

引言

物料搬运成了人类生产活动的重要组成部分，距今已有五千多年的发展历史。随着生产规模的扩大，自动化程度的提高，作为物料搬运的重要设备的起重机在现代化生产过程中运用越来越广，作用愈来愈大，对起重机的要求也越来越高。起重机正经历着一场巨大的变革。

起重机是用来对物料作起重、运输、装卸和安装等作业的机械设备。它的出现改变了人类几千年来以手工来搬运重物的状况，现在几个按钮就能完成以前做不到或者很难做到的搬运工作，人得到了休息，效率也提高了。

起重机发展历史悠久，种类日益繁多，运用极为广泛。当今国民经济的各个部门，如冶金、机械、交通运输、电力、建筑、采矿、化工、造船、港口、铁路、农场、林区 and 国防等都离不开起重机械。

随着科学技术的进步和经济建设的发展，日益显现出起重机械作为实现生产过程机械化、自动化、减轻体力劳动强度，提高劳动生产率的特种设备的突出地位。现代起重机械结构已向大型、精密、高效、多功能、宜人化的机电一体化发展。

桥式起重机小车运行机构设计

第一章 起重机介绍

1.1 起重机的定义

起重机械是一种以间歇作业方式对物料进行起升、下降和水平移动的搬运机械。起重机的作业通常带有重复循环的性质，一个完整的作业循环包括取物、起升、平移、下降、卸载等环节。经常起动、制动，正反向运动时起重机的基本特点。

1.2 起重机的工作原理

起重机械的主要任务是起重，而直接承担起重任务的是起升机构，其他机械都是为了扩大起重机的使用范围。最简单的起重机也仅仅只有一个起升机构。现代的绝大多数起重机，不论它们的形式和用途如何，都是根据同一个工作原理构成的。随着生产的发展，起重量和起升速度不断提高，因而机构演变日趋完善。

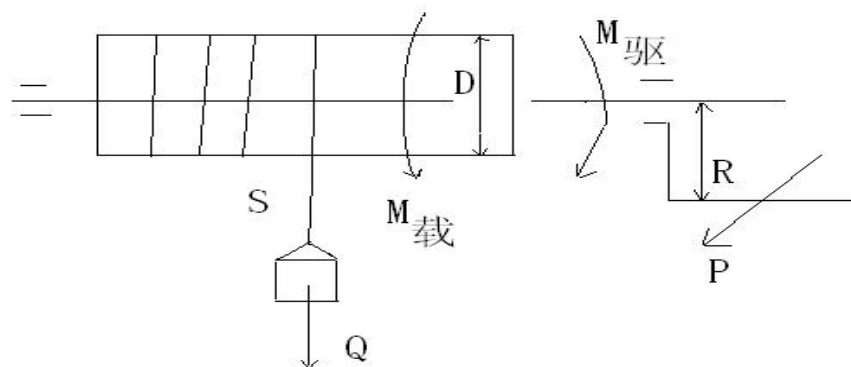


图 1.1 起重机工作原理

图 1.1 是起重机的原始形式辘轳的机构见图。它有圆柱形卷筒和装有手柄的

轴组成，卷筒上悬挂物品的绳索，绳索的张力 S 在这种情况下等于物品重量 Q 。

张力在卷筒上产生的载荷力矩为 $M_{\text{载}} = \frac{Q \times D}{2}$ 。在全部工作过程中，如不计摩

擦力，则载荷力矩 $M_{\text{驱}} = P \times R$ 所平衡，

即

$$M_{\text{载}} = M_{\text{驱}} \quad \text{或} \quad \frac{Q \times D}{2} = P \times R$$

故

$$Q = \frac{2 \times P \times R}{D}$$

从上式可以看出，欲增加起重量 Q 必须加大 P 和 R ，或减小 D 。但手柄作用力 P 受到人体力限制，一般不超过 30 公斤； R 受到手臂长度限制，一般约为 300~400 毫米。为了保证钢丝绳不致产生过大的弯曲，卷筒直径 D 又不能任意减小，因此对于这种原始起重机，起重量不能很大。为了提高起重量，采取下面三个步骤：

(1) 轴和手柄分开，中间装一个传动比为 i_0 的传动装置，如保持 D 和 $M_{\text{驱}}$ 不变，则传到卷筒上的驱动力矩为 $i_0 \times M_{\text{驱}}$ 。根据力矩平衡原理，所得的载荷力矩 $M'_{\text{驱}}$ 为：

$$M'_{\text{驱}} = i_0 \times M_{\text{驱}}$$

$$\text{即} \quad \frac{Q' \times D}{2} = i_0 \times P \times R$$

$$\text{可得} \quad Q' = i_0 \times Q$$

即加传动比为 i_0 的传动装置后，起重量可以提高 i_0 倍。并且可以随 i_0 增大而提高。但是传动装置是机构中最复杂和成本最高的部分，而且传动装置的外廓尺

寸、自重和成本又直接取决于传动比的大小，所以仅靠提高传动比来提高起重量是不经济的。

(2) 除采用一定传动比 i_0 的传动装置外，同时还可以采用滑轮组。例如在起物端安装一个定滑轮和二个动滑轮的滑轮组。绳索端固定在卷筒上，另一端由卷筒绕下，依次经过动滑轮和定滑轮，最后固定在机架上，被起升的重物 Q 由四根绳索分支所承担，并随滑轮一起升降。若不计阻力，则卷筒绕下的绳索分支的张力 $S'' = \frac{Q''}{4}$ 或 $Q'' = 4S''$ 。如果 i_0 , $M_{驱}$, D 均维持不变，这时 $M''_{载} = M'_{载}$ ，亦即 $S'' = S'$ 。即：

$$Q'' = 4 \times S'' = 4 \times S' = 4 \times Q' = 4 \times i_0 \times Q$$

由此可见，如装四分支滑轮组后，起重量又提高了四倍，而且将随滑轮组绳索分支数的增加而增大，但是与此同时绳索的长度相应的加长，使机构更为的复杂和绳索的磨损加剧，所以也不能无限制的增加滑轮组绳索分支来提高起重量，通常在起重量一定的情况下，可以利用滑轮组绳索分支数的增加来减小传动装置的传动比 i_0 。但选择分支数的原则必须是减小传动比的所得完全抵偿增加分支数的所失才行。

(3) 目前除少数的几种起重机中仍保留人力驱动外，大多数起重机都采用能发出较大力矩的电动机来代替手柄，以增加驱动力矩 $M_{驱}$ ，于是起重量又可以获得进一步的提高。但在这种情况下，所采用的传动装置和滑轮组不仅如上面分析的那样能提高起重量，而且也将很高的的电动机转速变为实际需要的卷筒转速，从而得到合理的物品升降速度。

现代各种起重机的起升机构原理都差不多，它主要包括以下几个部分组成：

(1) 取物装置；(2) 绳索滑轮和卷筒；(3) 传动装置；(4) 驱动装置；(5) 制动装置。其中制动装置是用来使被提升物品可靠的停住在空中的装置，对于起重机的安全操作时不可或缺的重要部件。

1.3 起重机的类型及特点

根据起重机所搬运的物品的特征、动作的复杂程度以及工作场所或者生产工艺要求等条件的不同，可以将起重机简单的分为三大类：

(1)简单起重机械：一般只作升降运动，而且大多数是手动的。如千斤顶、绞车和滑车等。

(2)通用起重机械：除使物品作升降运动外，还能使物品作水平运动。比如桥式起重机和汽车起重机等

(3)特种起重机械：只适合于某些专业性的作业，其构造往往比上述两者更为复杂。如各种冶金用的起重机，建筑用的起重机和港口起重机等。

1.4 起重机的发展状况

1.4.1 国内起重机械发展状况

在中国将起重机械总体划分为 12 大类型，即轻小型起重设备、悬臂式起重机、桥式起重机、门式起重机、塔式起重机、流动式起重机、铁路起重机、门座起重机、桅杆起重机、缆索起重机、升降机和机械式停车设备。进一步可以划分为近百种形式（品种）和数百种型号。面对品种繁多，结构复杂，大小不一，使用工况千差万别的这些涉及人们生命安全和财产安全的起重机械，为了安全，中国政府将其纳入特种设备进行强制管理，在制度上建立了一整套法律、法规、规章、安全技术规范和标准体系，在体制上建立了遍布全国 31 个行政区的安全检查网络，从起重机械的设计、制造、安装、改造、重大维修、使用、检验检测和监督管理主要环节上进行有效监管，在此，重点介绍中国的起重机械制造许可制度。

中国的起重机械整机制造企业，截止到 2005 年 9 月底统计有 1615 家。这些制度企业主要集中分布在江苏（347 家）、山东（203 家）、河南（180 家）、浙江

(111 家)、辽宁 (105 家)、广东 (100 家)、上海 (83 家)、福建 (80 家) 等地。

中国起重机械使用总量，据 2003 年底普查统计在用起重设备为 55.6 万台。设备的使用也主要集中分布在沿海发达地区，如广东、福建、浙江、上海、江苏、山东、辽宁等地。

中国的起重机械从 50 年代初建立至今，也形成了一定的生产规模、具备了一定的技术水平、也基本形成了比较完整的设计、生产、销售体系，能基本满足国民经济对该设备的需求，目前国家继续实施的财政政策，拉动着我国基础设施建设的高速展，而起重设备作为国民经济的重要基础设施广泛用于经济建设的各行各业，如冶金、煤炭、化工、电力、交通、和制造等行业，随着现代科学技术的迅速发展。工业生产规模的扩大，作用也越来越大，对起重机械的要求也越来越高，起重机正朝着大型化、高速度、人性化、环保化、通用产品小型化、零部件的规模化和多样化及安全检查制度化与规范性反向发展。

由于中国劳动力相对便宜，制造成本较低，发展潜力仍很艰巨。同时我们应该清醒的认识到，与发达国家相比，中国起重机械的制造状况有以下几个令人担忧的因素：

(1) 整体技术含量偏低，突出表现在钢结构件制作材料和电气控制系统水平较低；

(2) 规模化发展不够，突出表现在低水平重复建设严重，造成资源浪费，专业化发展严重滞后。

(3) 国际知名品牌寥寥无几，除振华港机外，能够打入国际市场并享有一定声誉的知名品牌几乎没有；

(4) 恶性竞争严重，合理利润难保，并造成安全措施投入极少，事故率高不下。

因此，我们应该有清醒的认识，并高度关注中国起重机械的长远发展和不失

时机的加快科技创新能力。

1.5 发展趋势

1.5.1 规模化和组合化

用规模化设计代替传统的整机化设计方法,将起重机上功能基本相同的部件和零件制造成有多种用途,有相关连接要素和可互换的标准模块,通过不同模块的相互配合,形成不同类型和规模的起重机。对起重机进行改进,只需针对某几个模块。设计新型起重机,只需选用不同模块重新进行组合。可使单件小批量生产的起重机改换成具有相当批量的模块生产,实现高效率的专业化生产,企业的生产组织也可由产品管理变为模块管理。达到改善整机性能,降低制造成本,提高通用化程度,用较少规格数量的零部件组成多种品种、多规格的系列产品,充分满足客户要求。

目前,德国、英国、法国、美国和日本的著名起重机公司也都采用起重机模块化设计,并取得了显著效益。德国德马格公司的标准起重机系列改用模块化设计后,比单件设计费用降低了 12%,生产成本下降 45%,经济效益十分可观。德国德马格公司还开发了一种 BKB 柔性组合式悬挂起重机,起重机的钢结构由冷轧型轨组合而成,起重机运行线路可沿生产工艺流程任意布置,可有叉道、转弯、过跨、变轨距。所有部件都可以实现大批量生产,再根据用户的不同需求和具体物料搬运路线在短时间内将各种部件组合搭配而成。这种起重机组合性非常好,操作方便,能充分利用空间,运行成本低。有手动、自动多种形式,还能组成悬挂系统、单梁悬挂起重机、双梁悬挂起重机、悬臂起重机、轻型门式起重机及手动堆垛起重机,甚至能组成大型物料搬运系统。

1.5.2 大型化和专业化

由于工业生产规模的不断扩大,生产效率日益提高,以及产品生产过程中物料装卸搬运用所占比例日益增加,促使大型和高速起重机的需求量不断增长。

起重量越来越大，工作速度越来越高，并对能耗和可靠性提出了更高的要求，起重机已成为自动化生产流程中的重要环节。起重机不但容易操作，容易维护，而且安全性要好，可靠性要高，要求具有优越的耐久性、无故障性、维护性和使用经济性。目前世界上最大的浮游起重机起重量达 6500t，最大的履带式起重机起重量达 1200t，集装箱岸边装卸桥的最大运行速度也达 350m/min，堆垛起重机最大运行速度是 240m/min，垃圾处理用起重机的起升速度达 100m/min。

工业生产方式和客户需求的多样性，使专业起重机的市场不断扩大，品种也不断更新，也特有的功能满足特殊的需要，发挥出最佳的效益。例如冶金、核电、造纸、垃圾处理的专业起重机，防爆、防腐、绝缘起重机和铁路、船舶、集装箱专用起重机的功能不断增加，性能不断提高，适应性比以往更强，德国德马格公司研制出一种飞机维修保养的专用起重机，在国际市场上打开了销路，这种起重机安装在房屋结构上，跨度大、起升高度大、可过跨、停车精度高。在起重小车下面安装有多节伸缩导管，与飞机维修平台相连，并可作 360° 旋转，通过大车和小车的位移、导管的升降与旋转可使维修平台到达飞机的任意位置，进行飞机的维护和修理，极为快速方便。

