图书分类号：＿＿＿＿＿＿＿＿＿

密　　级：＿＿＿＿＿＿＿＿＿

徐州工程學院

毕业设计(论文)

高空作业车下车部分设计

THE INFRASTRUCTURE DESIGN OF AERIAL VEHICLES

学生姓名　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

学院名称　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

专业名称　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

指导教师　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

20** 年　　5 月　　27 日

摘要

高空作业车广泛用于建筑、市政、机场、工厂、园林、住宅等场所，从事消防、抢险、救灾、安装、维护等工作。高空作业车是将高空作业人员和必要的工具送至空中，并提供工作人员空中作业场所的机械。

本文首先介绍了高空作业车的现状，对高空作业车下车的各主要部分进行了分析和设计。主要包括了底盘的选型、回转机构的设计分析、支腿的设计、液压系统的设计以及液压元件的选择。本次设计的重点在于回转机构的设计与计算，回转机构采用液压马达，通过齿轮的啮合来实现转台的回转，支腿机构通过水平液压缸和垂直液压缸实现各支腿的收缩动作，采用并联控制系统实现各支腿的同时动作。

关键词 高空作业车；回转机构；液压系统

Abstract

Aerial vehicles are widely used in construction, municipal, airport, factories, gardens, residential，engaged in fire，rescue，relief，installation，maintenance and other work. Aerial vehicles is a machine which can carry the aloft working people and necessary tools to high altitude，and provides the high place for the staff.

Thisarticleintroducesthestatusofaerialvehicles，analysisanddesignthemainpartofthe aerial vehicles. Including the selection of the chassis, rotating design, legs design, hydraulic systemdesignand selectionofhydraulic components. Thekeypartofthedesignisdesignand calculation of the swing mechanism, swing mechanism uses hydraulic motor, by the meshing of the gears to complete rotation of the turntable, legs complete the contraction action by level hydraulic cylinder and vertical hydraulic cylinder, use parallel control system moving each leg at the same time.

Keywords Aerial vehicles；Rotating；Hydraulic system

目　　录

摘要 I
Abstract II
1 绪论 1
1.1 概论 1
1.2 高空作业车的概况及市场的发展水平和前景 1
1.2.1 高空作业车的概况 1
1.2.2 高空作业车国内外的发展状况 2
1.3 课题简介 4
1.3.1 课题的背景和意义 4
2 高空作业车的主要参数和构造 6
2.1 高空作业车的主要构造 6
2.2 主要性能参数 7
3 底盘选型 9
3.1 高空作业车的底盘分类 9
3.2 底盘选择 10
4 转台结构设计 12
4.1 转台的组成 12
4.1.1 底板 12
4.1.2 转台的回转支承 12
4.1.3 传动齿轮 15
4.1.4 转台结构 15
4.2 回转支承装置的计算与选用 16
4.2.1 高空作业车的工况分析 16
4.2.2 转盘式回转支承装置的计算 17
4.2.3 按承载能力曲线选取合适的回转支承型号 18
4.2.4 选择传动齿轮 18
4.2.5 回转机构液压马达的设计 21
5 车架及支腿的选择设计与计算 24
5.1 副车架的结构分析 24
5.1.1 几何约定将副车架的受力几何模型简化 24
5.1.2 外载荷条件 24
5.1.3 副车架双纵梁门框结构的静力学计算 24
5.2 支腿的分类 25
5.3 支腿的受力分析 25

5.4 支腿的截面计算 26

6 液压系统的设计及液压元件的选择 27
6.1 液压系统类型 27
6.1.1 开式和闭式系统 27
6.2 液压控制系统 27
6.2.1 定量系统 28
6.2.2 变量系统 28
6.3 高空作业车下车的液压系统设计 28
6.3.1 各机构油路的组成及其特点 28
6.3.2 液压系统压力选择 29
6.3.3 液压回路设计 29
6.4 液压缸的选择 31
6.4.1 缸体与缸盖连接结构 31
6.4.2 活塞与活塞杆连接结构 31
6.4.3 活塞杆头部结构 32
6.4.4 导向套结构 32
6.4.5 密封与防尘结构 32
6.4.6 缓冲结构 32
6.4.7 液压缸的类型、主要材料及技术要求 32
6.4.8 垂直液压缸的选择 33
6.4.10 液压缸其他结构的设计 37
6.5 其他液压元件的选择 38
6.5.1 液压泵的选型与计算 38
6.5.2 阀的选择 39
6.5.3 油箱的选择 39
6.6 液压系统主要性能验算 39
6.6.1 液压系统压力损失的验算 39
6.6.2 液压系统总效率的验算 40
6.6.3 液压系统发热温升的计算 41
6.7 液压油的性能要求 41
结论 42
致谢 43
参考文献 44

1 绪论

1.1 概论

在国家生产建设当中，大型的工程机械是不能缺少的技术设备，它在城市建设、交通运输、农田水利、能源开发和国防建设等各个方面都起着至关重要的作用。自从改革开放以后，国家加大了对基础设施的建设，以及引进了大量先进的国外技术设备、制造技术的，加速了整个工程机械行业的发展壮大。

高空作业车是一种用来运送工作人员和工作器材到达指定高度进行作业的工程机械。由于它具有安全可靠、机动灵活、操作简单等特点，因此在大型场馆、桥梁、港口海岸的检护;高层建筑的装饰、清洁与维护;通讯、供电及城市交通设施的安装与检修;影视作品的拍摄与现场直播;高空险境及近岸水面的脱困救生 ;树木的剪枝修整及药剂喷洒等方面被广泛地应用。





图 1-1 高空作业车在生活中的应用

1.2 高空作业车的概况及市场的发展水平和前景

1.2.1 高空作业车的概况

高空作业车用被称为高平台消防车，在市政、建筑、机场、电讯、工厂、住宅、园林等场所被广泛应用，从事抢险救灾、消防、施工、安装、维护等工作。其中，最主要的一个功能就是让消防部门用于灭火、辅助灭火或消防救援。高空作业车是由将高空作业装置安装在汽车底盘上组成并用来运送工作人员和工作装备到指定高度进行作业的特种车辆。现在的高空作业装置具有自动调速、工作稳定、操作平顺、安全可靠等优点，极大地提高了空中作业的工作效率。

高空作业车按工作臂的型式，有四种基本型式（如图1-2），分别为：垂直升降式、折叠臂式、混合臂式和伸缩臂式。

垂直升降式高空作业车的升降机构只能在垂直方向上进行运动。它的主要特点是结构简单，承载能力强，但作业范围小，作业高度低，这种结构型式应用比较少。

折叠臂式高空作业车工作臂之间的连接全部采用铰接型式，所以国外又把它叫做铰接式高空作业车。折叠臂高空作业车结构适合于较低作业高度的车型，如要加大作业高度，必然要增加臂长或增加工作臂数量，增加臂长会使作业车体积庞大，降低灵活性；增加工作臂数量会造成操作繁琐，安全性降低。

伸缩臂式的高空作业车在行驶状态时，工作臂缩回套叠，工作时伸出，可以有效增大作业高度，同时具有工作效率高、操作简单、动作平稳等特点。

混合臂式高空作业车工作臂之间既有铰接，也有伸缩，是折叠臂式和伸缩臂式高空作业车的结合，它综合了两种结构型式的优点，工作性能最好，但结构也最为复杂。

高空作业车是利用汽车底盘作为行走机构，具有汽车的行驶通过性能，灵活机动，行驶速度高，可以快速在转移到作业场地后迅速投入，是近几年来发展最快的一种国内专用汽车产品。高空作业车这类高空作业器械是以工程起重机械为基础而发展起来的，高作业设备广泛应用在建筑、消防、维护等行业。随着越来越高的作业高度，高空作业车振动所导致的大幅度摆动，定位的准确性受到了严重的影响，降低了工作效率，加之高空摆动给人的安全感极差，使得设备的宜人性也降低了，从而间接影响工作效率。因此针对高空作业车的动力系统研究有及其重要的意义。

