成都工業學院
Chengdu Technological University

本 科 毕 业 设 计（论 文）

题目： **农村通信基站维护时燃油配送和巡查路线**

学生姓名： 项羽

学　　号： 1501511794

班　　级： 15 级物联网 1 班

专　　业： 物联网工程

院（系）： 智能制造工程学院

指导教师： 诸葛亮

二零二四年五月十五日

毕业设计（论文）原创性声明

本人郑重声明：所呈交毕业设计（论文），是本人在指导教师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

毕业设计（论文）作者签名：　　导师签名：

日期：　　年　　月　　日　　日期：　　年　　月　　日

毕业设计（论文）使用授权声明

本人完全了解成都工业学院有关保留、使用论文的规定，即：学校有权保留论文并向国家主管部门或其指定机构送交论文的电子版和纸质版，有权将论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆、院（系）资料室被查阅，有权将论文的内容编入有关数据库进行检索，可以采用复印、缩印或其他方法保存论文。

毕业设计（论文）作者签名：　　导师签名：

日期：　　年　　月　　日　　日期：　　年　　月　　日

摘　　要

随着物流产业的迅速发展，叉车行业也发展迅速，未来叉车主要发展的地方绝不只是在生产和销售，租赁在我国也将成为一个新的市场，而叉车在迅猛突破其可能性的时候，叉车门架系统也亟待提升，有句话说得好，部分的提升才能带动整体的提升。叉车门架系统是叉车的工作装置，它在叉车的装卸、堆垛过程中起到关键作用。（摘要正文为小四号宋体/Times New Roman，段落两端对齐，每个段落首行缩进两个字，行间距 1.5 行。）

（此处空一行）

关键词：叉车门架系统；货叉；开口式叉架；CJ 型；液压系统

Abstract

With the rapid development of logistics industry and the rapid development of the forklift industry, the future development of forklift is not just in production and sales. Leasing is also a new market in our country. However, when the forklift breaks through the possibility, the forklift system also needs to be improved. In a word, the improvement of some parts can lead to overall improvement.Forklift door frame system is the working device of forklift truck, which plays a key role in loading and unloading of forklift truck. This design mainly aims at the summary of the four years of university study, in the design, the design and selection of the forklift truck door frame some institutions, for institutions to connect each part clear representation of the design of the main content is as follows:

(1) for the fork, select the national standard design, and comply with the design specification.

(2) For the fork frame, choose the open fork frame that is beautiful and cost-effective compared to most forklifts.

(3) Door frame with CJ, the advantage of the door frame is roller is pressure is not always a lot.

(4) Finally,our hydraulic system is simple and convenient.

Keywords: Forklift system；Pallet fork；Open fork；CJ；The hydraulic system

目　　录

第 1 章　绪论 ····· 1
1.1 叉车的历史背景和发展 ····· 1
1.2 叉车门架的发展和历史 ····· 2
1.2.1 叉车门架（工作装置）简介 ····· 2
1.2.2 门架的历史发展状况以及研究现状 ····· 2
1.3 本课题研究的意义、主要内容 ····· 4
1.3.1 研究的意义 ····· 4
1.3.2 研究的主要内容 ····· 5
第 2 章　叉车门架总体方案设计 ····· 8
2.1 货叉的设计 ····· 8
2.1.1 货叉选型 ····· 8
2.1.2 货叉三维模型图展示 ····· 8
2.2 叉架设计 ····· 8
2.2.1 叉架的选型 ····· 8
2.2.2 叉架和货叉连接三维模型图 ····· 10
2.3 门架设计 ····· 10
2.3.1 内外门架截面选型 ····· 10
第 3 章　门架各部分的设计与验算 ····· 12
3.1 货叉的设计与验算 ····· 12
3.1.1 货叉的强度校核 ····· 12
第 4 章　叉车门架起升液压系统 ····· 13
4.1 动力元件 ····· 13
4.1.1 液压泵的工作原理 ····· 13
4.1.2 液压泵的特点 ····· 14
4.1.3 液压泵的相关参数 ····· 14
4.2 执行元件（起升液压缸） ····· 15
4.3 控制元件 ····· 15

4.4 叉车起升液压系统工作原理 ····· 16
4.5 起升液压系统计算 ····· 18
4.5.1 系统压力 ····· 18
4.5.2 流量 ····· 18
4.5.3 液压泵消耗功率计算 ····· 18
第 5 章 第五章测试 ····· 19
总结和期望 ····· 20
参考文献 ····· 21
致谢 ····· 22