1.5.3 自动化和子能化

起重机的更新和发展，在很大程度上取决于电气传动与控制的改进。将机械技术和电子技术相结合，将先进的计算机技术，微电子技术，电力电子技术，光缆技术，液压技术，模糊控制技术运用到机械的驱动和控制系统，实现起重机的自动化和智能化。大型高效起重机的新一代电气控制装置已发展为全电子数字化控制系统。主要由全数字化控制驱动装置、可编程序控制器、故障诊断及数据管理系统、数字化操纵给定检测等设备组成。变压变频调速、射频数据通讯、故障自诊监控、吊具防摇的模糊控制、激光查找起吊物重心、近场感应防碰撞技术、现场总线、载波通讯及控制、无接触供电及三维条形码技术等将广泛得到应用。使起重机具有更高的柔性，以适合多批次少批量的柔性生产模式，提高单机综合自动化水平。重点开发以微处理机为核心的高性能电气传动装置，使起重机具有

优良的调速和静动特性，可进行操作的自动控制、自动显示与记录，起重机运行的自动保护与自动检测，特殊场合的远距离遥控等，以适应自动化生产的需要。

例如采用激光装置查找起吊物的重心位置，在取物装置上装有超声波传感器引导取物装置自动抓取货物。吊具自动防摇系统能在运行速度 200m/min、加速度 $0.5\text{m}^2/\text{s}$ 的情况下很快使起吊物摇摆振幅减至几个毫米，起重机可通过磁场变换器或激光达到高精度定位。起重机上安装近场感应系统，可避免起重机间的相互碰撞。起重机上还安装了微机自诊断监控系统，该系统提供大部分常规维护检测内容，如齿轮箱油温、油位，车轮轴承温度，起重机的载荷，应力和振动情况，制动器摩擦衬片的寿命及温度状况等。

1.5.4 成套化和系统化

在起重机单机自动化的基础上，通过计算机把各种起重运输机械组成一个物料搬运系统，通过中央控制室的控制，与生产设备有机结合，与生产系统协调配合。这类起重机自动化程度较高，具有信息处理功能，可使传感器检测出来的各种信息实施存储、运算、逻辑判断、变换等处理加工进而向执行机构发出控制指令。这类起重机还具有较好的信息输入、输出接口、实现信息全部、准确可靠的在整个物料搬运集成系统中的传输。起重机通过系统集成，能形成不同机种的匹配和组合，取长补短，发挥最佳效益。目前重点发展的又工厂生产搬运自动化系统，柔性加工制造系统，商业货物配送集散系统，集装箱装卸搬运系统，交通运输和邮电部门行包货物的自动分拣与搬运系统等。

例如生产工程机械的美国卡特皮勒公司金属结构厂一条以桥式起重机为主的物料最大搬运系统，用于钢板的喷丸处理、切割和入库的自动装卸和搬运作业，比原来使用单机操作的工作效率提高了 65%。日本东芝滨川崎工厂用全自动桥式起重机组成的物料输送系统来搬运柔性加工线上的夹具和工件，为机床运送毛坯或将加工好的工件运送到下一个工序或仓库。这些在空间移动的起重机搬运系统代替了过去通常使用的自动导向搬运车，使车间的地面面积得到充分利用。

1.5.5 轻型化和多样化

有相当批量的起重机是在通用的场合使用，工作并不很繁重。这类起重机批量大、用途广，考虑综合效益，要求起重机尽量降低起重高度，简化结构，减小自重和轮压，也可使整个建筑物下降，建筑结构轻型化，降低造价。因此电动葫芦桥式起重机和梁式起重机会很快的发展，并将大部分取代中小吨位的一般用途桥式起重机。德国德马格公司经过几十年的研究和创新，已形成了一个轻型组合式标准起重机系列。起重量为 1—63 吨，工作级别为 A1~A7 整个系列由工字形和箱形单梁、悬挂箱形单梁、角形小车箱形单梁和箱形双梁等多个品种组合而成。主梁与端梁相接以及起重小车的布置有多种形式，可适合不同建筑物和不同起重高度的要求。根据用户需要每种规格起重机都有三种单速及三种双速供任意选择，还可以选择变频调速。操作方式有地面手电门自行移动、手电门随小车移动、手电门固定、无线遥控、司机室固定、司机室随小车移动、司机室自行移动等七种选择。大车及小车的供电由电缆小车导电、DVS 两种方式。如此多的选择项，通过不同的组合，可搭配成百上千种起重机，充分满足用户不同的需求。这种起重机的另一最大优点是轻型化，自重轻、轮压轻、外形尺寸高度小，可大大降低厂房建筑物建筑的建造成本，同时也可减小起重机的运行功率和运行成本。与通用产品相比，起重量为 10t，跨度为 22.5m，通用双梁桥式起重机自重是 24t 起重机轨面以上高度 1876mm，起重机宽度 5980mm；德马格起重机的自重只要 8.7t，重量轻了 176%，起重机轨面以上高度为 920mm，降低了 104%，起重机宽度为 2980mm，外形尺寸减少了 100%。

1.5.6 新型化和实用化

结构方面采用薄壁型材和异型钢、减少结构的拼接焊缝，提高抗疲劳性能。采用各种高强度低合金钢新材料，提高承载能力，改善受力条件，减轻自重和外形美观。桥式起重机的桥架结构形式大多数采用箱形四梁结构，主梁与端梁采用高强度螺栓连接，便于安装与运输。

在机构方面进一步开发新型传动零部件，简化机构。以“三合一”运行机构是当今世界轻、中型起重机运行机构的主流，将电动机、减速器和制动器合为一体，具有结构紧凑、轻巧美观、拆卸方便、调整简单、运行平稳、配套范围大等优点，国外也广泛运用到各种起重机运行机构上。为使中小吨位的起重机小车结构尽量简化，同时降低起重机的尺寸高度，减小轮压，国外已大量采用电动葫芦作为起升机构。为了减轻自重，提高承载能力，改善加工制造条件，增加产品成品率，零部件尽量采用以焊代铸，如减速器壳体、卷筒、滑轮等都采用焊接结构。减速器齿轮都采用硬齿面，以减轻自重、减小体积、提高承载力、增加使用寿命。液压推杆盘式制动器应用范围也越来越大。此外，个机构采用的电动机都向高速发展，从而减小电机座号，减轻重量与减小外形尺寸，并可配用制动力矩小的制动器。

在电控方面开发性能好、成本低、可靠性高的调速系统和电控系统，发展半自动和全自动操作。采用机电液一体化技术。提高使用性能和可靠性，增加起重机的功能，今后会更加注重起重机的安全性，研制新型安全保护装置。重视司机的工作条件，运用人体工程学设计司机室，降低司机的劳动强度。德国今年为解决起重机吊钩的防摆控制，开发了模糊逻辑电路的控制技术，用神经信息和模糊技术来寻找开始加速的最佳时刻，将有经验司机防摆实际操作的数据输入系统，实现最优控制。模糊控制方式能确定实施自动工作的控制指令，将人们主观上的模糊量通过模糊集合进行数字化定量，在利用计算机实现像熟练司机一样的自如操作，取得了更高的效率和安全性模糊控制作为新的控制方法已引人注目。

第二章桥式起重机的介绍

2.1 桥式起重机的分类

2.1.1 通用桥式起重机

通用桥式起重机是指在一般工作环境中工作的普通用途的桥式起重机。以下类型的起重机都属于通用桥式起重机。

(1) 通用吊钩桥式起重机

通用吊钩桥式起重机由金属结构、大车运行机构、小车运行机构、起升机构、电气及控制系统及司机室组成。取物装置为吊钩。额定起重量为 10t 以下的多为一个起升机构；16t 以上的则多为主、副两个起升机构。这类起重机能在大多数作业环境中装卸和搬运物料及设备。

(2) 电磁桥式起重机

电磁桥式起重机的基本构造与吊钩桥式起重机相同，不同的是吊钩上挂 1 个直流电磁铁，用来吊运具有导磁性的黑色金属及其制品。通常是通过设在桥架走台上电动发电机组或装在司机室内的可挂硅直流箱将交流电源变为直流电源，然后再通过设在小车架上的专用电缆卷筒，将直流电源用挠性电缆送到起重电磁铁上。

(3) 抓斗桥式起重机

抓斗式起重机的装置为抓斗，以钢丝绳分别连接抓斗起升、起升机构、开闭机构。主要用于散货、废旧钢铁、木材等的装卸、吊运作业。这种起重机除了起升闭合机构以外，其机构部件与通用吊钩桥式起重机相同。

(4) 两用桥式起重机

两用桥式起重机有三种类型：抓斗吊钩桥式起重机、电磁吊钩桥式起重机、抓斗电磁桥式起重机。其特点是在一台小车上设有两套各处独立的起升机构，一套为抓斗用，一套为吊钩用（或一套为电磁吸盘用一套为吊钩用，或一套为抓斗用一套为电磁吸盘用）。

（5）三用桥式起重机

三用桥式起重机是一种多用的起重机。其基本构造与电磁桥式起重机相同。根据需要可以用吊钩吊运货物，也可以在吊钩上挂一个马达抓斗装卸物料，还可以把抓斗卸下来在挂上电磁盘吊运黑色金属，故称为三用桥式起重机。

（6）双小车桥式起重机

这种起重机与吊钩桥式起重机基本相同，只是在桥架上装有两台起重量相同的小车。这种机型用于吊运与装卸长形物件。

2.1.2 专业桥式起重机

（1）冶金桥式起重机

冶金桥式起重机根据用途可以划分为不同类型，主要结构基本与通用吊钩桥式起重机相同，取物装置多为专用。主要用于冶金车间的吊运作业，起重量很大，最大的可以达到数百吨。

（2）绝缘吊钩桥式起重机

这种起重机结构形式与通用吊钩起重机形式基本相同。但是为了防止工作过程中带电设备的电流可以经过被吊物传到起重机上，危及司机安全，故要求在吊钩组、小车架、小车轮上设置 3 道绝缘装置。主要用于冶炼铝、镁的工厂。

（3）防爆吊钩桥式起重机

这种起重机的结构形式与通用吊钩桥式起重机基本相同。但是所有的整套电

气设置具有防爆性能。与钢轨接触的运行车轮要采用不易产生摩擦火花的材料制成，以防止起重机使用过程中产生火花引起爆炸或燃烧事故。主要用于具有易燃易爆物的车间、库房或其他场所。目前产品规格较多。

2.1.3 电动葫芦型桥式起重机

其特点是桥式起重机的起重小车用自行式电动葫芦代替，或者用固定式电动葫芦作起重小车的起升机构，小车运行、大车运行等机构的转动装置也尽量与电动葫芦通用化。因此，与上述通用桥式起重机相比，电动葫芦型桥式起重机虽然一般起重量较小、工作速度较慢、工作速度低，但其自重轻、能耗较小、易采用标准产品电动葫芦配套，而且对厂房的建筑物的压力较小，建筑和使用经济性都比较好。

(1) 电动梁式起重机

其特点是用自行式电动葫芦代替通用桥式起重机的起重小车，用电动葫芦的运行小车在单根主梁的工字钢下突缘上运行，跨度小车直接用工字钢作主梁，跨度大时可在主梁工字钢的上面再作水平加强，形成的组合断面主梁。其主梁可以是单根主梁也可以是两根主梁，起桥架可以是像通用桥式起重机那样通过运行装置直接支撑在高架轨道上，也可以通过运行装置悬挂在屋顶下面的架空轨道上。

(2) 电动葫芦桥式起重机

其特点是采用固定式电动葫芦装在小车上作起升机构，小车运行机构也多采用电动葫芦零部件作简单的构造型式，小车也极为轻巧简便，其整体高度小，小车及桥架自重轻、重心低、有很广泛的适应性。

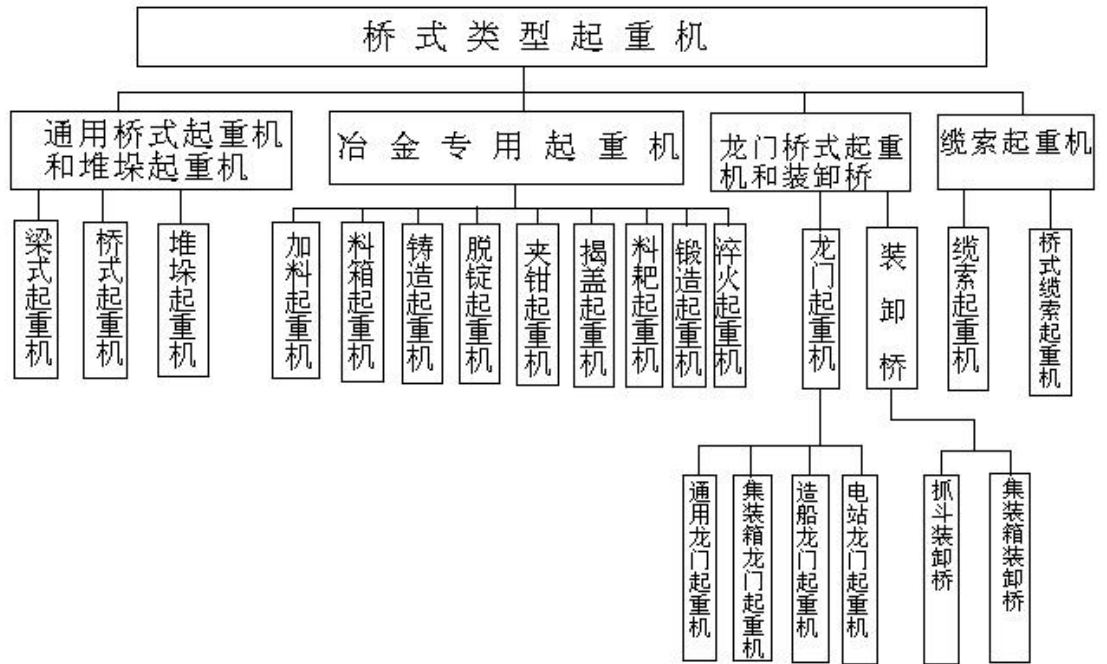


图 2.1 桥式起重机的大致分类

2.2 桥式起重机的组成特点

取物装置悬挂在可沿桥架运行的起重小车或运行式葫芦上的起重机，称为“桥架式起重机”。

桥架两端通过运行装置直接支撑在高架轨道上的桥架型起重机，称为“桥式起重机”。

桥式起重机一般由装有大车运行机构的桥架、装有起升机构和小车运行机构的起重小车、电气设备、司机室等几个大部分组成。外形像一个两端支撑在平行的两条架空轨道上平行运行的单跨平板桥。起升机构用来垂直升降物品，起重小车用来带着载荷作横向运动；桥架和大车运行机构用来将起重小车和物品作纵向移动。