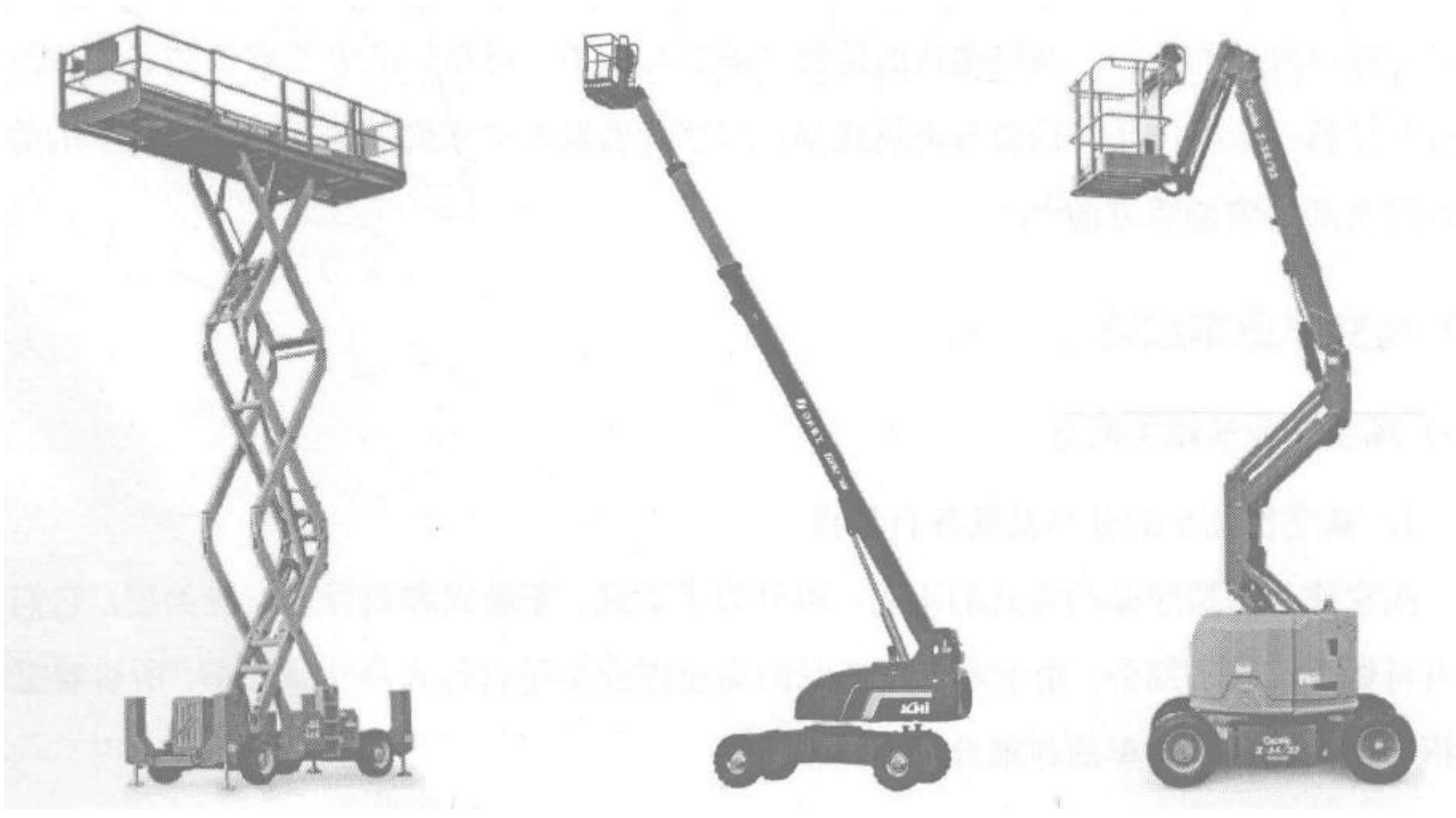


图 1-2 高空作业车外观图

1.1.1 高空作业车国内外的发展状况

1.1.1.1 国外发展现状

在欧美日等发达国家和地区，高空作业车起步发展较早，从 20 世纪 20 年代就开始研制高空作业车，已经有了百年的发展历史。国外研发的产品具有技术水平高，作业高度高，安全性好，可靠性高，作业高度高，结构型式丰富，功能多样，规格齐全等特点。欧洲高空作业车的制造商主要以 BRONTO（波浪涛)、RUTHMANN（胡特曼)、PALFINGER（帕尔菲格）、OIL&STEEL、SOCAGE 等厂家为代表；美国以 ALTEC（阿尔泰克)、TEREX（特雷克斯)、TIME（时代)等为代表；日本以 AICHI（爱知)、TADANO（多田野)等为代表。

欧美日的高空作业车主要用途和风格完全不同。美国的高空作业车作业高度基本不会超过 40m，主要是带电作业的绝缘型，，绝缘等级达到世界最高的 500kV 超高压水平，主要应用于电力系统中电力线路的带电维护作业，其年销售量约为 1.6 万台，远低于高空作业平台的平均年销售量，其它领域高空作业以牵引式高空作业平台和自行式高空作业平台为主。

欧洲与美国恰恰相反，主要是非绝缘型高空作业车，绝缘型高空作业车数量非常少，所谓的绝缘型也不过是采用玻璃钢工作斗，绝缘等级不超过 1kV。欧洲的高空作业车应用领域相当广泛，包括园林、市政、交通设施维护、室外装潢、建筑、风电维修等，年销售量超过 2 万台，且保有量巨大，仅荷兰一国高空作业车的保有量就超过 1 万台。欧洲高空作业车主要以租赁为主，目前世界作业高度最高的高空作业车均出自欧洲，包括 BRONTO（波浪涛)、RUTHMANN（胡特曼)、WUMAG（乌马格）在内的厂家均研制了 100m 以上的高空作业车，SOCAGE 公司也正在研制 100m 以上的高空作业车，但使用和保有量最大的还是作业高度在 20～25m 之间，以伸缩臂为主的臂架形式的车型。

日本高空作业车的年销售量超过 6 千台，兼备绝缘型和非绝缘型两种类型，但其绝缘型的绝缘等级比美国的水平要降低不少，非绝缘型的作业高度也不如欧洲的作业高度，以日本爱知为例：非绝缘型高空作业车最大作业高度为 28m，绝缘型高空作业车的最大绝缘等级为 220kV。

1.1.1.2 国内发展现状

我国高空作业车行业起步与国外相比较晚，开始研制的时间是 20 世纪 60 年代，商业化样机在 70 年代才被推出。随着改革开放的逐渐深入和引进国外的高新技术及其产品，我国的高空作业车才开始在交通、城市道路照明、公安、园林领域和电力等行业进行推广使用。目前我国高空作业车年销售量在 2 千台左右，产品技术水平与国外的差距比较大，产品结构相对单一。市场销售、使用及保有量最大的车型还是以折叠臂式为主，其他型式如伸缩臂式和混合臂式占有的比重还很小，最大作业高度只有 35m。国内存在各种原始方式的高空作业，高空作业安全法规尚待完善，法规的普及应用的范围与国外相比还有很大差距，还应继续深化法规教育。

针对这种情况，一些国内高空作业机械行业的骨干企业在原有产品的基础上，不断

加大新产品的开发力度。如杭州爱知车辆有限公司在短时间内先后研制了包括绝缘型高空作业车等 10 多种系列高空作业车产品，并自主开发了全液压驱动自行伸缩臂式高空作业平台，其最大作业高度达到了 26.7m，填补了国内该型式产品的空白，为船舶修造、建筑、机场及工矿企业的安装检修等提供了新产品。此外，锦州重型机械股份有限公司、抚顺起重机总厂、徐州工程机械集团以及重庆大江工业 (集团)有限公司等也先后开发了 30m 以上的高空消防作业车，彻底打破了以往该类型产品只能依赖国外进口的局面。在产品性能上，我国高空作业机械行业的一些骨干企业通过学习、引进和消化国外先进技术，不断提高新产品的技术水平和质量性能，已有部分产品达到或接近国际同类产品的水平。这些企业新产品的开发对推动整个行业技术的进步起到了一定作用，但总体来说，国内生产的高空作业车与国外同类型产品相比仍存在一定的差距，主要表现为产品型谱未系列化、高空作业车专用底盘缺乏、基础零部件配套水平较差、关键技术不成熟等。在今后的开发研制中，应针对这些问题采取有效措施，通过引进、学习、消化国外先进技术和企业自主技术攻关，不断提高产品的质量与技术水平，逐渐缩小国内外产品的差距。