第 1 章　绪论

1.1　叉车的历史背景和发展

在 1917 年，美国有一家大型公司名叫克拉克，他们研究制造出了世界上第一台叉车，距今已有 101 年，可谓历史悠久。第二次世界大战期间，由于蒸汽机应用的局限性，加上搬运军事物资的迫切需求，叉车装上内燃机在搬运、存储军用物资方面得到广泛应用，促进了世界叉车行业的空前发展，尤其是在叉车的性能设计上得到巨大提升。20 世纪 50 年代国内企业大连叉车有限责任公司前身大连机械制造一厂逐渐开始了模仿前苏联 5t 机械传动叉车，当时他们利用的是解放牌汽车的发动机、离合器、变速器、驱动桥、转向器等配套件及测绘仿制液压泵、多路阀、转向助力器等设计出来的。60 年代的中国最为直接的手段就是通过测绘仿制日本叉车，因而使得中国的叉车行业得以开创，相同的情况下中国由于没有较为成熟的发展历程，所以当时叉车的外观类型和各类叉车属具都是模仿日本叉车的样子来生产制造的。70 年代，伴随着人类进入计算机控制技术的发展以及物料搬运系统自动化作业时代，叉车也随之进入相应的时代，叉车在中国也是越来越多；就在这个时期出现了行业联合设计，此举瞬间成为中国叉车行业的重要根基，我国叉车行业初步成型，并且形成了自己设计理念和生产团队。80 年代的新系列设计，拓宽了品种系列，大范围采用了同步器换、动力技术、宽视野门架和液力传动等科学新技术。自从 80 年代以来，我国引进、消化、吸收国外产品技术，并使其国有化，提高了我国该行业的技术水平。自从 90 年代以来，我国潜在市场吸引一批国外叉车企业，他们纷纷来华要么投资、合资建厂，要么收购国内企业，如德国的林德，但是由于形式所迫国内企业不甘示弱，纷纷抓紧国内市场，对叉车进行改进，组建并且培养一批自己的精英科研团队，因此叉车行业在此期间迅速发展，再一次达到一个新高度，因而形成了产品多元化局面，叉车行业从而百家争鸣。以杭叉集团股份、合力叉车集团公司、大连叉车有限责任公司为首的国内叉车行业进入 21 世纪过后势如破竹，中国叉车行业的气势正如火如荼地进行着。随着柳工、一拖、山推、厦工等我国比较出名的企业的加盟，伴随如今的制度改革、同盟、收购和许多外资企业加入，使叉车行业进入了崭新多样的时期，至此，我国叉车的生产技术已经与世界先进技术水平不相上下，美中不足的是我国中低档叉车在寿命、稳定性上与世界先进水平还有差距。目前，世界主要的叉车生产国为日本、德国、美国；当然，自从 09 年以后我国已

成为世界叉车第一消费大国。



图 1-1 现代简易叉车

1.2 叉车门架的发展和历史

1.2.1 叉车门架（工作装置）简介

叉车门架作为一种工作装置，能够轻易的完成对物流物资的叉取、升降、堆垛等动作的，它是叉车重要属具。整体门架构成不出意外的话都是两级的和三级，绝大多数采用两级，通过滚轮嵌套在框架槽钢内，并且通过安装在外门架上的起升液压缸带动内门架、滑架、货叉沿着槽钢上下移动，因此叉车属具又被称为两级门架起升系统。门架可设计成只有内外门架的两级，还有内中外的三级，或者多级；无论是怎样的门架，他们的构成、结构方式都相差无几。

1.2.2 门架的历史发展状况以及研究现状

门架作为叉车最主要的工作装置，其作用巨大，叉车门架由货叉、叉架（滑架）、内门架、外门架、链轮、链条、液压系统组成。早在 1917 年，克拉克公司制造出的第一台叉车，其门架远远没有现在的门架先进。曾经的门架没有举升系统，只能用于简单的货物搬运，运行起来十分不方便。因此，在 1923 年克拉克公司出版了一套叉车门架的标准。到此差不多就具备了门架、货叉、叉架等起升系统必要的构成。但是可想而知老式叉车功能

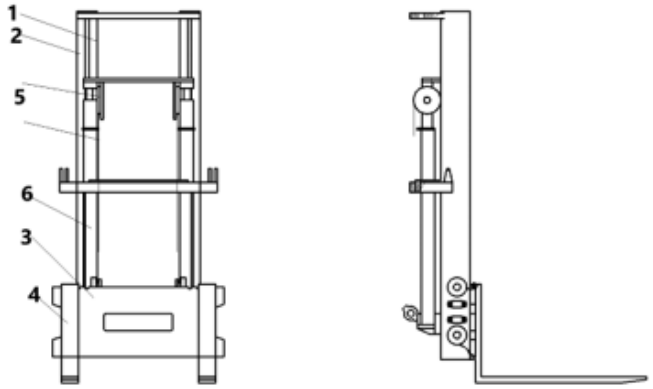


图 1-2 叉车门架系统

简单，有相当大的局限。1928 年，生产了一台有起升液压缸和倾斜液压缸的叉车，可以说形成现在叉车的雏形。1959 年，克拉克公司再次不负众望，成功生产了二级叉车门架，并且成功投入使用，是门架系统得到一个质的飞跃，为多级叉车门架打下坚实的基础。至此，随着叉车门架机构设计的进一步发展，叉车门架就成为了该机构里边最为显眼的一部分。驾驶员的视野环境，是影响叉车安全性能的一个重要方面。

它突出的原因在于它挡住了驾驶员视野，以前的起升液压缸布置在门架的中间位置对驾驶员的视野产生超级大的影响，容易发生不必要的事故。就像是开车行驶在高速路一样，速度越快，危险越大，当叉车驾驶员行驶速度过快，极度容易出事故。因此，我们需要的是宽视野的门架，即液压缸在门架立柱后，并且采用双液压装置，左右各一根。这样大大减少了对驾驶员生命安全的威胁。还有多数研究表明：驾驶室里如果适当的进行布局规划，并且把相关的操纵部件按人机工程学排放，在这样舒适操作空间驾驶员怎能不更加有工作干劲，在相当大的程度上提高生产效率。此外，较大的下部空间能够使得驾驶员的舒适度得到进一步提升。叉车座椅的设计参照汽车等座椅的设计应该尽可能维持驾驶员脊柱生理位置，保持正常的生理曲度[1]。