桥式起重机是使用最广泛、拥有量最大的一种轨道运行式起重机，其额定起重量从几吨到几百吨。最基本的形式是通用吊钩桥式起重机，其他形式的桥式起重机，其他形式的桥式起重机上都是在通用吊钩桥式的基础上派生发展出来的。



图 2.2 普通桥式起重机

2.2.1 桥式起重机小车

桥式起重机小车主要由起升机构、小车运行机构和小车架三部分组成：另外还有一些安全防护装置。

桥式起重机的小车（图 2.2）主要具有下列特征：

1) 起升和运行机构由独立的部件构成。这些部件间采用补偿联轴器联系起来。齿轮联轴器补偿了转轴中心线偏差和歪斜，这些偏差和歪斜系因制造与安装不准确，以及小车架变形而发生彼此位移所引起。由于采用了分组的独立部件，因此使机构的装拆方便。

2) 在设计构和小车架的时候，遵循标准化、通用化和系列化的原则。这使零件的互换性得到了保证，大大的降低了制造和使用的维护起重机的费用，并使所需零件和部件的备品量缩减到最少

3) 小车的车架用钢板焊接而成。在车架上焊接有垫板、电动机、减速器、制动器和可拆卸的轴承座等均安装在垫板上。为了简化车架的加工，垫板的加工面应尽量布置在同一水平面或垂直面上。

4) 起升机构和运行机构采用减速器式传动装置，仅在起重量较大、传动比高时，低速级才采用一级开式齿轮，而高速级仍采用减速器传动。

5) 所有机构中均采用滚动轴承。卷筒和车轮安装在转轴上和转动的心轴上。通常，从动车轮安装在带有两个角形轴承箱上和转动的心轴上。而主动车轮安装在带有两个角形轴承箱的传动心轴上。而主动车轮安装在带有两个角形轴承的独立转轴上，它与减速器的输出轴端用联轴器相连。因此，拆卸联轴器后车轮与其轴承箱一起从轨道上推出。减速器也可单独拆装。

6) 过去都采用短行程或长行程交流电磁铁、弹簧上闸的瓦块式制动器，而重坠上闸的长行程电磁铁制动器已经很少使用。近年来趋向用制度性能良好的电动液压推杆和电磁液压推杆式制动器来取代上述几种制动器。要求制动平稳和容易得到直流电源的地方，还可以用直流电磁铁制动器。

为了是部件容易拆卸，通常，将制动器与齿轮联轴器做成一个部件。但根据机构布置需要，也可将制动器作为独立的部件来安装。

(7) 制造起重机时，由于零件热处理得到广泛的运用，从而大大提高零件表面的耐磨性，延长了他们的寿命。

(8) 为了简化起重机机构的维护工作，轴承的最好采用集中润滑系统。

起重小车除有起升、运行机构和小车架外，还必须有必要的安全保护装置：如栏杆、排障板、限位开关、撞尺和缓冲器等。其具体要求分述如下：

1) 栏杆和排障板：栏杆用于保护维护人员的操作安全。它设置在与小车轨道垂直的小车台边缘上。为便于小车维修人员上下，在小车的另两端边则不设栏杆。栏杆可用角钢（L50）或钢管制作，高度不低于 800mm。

排障板装在小车架端梁两端的的车轮外边，用于推开小车轨道上可能有的障碍物，以便于小车的运行。

2) 限位开关：用于限制吊钩和小车架极限位置。在起升机构中，坠重式限位开关装在小车平台上卷筒的旁边，用于限制吊钩向上位置，使其不能碰到小车上。限位开关的箱体伸出一个短轴，轴上固定有带重块的杠杆，其另一端用钢丝绳悬挂一个坠重保持平衡。坠重上装有一个套环，此套环在起重钢丝绳的一个分支外面，并不妨碍钢丝绳上下移动。当吊钩组上升到允许的最高位置时，固定在吊钩组上的挡板就将坠重抬起，使悬挂它的钢绳松弛，此时，杠杆在另一端重块作用下转动约 30° ，因此使开关盒内的电路触点断开，起升机构电动机断电停止，吊钩组不再上升。由于接线关系，这时吊钩组只能向下降方向运动。若将坠重固定在一连杆上，吊钩组上升到极限位置时，撞上连杆使其绕一端固定铰摆动并抬起固定其上的坠重，使开关动作，电动机断电。后一种布置方式使限位开关在小车台面上的位置选择较为灵活些。

上述两种布置方式所用的坠重作用式限位开关，起动作都离不开吊钩组的工作位置。由于它直接控制了吊钩组上升的极限位置，所以工作是十分可靠的。但是，这种装置方式较为笨重。起升机构中应用到的另一种限位开关为螺旋式限位开关，它安装在卷筒的一端，利用丝杠和螺母的相对运动来控制电路的触动闭合，而丝杠的传动与卷筒的旋转保持一定的联系，因此，限位开关就通过卷筒的旋转间接地控制了吊钩组上升的极限位置。

无论哪一种限位开关，吊钩组上升的极限位置应该与卷筒或定滑轮之间保持一定距离。

小车运行机构的行程限位开关一共有两个，它们安装在起重机桥梁主梁的两端，位于小车的一根轨道外侧的主梁上盖板上。在小车架相应的端梁外侧固定着

一根用角钢弯折的撞尺。当小车运行至极限位置时，撞尺压迫限位开关的摇柄转动 30° ，使开关盒内的触点断开，于是运行机构的电动机断电。由于接线关系，此时电动机只能作反向运动。

小车行程限位开关的位置安装要适当，应考虑到小车撞尺及限位开关使电动机断电并制动后，小车要走一段制动行程。因此，开关要安装在小车缓冲器相碰的挡铁前边一段距离。

3) 缓冲器与挡铁：用于阻止小车越轨和减少冲击，吸收小车与挡铁相撞时的动能。常用小车缓冲器安装在小车架上，而挡铁则安装在桥架两根主梁的两端；也有将缓冲器和挡铁的位置反过来安装的。

2.2.2 桥式起重机小车运行机构

桥式起重机小车运行机构由减速器、电动机、车轮、联轴器、转动轴以及一些附件组成。

小车运行机构的传动方式有两种。即减速器位于小车主动轮中间或减速器位于小车主动轮一侧。减速器位于小车主动轮中间的小车转动方式，使小车减速器输出轴及两侧传动轴所承受的扭矩比较均匀。减速器位于小车主动轮一侧的传动方式，安装和维修比较方便，但起车时小车车体有左右扭摆的现象。

2.3 本次毕业设计中的内容

2.3.1 桥式起重机的主要参数

这次设计的起重机为 250/50/10t+250/50/10t—20.0M 水电站桥式起重机，安装于丰满水电站扩建工程厂房内，用于水轮发电机组及其附属设备的安装和检修工作。

基本数据为：

桥机跨度：20m；

主钩额定起重量：250t；

副钩额定起重量：50t；

主钩起升高度：26m

副钩起升高度：32m

大车运行速度：20m/min

小车运行速度：2m/min

2.3.2 本次设计的桥上起重机的用途和结构特点

本桥式起重机为双梁单小车结构式，单小车上设有主、副钩起升机构，主、副钩可单独起吊，又可以相互配合使用。厂房内设两台 250/50/10t 桥机，吊装定子及转子时，两台桥机挂 500t 平衡梁，利用平衡梁与转子连接起吊转子。吊运 250t 以下物品时，用 250t 的吊钩来完成；当吊运 50t 以下物品时，用 50t 吊钩来完成，在桥架司机室另一侧的主梁腹板下设有 10t 电动葫芦，扩大了桥机的作业范围。

起重机由小车、桥架、大车运行机构和电器设备的组成。电器设备设置在主梁内，司机室设有冷热空调。

小车由起升机构、小车架、小车运行机构、250t 吊具等部分组成。

主、副起升机构分别由一台电动机、一台减速器、一台轮式制动器、一套卷筒装置和上滑轮装置构成。起升机构减速器低速轴采用卷筒联轴器与卷筒连接。

起升机构上滑轮轴设有负荷式传感器，在司机室内平台前设有大屏幕显示屏，可显示起吊负荷。当起吊负荷达到 0.9n 时发出警报信号。当负荷超过 1.05Gn 时自动切断电源。

起升机构设有重锤式和双重限位开关。

大车运行机构为两侧分别驱动，采用万向联轴器与主动平衡梁连接。大车运行机构共有 16 个车轮，其中 4 个为主动轮。

大、小车运行车轮装置、卷筒轴承座轴承、卷筒联轴器、滑轮装置，吊钩装置均采用单点分别润滑。

各机构均采用全封闭自润滑的中硬齿轮减速器，它具有运行平稳、寿命长的特点。运行机构减速器立式安装，带油泵润滑。

大、小车缓冲器均为聚氨脂缓冲器。

大、小车轮均采用索氏体淬火，车轮踏面和轮缘的硬度为 HB300~600，具有较长三维使用寿命，车轮轴承箱是圆形的，45°安装，平衡架轴承箱孔和中间铰孔均是机床加工的，车轮轴承箱用半圆环固定在平衡架上，保证了车轮的偏斜在许用范围内，减少了啃轨的可能性。该结构也便于车轮的装拆。

起重机的桥架由两个偏轨箱形主梁和两个箱形端梁以及平台栏杆、扶梯、司机室等部分组成。

偏轨箱形梁具有较大的垂直刚度和水平刚度，箱形梁里两端有大车运行机构，中间放置电气设备。

两侧端梁通过铰轴与主梁连接在一起，大车运行连接铰通过划线整体加工来保证其平行度，使大车运行平稳，减少啃轨环节。

小车架由主梁、端梁、副梁、平台、栏杆等组成，便于运输，中间断开，用高强度螺栓连接。小车机构的底座均通过划线来整体加工，保证其机构的安装精度。

第三章起重机小车运行机构的计算

3.1 运行机构计算

3.1.1 计算条件

一. 跨度、额定起重量

(1) 跨度、额定起重量

桥机跨度	$L=20\text{m}$
主钩额定起重量	$G_z=250\text{t}$
副钩额定起重量	$G_f=50\text{t}$
电动葫芦额定起重量	$G_d=10\text{t}$

(2)起升高度

主钩起升高度	26m
副钩起升高度	32m
电动葫芦起升高度	40m

(3)工作级别

起重机工作级别	A3
---------	----

主起升工作级别	M3
副起升工作级别	M5
电动葫芦工作级别	M5
大车运行机构工作级别	M3
小车运行机构工作级别	M3
电动葫芦运行机构工作级别	M3

(4)运行起升速度

大车运行速度	$V_n \geq 20\text{m/min}$
小车运行速度	$V_n \geq 12\text{m/min}$
电动葫芦运行速度	$V_n \geq 15\text{m/min}$
主钩起升下降速度	$V_n \geq 1\text{m/min}$
副钩起升下降速度	$V_n \geq 4\text{m/min}$
电动葫芦起升下降速度	$V_n \geq 8\text{m/min}$
大车微速运行速度	$V_n \leq 2\text{m/min}$
小车微速运行速度	$V_n \leq 1.2\text{m/min}$
主钩微速起升下降速度	$V_n \leq 0.1\text{m/min}$
副钩微速起升下降速度	$V_n \leq 0.4\text{m/min}$
电动葫芦微速起升下降速度	$V_n \leq 0.8\text{m/min}$

(5)大车轨道	QU120
---------	-------

最大轮压	450KN
整车自重	$G_n=165t$

3.1.2 运行阻力计算

a、静阻力 W_j

初选车轮 $D=710mm$

摩擦阻力系数 $\omega=0.0080$ (表 3.1)

表 3.1 摩擦阻力系数 ω 的平均值

车轮直径(mm)	轴承内径(mm)	阻力系数(mm)
250	70	0.0125
315	90	0.0112
400	100	0.0095
500	130	0.0090
630	170	0.0085
710	190	0.0080
800	200	0.0075
900	220	0.0071
1000	240	0.0071

$$W_j=(G_n+G_z) \times g \times \omega = (250+65) \times 9.8 \times 0.008 \times =24.696KN$$