1.1.1.3 高空作业车发展趋势的展望

随着科学技术水平的不断提高，新技术的不断发现，越来越多结构型式更加完善的高空作业车将被研发出来，其将具备更高的安全性能，更加宜人化，作业范围将更加广阔，操纵也更加方便。如：英国 Simon 公司 S400 高空作业车为了正确完成支车并调整水平度，保证其作业安全，仅在支腿控制装置上就设置了 21 个指示灯和警告灯，还有纵横向电子斜度监视器及一整套支收腿动作顺序互锁机构。每次支车和收车都必须按同样的顺序和要求进引操作。否则按钮不工作。电子斜度监测器用于车辆倾斜度的监测显示， 在支车和作业过程中若出现任意方向的倾斜超过允许值，斜度监测器就与讯响器接通发出音响警告。该机还设有支车和支臂的互锁机构：当支车、调平未达到规定值以内，上车不能操作；反之，若上车不恢复到运输状态，支腿则不能收回。

我国的高空作业车当前的技术实力与国外还有很大差距，不能直接将他们的先进的技术直接制成成品。但是我们可以借鉴国外的技术来进行自主研发，设计出符合我们国情的安全、合格的高空作业车。

主要趋势是六化、三性：

六化：即液压化、最优化(采用计算机辅助设计)、轻量化(采用高强度材料减轻构件重量)、机电液一体化(如安全保护、报警装置等)、通用化、系列化。

三性：可靠性、安全性和舒适性。

1.2 课题简介

1.2.1 课题的背景和意义

高空作业车主要应用于路灯、电力、交通、高速公路、造船修船、通信、建筑、园林、广告、机场、港口、有线电视等行业，使用面广、作业效率高、安全方便，拥有巨大的市场潜力。当采用高空作业车作业时，工作人员会处于十几米甚至几十米的高空，为了确保他们的人身安全，高空作业车的作业臂应具有更高的安全性和可靠性。本课题主要是对其下车部分进行理论分析、计算并进行结构设计。

1.2.2 课题的研究内容

本课题主要是针对高空作业车的下车进行设计和分析主要包括下车转台、回转装置、车架、支腿进行机构设计计算以及底盘的选型。下车液压系统的设计和液压元件的选型计算等。重点是高空作业车下车的机械传动原理，结构设计，可靠性计算。难点是液压设备的动力提升计算和液压控制系统。

2 高空作业车的主要参数和构造

2.1 高空作业车的主要构造

高空作业车通常由动力装置、工作机构、金属结构和控制系统四部分组成。各部分组成与功能如下:

（1）动力装置

高空作业车的动力源就是动力装置。一般直接采用汽车底盘发动机作为整车的动力源的高空作业车被称为车载式高空作业车。自行式高空作业车的动力源有内燃机和电动两种形式，其中较为常见的是内燃机式，电动式适用于在流动性不大或外接电源方便的场地作业。

(2) 工作机构

为实现不同的高空作业车运动要求而设置的机构称为工作机构。一般高空作业车设有回转机构、变幅机构、行走机构和平衡机构。载人工作斗在两个水平和垂直方向的移动主要依靠变幅机构和回转机构实现；依靠平衡机构保持工作斗和水平面之间的夹角不变，依靠行走机构来转移工作场所。

高空作业车变幅是指改变工作斗到回转中心轴线之间的距离，这个距离称为幅度。变幅机构使得原本由垂直上下的直线作业范围扩大成为一个面的作业范围。高空作业车变幅机构一般由液压油缸的变幅来实现。

高空作业车的回转运动主要是高空作业车的一部分（一般指回转部分或上车部分）相对于另一部分（一般指非回转部分或下车部分）做相对的旋转运动。回转机构是为了实现高空作业车的回转运动而设置的机构。它是由液压马达经减速器将动力传递到回转小齿轮上，小齿轮既作自转又作沿着固定在底架上的回转支承大齿圈公转，从而带动整个上车部分回转。有了回转运动，从而使高空作业车从面作业范围又扩大为一定空间的作业范围。

高空作业车在工作臂起伏时，要想保证工作人员正常工作，工作斗与水平面夹角必须保持相对稳定。平衡机构就是为了实现这一功能。对于伸缩臂或混合臂型式的高空作业车，通常有液压伺服缸的平衡、自重平衡、电液平衡等几种方式。

高空作业车的行走机构就是指通用或专用汽车底盘。

(3) 金属结构

高空作业车的重要组成部分包括工作臂、回转平台、副车架（车架大梁，门架、支腿等）金属结构。高空作业车的各工作机构的零部件都是安装或支承在这些金属结构上的。金属结构是高空作业车的骨架。它承受高空作业车的自重以及作业时的各种外载荷。

组成高空作业车金属结构的构件较多，其重量通常占整机重量的一半以上，耗钢量大。因此，高空作业车金属结构的合理设计，对减轻高空作业车自重，提高作业性能，节约钢材，提高高空作业车车的可靠性都有重要意义。

(4) 控制系统

控制系统一般包括操纵装置和安全装置，是用来解决各机构如何运动问题的。高空作业车一般要求设置上(工作平台)、下(操作台)两处操作控制面板，上操作控制面板为主控面板，下操作控制面板只有在主控面板操作失效或其它紧急情况下才能使用。目前，国内大多采用电开关控制电磁阀实现上、下操作，而国外除采用电控操纵外，还采用液控操纵。安全装置包括各种传感器、行程开关、液压锁止阀和报警器等，可以检测危险工况，保证工作的安全性。此外，高空作业车还应配备紧急停止装置，并安装在操作者的应急位置，在紧急情况下，该装置可有效地停止一切动作，保护高空作业车和工作人员的安全。