我国是发展中大国，在很多方面都亟待发展，像叉车门架设计这一块，研究起步时间很短，还需要大量时间进步。广西大学祁雁凌 (2013) 研究新型电动叉车门架系统，研究该新型门架的出发点是为了提高叉车的工作效率，减低能耗，减少对环境的污染。提高工作效率主要是提高工作装置（门架）的工作效率，祁雁凌运用了滚珠丝杠的传动效率高、传动精度高、刚度高等优点代替液压系统，相比既提高了工作效率，也降底了因液压系统漏

油导致工作效率不可控的因素，同时降低泄漏油挥发后对大气的污染，同时应用了电磁制动器提高了滚珠丝杠的自锁能力[2]。厦门海洋学院的唐整生对叉车色彩的设计展开了论述，通过色彩影响人心里的角度对叉车颜色的设计进行了深入研究[3]。机械科学研究院窦志平对叉车人机工程设计展开了深入讨论，从人的角度对叉车个部件的设计展开研究[4]。此外各大中型生产企业除了提出了更加新颖的设计理念，还对自身的产品结构外观进行相应的改进设计，主要是模仿那些工业大国的技术进行设计。

说到叉车门架的稳定性，就必须谈及到弯曲载荷力，它主要承受的就是弯曲载荷力。门架的计算模型有多种，普遍就那么两三种在为今见得最多，近年来大量国内外企业以及相关单位对其进行了深度探讨和研究，如上世纪西德斯图加特运输技术学院对叉车门架组的静应力进行了研究，给出由整体弯曲和约束扭转产生的门架立柱应力，引入局部弯曲应力的应力分布规律及其计算公式。

近年来我国某些高等院校也进行了许多理论的研究，譬如上海海事大学余崇义副教授提出运用开口杆件约束扭转的分块计算方法来计算叉车门架立柱断面的约束扭转特性参数，而且运用该理论计算了叉车门架槽钢立柱的约束扭转正应力; 还有比如西南交大张质文教授提出按薄壁杆件的约束扭转理论来计算叉车门架的约束扭转，并推导出具体的计算方法；常州大学材力教研组运用空间刚架考虑约束扭转有限元编制程序来计算门架的各项应力。还有的用板块弯曲组合有限元程序来计算门架的局部弯曲应力。关于门架设计计算方法目前国内外并不统一，特别是门架强度计算方法各不相同欧洲有的国家把外门架立柱看作外伸梁，计算在门架垂直平面内的弯矩前苏联把门架当作外形封闭的框架计算，在门架平面和与门架垂直的平面内承受滚轮的集中力作用，计算杆件截面的最大扭矩和门架翼缘的局部弯曲日本有的厂家将门架立柱看作简支梁，计算内门架立柱的最大弯矩和翼缘的局部弯曲我国将门架槽钢立柱看作外伸梁，在槽钢翼缘内受到滚轮的集中力作用，计算槽钢产生的最大弯矩，近年来在分析受力时除了考虑门架槽钢立柱所承受弯矩外还增加考虑约束扭转的作用[5]。

1.3 本课题研究的意义、主要内容

1.3.1 研究的意义

(1) 关于学生自身角度，当今面临毕业，作为大四即将毕业进入社会工作的新新力、栋梁之才。毕业需要把大学所学尽可能展示出来以提高大学生实践操作能力。作为合

格的大学毕业生，应当能够独自选择自己喜欢且能够独自完成的论文题目，这样不仅能培养基础学生的扎实功底，更能培养他们的责任心；在此情况下，本将进入工业体系的我们更好了解关于工业体系的知识。

(2) 关于叉车角度，随着物流产业的迅速发展，叉车行业也发展迅速，未来叉车主要发展的地方绝不只是在生产和销售，租赁在我国也将成为一个新的市场，而叉车在迅猛突破其可能性的时候，叉车门架系统也亟待提升，有句话说得好，部分的提升才能带动整体的提升。

(3) 关于叉车门架角度，叉车门架作为叉车不容忽视的工作装置，在插取、堆垛的过程中最为显眼，因此它的做工必须做到好一些，提高效率。门架系统作为叉车中直接的承载、升降部件，影响着叉车的整体性能。本课题要求按照平衡式叉车的要求设计门架系统，完成门架系统结构设计及强度计算、升降系统设计、液压系统设计、元器件计算及选型。

1.3.2 研究的主要内容

按照平衡式叉车的要求设计门架系统。包括门架起升系统、液压系统、还有各元器件，如滚轮、销连接；还有货叉、叉架、门架的系统结构设计及强度计算。

(1) **门架系统强度计算** 根据计算公式依次对货叉、叉架、门架进行强度校核。

① 货叉一般是选用标准尺寸比较方便，但大多数人都喜欢自己设计；自己设计也好，选用标准尺寸的货叉也行，但要求保证它的强度和刚度，并且进行合理的设计和验算。确定货叉水平段在外载荷作用下的变形的方法就是对货叉刚度进行计算，计算叉尖或载荷中心处的垂直静挠度。刚度越大，它的挠度越小。

② 关于叉架强度计算，在叉架设计计算时，首当其冲要确定的是框架的构造形式和滚轮间距等主要尺寸。

③ 关于门架强度，首先计算出整体弯曲应力，从而计算出截面处的正应力，然后计算出局部弯曲应力，最后合成应力。门架强度计算必不可少，计算门架的整体变形量就是通过计算它而得知；货叉放上物体，门架承受力，会有向前弯曲倾斜的趋势，这时载荷中心前移。倘若该中心前移一定距离，那就会直接影响到稳定性，特别在起升高度大的情况下甚为这样。还有就是计算刚度和强度的工况都是一样一样的门架垂直，升到最高，重心位于载荷中心。在这种工况条