式中：

W_j ——运行机构阻力，KN；

G_n ——额定起重量，t；

G_z ——起重机或小车的自重，t；

g ——重力加速度， $9.8m/s^2$

b、运行惯性阻力

$$a=0.013^2\sqrt{V_n}=0.013^2\sqrt{12}=0.045m/s^2$$

$$W_a=K \times (G_n+G_z) \times a=1.2 \times (250+65) \times 0.045=17.01KN$$

式中： W_a ——机构启动时惯性阻力，KN；

K ——考虑旋转件的惯性阻力系数，取 $K=1.1\sim 1.2$ ；

a ——启动平均加速度， m/s^2 。

C、总阻力矩

$$W_z=W_j+W_a=24.696+17.01=41.706KN$$

3.1.3 电动机的选择

表 3.2 操作频繁程度系数 K_s

机构工作	机构作业	电动机接电持续率			FC
级别 M	持续 JC	15%	25%	40	60% 100%

~M3	15%	1.20	1.05	0.94	0.82	0.72
M4~M5	25%	1.38	1.20	1.07	0.93	0.81
M6	40%	1.55	1.35	1.20	1.03	0.90
M7~M8	60%	1.82	1.58	1.40	1.20	1.04
	100%	2.13	1.85	1.63	1.39	1.20

$$P_n \geq K_n \times K_t \times K_s \times K_a \times (G_n + G_z) \times \frac{V_n}{\eta_g \times Z_m}$$

$$= 0.94 \times 0.00138 \times (250 + 65) \times \frac{12}{0.97^3} = 5.373 \text{KW}$$

式中： P_n ——电动机在基准时的功率，KW；

K_n ——海拔高度系数；

K_t ——工作环境的温度系数；

K_s ——操作频繁程度系数，见表 3.2； $\omega \omega$

K_a ——运行阻力系数，见表 3.3；

η_g ——齿轮传动效率；

Z_m ——电动机数目。

表 3.3 运行阻力系数

车轮直径 (mm)	≤315	>315~710	>
710~1000			

静阻力系数 ω		0.0125	0.0095	0.0075	
		0.041	0.00170	0.00138	0.00118
力	加	0.058	0.00186	0.00156	0.00138
系	速	0.065	0.00195	0.00165	0.00146
数	度	0.074	0.00204	0.00175	0.00156
Ka	a	0.082	0.00213	0.00184	0.00165
	m/min	0.100	0.00233	0.00204	0.00185
		0.113	0.00248	0.00219	0.00199
		0.126	0.00263	0.00234	0.00215
		0.142	0.00280	0.00250	0.00231
		0.158	0.00290	0.00270	0.00251

续表 3.3 运行阻力系数

车轮直径 (mm)	≤ 315	$> 315 \sim 710$	$> 710 \sim 1000$
静阻力系数 ω	0.0125	0.0095	0.0075

	0.179	0.00323	0.00294	0.00274
	0.200	0.00346	0.00317	0.00298
运 机	0.224	0.00373	0.00345	0.00325
行 构	0.237	0.00388	0.00359	0.00340
阻 加	0.254	0.00407	0.00378	0.00359
力 速	0.286	0.00443	0.00414	0.00395
系 度	0.320	0.00482	0.00453	0.00434
数	0.358	0.00525	0.00496	0.00477
Ka a	0.379	0.00549	0.00520	0.00500
m/mi	0.405	0.00578	0.00549	0.00530
	0.429	0.00605	0.00576	0.00557
	0.453	0.00632	0.00603	0.00584
	0.480	0.00663	0.00634	0.00615
	0.509	0.00695	0.00667	0.00647
	0.544	0.00735	0.00706	0.00687
<hr/>				
电动机型号	YZP160		大连伯顿	
电动机功率	P(KW)		7.5	
电动机额定转速	N _m (n/min)		970	

转动惯量	$J_m(\text{Kg} \cdot \text{m}^2)$	0.1325
------	-----------------------------------	--------

3.1.4 打滑验算

a、粘着摩擦系数 μ_0 值对于室内工作起重机 $\mu_0=0.15$

$$\mu_0 \times P_i \geq K_0(G \times a + W_j)$$

$$P_i = \frac{G \times g}{n} = \frac{315 \times 9.8}{4} = 771.75 \text{KN}$$

式中： P_i ——第 i 个驱动轮的轮压，KN;

K_0 ——粘着摩擦安全系数，取 $K_0=1.05\sim 1.2$;

G ——起重机或小车的运动质量，t;

a ——平均起动加速度， m/s^2 ，见表 3.4;

$$\mu_0 \times P_i = 0.15 \times 771.75 = 115.762$$

$$K_0 \times (G \times a + W_j) = 1.2 \times (315 \times 0.126 + 24.696) = 76.955$$

$115.762 \geq 76.955$ ，故打滑实验通过。

表 3.4 机构加速度和机构加速时间

速度	I	II	III	IV				
m/min	加速度	加速时	加速度	加速时	加速度	加速时	加速度	加速时
	m/s^2	间 s	m/s^2	间 s	m/s^2	间 s	m/s^2	间 m/s^2

10	0.041	4.1	0.063	2.6				
20	0.058	5.8	0.089	3.7				
25	0.065	6.3	0.100	4.2				
32	0.074	7.3	0.113	4.7				
40	0.082	8.2	0.126	5.3	0.202	3.3		
50	0.092	9.1	0.141	5.9	0.226	3.7		
63			0.158	6.6	0.254	4.1		
80			0.179	7.4	0.286	4.6		
100			0.200	8.3	0.320	5.2		
125			0.224	9.3	0.358	5.8	0.481	4.3
140			0.237	9.9	0.379	6.1	0.509	4.6
160					0.405	6.5	0.544	4.9
180					0.429	6.9	0.577	5.2
200					0.453	7.3	0.608	5.5
225					0.480	7.7	0.645	5.9

b、驱动轮比与加速度

驱动车轮数量 $n_1=2$

$$\frac{n_1}{n} = \frac{1}{2}$$

需满足条件

$$a_{\min} = \left(\frac{n_1 \times \mu_0}{n \times k_0} - \omega \right) \times g = \left(\frac{2 \times 0.15}{4 \times 1.2} - 0.008 \right) \times 9.8 = 0.534 < 0.555$$

满足要求（表 3.5）

表 3.5 驱动轮比与允许的最大加速度

驱动轮比 $n_1 : n_2$	允许的最大加速度 m/s^2
1:6	≤ 0.135
1:4	≤ 0.238
1:3	≤ 0.340
1:2	≤ 0.544
1:1	≤ 0.645

3.1.5 减速器计算

a、速比

车轮的踏面直径 $D_{\text{轮}} = 710\text{mm}$

$$\text{减速器速比} \quad i = N \times D_{\text{轮}} \times \frac{\pi}{V_n} = 4 \times 710 \times \frac{3.14}{12} = 180.301$$

b、选用减速器功率

$$\text{减速器数量} \quad Z_g = 2$$

$$\text{等效系数} \quad K_g = 1.25$$

$$P_g = \frac{K_a \times (G_n + G_z) \times V_n}{\eta_g Z_g K_g} = \frac{0.00138 \times 315 \times 12}{0.97^3 \times 2 \times 1.25} = 2.286 \text{KW}$$

3.1.6 制动器的选择

$$M_z \geq M_a + M_j + M_{j\min}$$

式中： M_z —制动器的制动力矩， $N \cdot m$ ；

M_a —机构制动时需制动的惯性力矩；

$M_{j\min}$ —有利于机构制动时的最小阻力矩；

3.1.6.1 制动惯性力矩 M_a

$$M_a = \frac{2.65 \times (G_n + G_z) \times V_k^2 \times \eta_g}{Z_z \times n_m \times t} + \frac{K \times (J_m + J_i) \times n_m}{9.55 \times t}$$

$$= \frac{2.65 \times (250 + 65) \times 11.040^2 \times 0.97^3}{970 \times 4.1} + \frac{1.1 \times 0.265 \times 970}{9.55 \times 4.1}$$

$$= 30.569$$

式中： Z_z —制动器数量；

n_m —电动机额定转速， r/min ；

t —制动时间 s ;

K —计入其他旋转件的转动惯量系数, 取 $1.1 \sim 1.2$;

J_m —电动机转子的转动惯量, $Kg \cdot m^2$;

J_i —高速轴上除去电动机转子以外的其他旋转件的转动惯量

$$Kg \cdot m^2 \quad J_m = J_i$$

V_k —机构的额定运行速度, m/min ;

$$V_k = \pi \times D \times n \times \frac{0.9}{i} = 3.14 \times 0.71 \times 970 \times \frac{0.9}{195.88} = 11.040 m/min$$

D —车轮踏面直径, m ;

n —电动机的同步转速, r/min ;

i —从动车轮轴到高速轴的传动比。

3.1.6.2 最小静阻力矩 M_{jmin}

$$M_{jmin} = \frac{6.25 \times (G_n + G_z) \times V_k \times \eta_k}{Z_m \times n_m} =$$

$$\frac{6.25 \times 316 \times 11.040 \times 0.97^3}{970} = 20.450 N \cdot m$$

制动器的制度力矩

$$M_z = M_a - M_{jmin} = 30.659 - 20.450 = 10.119 N \cdot m$$

3.1.7 联轴器的选择

3.1.7.1 联轴器传递扭矩的确定

$$M_t \geq n_t \times \Phi_8 \times M_i = 9550 \times n_t \times \Phi_8 \times P_n \times i \times \frac{\eta_g}{n_m}$$

式中： M_t -----标准联轴器给出的许用公称扭矩， $N \cdot m$;

n_t ---联轴器的选用安全系数， 取 $n_t=1.35$;

Φ_8 ---刚性振动系数， 取 $\Phi_8=1.75 \sim 1.85$;

M_i -----被连接轴上的扭矩， $N \cdot m$;

P_n ---电动机在基准值时的额定功率， KW ;

n_m -----电动机的额定转速， $N \cdot m$;

i -----从电动机到计算件的传动比。

高速联轴器应能传递的扭矩

$$M_{tg} \geq 9550 \times n_t \times \Phi_8 \times P_n \times i \times \frac{\eta_g}{n_m} = 9550 \times 1.35 \times 1.85 \times 7.5 \times \frac{0.97^3}{970}$$

$$= 168.311 N \cdot m$$

型号 Q/ZB104.2.00A

传递力矩 $M_a=1400$ 样本

低速联轴器应能传递的扭矩

$$Mtd \geq 9550 \times n_t \times \Phi 8 \times P_n \times i \times \frac{\eta_\varepsilon}{n_m} = 9550 \times 1.35 \times 1.85 \times 7.5 \times 195.88 \times$$

$$\frac{0.97^3}{970}$$

$$= 24058.344 \text{ N} \cdot \text{m}$$

型号 Q/ZB105.7.00A

传递力矩 $M_a = 18000$ 样本

3.1.8 缓冲器的选择

$$G_H = \frac{G_P}{Z_H} = 65000/2 = 32500 \text{ Kg}$$

式中： G_H -----一个缓冲器所承受的碰撞质量， Kg;

G_P -----参与碰撞的总质量， Kg;

Z_H -----碰撞侧缓冲器的数目。

$$W = \frac{G_H}{2} \times \left(\frac{V}{60}\right)^2 = 550.12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

式中： W ----每个缓冲器应吸收的功能， $\text{N} \cdot \text{m}$;

V -----起重机或小车碰撞时的碰撞计算速度， m/min ;

$$P_p = \frac{2 \times W}{S \times \eta_h} = \frac{2 \times 550.12}{0.12 \times 0.90} = 10187.407 \text{ N}$$

式中： P_p -----每个缓冲器的碰撞力， N;

S -----缓冲器的缓冲行程， m;

η_h -----缓冲器效率，对弹簧缓冲器取 $\eta_h = 0.90$;

缓冲器型号 JHQ-C-5

缓冲器的尺寸 D 100

	H	100
缓冲器的行程		75

第四章减速器的设计

4.1 减速器传动比的分配

由于减速器采用的是三级斜齿圆柱式减速器，所以传动比的分配为：

$$i = i_{\text{高}} \times i_{\text{中}} \times i_{\text{低}} = 181 \quad \text{令 } i_{\text{高}} = 1.3 \times i_{\text{中}} \quad i_{\text{中}} = 1.3 \times i_{\text{低}}$$

$$\text{计算得：} \quad i_{\text{高}} = 7.367 \quad i_{\text{中}} = 5.667 \quad i_{\text{低}} = 4.359$$

表 3.6 总传动比及其分配

总传动比	高速级齿轮传动比	中速级齿轮传动比	低速级齿轮传动比
	i_1	i_2	i_3
181	7.367	5.667	4.359

4.2 减速器各轴的传递功率、转速、转矩

$$P_{\text{电动机}} = 5.373 \text{KW} \quad n = 970 \text{r/min} \quad \text{转动惯量} \quad 0.1325 \text{Kg} \cdot \text{m}^2$$

(1) 各轴的输入功率

$$P_1 = P_{\text{电动机}} \times \eta = 5.373 \times 0.99 = 5.319 \text{KW}$$

$$P_2 = P_1 \times \eta_{\text{滚}} \times \eta_{\text{齿}} = 5.319 \times 0.98 \times 0.96 = 5.004 \text{KW}$$

$$P_3 = P_2 \times \eta_{\text{滚}} \times \eta_{\text{齿}} = 5.004 \times 0.98 \times 0.96 = 4.708 \text{KW}$$

$$P_4 = P_3 \times \eta_{\text{滚}} \times \eta_{\text{齿}} = 4.708 \times 0.98 \times 0.96 = 4.429 \text{KW}$$

$$P_5 = P_4 \times \eta_{\text{滚}} \times \eta_{\text{联}} = 4.429 \times 0.98 \times 0.96 = 4.297 \text{KW}$$

(2) 各轴的转速

$$n_1=970\text{r/min}$$

$$n_2=n_1/i_1=970/7.367=131.668\text{r/min}$$

$$n_3=n_2/i_2=131.668/7.367=23.234\text{r/min}$$

$$n_4=n_3/i_3=23.234/4.359=5.330\text{r/min}$$

(3) 各轴的输入扭矩

$$T_1=9550 \times P_1/n_1=9550 \times 5.319/970=52.367 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_2=9550 \times P_2/n_2=9550 \times 5.004/131.668=362.945 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_3=9550 \times P_3/n_3=9550 \times 4.708/23.234=1935.155 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_4=9550 \times P_4/n_4=9550 \times 4.429/5.33=7935.638 \text{ N} \cdot \text{m}$$

4.2.1 高速级齿轮的计算

$$P_1=5.319\text{KW} \quad n_1=970\text{r/min} \quad i_1=7.367 \quad T_1=52.367 \text{ N} \cdot \text{m}$$

材料：大小齿轮采用的材料为 40Cr，并经过调质和表面淬火，硬度为 40~55HRC

闭式传动，精度 7 级，初选材料螺旋角 $\beta = 12^\circ$ 使用期 6 年，每年工作 300 天，每天 8 小时。

1、 选用小齿轮数 $Z_1=19$ ，得 $Z_2=i \times Z_1=7.367 \times 19=139.973$ ，取 $Z_2=140$

2、 由公式

$d_{1t} \geq$ 错误!