图 2-1 高空作业车外形图

2.2 主要性能参数

高空作业车的主要性能参数如下：

(1) 作业高度 H

作业高度是指工作平台底面离地高度与工作人员手臂所能到达的平均高度之和。通常把作业高度分为最大作业高度H_{max}和最大作业幅度时的作业高度 H。

(2) 作业幅度 R

作业幅度是指高空作业车回转中心线（对于垂直升降式高空作业车为升降的中心线 ）至工作平台外边缘的水平距离 R。

(3)作业速度 V

高空作业车的作业速度包括:工作平台在垂直方向起升的平均速度和下降的平均速以及工作平台的回转速度。

(4)工作平台的装载质量 Q

高空作业车工作平台的装载质量是指标定装载质量，不包含工作平台的自身质量。本设计的主要参数确定如下：

1，最大回转速度(r/min)：0.36

2，回转范围 360 度无限位回转

高空作业车平台作业工作状态图：

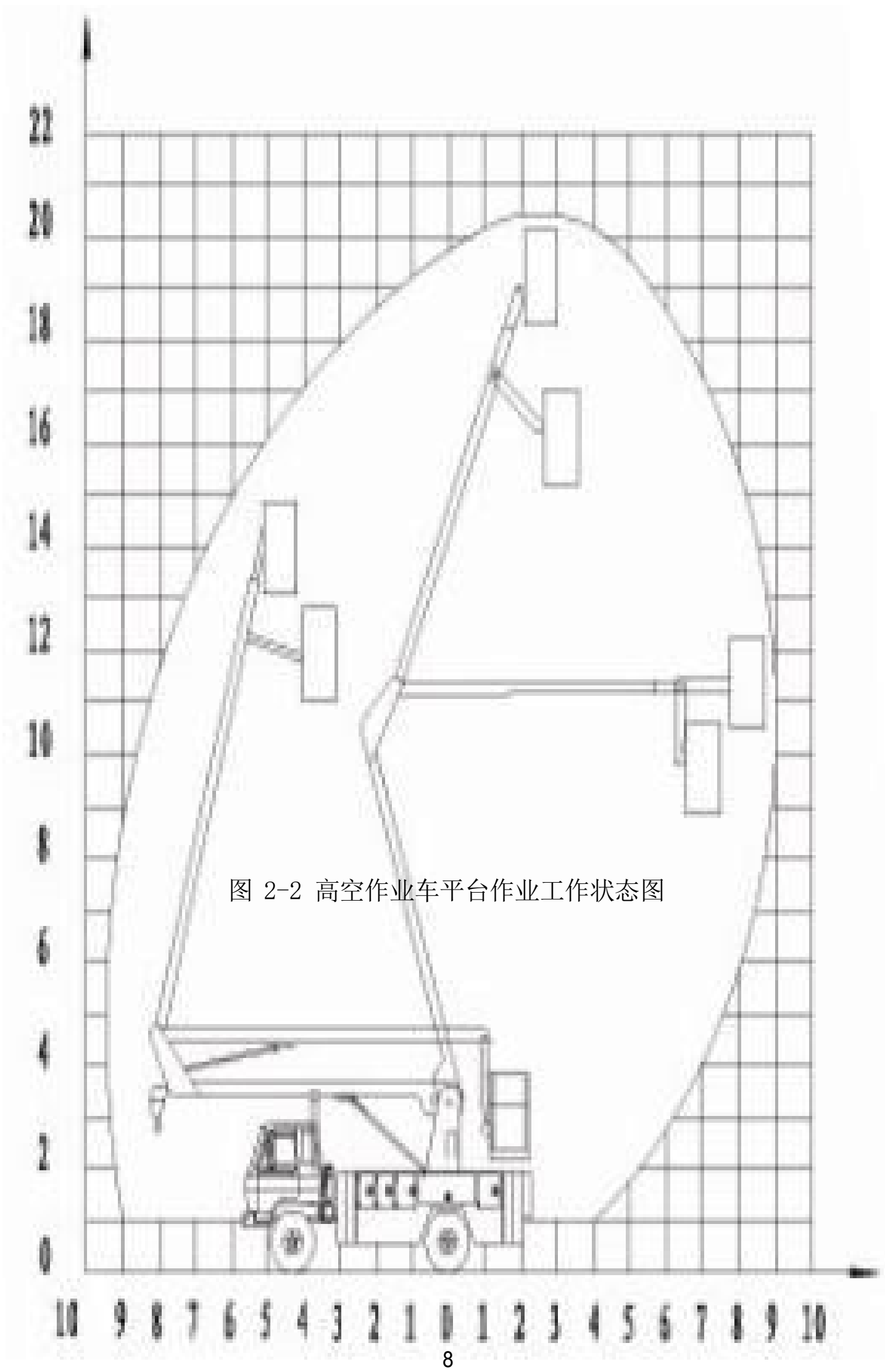


图 2-2 高空作业车平台作业工作状态图

3 底盘选型

在进行高空作业车的设计前，根据高空作业车基本的载重，在确保高空作业车的安全性能和使用寿命的情况下选择适当的底盘。

3.1 高空作业车的底盘分类

高空作业车的底盘主要可分为通用汽车底盘、专用汽车底盘两种。

通用汽车底盘(图 3-1 a)指除车架更换外，其余皆采用原来的汽车底盘。因为原汽车车架的强度和刚度都不符合高空作业车高空作业时的要求，因此需要在原来的底盘上附加副车架和支腿以便支撑整个上车结构，但却使得整个高空作业车的重心偏高、重量偏大，从而降低了整车的性能。但通用底盘价格比较低廉，因此中小吨位高空作业车经常采用此底盘。

专用的汽车底盘是为了满足高空作业车的工作性能要求而设计的。专用底盘拥有更长的轴距和刚性，可以承受更大的载重，能够使得高空车达到更高的高度和更广阔的作业范围。驾驶室有三种布置形式，一是正置平头式驾驶室(与通用汽车一样)，如图 3- 1a，二是侧置的偏头式驾驶室(图 3-1b)，三是前悬下沉式驾驶室(图 3-1c)。正置平头驾驶室的作业车重心较高，臂架放置在驾驶室上面；侧置偏头式驾驶室的作业车其臂架位于驾驶室侧方，使得整车的重心大大降低，但作业车的视野不好 ;前悬下沉式驾驶室的作业车，尽管视野开阔、臂架位置不高、重心低，驾驶室悬挂在前桥前面，使得车身较长，可以使用较长的臂架，且乘坐舒适，但由于驾驶室悬挂在前桥前，前桥轴荷大，使得车身过长，接近角减小，通过性稍差。前悬下沉式的驾驶室多在大型高空作业车中使用。

还有一种适用于活动范围较小，空间较窄的高空作业车的专用底盘，和以往的高空作业车只能采用汽车或起重机底盘有很大的区别。 这种底盘使得高空作业车变得很小能够进入狭小的空间进行作业， 也使得高空作业车变得更加灵活机动， 作用的范围更加广泛。（如图 3-2 ）

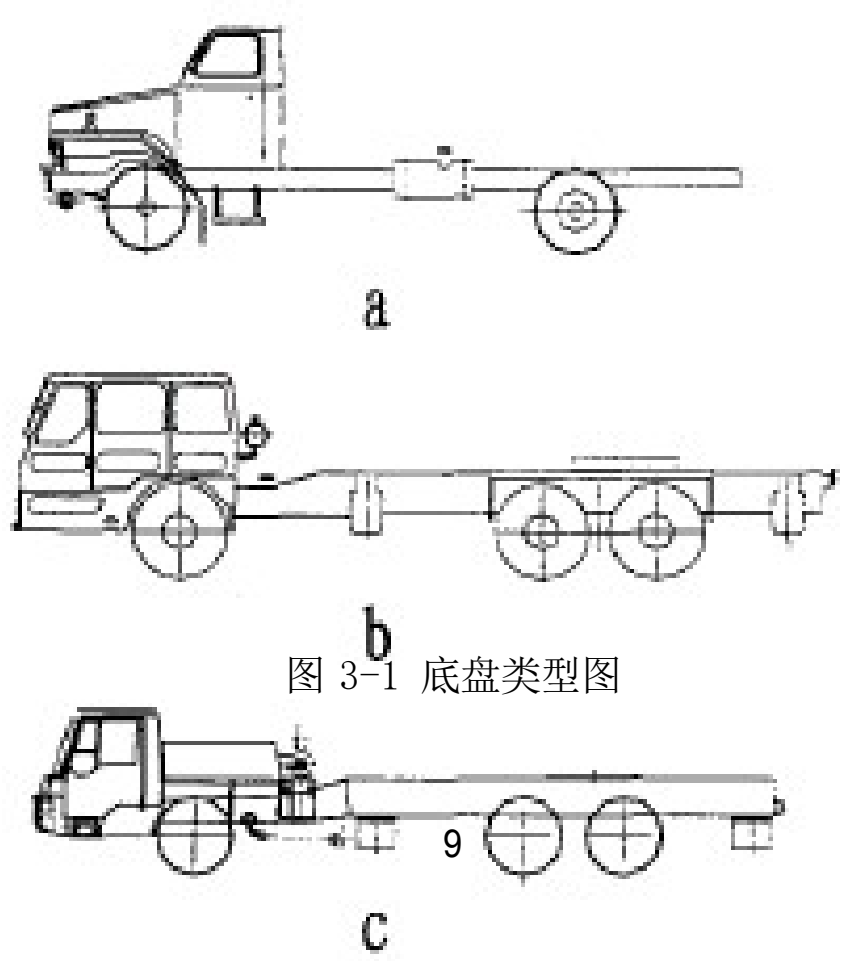


图 3-1 底盘类型图



图 3-2 迷你型的高空作业车底盘

3.2 底盘选择

要根据通用载重汽车的承载能力和最大总质量来选择高空作业车的通用底盘。中、小型高空作业车改装后的最大额定起重量即为将汽车满载后的总重量乘上 0. 70～0. 83 得到的数值。可以在调整总布置时通过改变上车三铰点的位置及配重的重量和距回转中心的位置来合理分配原车的轴荷。