表 1-1 货叉水平段长度系列

长度 / mm	750	800	900	950	1050	1150	1200
	1350	1500	1600	1650	1800	2000	2400

件来计算顶端的水平前移量和转角。

(2) **门架系统和液压系统设计** 门架构造由货叉、叉架、门架、链轮和链条构成。货叉按照 GB/T 5183-2005《叉车 货叉 尺寸》中，如下表，规定的挂钩型货叉的横截面和货叉水平段长度的推荐尺寸来选择，选定尺寸即可进行强度刚度校核。然后安装尺寸，由 GB/T 5184-2008《叉车 挂钩型货叉和货叉架 安装尺寸》，直接查表选定安装尺寸，如下表。叉架大部分尺寸由以上可以查出，其余自行设计。门架高度尺寸由起升最大高度计算得出。

(3) **液压系统** 液压系统在机械行业应用范围较广，而且常常应用于起升系统，但是它有一个主要的问题，那就是漏油，这也是叉车出现故障的主要因素，因此在对液压系进行选型的时候需要做出一些总结，文献 [25][26] 总结出其优点如下：

① 输出时稳定，输出刚度大，定位准确；

② 单位功率重量轻、结构尺寸小；

③ 执行元件尺寸小、质量小；

④ 液压元件通用性强，寿命长；

⑤ 同意实现功率放大；

⑥ 操作控制方便，容易实现自动化。

叉车液压升降系统也有一些缺点, 文献 [27][28][29] 对这些缺点做了如下总结:

① 传动效率低；

② 漏油；

③ 制造和维护成本高。

④ 液压信号传递速度慢。

⑤ 能量传递不方便, 管路连接复杂。

通过上文液压升降系统的优缺点，可知传动效率和漏油现象极度影响和制约门架升降系统的性能。

表 1-2 货叉截面尺寸系列

货叉厚度 / mm	货叉宽度 / mm								
	80	100	120	130	140	150	160	180	200
25	×								
30	×	×							
35		×	×	×					
40		×	×	×	×				
45			×	×	×	×	×		
50			×	×	×	×	×	×	
60					×	×	×	×	×
70							×	×	×
80								×	×
90									×

表 1-3 货叉安装尺寸

起重量 t	载荷中心距 mm	货叉形式	a	b	h_1	h_2	h_3	m_1	m_2	c_1	c_2	k_1	k_2	e	q
0.5-0.75	400	A	76	331	394	307	305	28	26	17.5	16	14	13	16	8
		B	114		432										
1-2.5	500	A	76	407	470	383	381	31	29	17.5	16	14	13	16	8
		B	152		546										
2.7–4.75	500	A	76	508	568	478	476	40	38	23	21.5	17	16	19	10
		B	203		695										
5–6.3	600	A	127	635	743	599	597	47	45	27	25.5	20	19	19	12
		B	254		870										

第 2 章　叉车门架总体方案设计

2.1　货叉的设计

2.1.1　货叉选型

首先货叉部分，货叉分为两种，挂钩和铰接，如图 2-1 所示。挂钩货叉上下处各有一个挂钩，这种货叉制造较简单，先锻成长条，然后直接墩段成 L 型就可以，钩子是直接焊接上去的，最后进行热处理。这种货叉安装也比较容易。铰接型货叉垂直段上面部分比较厚，中心为销轴孔，通过该孔安装在叉架上。这种货叉在中小吨位使用较少，主要在大吨位叉车上使用，因为它装卸不太容易，货叉需要水平移动时，多使用液压缸推动。因此综上所述，我们选用挂钩型货叉。货叉的标准化生产，国家根据国际标准化组织的相关标准，制定了挂钩型货叉尺寸，挂钩型货叉和叉架的安装尺寸等国家标准。