- ① 试选载荷系数 $K_t=1.6$ ；
- ② 小齿轮传动扭矩 $T_1=52.367 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}$ ；
- ③ 由表 10.7^[5] 取齿宽系数 $\phi_d=0.8$ ；
- ④ 由表 10.6^[5]查得，材料的弹性影响系数 $Z_E=189.9\text{MPa}^{1/2}$ ；
- ⑤ 由表 10.30^[5]选取区域系数 $Z_H=2.450$ ；
- ⑥ 由表 10.26^[5]查得 $\xi_{\alpha 1}=0.76$ $\xi_{\alpha 2}=0.88$

$$\xi_{\alpha} = \xi_{\alpha 1} + \xi_{\alpha 2} = 1.64$$

⑦ 大小齿轮 $\sigma_{HLim1} = \sigma_{HLim2} = 1100\text{MPa}$;

⑧ 应力循环系数

$$N_1 = 60 \times n_1 \times j \times L_h = 60 \times 970 \times 8 \times 300 \times 6 = 8.381 \times 10^8$$

$$N_2 = \frac{N_1}{i_1} = 1.138 \times 10^8$$

⑨ 接触疲劳寿命系数

$$K_{HN1} = 0.92 \quad K_{HN2} = 0.98$$

⑩ 计算疲劳许用应力

$$[\sigma_H]_1 = K_{HN1} \times \sigma_{HLim1} / S = 0.92 \times 1100 = 1012\text{MPa}$$

$$[\sigma_H]_2 = K_{HN2} \times \sigma_{HLim2} / S = 0.98 \times 1100 = 1078\text{MPa}$$

许用接触应力

$$[\sigma_H] = ([\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2) / 2 = (1012 + 1078) / 2 = 1045\text{MPa}$$

$$[\sigma_H] < 1.23[\sigma_H]_2, \quad \text{取} [\sigma_H] = 1045\text{MPa}$$

(2) 计算

① $d_{1t} \geq 30.625\text{mm}$

② 计算圆周速度

$$V = \frac{\pi \times d_{1t} \times n_1}{60000} = \frac{\pi \times 30.625 \times 970}{60000} = 1.555\text{m/s}$$

③ 计算齿宽及模数 m_{nt}

$$b = \phi_d \times d_{1t} = 0.8 \times 30.625 = 24.5\text{mm}$$

$$m_{nt} = (d_{1t} \times \cos \beta) / Z_1 = (24.5 \times \cos 12^\circ) / 19 = 1.261\text{mm}$$

$$h = 2.25 \times m_{nt} = 2.25 \times 1.261 = 2.837\text{mm}$$

$$\frac{b}{h} = \frac{24.5}{2.837} = 8.636$$

④ 计算载荷系数 K

查表 10.2^[5]得 $K_A = 1.5$

根据 $V = 1.555\text{m/s}$, 7 级精度, 10.8^[5]查得动载荷系数 $K_v = 1.08$

由表 10.4^[5], 6 级精度

$$K_{H\beta} = 1.05 + 0.26(1 + 0.6 \phi_d^2) \phi_d^2 + 0.16 \times 10^{-3} b = 1.05 + 0.23 + 0.004 = 1.284$$

考虑齿轮为 7 级精度，取 $K_{H\beta}=1.294$

由图 10.13^[6]查得 $K_{F\beta}=1.24$

假设 $(K_A \times K_t/b) \geq 100N \cdot m$ ，10.3^[5]查得 $K_{H\alpha}=K_{F\alpha}=1.2$

$$K=K_A \times K_V \times K_{H\alpha} \times K_{F\alpha}=1.5 \times 1.08 \times 1.2 \times 1.294=2.516$$

⑤ 计算纵向重合度

$$\xi_{\beta}=0.318 \times \phi_d \times Z_1 \times \tan \beta =0.318 \times 0.8 \times 19 \times 0.213=1.027$$

$$\textcircled{6} \quad d_1=d_{1t} \times \sqrt[3]{\frac{K}{K_t}} =30.625 \times 1.1628=35.613$$

⑦ 计算模数 m

$$m=\frac{d_1 \times \cos \beta}{Z_1} =\frac{35.613 \times \cos 12^{\circ}}{19} =1.833\text{mm}$$

(3)按齿轮弯曲强度计算

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1 Y_{\beta} \cos^2 \beta \times Y_{FA} \times Y_{SA}}{\phi_d Z_1^2 \xi_{\alpha} \times [\sigma_F]}}$$

① 计算载荷系数

$$K=K_A \times K_V \times K_{F\alpha} \times K_{F\beta}=1.5 \times 1.08 \times 1.2 \times 1.24=2.411$$

② 根据纵向重合度 $\xi_{\beta}=1.027$ ，从图 10.28^[5]查得螺旋角影响系数 $Y_{\beta}=0.90$

③ 计算当量齿数

$$Z_{V1}=\frac{Z_1}{\cos^3 \beta} =\frac{19}{\cos^3 12^{\circ}} =20.302$$

$$Z_{V2}=\frac{Z_2}{\cos^3 \beta} =\frac{140}{\cos^3 12^{\circ}} =149.594$$

④ 查得齿形系数由表 10.5^[5]查得 $Y_{Fa1}=2.79$ ， $Y_{Fa2}=2.14$

查取应力校正系数由 10.5^[5]查得 $Y_{Sa1}=2.79$ ， $Y_{Sa2}=2.14$

⑤ 计算弯曲疲劳应力

由表 10.20d^[5]查得 $\sigma_{FE1}=\sigma_{FE2}=620\text{Mpa}$

由图 10.18^[5]查得弯曲疲劳寿命系数 $K_{FN1}=0.86$ $K_{FN2}=0.90$

⑥ 取弯曲疲劳安全系数 $S=1.4$

$$[\sigma_F]_1 = \frac{K_{KN1} \times \sigma_{FE1}}{S} = \frac{0.86 \times 620}{1.4} = 380.857 \text{Mpa}$$

$$[\sigma_F]_2 = \frac{K_{KN2} \times \sigma_{FE2}}{S} = \frac{0.90 \times 620}{1.4} = 398.571 \text{Mpa}$$

⑦ 计算大小齿轮的 $\frac{Y_{Fa} \times Y_{Sa}}{[\sigma_F]}$, 并加以比较

$$(Y_{Fa1} \times Y_{Sa1}) / [\sigma_F]_1 = (2.79 \times 1.55) / 380.857 = 0.01135$$

$$(Y_{Fa2} \times Y_{Sa2}) / [\sigma_F]_2 = (2.14 \times 1.83) / 398.571 = 0.00983$$

小齿轮的数值大

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1 Y_\beta \cos^2 \beta \times Y_{Fa} \times Y_{Sa}}{\phi_d Z_1^2 \xi_a \times [\sigma_F]}} = 1.735 \text{mm}$$

对比计算结果, 由齿面接触疲劳强度计算得法面模数 m_n , 与由齿根弯曲疲劳强度计算得法面模数相差不大, 取标准值 $m_n=2\text{mm}$, 取分度圆直径

$$d_1 = 35.613 \text{mm}。$$

$$Z_1 = (d_1 \times \cos \beta) / m_n = (35.613 \times \cos 12^\circ) / 2 = 17.417 \quad \text{取 } Z_1 = 20$$

$$Z_2 = i \times Z_1 = 7.367 \times 20 = 147.34 \quad \text{取}$$

$$Z_2 = 147$$

(4) 几何尺寸计算

① 计算中心距

$$a = \{(Z_1 + Z_2) m_n\} / 2 \times \cos \beta = (167 \times 2) / (2 \times \cos 12^\circ) = 170.721 \text{mm}$$

② 按圆整后中心距修正螺旋角

$$\beta = \arccos\{(Z_1 + Z_2) m_n / (2 \times a)\} = \arccos \frac{167}{170} = 10.780^\circ$$

β 角改变不多, 故参数 ξ_a , K_β , Z_H 不必修正。

③ 计算大小齿轮分度圆直径

$$d_3 = \frac{Z_4 \times m_n}{\cos \beta} = \frac{17 \times 4}{\cos 12.947^\circ} = 69.773 \text{mm}$$

$$d_4 = \frac{Z_4 \times m_n}{\cos \beta} = \frac{98 \times 4}{\cos 12.947^\circ} = 402.225 \text{ mm}$$

④计算齿宽

$$b = \phi_d \times d_3 = 0.8 \times 69.773 = 55.818 \text{ mm}$$

$$\text{圆整后} \quad B_3 = 60 \text{ mm} \quad B_4 = 65 \text{ mm}$$

$$\text{验算} \quad F_t = \frac{2 \times T_2}{d_3} = \frac{2 \times 362945}{69.773} = 10403.595 \text{ N}$$

$$\frac{K_A \times F_T}{b} = \frac{1.5 \times 10403.595}{55.818} = 279.576 > 100 \text{ N/mm}$$

所以满足齿面接触疲劳强度和齿根弯曲疲劳强度。

4.2.2 低速级齿轮计算

$$P_3 = 4.708 \text{ KW} \quad n_1 = 23.234 \text{ r/min} \quad i_3 = 4.359$$

$$T_1 = 1935.155 \text{ N} \cdot \text{m}$$

材料：大小齿轮采用的材料为 40Cr，并经过调质和表面淬火，硬度为 48—55HRC

闭式传动，精度 7 级，初选材料螺旋角 $\beta = 12^\circ$ ，使用期 6 年，每年工作 300 天，每天 8 小时。

1、 选用小齿轮数 $Z_5 = 19$ ，得 $Z_6 = i \times Z_5 = 4.359 \times 19 = 82.821$ ，取 $Z_6 = 83$

2、 由公式

$d_{5t} \geq$ 错误!

①试选载荷系数 $K_t = 1.6$ ；

②小齿轮传动扭矩 $T_3 = 1935.155 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}$ ；

③由表 10.7^[5] 取齿宽系数 $\phi_d = 0.8$ ；

④由表 10.6^[5]查得，材料的弹性影响系数 $Z_E = 189.9 \text{ MPa}^{1/2}$ ；

⑤由表 10.30^[5]选取区域系数 $Z_H = 2.450$ ；

⑥由表 10.26^[5]查得 $\xi_{\alpha 5}=0.77$ $\xi_{\alpha 6}=0.87$

$$\xi_{\alpha} = \xi_{\alpha 5} + \xi_{\alpha 6} = 1.64$$

⑦由表 10.21e^[5]大小齿轮 $\sigma_{HLim1} = \sigma_{HLim2} = 1100\text{MPa}$;

⑧应力循环系数

$$N_5 = 60 \times n_3 \times j \times L_h = 60 \times 23.234 \times 8 \times 300 \times 6 = 2.007 \times 10^7$$

$$N_6 = \frac{N_5}{i_3} = 4.605 \times 10^6$$

⑨由图 10.19^[5]查得接触疲劳寿命系数

$$K_{HN5} = 1.1 \quad K_{HN6} = 1.2$$

⑩计算疲劳许用应力

$$[\sigma_H]_5 = K_{HN5} \times \sigma_{HLim5} / S = 1.1 \times 1100 = 1210\text{MPa}$$

$$[\sigma_H]_6 = K_{HN6} \times \sigma_{HLim6} / S = 1.2 \times 1100 = 1320\text{MPa}$$

许用接触应力

$$[\sigma_H] = ([\sigma_H]_5 + [\sigma_H]_6) / 2 = (1210 + 1320) / 2 = 1265\text{MPa}$$

$$[\sigma_H] < 1.23[\sigma_H]_6, \quad \text{取} [\sigma_H] = 1265\text{MPa}$$

(2) 计算

① $d_{5t} \geq \text{错误!} = 92.213\text{mm}$

②计算圆周速度

$$v = \frac{\pi \times d_{5t} \times n_3}{6000} = \frac{\pi \times 92.213 \times 23.234}{60000} = 0.112\text{m/s}$$

