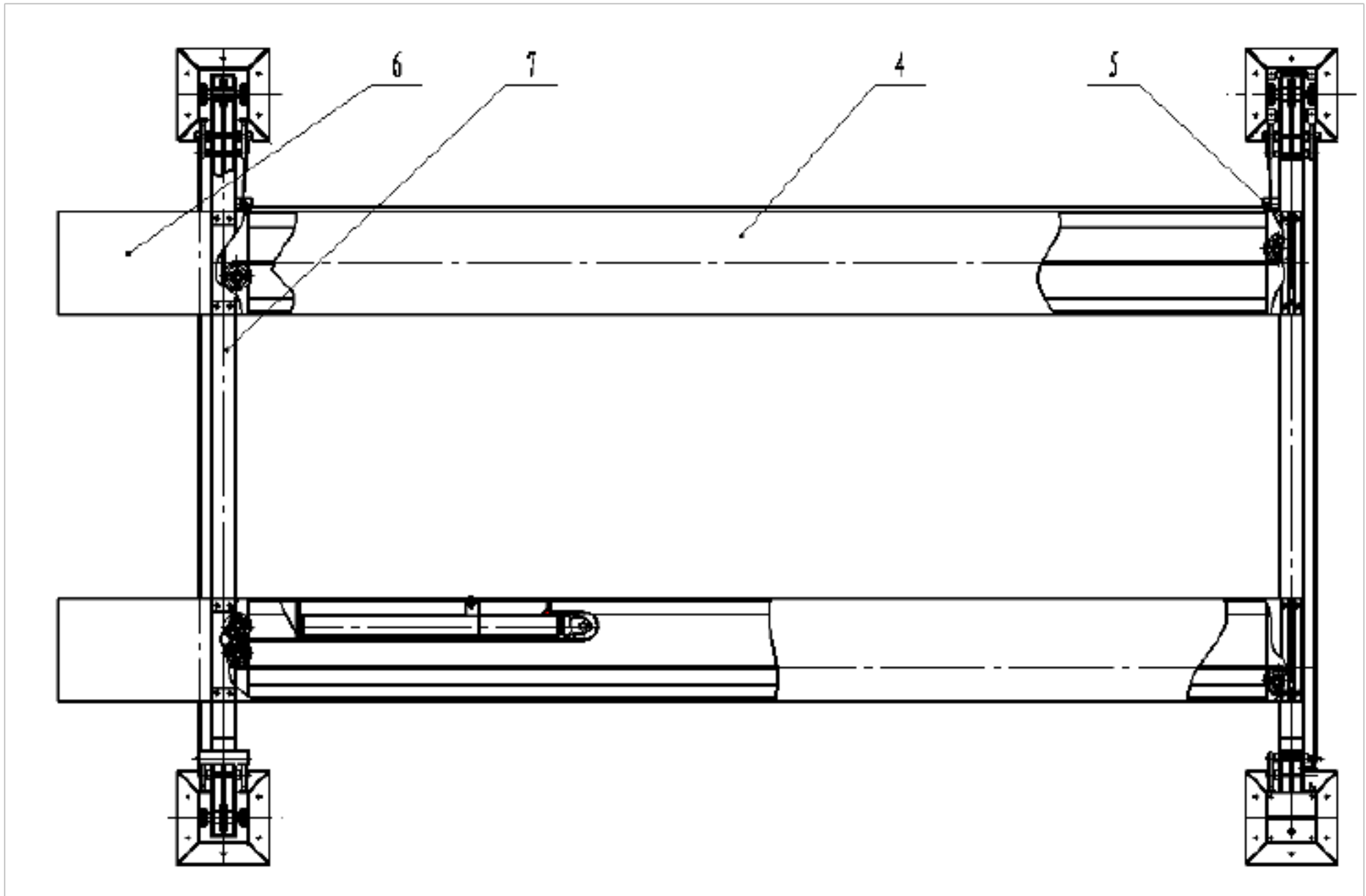


图 4.1 四柱液压举升机的总装图

- 1、主立柱 I 2、副立柱 II 3、动力装置
4、托架 5、挡板 6、斜坡 7、升降架

§ 4.1 对托架进行设计计算

由于前面已经知道托架的长度为 5400mm，所用的是钢板和槽钢焊接而成，其截面如图所示，槽钢型号选用 16，其理论质量为 $\rho_1 = 19.752 \text{kg/m}$ ，截面系数为 117cm^3 ；钢板选用花纹钢板，图案为圆豆型，理论质量 $\rho_2 = 12.15 \text{kg/m}$ 为而且取最小轴距为 2400mm。因此分析托架的受力情况如（图 4.2）所示：