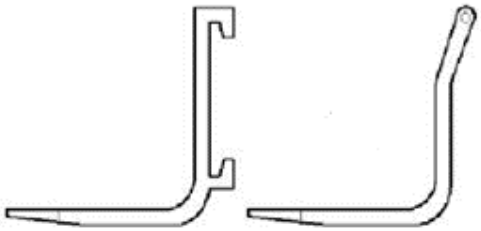


图 2-1 货叉形式

2.1.2　货叉三维模型图展示

货叉相对于其他部分结构来说相对比较清晰，由于货叉结构简单，所以很容易看的懂，货叉主要是垂直段和水平段。

2.2　叉架设计

2.2.1　叉架的选型

当谈及到叉架的设计。首先想到的是货叉与叉架的链接形式，无可厚非的是叉架前端上表面是做有凹槽，挂钩型叉架上挂钩直接挂在上面即可，但是需要固定其在叉架上表面。

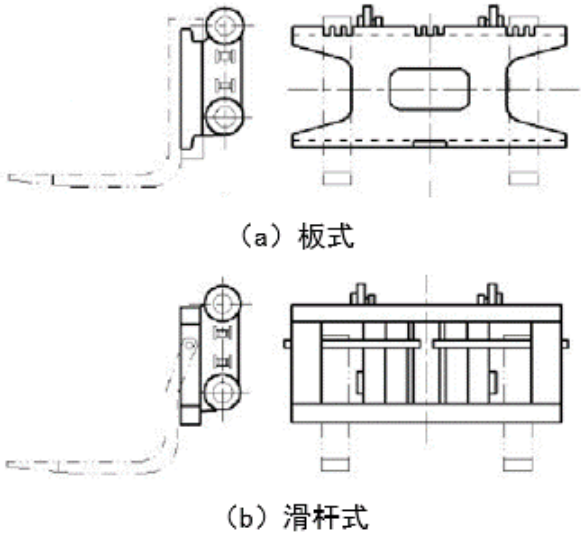


图 2-2 叉架与货叉连接形式

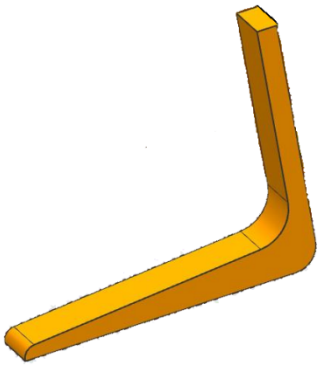


图 2-3 货叉三维模型

可以先用螺钉连接，也可选用销轴链接。螺钉连接还需在叉架上打螺纹孔，当连接时需要将螺钉拧紧，稍微较麻烦。因此我们选用销轴连接两者，并且选用定位销。设计的销轴孔在上挂钩内，有一个大小适中的孔腔放进一个弹簧，销轴插入叉架上横梁的凹槽中，起固定货叉作用。如果需要调节间距，只需将定位销往上提克服弹簧力使销轴脱离叉架凹槽即可左右移动进行调节。如下图是货叉上挂钩处结构图

叉架有多种多样结构，如开口框架结构、封闭式框架结构、封闭板式结构、开口板式结构。他们要么是焊接而成，要么是整块钢板采用切割，挖取而成。在这里我们选用开口板式结构，该结构美观、大方，整体更加清新自然。

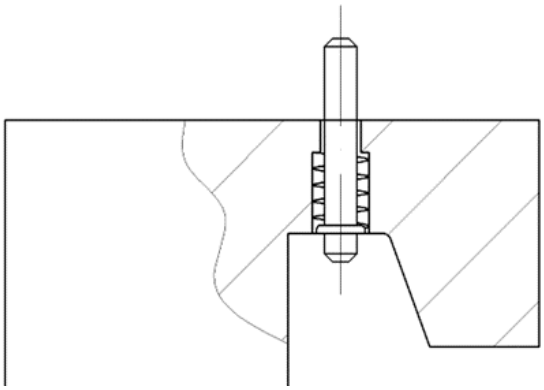


图 2-4 上挂钩处剖视图

2.2.2 叉架和货叉连接三维模型图

设计的叉架和货叉与传统的叉架区分并不大，纵向、侧向滚轮和以往一样正常安置，有一点就是为了方便安装滑轮我们将滚轮架改为实体面。叉架与内门架连接的状态决定叉车能不能正常工作，一次它是工作主要的承载元件之一。

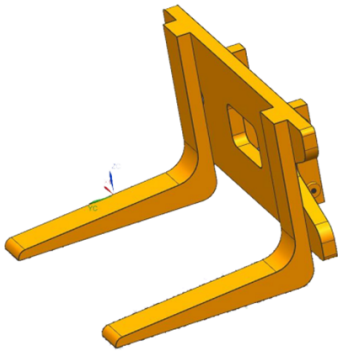


图 2-5 货叉与叉架

2.3 门架设计

2.3.1 内外门架截面选型

内外门架是通过上中下横梁连接而成，各自有左右两根立柱。外门架立柱截面一般是 C 字型，内门架可以是 C、J、I、L 型，CC 内外门架立柱截面相同，内外门架立柱相同，意味着简便，这便是它的优点；但是内门架滚轮必须装在内门架下腹板上，滚轮压力总是困扰着内门架，因为它很大。CI 型、CJ 型、CL 型、CI 型内门架立柱外翼缘都有外伸翼缘插

表 2-1 C 型截面特性参数

起重量 (t)	0.5	1	2	3	4	5
H (mm)	100	132	152	164	204	212
H (mm)	78	104	116	120	152	152
B (mm)	36	42	50	56	70	70
b (mm)	9	12	13	15	18	18
d (mm)	11	14	18	22	26	30
面积 (mm^2)	1474	2424	3282	4264	6376	6936
单位重力 (N/m)	117.3	190.3	257.6	334.4	500.5	541.0
W_x (mm^3)	38020	78060	126790	174540	329260	371240

入外门架立柱槽内，外门架顶端装设有导向滚轮，内门架下端腹板还装有一个导向滚轮，这样滚轮间距大，滚轮压力就小，门架受力情况较好。伴随内门架的上升，滚轮间距变小，滚轮压力最大时候，内门架滚轮上升至最大高度。综上，从 CI 型、CJ 型、CL 型、CI 型中选择一种搭配模型，选择 CJ 型。

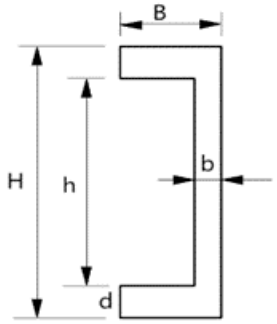


图 2-6 C 型截面图

第 3 章　门架各部分的设计与验算

3.1　货叉的设计与验算

3.1.1　货叉的强度校核

货叉不管是自己设计还是标准尺寸货叉，进行设计与验算是又必要的，都需要进行强度校核。

(1) **货叉计算简图**　货叉和叉架有两种连接形式，铰接形式的可以看作是静定钢架模型，如图 b；而对于挂钩型货叉来说成为了一次超静定钢架，上支承可以简化为固定支座，下支承可以一定程度移动或者转动简化为活动支座，如图 a。