③计算齿宽及模数 m_{nt}

$$b = \phi_d \times d_{5t} = 0.8 \times 92.213 = 73.770\text{mm}$$

$$m_{nt} = (d_{5t} \times \cos \beta) / Z_1 = (92.213 \times \cos 12^\circ) / 19 = 4.747\text{mm}$$

$$h = 2.25 \times m_{nt} = 2.25 \times 4.747 = 10.681\text{mm}$$

$$\frac{b}{h} = \frac{73.770}{10.681} = 6.907\text{mm}$$

④计算载荷系数 K

查表 10.2^[5]得 $K_A = 1.5$

根据 $v = 0.120\text{m/s}$, 7 级精度, 10.8^[5]查得动载荷系数 $K_v = 1.01$

由表 10.4^[5], 6 级精度

$$K_{H\beta} = 1.05 + 0.26(1 + 0.6 \phi_d^2) \phi_d^2 + 0.16 \times 10^{-3} b = 1.05 + 0.23 + 0.013 = 1.292$$

考虑齿轮为 7 级精度, 取 $K_{H\beta} = 1.302$

由图 10.13^[6]查得 $K_{F\beta} = 1.22$

假设 $(K_A \times K_t/b) \geq 100 N \cdot m$, 10.3^[5]查得 $K_{H\alpha} = K_{F\alpha} = 1.2$

$$K = K_A \times K_V \times K_{H\alpha} \times K_{F\alpha} = 1.5 \times 1.01 \times 1.2 \times 1.302 = 2.367$$

⑤ 计算纵向重合度

$$\xi_{\beta} = 0.318 \times \phi_d \times Z_1 \times \tan \beta = 0.318 \times 0.8 \times 19 \times 0.213 = 1.027$$

$$\textcircled{6} \quad d_5 = d_{5t} \times \sqrt[3]{\frac{K}{K_t}} = 92.213 \times 1.139 = 105.071$$

⑧ 计算模数 m_n

$$m_n = \frac{d_5 \times \cos \beta}{Z_5} = \frac{105.071 \times \cos 12^\circ}{19} = 5.409 \text{ mm}$$

(3) 按齿轮弯曲强度计算

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_3 Y_{\beta} \cos^2 \beta \times Y_{FA} \times Y_{SA}}{\phi_d Z_5^2 \xi_{\alpha} \times [\sigma_F]}}$$

① 计算载荷系数

$$K = K_A \times K_V \times K_{F\alpha} \times K_{F\beta} = 1.5 \times 1.01 \times 1.2 \times 1.22 = 2.218$$

② 根据纵向重合度 $\xi_{\beta} = 1.027$, 从图 10.28^[5]查得螺旋角影响系数 $Y_{\beta} = 0.90$

③ 计算当量齿数

$$Z_{V5} = \frac{Z_5}{\cos^3 \beta} = \frac{19}{\cos^3 12^\circ} = 20.302$$

$$Z_{V6} = \frac{Z_6}{\cos^3 \beta} = \frac{83}{\cos^3 12^\circ} = 88.688$$

④ 查得齿形系数由表 10.5^[5]查得 $Y_{Fa5} = 2.79$, $Y_{Fa6} = 2.22$

查取应力校正系数由 10.5^[5]查得 $Y_{Sa5} = 1.54$, $Y_{Sa6} = 1.78$

⑤ 计算弯曲疲劳应力

由表 10.20d^[5]查得 $\sigma_{FE5} = \sigma_{FE6} = 620\text{Mpa}$

由图 10.18^[5]查得弯曲疲劳寿命系数 $K_{FN5} = 0.95$ $K_{FN6} = 0.98$

⑥ 取弯曲疲劳安全系数 $S = 1.4$

$$[\sigma_F]_5 = \frac{K_{KN5} \times \sigma_{FE5}}{S} = \frac{0.98 \times 620}{1.4} = 420.714\text{Mpa}$$

$$[\sigma_F]_6 = \frac{K_{KN6} \times \sigma_{FE6}}{S} = \frac{0.98 \times 620}{1.4} = 434\text{Mpa}$$

⑦ 计算大小齿轮的 $\frac{Y_{Fa} \times Y_{Sa}}{[\sigma_F]}$, 并加以比较

$$(Y_{Fa5} \times Y_{Sa5}) / [\sigma_F]_5 = (2.79 \times 1.54) / 420.714 = 0.01021$$

$$(Y_{Fa6} \times Y_{Sa6}) / [\sigma_F]_6 = (2.22 \times 1.78) / 434 = 0.00911$$

小齿轮的数值大

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_3 Y_\beta \cos^2 \beta \times Y_{Fa} \times Y_{Sa}}{\phi_d Z_5^2 \xi_a \times [\sigma_F]}} = 5.421\text{mm}$$

对比计算结果, 由齿面接触疲劳强度计算得法面模数 m_n , 与由齿根弯曲疲劳强度计算得法面模数相差不大, 取标准值 $m_n = 6\text{mm}$, 取分度圆直径

$$d_5 = 105.071\text{mm}。$$

$$Z_1 = (d_5 \times \cos \beta) / m_n = (105.071 \times \cos 12^\circ) / 6 = 17.129 \quad \text{取 } Z_5 = 20$$

$$Z_2 = i \times Z_5 = 4.359 \times 20 = 87.180 \quad \text{取 } Z_6 = 89$$

(4) 几何尺寸计算

① 计算中心距

$$a = \{(Z_5 + Z_6) m_n\} / 2 \times \cos \beta = (109 \times 2) / (2 \times \cos 12^\circ) = 334.305\text{mm}$$

$$\text{取 } a = 335\text{mm}$$

② 按圆整后中心距修正螺旋角

$$\beta = \arccos\{(Z_5 + Z_6) m_n / (2 \times a)\} = \arccos \frac{654}{670} = 12.547^\circ$$

β 角改变不多, 故参数 ξ_a , K_β , Z_H 不必修正。

③ 计算大小齿轮分度圆直径

$$d_3 = \frac{Z_5 \times m_n}{\cos \beta} = \frac{20 \times 4}{\cos 12.547^\circ} = 122.936 \text{mm}$$

$$d_6 = \frac{Z_6 \times m_n}{\cos \beta} = \frac{89 \times 6}{\cos 12.547^\circ} = 547.065 \text{mm}$$

④计算齿宽

$$b = \phi_d \times d_5 = 0.8 \times 122.936 = 98.349 \text{mm}$$

圆整后 $B_6 = 100 \text{mm}$ $B_5 = 105 \text{mm}$

$$\text{验算 } F_t = \frac{2 \times T_3}{d_5} = \frac{2 \times 31935155}{122.936} = 34182.316 \text{N}$$

$$\frac{K_A \times F_T}{b} = \frac{1.5 \times 34182.316}{98.349} = 480.162 > 100 \text{N/mm}$$

所以满足齿面接触疲劳强度和齿根弯曲疲劳强度。

4.3 齿轮的结构形式

小齿轮 齿轮轴—直径较小的钢质齿轮，当齿根圆直径与轴接近时，可以将齿轮和轴做成一体，成为齿轮轴。

大齿轮 腹板式—顶圆直径 $d_a \leq 500 \text{mm}$ 的齿轮可以是锻造的或铸造的，通常采用腹板式结构。

4.4 减速器箱体及其附件

4.4.1 减速器箱体设计

减速器箱体多采用剖分式结构。剖分式箱体由箱座与箱盖两部分组成，用螺栓连接起来构成一个整体。剖分面与减速器内传动件轴心线平面重合，有利于轴系部件的安装和拆卸。剖分结合面必须有一定的宽度，并且要求仔细加工。为了保证箱体的刚度，在轴承座处设有加强肋。箱体底座要有一定的宽度和厚度，以保证安装稳定性与刚度。

减速器箱体一多半采用 HT150、HT200 制造。铸铁具有良好的铸造性能和切削加工性能，成本低。

4.4.2 减速器附件设计

(1) 窥视孔和视孔盖

窥视孔应设在和箱盖顶不能够看到齿轮啮合区得位置，其大小以手能伸入箱体进行检查操作为宜。视孔盖处设计凸台以便加工。视孔盖可用螺钉紧固在凸台上，并以考虑密封。

(2) 油面指示器

油面指示器应设在便于观察且油面较稳定的部位，如低速轴部位。游标尺的结构简单，在减速器中较常用。游标尺上有表示最高级最低油温的尺线。装有隔离套的油尺，可以减轻油搅动的影响。游标尺安装位置不能太低，以避免油溢出游标尺座孔。

(3) 放油孔和螺塞

放油孔应设置在油池的最低处，平时用螺塞堵住。采用圆柱螺塞时，箱座上装螺塞处应设置凸台，并加封油垫片。放油孔不能高于油池底面，以避免排油不净。

(4) 通气器

通气器应设在箱盖顶部和视孔盖上。较完善的通气器内部制成一定曲路，并设置金属网。选择通气器类型时应考虑通气器对环境的适应性，其规格尺寸应于减速器大小相适应。

(5) 定位销

常采用圆柱销做定位销。两定位销之间的间距越远越可靠，因此，通常将其设置在箱体凸缘的对角处，并应作非对称布置。

4.5 结论

本设计的指导思想在满足桥式起重机小车运行机构的工作要求的情况下,尽可能使其性能 优越, 传动平稳, 并且传动装置的体积、质量尽可能越小和降低成本。

本设计参考了传统桥式起重机小车运行机构的设计, 小车运行机构的传动方式采用把减速器放置在小车的主动轮的中间, 采用联轴器连接。小车运行机构的总体设计有: 运行阻力的计算、电动机的选择、打滑验算、减速比的计算、制动器的选择、联轴器的选择和缓冲器的选择。本设计采用 **YZP160** 交流异步电动机作为源动力, 电动机输出轴和减速器的高速轴通过联轴器联接, 浮动轴的另一端通过万向联轴器与车轮的心轴连接, 将动力传递车轮, 以驱动车轮的运行。

本设计通过对桥式起重机小车运行机构的总体设计计算、小车运行机构减速器的总体设计计算及零件的校核, 较为理想的实现了任务书中对桥式起重机小车运行机构的参数要求。整个传动过程比较平稳, 拆卸方便, 维修容易, 价格低廉。

小车运行机构的减速器是三级斜齿圆柱齿轮立式减速器, 通过计算确定了各个齿轮的直径及减速器的中心距以及各个齿轮的尺寸, 并且通过了齿轮的接触疲劳强度和弯曲疲劳强度的验算。本设计还完成了减速器中的齿轮的结构设计, 以及减速器箱体的结构设计。根据减速器中心距, 箱体的尺寸和具体结构, 计算和设计了减速器的附件。减速器采用油润滑的方式, 选用 **220#**中负荷工作齿轮油。轴承的润滑方式采用油润滑, 其润滑油品与齿轮润滑油品相同。

整个设计符合了国内起重机今后的高性能、高可靠性能发展趋势; 满足了电液比例控制系统和智能控制显示系统的推广应用; 操作更方便、舒适、安全, 保护装置更完善。

第五章 外文翻译

5.1 外文论文原文

Tower Crane

Boom mounted on the upper part of the rotation of the tall tower crane. Operating a large space, mainly used for housing construction materials in the vertical and horizontal transportation and installation of building components. From the metal structure, working bodies and the electrical system consists of three parts. Metal structure including the tower moving arms and base and so on. The work of organizations including lifting, luffing, slewing and walking four parts. Electrical systems including motors, controllers, power distribution cabinets, connection lines, signals and lighting devices.

Short tower crane tower crane, also known as tower crane, originated in Western Europe. According to records, the first tower crane used in construction related to the patent granted in

1900. Emerged in 1905 with a fixed jib tower crane, and in 1923 produced the prototype of modern tower crane, in the same year the first relatively complete modern tower crane. 1930, when Germany began mass production of tower cranes, and used for building construction. In

1941, the tower crane industry standard DIN8770 published in Germany. The standard provides for crane set (t) and amplitude (m) of the product (tm) together to re-torque, said the tower crane lifting capacity.

China tower crane industry in the 20th century, 50 years started, as opposed to the Western European countries due to weakness in the

construction industry caused by the tower crane industry in recession, Shanghai Poch Drive System Co., Ltd. tower crane industry in China is in a rapid period of development .

From the tower crane in terms of technological development, while an endless stream of new products, new products in the production efficiency, easy operation, and maintenance easier and more reliable operation in the increase in the tower crane, but there is no fundamental change in the technology. The tower crane research is towards modular development. The so-called modular, that is, to the tower structure as the core, according to structural and functional characteristics of the shaft broken down into several parts, and on the basis of seriation and general requirements, follow the modulus of the various parts of the system theory and then divided into a number of modules. According to parameters required, choose the appropriate modules were grouped with different performance characteristics of the tower crane technology to meet the specific needs of the construction. The implementation of modular tower crane tower crane production capacity will help to speed up the development progress of Lu, save product development costs, and better for customer service.

Slewing tower crane be divided into upper and lower rotary tower crane tower crane two broad categories. In which the carrying capacity of the former than the latter, in many we have seen the construction site is on a rotary festival add up on top of a high tower crane access. According to whether the move is further divided into: walking a line, and fixed. Fixed the fixed tower crane tower do not switch installed in the concrete block foundation, or installed in the form of X-shaped concrete foundation. In the housing construction generally use a fixed style. Device characteristics and safety devices

Tower crane boom and struts form of sub-horizontal type two kinds. For the horizontal boom, the load car runs along the level luffing boom, luffing movement balance, its long boom, but the greater weight boom. Boom for the strut-type when the tractor boom luffing mechanism Pitch amplitude, amplitude motion than horizontal steady, but its relatively small weight.