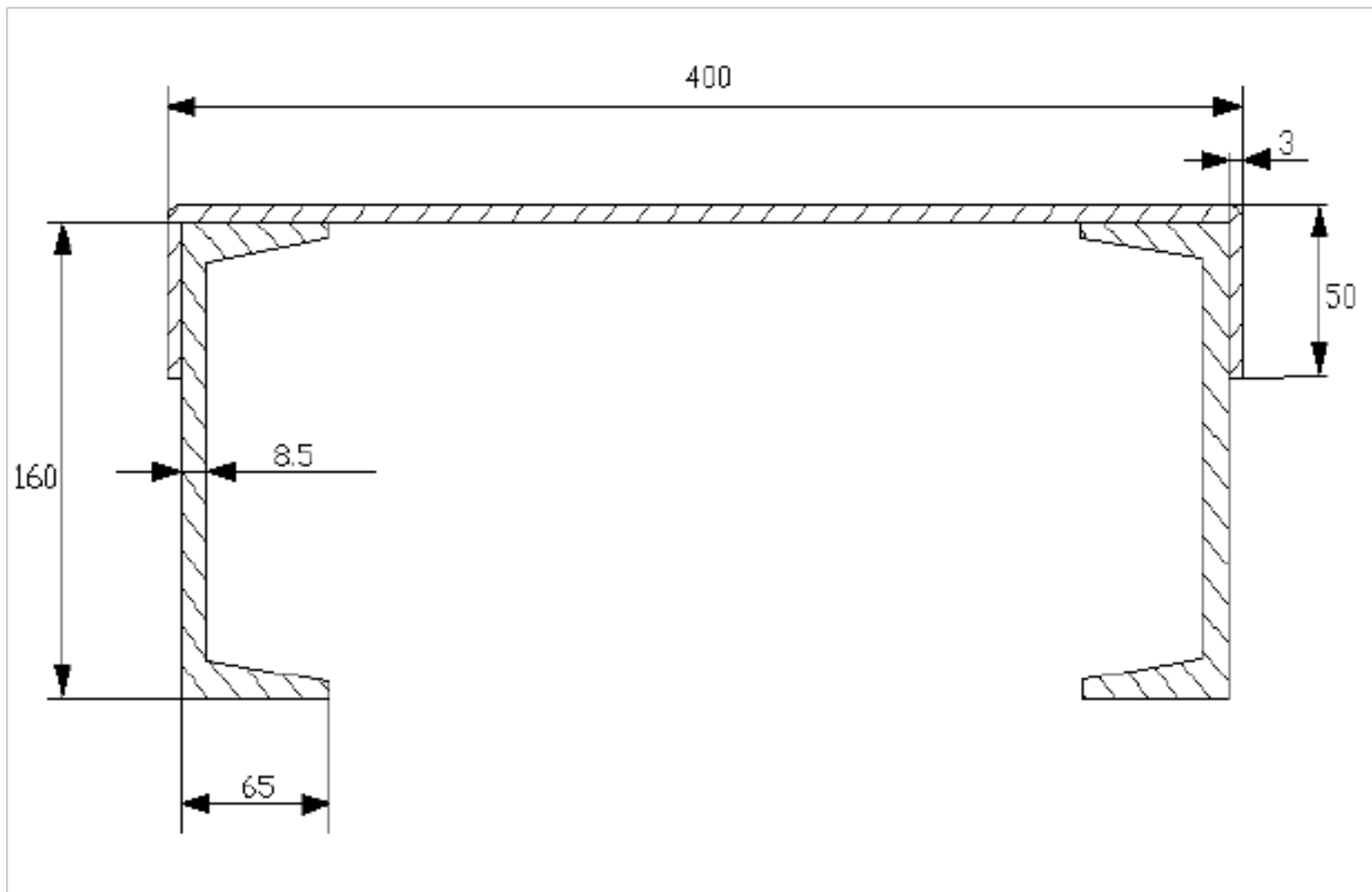


图 4.2托架的截面图

$$\begin{aligned}
 \text{由于: } q &= \rho \times g = (2 + \quad) \times 9.8 \text{ N/m} \\
 &= (2 \times 19.752 + 12.15) \times 9.8 \text{ N/m} \\
 &= 506.209 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{又因: } F_{N1} + F_{N2} = F_1 + F_2 + q \times l \quad (1)$$

$$F_{N1} = F_{N2} \quad (2)$$

$$\text{联立(1), (2)得: (其中 } F_1 = F_2 = \frac{1}{4} \text{ m}_{\text{汽车}} \times g = \frac{1}{4} \times 3000 \times 9.8 \text{ N} = 7350 \text{ N)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{所以: } F_{N1} = F_{N2} &= (F_1 + F_2 + q \times l) / 2 \\
 &= 7350 + \frac{506.209 \times 4}{2} \\
 &= 8362.418 \text{ N}
 \end{aligned}$$

所以在 AB 段中: ($0 \leq x \leq 0.8 \text{ m}$)

$$F_s = F_{N1} - q \times x = (8362.418 - 506.209 \times x) \text{ N}$$

$$M = F_{N1} \times x - \frac{1}{2} q \times x^2 = (8362.418 \times x - \frac{1}{2} \times 506.209 \times x^2) \text{ N.m}$$

在 BC 段中: ($0.8\text{m} \leq x \leq 3.2\text{m}$)

$$F_s = F_{N1} - q \times x - F_1 = (1012.418 - 506.209 \times x) \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M &= F_{N1} \times x - F_1 (x - 0.8) - \frac{1}{2} q \times x^2 \\ &= (1012.418 \times \frac{1}{2} \times 506.209 \times x + 5880) \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

在 CD 段中: ($3.2\text{m} \leq x \leq 4\text{m}$)

$$F_s = F_{N2} - q \times (1x) = (8362.418 - 506.209 \times (4x)) \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M &= F_{N2} \times (1x) - \frac{1}{2} q \times (1x)^2 \\ &= (8362.418 \times (1x) - \frac{1}{2} \times 506.209 \times (1x)^2) \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