这两种计算简图，在 P 的作用下，货叉垂直段下部都沦陷为危险截面，该部分应力状态和强度都一样。首先考虑到挂钩型货叉在安装的时候上部挂钩出肯定又安装间隙，并不是说就不能完全转动，还是可以转动一点的，安全第一，为安全起见，各种货叉都按照静定钢架模板进行强度检核。即参照如图 b。

(2) **货叉强度计算**　受到集中载荷 P 作用后的内力图如下。垂直方向段受弯矩和拉力，水平方向段受弯矩和剪力。危险截面在 A 点一下垂直段，最大正应力等于弯曲应力加轴向应力，如图 a

$$\rho w = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{PC}{a^2 b/6} = \frac{10000 \times 500}{35^2 \times 100/6} \approx 245\ \text{MPa} \qquad \text{公式（3.1）}$$

$$\rho_1 = \frac{P}{F} = \frac{P}{ab} = \frac{10000}{35 \times 100} \approx 3\ \text{MPa}$$

$$\rho_{\max} = \rho w + \rho_1 = 248\ \text{MPa}$$

$$[\rho] = \frac{\rho s}{n} = \frac{748}{3} \approx 261\ \text{MPa} \qquad \text{公式（3.2）}$$

第 4 章　叉车门架起升液压系统

叉车门架起升液压系统在机械研究领域还是比较简单和典型的，它具有运动平稳，控制起来方便，还有结构相对紧凑，还有一个管路便于布置等的有点，因此被广泛的用于各个机械领域。门架起升液压系统，通常由动力、执行机构和控制、辅助元件四部分组成。该论文本次只涉及动力机构，执行机构，还有控制机构。由于辅助元件主要系油箱，所以不多做阐述。

4.1　动力元件

动力元件，顾名思义是为液压系统提供动力的组成部分，在系统中不可缺少。液压系统的流量和压力以液压泵的形式提供，它是一种能量转化装置能将电动机的输出的机械能转化为工作液体的压力能。它的性能决定系统的稳定性和可靠性。

4.1.1　液压泵的工作原理

液压泵一般叫做容积式液压泵，因为它们都是采用密封容积变化的原理工作。如图 4-1 为单柱塞式液压泵的工作原理图。

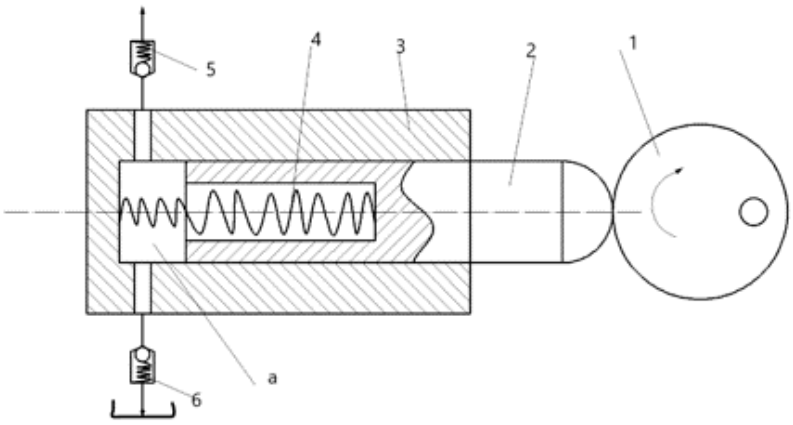


图 4-1 液压泵工作原理图

柱塞 2 和缸体 3 形成了密封容积 a，4 是在柱塞 2 后部的弹簧，由于它的作用使得柱塞 2 一直顶在偏心轮 1 表面，发动机驱动偏心轮做旋转运动，由此使得柱塞 2 不停的做左

右往复运动，当偏心轮左端距离轮芯最远距离时，柱塞处于最左端位置，a 有大变小，此时容积 a 最小，单向阀 5 将被顶开，a 中的油液流入系统从而实现压油；反之，当偏心轮最长一段旋转到右端，a 中容积由小变大，从而 a 中压强减小，使油箱中油液在大气作用下，顶开单向阀 6，使输油管中的油流进容积 a 中，从而实现吸油。发动机偏心轮不停的旋转，造成液压泵不停的吸油压油。

4.1.2 液压泵的特点

(1) 液压泵输出的流量随该空间容积的变化量的变化而变化，前者变大，后者也变大；它还随变化次数变化，变化规律和前边一样，归纳可知它具有数个可周期性变化且密封的空间。

(2) 油箱采用密闭的冲压油箱或者保持与大气通的原因是为了能够保证液压泵的正常吸油。邮箱内的液体绝对压力，需一直等于或者大于大气的压力，之所以容积式液压泵能够吸油，这就是外部条件。

(3) 它具有相应的配流机构。保证液压泵有规律的洗压油。液压泵的结构不同，配流机构不同。上图所示配流机构就是单向阀 5 和 6。

当液压泵中的油腔处于压油的时候叫做压油腔，在吸油的时候叫吸油腔。吸油腔的压力由吸油高度和吸油管路阻力决定；压油腔的压力由外负载和排油管路的压力损失决定。

4.1.3 液压泵的相关参数

(1) **压力** 使用指导书上一般会有最大工作压力和额定工作压力，额定工作压力是允许使用的正常工作压力，前提是保证泵的使用寿命和容积效率。最大压力由安全阀决定是超载能允许的极限。额定工作压力一般是 25 Mpa、20 Mpa、16 Mpa、10 Mpa 几个等级。