高空作业车一般装设在汽车通用底盘或专用底盘上。选装通用汽车底盘，具有机动灵活、转移迅速、改装较易、工装较少、批量适中、专业化水平较高等特点，适合于线长点多，作业场所不固定的场合；选专用底盘时，轴距可以小些，车身可以短些，车高可以低些，增加了行驶总成、部件的制造、装配量，工作较复杂，适合于活动范围较小和针对性较强的场合。因为所设计高空作业车的承载能力和最大总质量并不是非常大故采用通用汽车底盘。考察国内底盘选用 JX1060TSG23 底盘技术参数为：

底盘型号	JX1060TSG23
轮胎数	6
轴数	2
轴距(mm)	3360
前悬/后悬(mm)	1015/1605
车辆(长× 宽× 高) (mm)	7150×1950×2995
底盘整备质量(kg)(含固定支腿箱)	4340
厂定最大总质量(kg)	5400
接近角/离去角	27/14
最高车速(km/h)	95
燃油种类	柴油
轴荷（kg）	1935/2730

此高空作业车的底盘安装了四个液压支腿以保证整车在工作时的安全性和稳定性。高空作业车支腿与工作臂互锁，防止误操作过位。支腿跨距大，稳定性好，可同时或单独操作。可以进行 360° 连续回转。

4 转台结构设计

回转平台，俗称为转台，它是构成轮式全回转高空作业车的三大承载结构件之一。常见的转台形式有：框架式、单墙大箱式、单板加肋式、箱形立板式和箱形积木式等。转台结构为高空作业车组成的重要组成部分之一,属于金属结构部分。在设计的过程中要综合考虑转台的结构大小、转台的选材、和转台受到的力的大小。

4.1 转台的组成

转台的结构主要有：底板、转台的回转支承、传动齿轮、以及转台组成。

4.1.1 底板

不论采用何种结构的转台，整体刚度都必须达到一定程度的，以保证它所承受的载荷能有效的传递，可以平稳地进行高空工作。而转台底板的平面刚度则对保证回转支承的转动灵活及转台整体刚度起着至关重要的作用。在高空作业车中底板放在固定转塔上。一般均采用圆盘型结构。如下图：

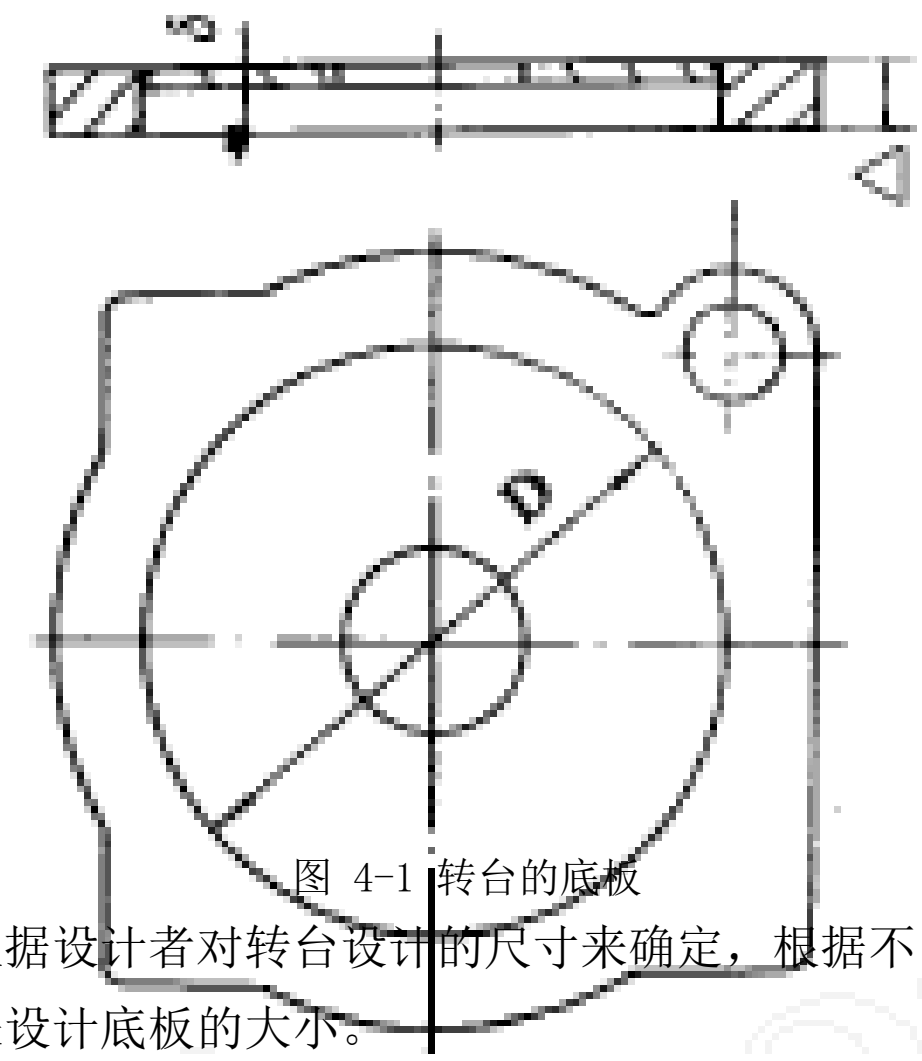


图 4-1 转台的底板

转盘的大小通常根据设计者对转台设计的尺寸来确定，根据不同型号的作业小车所需要的不同结构的转台来设计底板的大小。

4.1.2 转台的回转支承

转台的回转支承属于回转机构。回转机构由回转支承装置和回转驱动装置两部分组成。前者将高空作业车的回转部分支持在固定部分上，后者驱动回转部分相对于固定部分回转。

回转支承装置简称回转支承，主要分为柱式和转盘式两大类，根据不同的使用要求各种回转支承的特点以及制造厂的加工条件等合理地选定。回转支承保证作业车回转部分有

确定的回转运动，并承受作业车回转部分作用于它的垂直力、水平力和倾覆力矩。

4.1.2.1　柱式回转支承装置

(1)定柱式回转支承装置

定柱式回转支承装置结构简单、制造方便，起重机回转部分的转动惯量小，自重和驱动功率较小，能使起重机的重心降低。

(2)转柱式回转支承装置

转柱式回转支承装置结构简单，制遣方便。适用于起升高度和工作幅度较大而起重机的高度尺寸没有严格限制的起重机(如塔式、门座起重机)。

4.1.2.2　转盘式回转支承装置

现代转盘式回转支承装置主要有滚子夹套式和滚动轴承式 (过去中小吨位起重机上使用的滚轮式回转支承已由滚动轴承式取代)。

(1)滚子夹套式回转支承装置

它由许多圆锥或圆柱形滚子装在上下两个环形轨道之间 .固结在转台底面的轨道通常在受力大的前后方制成两段圆弧形。

圆锥滚子用于轨道直径较小的情况，可以避免附加的摩擦阻力与磨损。由于圆锥形滚子产生轴向力，因此滚子装在由许多拉杆构成的保持架上。

在轨道直径较大的情况下，可以采用圆柱形滚子。圆柱形滚子可制成单轮缘或双轮缘装在由槽钢制成的保持架上。这种保持架应该有足够的强度和刚度。滚子夹套式回转支承装置已逐渐被滚动轴承式回转支承装置所取代。

(2) 滚动轴承式回转支承装置(图 4—2——4—5)