因此其剪力图和弯矩图如 (图 4.3) 所示。

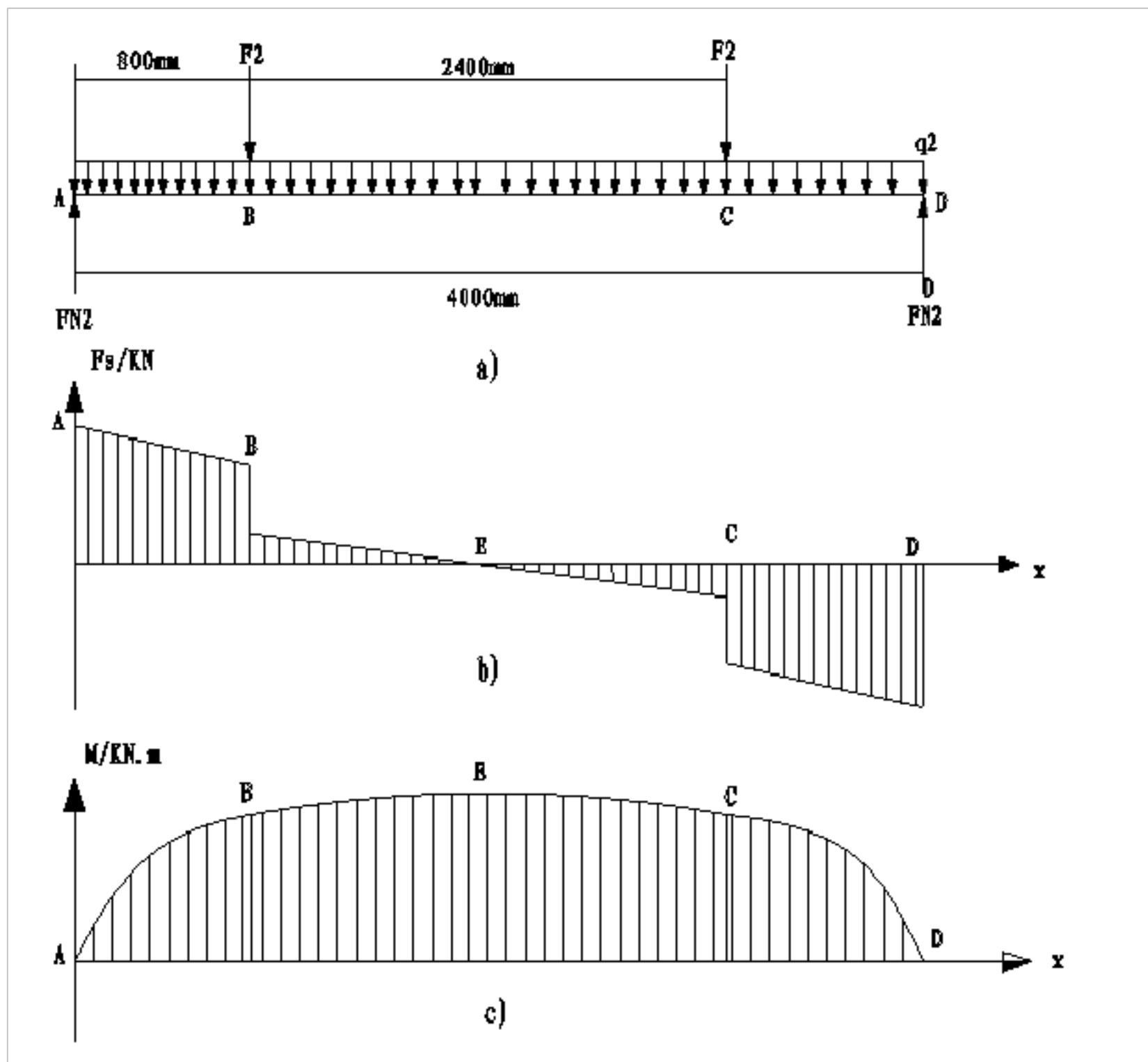


图 4.3托架的受力图、剪力图和弯矩图

a)为托架的受力图；

b)为托架的剪力图；

c)为托架的弯矩图。

由弯矩图可知：E 点所受的弯曲应力为最大（其中 $x=2\text{m}$ ）。

$$\text{其中 } M = F_{N1} \times x - F_1 \left(x - 0.8\right) - q \times x^2$$

$$= 1012.418 \times \frac{1}{2} \times 506.209 \times x + 5880$$

$$= 1012.418 \times \frac{1}{2} \times 506.209 \times 2 + 5880$$

$$= 2024.836 - 1012.418 + 5880$$

$$= 6892.218 \text{ N.m}$$

因此：所要承受的最大弯曲应力为：

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W} = \frac{6892.218}{2 \cdot 117 \cdot 10^6} \text{ MPa}$$
$$= 29.455 \text{ MPa}$$