(2) **流量** 理论流量为：$Q_0 = V_0 n$，其中 V_0 是理论排量，n 是转速，单位分别是（ml/r）和（r/min）。实际流量为：$Q = Q_0 \eta v$，其中，ηv 容积效率一般大于等于百分之九十。

(3) **转速** 泵的转速要求避免产生空穴和汽蚀并且保证一定的自洗能力，一般转速在 1000 ——3000 r/min。

(4) **转矩** 输入转矩等于压力乘以排量除以 2π 乘以机械效率的乘积：

$$M_1 = pV_0/(2\pi\eta k) = 0.159pV_0/\eta k$$

式中，p 为工作压力（Mpa），V_0 为理论排量（ml/r），ηk 为机械效率，一般百分之九十。泵的输入功率与压力、排量、转速成正比：

$$P_1 = (1/60) \times 10^{-3} p V_0 n / \eta z$$

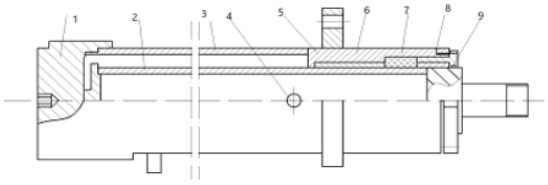
式中，p 为工作压力（Mpa），V_0 为理论排量（ml/r），ηz 为总效率，一般百分之八十。

(5) 自吸能力

(6) 其他

4.2 执行元件（起升液压缸）

柱塞式起升液压缸外径比较窄，它的下面为半球形，与浮动横梁相连，现在大多数都会采用这种液压缸，并且支撑在外门架下横梁处柱塞上端要么顶住内门架上部。液压缸如下图 4-2 所示.



1-缸底 2-柱塞 3-缸筒 4-排气孔 5-杠头 6-导向套 7-密封圈 8-压紧螺母 9-防尘垫圈

图 4-2 柱塞式起升液压缸结构

4.3 控制元件

在液压系统中，不仅要液压缸来驱动工作装置和液压泵来供油，还需要一定数量的控制阀来针对液流的流量、流速、和流向进行预定的控制。液压控制阀直接影响了工作过程，提供重要的工作参数。

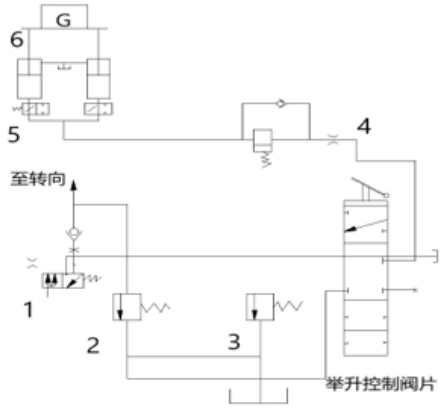
各种控制阀功能各异，种类繁多，但是有共性。在结构上它们都有阀芯、阀体和驱动阀芯的元部件；在原理上，所有阀的阀口大小都符合空口流量公式（$q = KA\Delta p^m$），只是各阀参数不同而已。譬如流量阀控制流量，压力阀控制压力。液压控制阀分类如下表 4-1（有的需要添加“阀”）：

表 4-1 液压控制阀的分类

分类方法	种类	详细分类
按用途	压力控制	溢流、减压、顺序等
	流量控制	节流、调速、分流等
	方向控制	单向、液控单向、换向等
按操纵方式	人力操纵	手把及手轮、踏板、杠杆
	机械操纵	方块、弹簧、液压、气动
	电动操作	电磁铁控制、电-液联合控制
按连接方式	管式连接	螺纹式连接、法兰式连接
	板式及叠加式连接	单层连接板式、双层连接板式、集成块连接、叠加
	插装式连接	螺纹式插装、法兰式插装

4.4 叉车起升液压系统工作原理

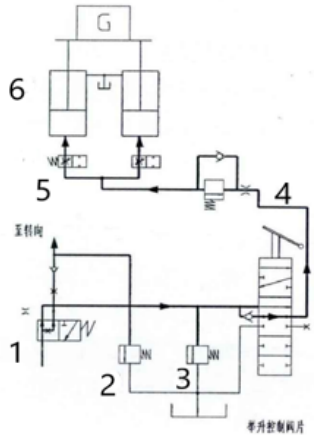
叉车频繁的动作无疑是叉车的起升和下降，它起到叉车作用的主导部分。对此我们需要研究一下叉车的起升液压系统。升降油缸为单作用缸，依靠液压油推动油缸起升，依靠中立下降。起升液压系统有起升阀片、限速切断阀、限速阀、升降油缸组成，限速切断阀在油缸底部。限制重物不超过预定值是限速阀关键作用，它的原理是减小同流面积，这样就使得流量减小，从而保持动态平衡。



1-分流阀 2、3-溢流阀 4-限速阀 5-限速切断阀 6-升降油缸

图 4-3 液压起升系统原理图

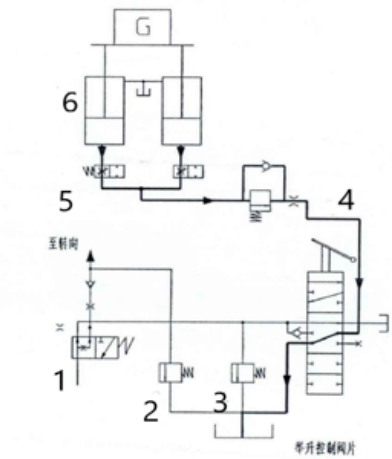
起升工况：当物体起升的时候，扣动起升阀片，其下位工作。油液从分流阀，经多路阀，进入限速阀，进入油缸推动活塞，物体起升。工作油路循环如图 4-4 所示。