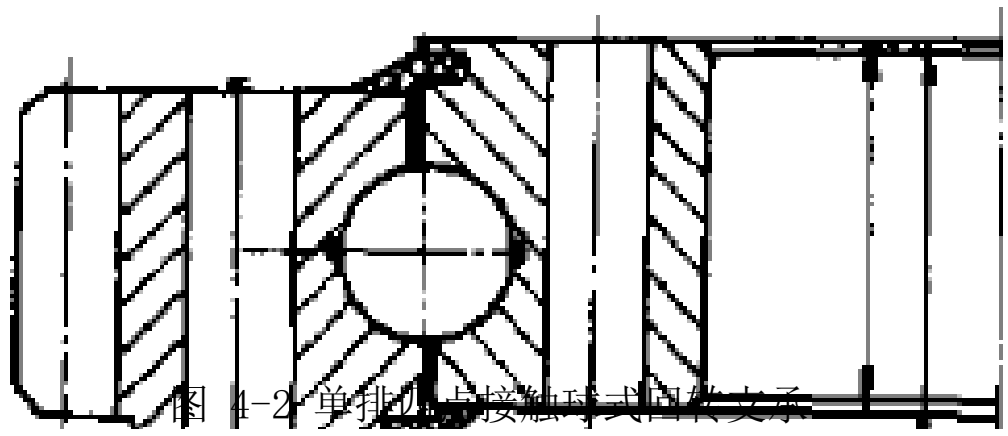


图 4-2 单排四点接触球式回转支承

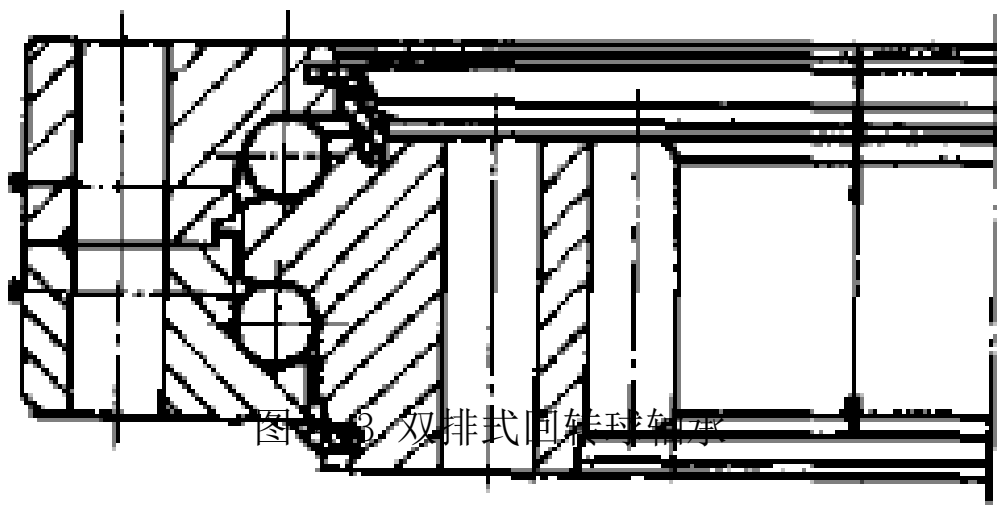


图 4-3 双排式回转球轴承

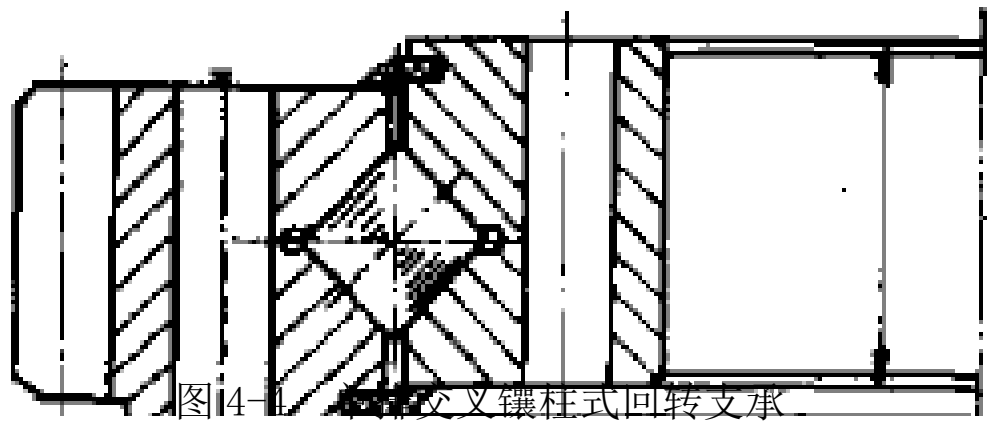


图 4-4 交叉滚柱式回转支承

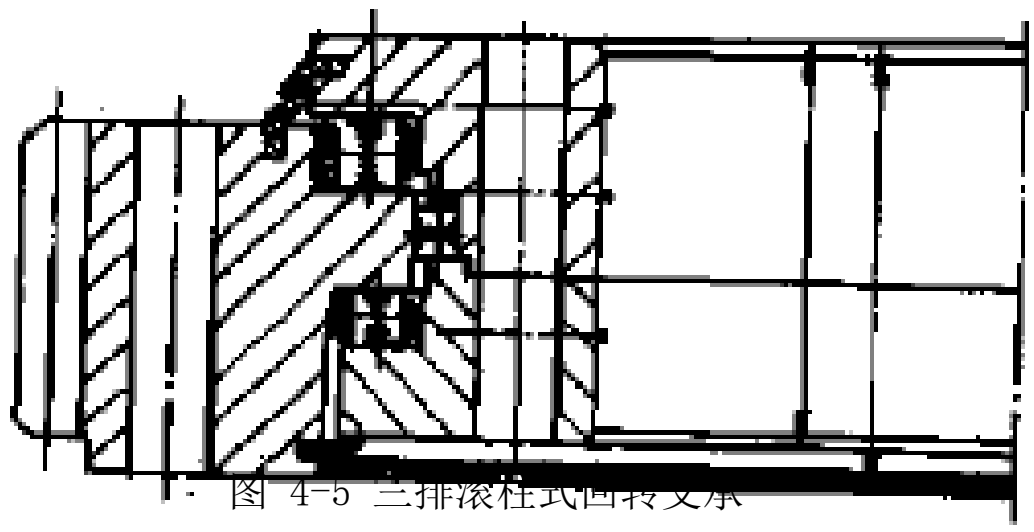


图 4-5 三排滚柱式回转支承

图 4-2 它由两个座圈组成，结构紧凑、重量轻、高度尺寸小。内外座圈上的滚道是两个对称的圆弧面，钢球与圆弧面滚道四点接触，能同时承受轴向、径向力和覆复力矩。适用子中小型起重机。

图 4-3 它有二个座圈，采用开式装配，钢球和隔离块可直接排入上下滚道，上下两排钢球采用不同直径以适应受力状况的差异。滚道接触压力角较大(60 度—90 度)，因此能承受很大的轴向载荷和倾覆力矩。适用于中型塔式起重机汽车起重机。

图 4-4 它由两个座圈组成，滚柱轴线 1：1 交叉排列，接触压力角为 45 度,由于滚柱与滚道间是线接触，所以承载能力高于单排钢球式。这种回转支承制造精度高。装配间隙小，安装精度要求较高，适用于中小型起重机。

图 4-5 它由三个座圈组成，上下及径向滚道各自分开。上下两排滚柱水平平行排列，承受轴向载荷和倾覆力矩，径向滚道垂直排列的滚珠承受径向载荷，是常用四种形式的回转支承中承载能力最大的一种，适用于回转支承直径较大的大吨位起重机。

在本设计中采用的转台辅助支承是单排四点接触球式回转支承，其与上部转台的底板的连接方式如下图：

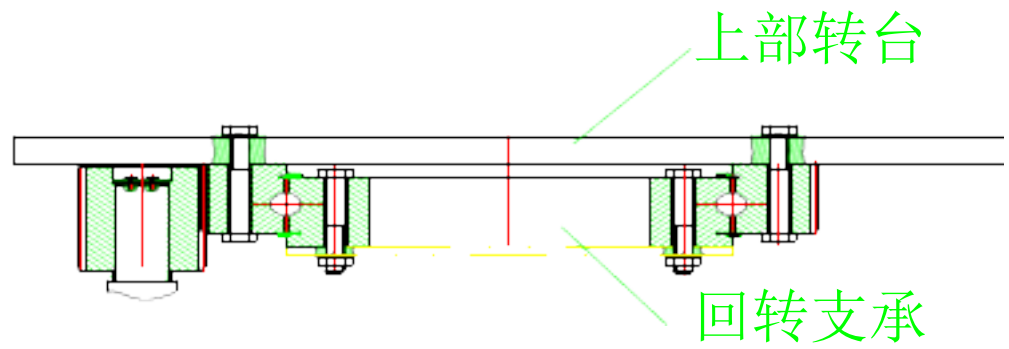


图 4-6　转台与支撑的联结

采用此种支承的主要优点是：结构紧凑、重量轻、高度尺寸小且能同时承受轴向、径

向力和复合力矩适用于中小型起重机。

由上图可以看出转台的 底板与下部的回转支承之间采用的是螺栓连接。当液压马达输出的转矩带动传动轴做回转运动时，这时传动齿轮与传动轴之间也用了几个小螺钉连接，将动力传给了传动齿轮，传动齿轮带动回转支承上的齿轮，支承上的齿轮的外圈与上部转台底板用了 6 个螺栓联结将动力传给了转台，而齿轮的内圈上则用螺钉与底盘连接固定。