In order to ensure the safety of tower crane has a good safety device, such as starting weight, range, height and load torque constraints such devices, as well as the travel limit switches, tower lights, wind instrument, wind clip-rail device, Ladders and athletic supporter circle, walkways and railings. Driver's cab demand for comfort, easy operation, good vision and good communications equipment.

Production points of the inspection of tower cranes

1) Check the structural condition of metal, especially high-strength bolts, which connect the surface to be cleared of dust, paint, no trace, and rust, and the use of hand or special torque wrench, according to assembly requirements tightened.

2) Check the transmission of various agencies, including the work of transmission suitability of the bearing clearance, the gear mesh is not good and the brake is sensitive.

3) Check the wear of steel wire rope and pulleys, fixed is reliable.

4) Check the electrical components are good contact points of the closure were the extent of follow-correct and reliable.

5) Check whether the running wheel and rail access to good, clip-rail clamp is reliable. The installation of attachment devices, within the climbing device, the connecting bolts and the clip block is solid and reliable.

Used tower crane

The following specific description in several aspects of the tower crane used room Jianzhong. (A), the tower crane metal structure

The metal structure is composed of tower crane boom, tower, turret, bearings, balance arm, chassis, composed of apex.

Construction boom level luffing jib type of car, and then have a single hanging point down the minutes, double-hanging point and the lifting arm and balance arm fused hammerhead-type level luffing jib car. Single hanging point is statically determinate structure, twin-lift point is statically indeterminate structure. Hammerhead-type trolley level luffing jib installed at the tower top Zhuangruo hammer, shaft, such as hammer handle, no spire, it is also known as flat head style. Flat-style of making structure simpler and more conducive to the force, to reduce weight and simplify construction and so on. Most used car luffing jib equilateral triangle cross-section.

Tower structure, also known as the tower is the main body of the tower crane structure. Now adopt a square cross-section of tower crane, application of a broader cross-section dimensions are: 1.2m × 1.2m, 1.4m × 1.4m, 1.6m × 1.6m, 2.0m × 2.0m; tower section used the standard size is 2.5m and the 3m. Tower sections used in the standard connection method is to cover the most widely used set of stud bolt connection and connection, followed by the pin connection and flashboard pin socket connection. Standards Section has the overall standards of style tower-type tower sections and assembled the standard sections, the latter high precision machining, production difficult, but the stacking area is small, less freight. Laddertower section must be set so that driver and mechanic from top to bottom. Ladder width of not less than 500mm, ladder step spacing of not more

than 300mm, set up a guard ring for each 500mm. When the ladder height of more than 10m, the ladder should be sub-switching, the switching office to install a closed platform.

Spire function is to bear arm and balance arm Cord Cord coming from the upper load, and through rotating tower, turret, bearings and other structural components-style passing directly through the turret to the tower structure. Since I have truncated conical tower column, forward or backward truncated cone column, Renzi Jia style and bracing Shelf.

Any slewing tower cranes are required to set up a balance weight, its function is to balance the weight bearing, which constitute the design required by the role of torque in the opposite direction and lifting the balance of torque. In addition to balance the weight, but also often installed in its rear lifting mechanism. Lifting bodies are placed, together with the balance weight arm in balancing the tail end of a re-allocation of the Department can play a role, two rope reel and the spire increase the distance between the guide wheel to facilitate the rope around and avoid the occurrence of emission the phenomenon of chaos rope. Balance the weight and balance amount is inversely proportional to the relationship between the length of the arm, while the balance of arm length and boom there is a certain percentage of the length of the relationship in between. Balance the considerable amount of heavy, light tower crane usually at least 3 ~ 4t, heavy to almost 30t. Balance weight can be made of cast iron or reinforced concrete: the high cost of the former process, but the small size wind; the latter were large in size to the stability of the windward big negative, but the simple economy, it is generally use this. The usual practice is to balance the emphasis on pre-divided into 2 <http://www.pohu-drive.com> ~ 3 kinds of specifications, width, thickness of the same, but the height should be adjusted to match the use of different arm

lengths.

(B), the tower crane spare parts

Each tower crane must be used in many kinds of lifting parts, of which the largest number of technical requirements are strict and complicated rope specifications. Tower crane wire rope used in accordance with different functions are: lifting wire rope, rope luffing, jib ropes, balance the arm ropes, trolleys and other traction rope. Steel wire rope is characterized by: the entire root, high strength, but also the whole root sections, the size of the same intensity, light weight, able to withstand shock loads, flexible enough to winding into a disk, can be balanced at high speed movement, and no noise, wear and tear After the skin will produce a number of glitches, easy to detect and facilitate the timely disposal. Steel wire rope is usually a Unit diameter 0.3 ~

0.4mm thin twisted wire strand, and then twisted into rope by the Unit. Tower crane is used in interactive twist, is characterized by loose and difficult to reverse. On the strand cross-sectional shapes, the high-rise building construction with the tower crane to adopt the multi-strand rope is not reversed, the most appropriate, such a wire rope consists of two layers composed of the same strand, two strand twisting in the opposite direction, using the principle of rotating torque balance twist crafted by force does not occur when the free end of the reverse. Hoisting Tower Crane luffing rope and wire rope safety factor usually taken to be 5 ~ 6, car towing rope, and boom Cord of the safety factor of 3, tower crane lifts Lifting Sheng An all-coefficient of not less than 10. Steel wire rope safety factor is indispensable for security reserve factor, by virtue of this security must not be arbitrarily raised the rope reserves face the maximum allowable safe load. Because of the importance of steel wire rope, we must strengthen the comprehensive inspection of wire rope on a regular basis,

stored in dry closed surface, there are wooden floors or asphalt concrete warehouse floor to prevent corrosion, loading and unloading not to damage the surface of the pile when placed erect. Systematic lubrication of the rope can increase the service life.

Luffing jib tower crane trolley is the level of essential parts. Change car set by the frame structure, steel wire rope, pulleys, line wheels, guide wheels, steel wire rope supporting the wheel, steel wire rope anti-roll off, car towing rope tensioning device and the broken rope composed of insurance, etc.. For the talent level of boom (more than 50m in length) in amplitude with the car at the side of an overhaul hanging baskets may contain members of the maintenance and repair of all maintenance points to the repair and maintenance. Job finished, the roots boom car driven across the border to make baskets with luffing car separated from the structure fixed to the boom supports the dedicated office.

Other parts are wheels, slewing ring, hook and brakes and so on. (C), the tower crane working body

The tower crane working body there are five: hoisting mechanism, varying from agencies, car towing agencies, institutions and carts Traveling rotary body (walking style tower crane).

(D), the tower crane electrical equipment

The main tower crane electrical equipment including:

- * Cable Reels - Central collector ring;
- * Motor;
- * Operation of electrical motors, such as: controller, master controller,

contactors and relays. Protection of electrical appliances, such as: automatic fuses, overcurrent relays and limit switches.

* Vice-loop in the main control switch electrical appliances, such as: buttons, switches and meters.

There are auxiliary electrical equipment: lights, lights, bells and so on. (5), tower crane's hydraulic system

Tower crane hydraulic system's main components are hydraulic pumps, hydraulic cylinders, control components, tubing and fittings, fuel tank and hydraulic oil filters and so on.

Hydraulic pump and hydraulic motor is a hydraulic system of the most complex part of the oil suction pump through the pipeline to the hydraulic cylinders or hydraulic motors, hydraulic cylinder or motor so that normal operation can be carried out. Hydraulic and hydraulic pump can be seen as the heart, is the hydraulic energy source. Our tower crane hydraulic jacking system, hydraulic pumps are mostly used in CB-G-type gear pump, CB does not gear code, Hagglands G for a fixed axial gap, the working pressure of 12.5 ~ 16MPa.

Hydraulic cylinder is a hydraulic system of the implementation of the components. From the functional point of view, hydraulic cylinders and hydraulic motors of the same pressure of working oil flow can be transformed into mechanical energy conversion device. The difference is that hydraulic motor is used for rotary movement, while the hydraulic pressure is used for linear motion.

Then a high hydraulic jacking the whole process is:

* Mobile balance weight, so that the tower is not unbalanced moment,

lifting arm in place, towards the same direction with the introduction of the track and be locked, lifting a standard tower section placed in a small car ferry;

- * Jacking;

- * Pin in place and locked, when you mention piston rod, in the set of planes in the formation of the introduction of space;

- * The introduction of standard knots;

- * Standard section brought the introduction of car ferry;

- the standard section in place, install the bolts;

- * Slightly upward jacking, pull out the lock position to make the transition Festival and has received high tower together into one solid.

(6), tower crane safety devices

Safety device is essential for the tower crane, one of the key equipment, can be divided into: limit switch (stopper); overload Insurance devices (overload power plant); buffer only block devices; steel wire rope anti-off device; anemometer ; emergency safety switch; security audio signal.

Limit switches according to the functions are: hook travel limit switch, rotary limit switches, trolley travel limit switch, carts travel limit switch.

(7), the provisions of the tower crane anti-tipping

Non-overloading operation; not oblique pull heavy loads; not allowed to suddenly emergency braking; prohibit running wind lifting operations; working class, must be clip-rail clamping device to prevent the wind blowing the tower crane slipped out of orbit.

(8), since the I-type tower crane attachment anchor

When the self-climbing tower crane in achieving a high degree of their freedom to continue to pick up high-jacking, in order to enhance its stability factor to keep lifting capacity, they must anchor attached to the building structure. Attachment level, the total construction and construction-layer height, tower crane and tower structures, freedom tower height. In general, set the two anchor dwell already meet their needs. Attachment points on the building options to note: two fixed-point distance between the reinforcement attachment appropriate; fixed point should be set at the T-walls and wall corners; right frame structure, attachment points for appropriate column in close proximity to the roots of cloth; arranged near the floor for the benefit and installation of power transmission.

To ensure the safe use of tower crane and access to a long life, it must be lubricated, troubleshooting, regular maintenance and repair parts.

The tower crane industry in the development of the early 50s, my tower crane from the imitation started, in 1954 East German architects generic type I tower crane; 60 years designed and manufactured 25tm, 40tm, 60tm several

models, and many more moving the main arm; 70 years With the increase in high-rise buildings, the construction machinery made new demands, so, 160tm attachment style, 45tm in climbing, 120tm jack-up tower crane have been brought forth and so on; 80 years since the last century, since the tower crane industry in China to be rapid development, especially in recent years, the tower crane sales continued to climb in 2001, industry statistics sales of 9738 units in 2002 to become the world's first tower crane annual output of 10,000 units a breakthrough state. In 2004, due to the role of macroeconomic

regulation and control as well as the crane industry, the restructuring of production and sales of tower crane has dropped slightly, 2005,2006, in the strong economic growth driven by China's resumption of the tower crane production and sales growth in 2006, sales have been more than 20,000 units.

Because the industry statistics which only a couple dozen manufacturers sales, certainly far more than industry-wide sales figures. Needless to say, China has become the world's civilian power production of the tower crane, tower crane is the world's major demand markets. According to preliminary statistics, China to obtain production licenses tower crane production plant more than 400, but 80 years less than 100.

5.2 翻译

塔式起重机

动臂装在高耸塔身上部的旋转起重机。作业空间大，主要用于房屋建筑施工中物料的垂直和水平输送及建筑构件的安装。由金属结构、工作机构和电气系统三部分组成。金属结构包括塔身、动臂和底座等。工作机构有起升、变幅、回转和行走四部分。电气系统包括电动机、控制器、配电柜、连接线路、信号及照明装置等。

塔式起重机简称塔机，亦称塔吊，起源于西欧。据记载，第一项有关建筑用塔机专利颁发于 1900 年。1905 年出现了塔身固定的装有臂架的起重机，1923 年制成了近代塔机的原型样机，同年出现第一台比较完整的近代塔机。1930 年当时德国已开始批量生产塔机，并用于建筑施工。1941 年，有关塔机的德国工业标准 DIN8770 公布。该标准规定以吊载(t)和幅度(m)的乘积(tm)一起以重力矩表示塔机的起重能力。

我国的塔机行业于 20 世纪 50 年代开始起步,相对于中西欧国家由于建筑

业疲软 造成的塔机业的不景气, 上海波赫驱动系统有限公司我国的塔机业正处于一个迅速 的发展时期。

从塔机的技术发展方面来看, 虽然新的产品层出不穷, 新产品在生产效能、操作 简便、保养容易和运行可靠方面均有提高, 但是塔机的技术并无根本性的改变。塔机 的研究正向着组合式发展。所谓的组合式, 就是以塔身结构为核心, 按结构和功能特 点, 将塔身分解成若干部分, 并依据系列化和通用化要求, 遵循模数制原理再将各部 分划分成若干模块。根据参数要求, 选用适当模块分别 组成具有不同技术性能特征的 塔机, 以满足施工的具体需求。推行组合式的塔 机有助于加快塔机产吕开发进度, 节 省产品开发费用, 并能更好的为客户服务。

塔机分为上回转塔机和下回转塔机两大类。其中前者的承载力要高于后者, 在许 多的施工现场我们所见到的就是上回转式上顶升加节接高的塔机。按能否 移动又分 为: 走行式和固定式。固定式塔机塔身固定不转, 安装在整块混凝土 基础上, 或装设 在条形式 X 形混凝土基础上。在房屋的施工中一般采用的是固 定式的。