由于举升机是要汽车维修工人在托架下面进行工作，因此尽量将安全系数取大一点，因此取安全系数 $K=10$

所以将要选取的材料的抗弯强度（ σ_{\lim} 应该满足以下条件）

$$\sigma_{\lim} \geq \sigma_{\max} \times K = 294.55 \text{ MPa}$$

经过查工程材料手册（黑色金属材料卷）可得：

可以选用 Q235（A），其抗弯强度 $\sigma_{\lim} = 375 \sim 500 \text{ MPa}$

§ 4.2 对升降架进行设计计算

由于前面已经知道升降架的长度 2600mm，使用材料为矩形空心型钢，初选矩形空心型钢为边长 $A=150\text{mm}$ ， $B=100\text{mm}$ ，壁厚 $t=8\text{mm}$ ，理论重量为 $\rho=28.096\text{kg/m}$ ，截面系数为： $W=138.546\text{cm}^3$ 。轮距的最小值取为 1400mm。因此分析升降架的受力情况如（图 4.4 中 a 图所示：

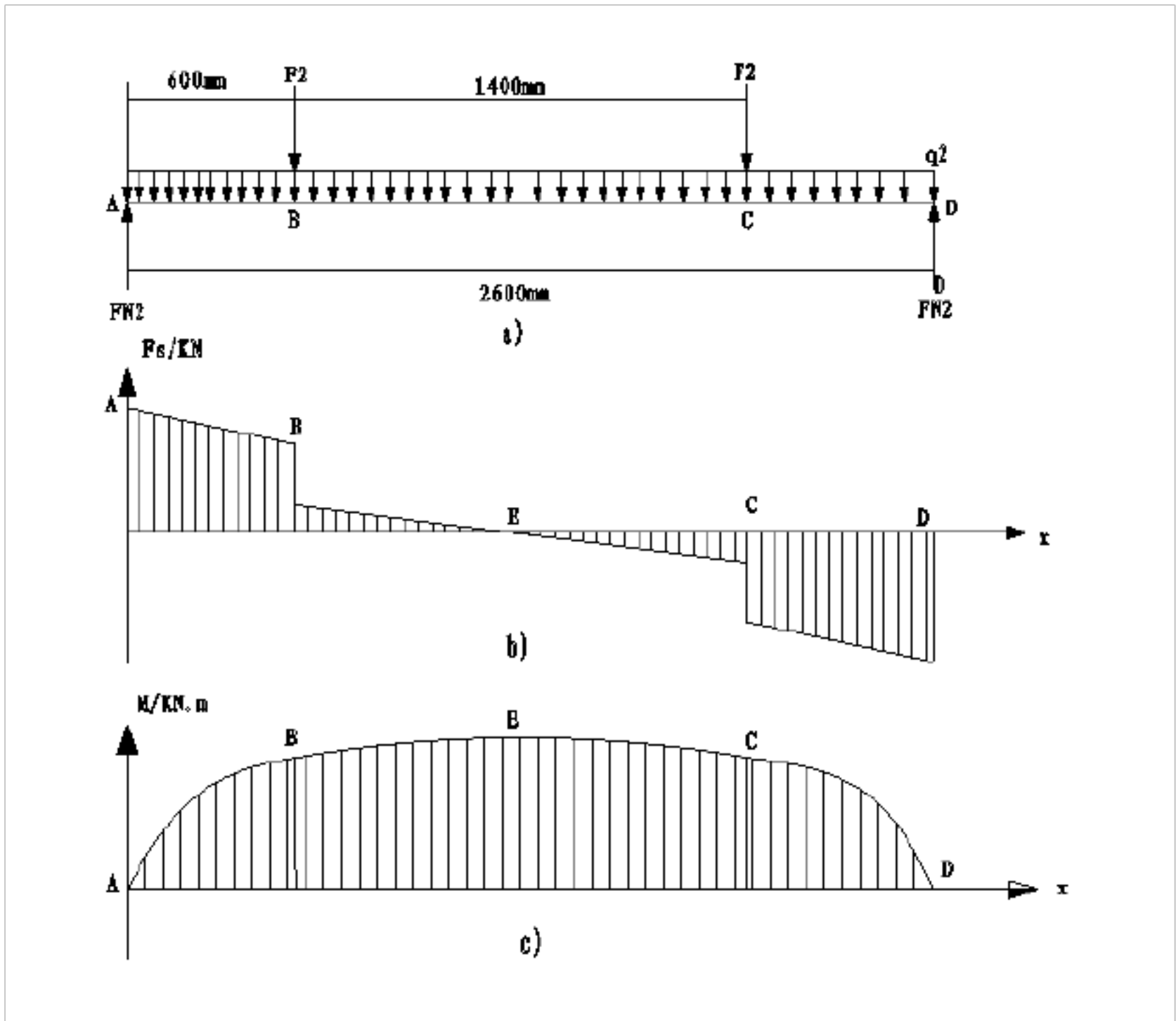


图 4.4升降架的受力图、剪力图和弯矩图

- a) 为升降架的受力图；
- b) 为升降架的剪力图；
- c) 为升降架的弯矩图。

由于： $q = \rho \times g = 28.096 \times 9.8 \text{ N/m} = 275.3408 \text{ N/m}$

$$\text{又因： } F_{N1} + F_{N2} = F_1 + F_2 + q \times 1 \quad (1)$$

$$F_{N1} = F_{N2} \quad (2)$$

联立(1), (2)得： (其中 $F_1 = F_2 = \frac{1}{4} (m_{\text{汽车}} + 2 \times m_{\text{托架}}) \times g$)

$$= \frac{1}{4} \times (3000 + 2 \times 4 \times 51.19) \times 9.8 \text{ N}$$

$$= 8353.324 \text{ N}$$

所以： $F_{N1} = F_{N2} = (F_1 + F_2 + q \times 1) / 2$

$$=8353.324 + \frac{275.2408 \times 2.6}{2}$$