4.1.3 传动齿轮

在传动机构中应用最多的是齿轮传动，蜗杆传动使用较少，链传动只在个别情况下使用。 齿轮传动分开式传动和闭式传动，电动起重机的所有机构都采用闭式齿轮传动(减速器)，开式齿轮传动只在特殊情况下使用(如回转机构的布置，要求末级传动为开式齿轮传动，设计机构时无合适的减速器可供选用)。使用开式齿轮传动时，齿轮圆周速度一般不超过 1 .5 m/s。

齿轮传动还有定轴传动(或普通齿轮传动，齿轮的几何轴线固定不动)和行星传动〔齿轮的几何轴线可动〕之分。

平行轴传动多采用圆柱直齿或斜齿轮:相交轴传动多采用锥齿轮或蜗杆传动;两轴不平行不相交时，可采用双曲面齿轮、蜗杆传动、交错轴斜齿轮和曲线锥齿轮传动等。

在齿轮传动中，如果从动齿轮直径很大(一般大于 3 m),或者从动部分为大模数齿条(模数大于 16mm)，齿轮圆周速度又在 0.6 m/s 以下，为了简化制造，可使用针轮柱销传动。门座起重机的回转机构和变幅机构有时采用针轮柱销传动。

链条传动只用子传动距离较大、不便于采用齿轮传动的场合(如某些门式起重机的大车运行机构)。

在本次设计的过程中传动齿轮与固节在转台支承的齿轮是开式传动，采用的是外啮合由小齿轮的转动来带动外啮合齿轮转动，由于外啮合齿轮和转台之间是用螺栓联结从而来带动转台运动，最后带动杆臂工作。所以这里的传动齿轮起着重要的作用，通过传动齿轮才能把动力传给转台，来控制臂工作的时候所需要的条件。

4.1.4 转台结构

转台结构的主要作用是连接下部传动齿轮与杆件，也是此次设计的重点。转台结构采用前后两个高强板，在前后高强板上再加上加强筋形成倒 π型结构，底部采用圆盘形结构。如下图 4-7

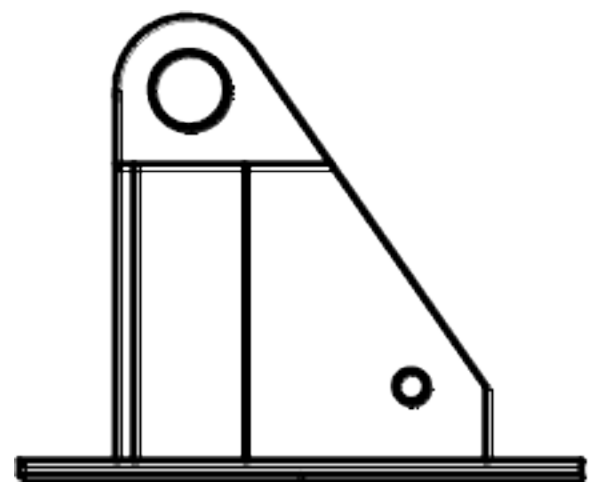


图 4-7 转台的外部结构图

由图可以看出转台上圆孔主要用于装下臂的销轴，下圆孔用来装升缩缸的销轴。上下盖板及两侧与高强板构成了箱形结构，在外侧加了两个加强筋以提高强度、刚度和稳定性。在本图中没有涉及到底板与回转支承的连接。两个加强筋均采用的是三棱形，又省材，体积和重量均比较小。前后加强筋的在中间位置开有小孔，主要是省材和减轻重量，来减小转台支承承受的重量。

4.2 回转支承装置的计算与选用

在本章的第一节中讲到转台的结构时候提到过回转支撑的概念以及相应的类型在本章节中将会着重介绍回转支承的的选用以及相应的计算。

4.2.1 高空作业车的工况分析

高空作业车转台的工作情况一般可分为以下四种：

载荷工况 A 为高空作业车静载试验工况，通常按此工况计算回转支承装置的静容量。

载荷工况 B 为高空作业车在最小幅度最大起重 G 的工况，承受工作状态下的最大风载荷,钢丝绳偏斜角为α 。

载荷工况 C 为高空作业车在最大幅度的额定起重 Q 的工况(可能等于 Q，也可能小于 Q)。

载荷工况 D 为高空作业车在非工作状态时承受非工作状态最大风压 R 产生的风载荷，风向按不利于回转支承装置受载的方向选取。

1 总轴向力

工况 A：$V = G + 1.25Q = 4000 + 1.25 \times 2000 = 6500N$ 式（4.1）

工况 B：$V = \phi_1 G + \phi_2 Q = 1.05 \times 4000 + 1.2 \times 2000 = 6600N$ 式（4.2）

工况 C：$V = \phi_1 G + \phi_2 Q' = 1.05 \times 4000 + 1.2 \times 2000 = 6600N$ 式（4.3）

工况 D：$V = Q = 2000N$ 式（4.4）

V ——总轴向力

G ——最大起重量

Q——工作斗的载重

ϕ_1 ϕ_2——等效载荷系数

2 总径向力

$$F_R = \qquad = 1594N$$ 式（4.5）

3 总力矩

$$M = KP_Q R + G_b L_b - G_1 L_1 + Ph_1 + W_1 h_1 + W_2 h_w$$ 式（4.6）

$$H = 0.1G_p$$ 式（4.7）

$$G_p = KP_Q + G_b + G_1$$ 式（4.8）

K——超载系数（0.55+（1+ϕ_2）

P_Q——起升载荷

C_1——上车其他部分载荷

C_b——臂架自重

G_p——垂直力

H——水平力

W_1 W_2——分别为吹在工作斗和高空作业车上的风力

离心力和风力引起的力矩一般占起升载荷引起的力矩 10%左右

$$M = KP_Q R + G_b L_b - G_1 L_1$$ 式（4.9）

最大计算工况为高空作业车受最大起重力矩工况，即：P_Q=20000N，R=6m，此时C_b=2000N、L_b=1.2m、G_1=2000N、L_1=0.3m，把以上数据代入上式得：

$$M = 1.2 \times 1.1 \times 20000 \times 6 + 2000 \times 1.2 - 2000 \times 0.3 = 25800Nm$$

$$G_p = 1.2 \times 20000 + 2000 + 2000 = 28000N$$

$$H = 0.1 \times 28000 = 2800N$$

4.2.2 转盘式回转支承装置的计算

1 作用在回转支承上的载荷：$Q + G = 4000 + 2000 = 6000N$

主要工作条件：进行高空作业。

2 确定回转支承的结构形式：采用单排四点式。

3 计算回转支承当量载荷：

$$F_{r'} = f(KF + K_r F_r) = 1.25 \times 1594 = 1992.5N$$ 式（4.10）

4.2.3 按承载能力曲线选取合适的回转支承型号

根据设计可知： $Q = 2000N;\ R = 6m;\ G_1 = 2000N;\ G_b = 2000N$

$G_2 = 844N;\ G_3 = 897N;\ R_2 = 1.6;\ R_3 = 1.3;\ R_b = 0$

$G_2;G_3$ ——分别为上下臂的重量

回转支承不同工况下受到的力也是不同的。

1 考虑在八级风力时的最大工作载荷

$$F_d = Q + G_1 + G_b = 2000 + 2000 + 2000 = 6000N$$

$$M = G_3 R_3 - QR - G_2 R_2 - G_b R_b = 897 \times 1.3 - 2000 \times 6 - 844 \times 1.6 = -12184N \cdot m$$