设备特点和安全装置塔式起重机的动臂形式分水平式和压杆式两种。动臂为 水平式时, 载重小车沿水 平动臂运行变幅, 变幅运动平衡, 其动臂较长, 但动 臂自重较大。动臂为压杆式时, 变幅机构曳引动臂仰俯变幅, 变幅运动不如水 平式平稳, 但其自重较小。

为了确保安全, 塔式起重机具有良好的安全装置, 如起重量、幅度、高度和 载荷 力矩等限制装置, 以及行程限位开关、塔顶信号灯、测风仪、防风夹轨器、 爬梯护身 圈、走道护栏等。司机室要求舒适、操作方便、视野好和有完善的通 讯设备。

塔式起重机的检验产要点

1) 检查金属结构情况特别是高强度的螺栓, 它的连接表面应清除灰尘、油 漆、 没迹和锈蚀, 并且使用力矩手或专用扳手, 按装配技术要求拧紧。

2) 检查各机构传动系统, 包括各工作传动机构的轴承间隙是否合适, 齿轮啮合是不是良好及制动器是否灵敏。

3) 检查钢丝绳及滑轮的磨损情况, 固定是否可靠。

4) 检查电气元件是否良好, 各接触点的闭合程度, 接续是否正确和可靠。

5) 检查行走轮与轨道接触是否良好, 夹轨钳是否可靠。装设附着装置、内爬装置时, 各连接螺栓及夹块是否牢固可靠。

常用塔机以下分几个方面来具体介绍房建中常用的塔机。

(一)、塔机的金属结构

塔机的金属结构由起重臂、塔身、转台、承座、平衡臂、底架、塔尖等组成。起重臂构造型式为小车变幅水平臂架, 再往下分又有单吊点、双吊点和起重臂与

平衡臂连成一体的锤头式小车变幅水平臂架。单吊点是静定结构, 双吊点是超静定结构。锤头式小车变幅水平臂架, 装设于塔身顶部, 状若锤头, 塔身如锤柄, 不设塔尖, 故又叫平头式。平头式的使结构形式更简单, 更有利于受力, 减轻自重, 简化构造等优点。小车变幅臂架大都采用正三角形的截面。

塔身结构也称塔架, 是塔机结构的主体。现今塔机均采用方形断面, 断面尺寸应用较广的有: $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 、 $1.4\text{m} \times 1.4\text{m}$ 、 $1.6\text{m} \times 1.6\text{m}$ 、 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$;塔身标准节常用尺寸是 2.5m 和 3m 。塔身标准节采用的联接方式, 应用最广的是盖板螺栓联接和套柱螺栓联接, 其次是承插销轴联接和插板销轴联接。标准节有整体式塔身标准节和拼装式塔身标准节, 后者加工精度高, 制作难, 但是堆放占地小, 运费少。塔身节内必须设置爬梯, 以便司机及机工上下。爬梯宽度不宜小于 500mm , 梯步间距不大于

300mm , 每 500mm 设一护圈。当爬梯高度超过 10m 时, 梯子应分段转接, 在转接处加设一道休息平台。

塔尖的功能是承受臂架拉绳及平衡臂拉绳传来的上部荷载,并通过回转塔架、转台、承座等的结构部件式直接通过转台传递给塔身结构。自升塔顶有截锥柱式、前倾或后倾截锥柱式、人字架式及斜撑架式。

凡是上回转塔机均需设平衡重,其功能是支承平衡重,用以构成设计上所要求的作用方面与起重力矩方向相反的平衡力矩。除平衡重外,还常在其尾部装设起升机构。起升机构之所以同平衡重一起安放在平衡臂尾端,一则可发挥部分配重作用,二则增大绳卷筒与塔尖导轮间的距离,以利钢丝绳的排绕并避免发生乱绳现象。平衡重的用量与平衡臂的长度成反比关系,而平衡臂长度与起重臂长度之间又存在一定比例关系。平衡重的用量相当可观,轻型塔机一般至少要3~4t,重型的要近30t。平衡重可用铸铁或钢筋混凝土制成:前者加工费用高但迎风面积小;后者体积大迎风面大对稳定性不利,但简单经济,故一般均采用这种。通常的做法是将平衡重预制区分成2~3种规格,宽度、厚度一致,但高度加以调整,以便与不同长度臂架匹配使用。

(二)、塔机的零部件

每台塔机都要用许多种起重零部件,其中数量最大,技术要求严而规格繁杂的是钢丝绳。塔机用的钢丝绳按功能不同有:起升钢丝绳,变幅钢丝绳,臂架拉绳,平衡臂拉绳,小车牵引绳等。钢丝绳的特点是:整根的强度高,而且整根断面一样大小,

强度一致,自重轻,能承受震动荷载,弹性大,能卷绕成盘,能在高速下平衡运动,并且无噪声,磨损后其外皮会产生许多毛刺,易于发现并便于及时处置。钢丝绳通常由一股股直径为0.3~0.4mm细钢丝搓成绳股,再由股捻成绳。塔机用的是交互捻,特点是不易松散和扭转。就绳股截面形状而言,高层建筑施工用塔机以采用多股不扭转钢丝绳最为适宜,此种钢丝绳由两层绳股组成,两层绳股捻制方向相反,采用旋转力矩平衡的原理捻制而成,受力时自由端不发生扭转。塔机起升钢丝绳及变幅钢丝绳的安全系数一般取为5~6,小车牵引绳和臂架拉绳的安全系数取为3,塔机电梯升降绳安全系数不得小于10。钢丝

绳的安全系数是不可缺少的安全储备系数，绝不可凭借这种安全储备面擅自提高钢丝绳的最大允许安全荷载。由于钢丝绳的重要性，必须加强对钢丝绳的定期全面检查，贮存于干燥面封闭的、有木地板或沥青混凝土地面的仓库内，以免腐蚀，装卸时不要损坏表面，堆放时要竖立安置。对钢丝绳进行系统润滑可以提高使用寿命。

变幅小车是水平臂架塔机必备的部件。整套变幅小车由车架结构、钢丝绳、滑轮、行轮、导向轮、钢丝绳承托轮、钢丝绳防脱辊、小车牵引绳张紧器及断绳保险器等组成。对于特长水平臂架(长度在 50m 以上)，在变幅小车一侧随挂一个检修吊篮，可载维修有员往各检修点进行维修和保养。作业完后，小车驶回臂架根部，使吊篮与变幅小车脱钩，固定在臂架结构上的专设支座处。

其它的零部件还有滑轮，回转支承，吊钩和制动器等。

(三)、塔机的工作机构

塔机的工作机构有五种：起升机构、变幅机构、小车牵引机构、回转机构和大车走行机构(行走式的塔机)。

(四)、塔机的电气设备

塔机的主要电气设备包括：

- 电缆卷筒-中央集电环;
- 电动机;
- 操作电动机用的电器，如：控制器、主令控制器、接触器和继电器。保护电器，如：自动熔断器，过电流继电器和限位开关等。
- 主副回路中的控制、切换电器，如：按钮、开关和仪表等。属于辅助电气设备的有：照明灯、信号灯、电铃等。

(五)、塔机的液压系统

塔机液压系统中的主要元器件是液压泵、液压油缸、控制元件、油管和管接头、油箱和液压油滤清器等。

液压泵和液压马达是液压系统中最为复杂的部分，液压泵把油吸入并通过管道输送给液压缸或液压马达，从而使液压缸或马达得以进行正常运作。液压泵可以看成是 液压和心脏，是液压的能量来源。我国的塔机液压顶升系统采用的液压泵大都是 CB-G 型齿轮泵，CB 不齿轮的代号，赫格隆 G 为固定的轴向间隙，工作压力为 12.5~16MPa。液压缸是液压系统的执行元件。从功能上来看，液压缸与液压马达同是所工作油

流的压力能转变为机械能的转换装置。不同的是液压马达是用于旋转运动，而液压是 用于直线运动。一个液压顶升接高的全过程是：

- 移动平衡重，使塔身不受不平衡力矩，起重臂就位，朝向与引进轨道方位相同 并加以锁定，吊运一个塔身标准节安放在摆渡小车上；

- 顶升；

- 定位销就位并锁定，提起活塞杆，在套架中形成引进空间；

- 引进标准节；

- 提起标准节，推出摆渡小车；

- 使标准节就位，安装联接螺栓；

- 微微向上顶升，拔出定位锁使过渡节与已接高的塔身联固成一体。

(六)、塔机的安全装置

安全装置是塔机必不可少的关键设备之一，可以分为：限位开关(限位器)；超负荷 保险器(超载断电装置)；缓冲止挡装置；钢丝绳防脱装置；风速计；紧急安全开关；安全保 护音响信号。

限位开关按功能有：吊钩行程限位开关，回转限位开关，小车行程限位开关，大车行程限位开关。

(七)、塔机的防倾翻规定

严禁超载运行;不得斜牵重物;不许猛然急制动;禁止在大风中运行吊运作业;工作班后，必须把夹轨器夹紧，以防大风将塔机吹动溜出轨道。

(八)、自升式塔机的附着锚固

当自升式塔机在达到其自由高度继续向上顶升接高时，为了增强其稳定系数保持起重能力，必须通过锚固附着于建筑结构上。附着层次与施工层建筑总高度、塔机和塔身结构、塔身自由高度有关。一般来说，设置 2 道锚固着墨已可满足需要。在建筑物上的附着点的选择要注意：两附着加固定点之间的距离适当;固定点应设置在丁字墙和外墙转角处;对框架结构，附着点宜布在靠近柱的根部;布置在靠近楼板处以利传力和安装。

要保证塔机的安全使用和取得比较长的使用寿命，必须对它进行润滑、故障排除、定期保养与零部件的检修。

我国塔式起重机行业的发展 50 年代初，我国塔机由仿制开始起步，1954 年仿制东德建筑师 I 型塔机；60 年代自行设计制造了 25tm、40tm、60tm 几种机型，多以动臂式为主；70 年代，随着高层建筑的增多，对施工机械提出了新的要求，于是，160tm 附着式、45tm 内爬式、120tm 自升式等塔机相继问世；自上世纪 80 年代以来，我国塔机行业得到快速发展，尤其近几年，塔机销量持续攀高，2001 年行业统计销量 9738 台，2002 年成为世界上首个塔机年产量突破 10000 台的国家。2004 年，由于宏观调控作用以及起重机的结构调整，塔机的产销量有所回落，2005、2006 年，在经济高速增长的强力拉动下，我国塔机的产销恢复高速增长，2006 年销量已超过 2 万台。

因为行业统计只统计了二三十家生产企业的销量，全行业销量肯定远远超过统计数字。毋庸置疑，我国已成为世界民用塔机的生产大国，也是世界塔机主

要需求市场 之一。据初步统计，目前我国取得生产许可证的塔机生产厂达 400 余家，而 80 年代 还不足 100 家。

参考文献

- [1] 陈道南，盛汉中. 起重机课程设计[M]. 北京：冶金工业出版社，1982
- [2] 内部资料. 起重机械[M]. 上海冶金专科学校，1978
- [3] 起重机设计手册编写组. 起重机设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，1980
- [4] 濮良贵. 机械设计[M]. 北京：高等教育出版社，2001
- [5] 严烈. 机械工程绘图 AutoCAD 2004[M]. 冶金工业出版社，2004
- [6] 杨长葵. 起重机械[M]. 北京：机械工业出版社，1982
- [7] 胡宗武，顾迪民起. 起重机械设计计算[M]. 北京：科学出版社，1989
- [8] GB3811. 《起重机设计规范》[S]. 北京：机械工业出版社，1990
- [9] Pur dum.T.Machine Design[M]. Journal of coal science&Engineering,1988
- [10] 孙桓，陈作模，葛文杰. 机械原理[M]. 高等教育出版社，2001
- [11] [日]坂本种芬，长谷川政弘. 桥式起重机设计计算[M]. 北京：中国铁道出版社，1987
- [12] 机械工业部机械工人技术培训教材编审领导小组. 桥式起重机工作原理和操作[M]. 北京：机械工业出版社，1985
- [13] 张质文. 起重机设计手册[M]. 北京：中国铁道出版社，1998
- [14] 朱学敏. 起重机械[M]. 北京：机械工业出版社，2002
- [15] 黄燕. 起重机钢结构制造工艺[M]. 北京：中国铁道出版社，1996

[16] 王昆, 何小柏, 汪信远. 机械设计基础课程设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003

[17] 于永泗, 齐民. 机械工程材料[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2007

谢辞

经过一段时间收集资料, 写开题报告, 翻译英文资料, 然后绘制小车运行机构的零件图和设计总图, 接着写论文, 论文的重头戏是设计和计算部分, 最后根据学校的各项要求整理、编写成文。

这次设计考虑到起重机安装在丰满水电站扩建工程厂房内, 用于水轮发电机组及其附属设备的安装和检修工作。要求投入实际生产以后系统工作稳定, 运行可靠同步精度符合要求。所以设计的起重机具有高性能、高可靠性。并尽可能使其性能优越, 传动平稳, 并且尽可能的减小成本。

通过对桥式起重机小车运行机构的总体设计计算、小车运行机构减速器的总体设计计算及其零件的校核, 较为理想的实现了任务书中对桥式起重机小车运行机构的参数要求。整个传动过程比较平稳, 且小车运行结构简单, 拆卸方便, 维修容易, 价格低廉。

通过这次设计, 熟悉了桥式起重机及其起重机小车运行机构的工作原理, 他们的各种结构, 掌握了设计计算方法。熟练的运用 **AUTOCAD** 绘制零件图和设计总图, 提高了专业设计计算和绘图能力。