$$=8711.137\text{N}$$

所以在 AB 段中：(0 ≤ x ≤ 0.6m)

$$F = F_{sN1} - q \times x = (8711.137 - 275.3408 \times x) \text{ N}$$

$$M = F_{sN1} \times x - \frac{1}{2} q \times x^2 = (8711.137 \times x - \frac{1}{2} \times 275.3408 \times x^2) \text{ N.m}$$

在 BC 段中：(0.6m ≤ x ≤ 2m)

$$F = F_{sN1} - q \times x - F_1 = (357.813 - 275.3408 \times x) \text{ N}$$

$$M = F_{sN1} \times x - F_1(x - 0.6) - \frac{1}{2} q \times x^2$$

$$= (357.813 \times x - \frac{1}{2} \times 275.3408 \times x^2 + 5011.994) \text{ N.m}$$

在 CD 段中：(2m ≤ x ≤ 2.6m)

$$F = F_{sN2} - q \times (1x) = (8711.137 - 275.3408 \times (2.6)) \text{ N}$$

$$M = F_{sN2} \times (1x) - \frac{1}{2} q \times (1x)^2$$

$$= (8711.137 \times (2.6) - \frac{1}{2} \times 275.3408 \times (2.6)^2) \text{ N.m}$$

由上述的剪力方程和弯矩方程可以画出剪力图和弯矩图如（图 4.3 中 b、c 图所示，

由弯矩图不难看出 E 点既为危险截面（即 x=1.3m 在受到的弯曲应力为最大）

$$\text{其中 } M = F_{sN1} \times x - F_1(x - 0.6) - \frac{1}{2} q \times x^2$$

$$= 357.813 \times x - \frac{1}{2} \times 275.3408 \times x^2 + 5011.994$$

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/327120041006010001>