1-分流阀 2、3-溢流阀 4-限速阀 5-限速切断阀 6-升降油缸

图 4-4 起升时循坏图

下降时: 扣动起升阀片上位，物体由于自身重量而下降，油液原路返回，流回油箱。起升油缸下降时，最大速度由限速阀限制，下降速度由多路换向阀调节，限速切断阀不工作。工作油路循环如图 4-5。



1-分流阀 2、3-溢流阀 4-限速阀 5-限速切断阀 6-升降油缸

图 4-5 下降时油路循坏图

4.5 起升液压系统计算

4.5.1 系统压力

货物重量、工作压力和各种损失决定了叉车门架的液压液压泵的额定工作压力。通过受力分析确定货叉满载时压力。货叉和叉架的受力前文已经涉及到，这里不多做说明。作用于起升液压缸上的力为

$$F = S_1 + S_2 + P_{np} \qquad \text{公式（4.1）}$$

式中 P_{np} 表示内门架重量加上内外门架间滚轮的摩擦阻力，单位为（kg）；S_1 表示链条活动分支拉力，单位（kg）；S_2 表示链条固定分支拉力，单位为（kg）。

由静力平衡可得

$$S_1 = Q + G_k + \frac{2W_k}{b_k}(Ql + G_k t_k) \qquad \text{公式（4.2）}$$

式中，G_k 表示叉架与或货叉重量，由上文可知，其重量等于 250kg；Q 表示物体最大重量，等于 2000 kg；W_k 表示叉架滚轮与内门架之间摩擦系数，一般取 0.1；l 表示物体重心到油缸中心距，为 800 mm；t_k 表示叉架重心到油缸中心距，为 300mm；b_k 表示叉架滚轮中心距，为 280 mm。

由此得出

$$S_1 = 2000 + 250 + \frac{2 \times 0.1}{0.28}(2000 \times 0.8 + 250 \times 0.3) \approx 3446 \text{ kg}$$

$$S_2 = S_1/\xi = 3446/0.9 = 3829 \text{ kg}$$

4.5.2 流量

液压泵的额定流量按空载是规定的速度上升。

4.5.3 液压泵消耗功率计算

第 5 章　第五章测试

总结和期望

叉车门架系统设计作为我的毕业设计，很荣幸能够在这里学到很多知识，从对于叉车的一窍不通，到现在的熟悉程度，确实不容易。

叉车门架系统从货叉、叉架、门架、门架立柱截面选择、起升液压系统等的循序渐进的过程，一个一个进行学习、了解。像是货叉比较简单，它的尺寸可以在标准中查得；叉架也有上横梁的尺寸，凹槽的尺寸，还是结构的选择，出于美观选择了开口板式叉架；尤其在门架方面难度比较大，考虑到滚轮压力等原因，最终选择了 CJ 型截面，然后就是高度设计等；最后便是起升液压系统的设计，这块对我来说最具挑战性，对于液压我是不怎么了解，因此我翻阅《液压与气动传动》，从中慢慢琢磨。

本文作为设计叉架门架系统的说明书，存在许多不足和需要改进之处，比如像在第三章对于门架系统中门架强度的校核，由于缺少数据支撑，因此无法计算出具体强度，因而无法校核，但是根据经验还是能够知道满足强度的条件，进而设计出门架。门架的设计需要考虑多种因素，首先是否符合标准，是否满足强度要求，是否满足刚度要求，各零件的设计是否满足配合等要求；还有就是设计出来的门架系统整体给人的感觉如何，而且会考虑到实用性，我们会相比较于现有的叉车门架进行相应的对比，总结出最大最多的不足。

最大的期望便是，这次叉车门架的设计能够符合要求，顺利结束大学生涯，在这美好的寄予之外，仍需改进门架系统。对此，论文中对于解剖的说明并不是特别清晰，有待提升具体内容。

参考文献

[1] 黄明山. 叉车座椅的工业设计研究[D]. 合肥工业大学, 2009.

[2] 祁雁凌. 新型电动叉车门架系统研究[D]. 广西大学, 2013.

[3] 唐整生, 章拓. 叉车造型设计的分析与研究[J]. 江苏大学学报 (自然科学版), 2006(S1): 99-102.

[4] 窦志平. 叉车设计中的人机工程学分析[J]. 叉车技术, 2002(2): 4.

[5] 西南交通大学机械系起重运输机械教研室编著. 叉车[M]. 人民铁道出版社, 1979. 334 pp.

致　　谢

从开始画图，开始论文撰写，开始致谢，我感觉这三个多月的时光过得确实很快，不想都没有觉得。在这些艰难的日子里，得到了众多的帮助，同时也学到了许许多多的东西，获益匪浅。因为自己的努力，我抱怨过；因为自己的颓废，我努力争取过，这些都反映出了自己的不成熟，经历了这段日子，我反省自己，自我认识，总结了很多。

这次设计和论文的编写都是在连帅梅老师和蒋亚风老师的帮助下完成的。他们对我监督和指导，使得我顺利完成了论文和设计，我从对叉车门架一无所知，用了三个月完成该论文设计着实不易，还有感谢我的室友冉园、戴贵荣、雷永刚、王海林同学的帮助，还有其他同学的帮助。我的学校为我提供学习的环境，自打我踏进这个校园，成都工业学院这个名字深深烙在我的心中。

最后，我需要感谢我的爸爸妈妈，是你们为我提供机会读上大学，并且支持我到顺利完成学业。