2 不计风力、考虑125 实验载荷的最大工作载荷

$$F_b = 1.25Q + G_1 + G_b = 1.25 \times 2000 + 2000 + 2000 = 6500N$$

$$M = G_3 R_3 - 1.2QR - G_2 R_2 - G_b R_b = 897 \times 1.3 - 1.2 \times 2000 \times 6 - 844 \times 1.6 = -14584N \cdot m$$

3 不计风力最大工作载荷

$$F_r = 6000N \qquad M = -12184.3N \cdot m$$

（工况 1 为动态容量计算载荷，工况 2 为静态容量计算载荷）回转支承考虑采用单排四点式（01）系列。

工况参数和载荷换算系数如下： $f = 1.25;\quad f_d = 1.55;\ K_d = 1.0\ (\alpha = 60)$

回转支承当量载荷为

静态： $F' = 1.25 \times 6500 = 8125N$

$M' = 1.25 \times 14584 = 18230N \cdot m$

动态： $F' = 1.55 \times 6000 = 9300N$

$M' = 1.55 \times 12184 = 18885.2N \cdot m$

螺栓计算载荷： $F = 6500N;M = 14584N \cdot m$

4.2.4 选择传动齿轮

齿轮传动是机械传动中最主要的传动形式之一。其优点是：效率高；结构紧凑；工作可靠，寿命长；具有稳定的传动比；承载能力高，传动速功率和转速适用范围广。缺点是：制造和安装精度要求高，价格贵；振动和噪声较大；不宜用于传动距离过大的场合。

在高空作业车回转台的结构设计中，必须要通过传动齿轮将下部连接的液压马达的输出功率传给转台，转台才可以带动作业臂正常起升及转向。

故齿轮的设计的设计是转台设计的重要部分。本设计的传动齿轮采取外啮合的传动形式。

根据液压马达的输出可知：马达的输出转矩： T=7350 $N \cdot m$ ；马达的输出转速为：$n = 10 - -100 r / \min$ ；选转速为 10r/min，由转台设计条件可知转台的转速为 0.36 r/min，故将齿数比选择为$u = 5$。

4.2.4.1 齿轮的材料选择

因为载荷平稳，传递的转矩小，小齿轮选40Cr 钢，调质处理，齿面硬度为250 HBS，大齿轮采用 45 钢，调质处理，齿面硬度为 220HBS。如表 4-1

表 4-1 齿轮常用钢材

	（mm）	（mm）	1	2		
	≤100	≤50	588	294	169-217	
	100-300	51-150	569	284	162-217	
正火	301-500	151-250	549	275	162-217	
	501-800	251-400	530	265	156-217	
	≤100	≤50	647	373	229-286	
调质	101-300	51-150	735	441	217-269	
	301-500	151-250	608	314	197-255	
表面淬火						40-50
	≤100	≤50	785	510	229-286	
调质	100-301	51-150	735	441	217-259	
	301-400	151-200	686	392	217-255	
	401-500	201-250	637	373	196-255	
表面淬火						45-55
调质	≤200	≤100	735	400	241-288	
	201-300	101-130	686	441	241-286	
表面淬火						45-55
	≤100	≤50	715	539	241-286	
调质	100-300	51-150	686	490	241-286	
	301-500	151-250	627	441	229-269	
	501-800	251-400	588	343	217-254	
表面淬火						48-55

4.2.4.2 齿数和齿宽的确定

初定齿数为： $Z_1 = 21; Z_2 = 105;$齿宽系数$\phi_d = 1.2$ 。

4.2.4.3 齿轮的许用应力

根据两齿轮的齿面强度，由下图可得两轮的齿面接触疲劳强度极限和齿根弯曲疲劳强

度极限分别为：

图 4-9 弯曲疲劳强度极限

$\sigma_{H\lim 1}=680MPa;\sigma_{H\lim 2}=560MPa;\sigma_{F\lim 1}=240MPa;\sigma_{F\lim 2}=190MPa;$

查相关手册可得安全系数： $S_H=1.1;S_F=1.3;$有

$$[\sigma]_{H1}=\frac{\sigma_{H\lim 1}}{S_H}=\frac{680}{1.1}=618MPa;\qquad [\sigma]_{H2}=\frac{\sigma_{H\lim 2}}{S_H}=\frac{560}{1.1}=509MPa;$$

$$[\sigma]_{F1}=\frac{\sigma_{F\lim}}{S_F}=\frac{240}{1.3}=185MPa;\qquad [\sigma]_{F2}=\frac{\sigma_{F\lim}}{S_F}=\frac{190}{1.3}=146MPa;$$

4.2.4.4 齿轮的接触强度

（1） 小齿轮所传递的转矩为液压马达的输出转矩是马达的输出转矩：T=7350 $N\cdot m$

（2） 根据齿轮传动条件得载荷系数 K=1.1 查相关机械设计手册

（3） 确定小齿轮的直径 $d_1\geq\sqrt[3]{\frac{KT_1(u\pm 1)}{\phi_d u}\cdot\left(\frac{670}{[\sigma_H]}\right)^2}=25mm$ （取为 60） 式（4.11）

4.2.4.5 确定模数和齿宽

模数： $m=\frac{d_1}{z}=\frac{60}{21}=2.86$ 查下表有模数为 3 的选择正确

表 4-2 齿轮的模数

第一系列	1	1.25	1.5	2	3			4	5	6
第二系列			1.75	2.25	（2.25）	3	（3.75）	4.5	5.5	
第一系列			8	10	15	20	26	32		
第二系列	（6.5）		7	9	14	18	22	28	（30）	36

则 $d_1=mz_1=21\times3=63mm$

齿宽： $b=\phi_{d1}\cdot d_1=1.2\times63=75.6mm$

4.2.4.6 验算齿根的弯曲强度

由设计手册可得： 齿形系数: $Y_{F1}=2.80;Y_{F2}=2.80;$

应力校正系数 $Y_{S1}=1.55;Y_{S2}=1.77;$

$$\sigma_{F1}=\frac{2KT_1Y_{F1}Y_{S1}}{bmd_1}=\frac{2\times1.1\times7350\times2.8\times1.55}{75.6\times3\times63}=5MPa<[\sigma]_{F1}$$

$$\sigma_{F2}=\sigma_{F2}\frac{Y_{F1}Y_{S1}}{Y_{F2}Y_{S2}}=\frac{2.22\times1.77}{2.8\times1.55}[\sigma]_{F2}$$

由计算可得两齿轮的轮齿的弯曲强度足够。

4.2.4.7 传动齿轮的几何尺寸

两轮分度圆直径: $d_1=mz_1=3\times21=63mm;$ $d_2=mz_2=3\times105=315mm;$

两轮的中心距： $a=\frac{1}{2}m(z_1+z_2)=\frac{1}{2}\times3\times126=189mm;$

两轮的齿宽: $b=b+(3--5)mm$; $b_1=75.6mm;$ $b_2=80mm$（按所选型号取为 60）

其他尺寸略。

4.2.5 回转机构液压马达的设计

4.2.5.1 转矩计算

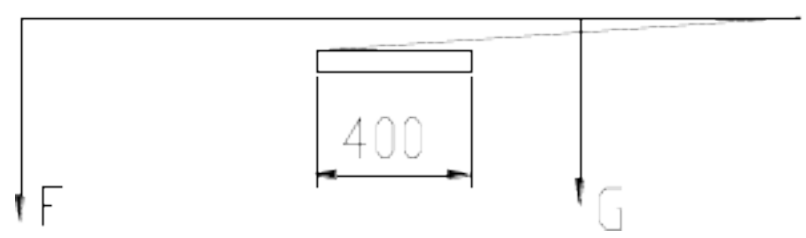


图 4-10 高空车的作业受力图

其中， F——平台最大载荷；

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/935303023110011130