

171191

基本品藏

館內閱讀

# 起重運輸機械

凌容編著

高等教育出版社



# 起重运输机械

凌容編著

高等教育出版社

---

本書系根据高等工業学校化工机械系“起重运输机械”課程教学大纲编写。

本書講述起重运输机械选择使用的知識，內容以运输机为重点。書中用表格方式介紹了設計資料，以備于查用。

本書首先介紹起重运输机械的零件，繼之以簡單起重机械和复式起重机，然后介紹各种运输机和提升机，最后叙述气流输送。每章之后均附有習題。

本書可作为高等工業学校化工机械專業“起重运输机械”課程的教材，并可供化工机械人員选择使用起重运输机械时参考之用。

## 起 重 运 输 机 械

---

凌 容 編 著

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第034号)

商务印書館上海厂印刷 新华書店發行

---

統一書号 15010·618 开本 850×1168 1/32 印張 87/16 插頁 2 字數 238,000 印數 1--1,600

1958年5月第1版 1958年5月上海第1次印刷 定价(10) 1.30

# 目 录

緒論 .....	1
§ 0-1. 起重運輸機械在國民經濟中的作用和意義,及與化學工業的關係 .....	1
§ 0-2. 起重運輸機械發展簡史 .....	2
§ 0-3. 我國和蘇聯起重運輸機械製造業現況與今後發展方向 .....	5
§ 0-4. 起重運輸機械在化工機械系各課程中的地位 .....	6
§ 0-5. 起重運輸機械的分類 .....	7
§ 0-6. 起重運輸機械的主要參數與工作類型 .....	8
第一章 撈性件及輪 .....	10
§ 1-1. 概述 .....	10
§ 1-2. 索(鋼絲繩) .....	11
標準索的材料與結構 索的標記 索的分類 索的松捻與防止 捻結 與索強度以及複合索原理 索的承載能力與疲勞 索的選擇計算 索 接頭	
§ 1-3. 繩 .....	16
繩的結構特性 繩強度與選擇計算 繩接頭	
§ 1-4. 鏈 .....	19
鏈分類與特性 鏈輪分類 鏈運動分析及速度沖擊 鏈的效率 鏈設計	
§ 1-5. 滑輪、鏈內輪及鼓輪(亦稱卷筒) .....	28
§ 1-6. 繩、索、環鏈特性比較 .....	29
§ 1-7. 例題 .....	30
習題 .....	32
第二章 取物裝置 .....	33
§ 2-1. 概述 .....	33
§ 2-2. 吊鈎 .....	34
鈎的結構與分類 鈎的材料 鈎的受力分析及計算截面的選擇依據 高 羅文申模式、單鈎與雙爪鈎的核算 誤差與許用應力的討論	
§ 2-3. 吊環 .....	38
吊環的分類 環的應力分析及設計	
§ 2-4. 抓斗與夾鉗等特殊取物裝置 .....	39
吊籠,夾鉗等特殊取物裝置 單索及雙索抓斗結構及工作原理 抓斗 的選擇	

§ 2-5. 例题	43
习题	44
<b>第三章 車輪</b>	<b>45</b>
§ 3-1. 概述	45
§ 3-2. 有軌輪及鋼軌	45
軌道原理 軌道的分类与应用 有軌車輪結構 有軌輪輪阻 輪承載能力 有軌輪設計	
§ 3-3. 無軌輪	50
無軌輪分类 承載能力 無軌輪輪阻	
§ 3-4. 例题	52
习题	53
<b>第四章 制動裝置</b>	<b>54</b>
§ 4-1. 概述	54
§ 4-2. 停止器	55
摩擦停止器 滾柱停止器 棘輪停止器	
§ 4-3. 制動原理	57
起重機對制動器的要求 制動力矩 加速力矩與飛輪力矩	
§ 4-4. 制動器	60
單瓦制動器 雙瓦制動器 帶式制動器 其他制動器	
§ 4-5. 例题	63
习题	63
<b>第五章 車運輸</b>	<b>70</b>
§ 5-1. 概述	70
§ 5-2. 車運輸原理	70
驅動阻力 車拖力 重心問題 迴轉半徑	
§ 5-3. 人力有軌車	73
§ 5-4. 人力無軌車	74
獨輪車 兩輪車 三輪與四輪台車	
§ 5-5. 機動車	76
§ 5-6. 例题	78
习题	79
<b>第六章 簡單起重機械</b>	<b>81</b>
§ 6-1. 概述	81
§ 6-2. 舉重器	83
螺旋式舉重器 杠桿傳動齒杆式舉重器 星輪傳動齒杆式舉重器 液壓式舉重器	
§ 6-3. 滑輪組	86

§ 6-4. 制动葫蘆(神仙葫蘆, 滑車, 吊車).....	88
手动蜗輪葫蘆 手动齿輪葫蘆 电动葫蘆(电葫蘆)	
§ 6-5. 單軌行車.....	93
运行小車 軌道	
§ 6-6. 絞車(卷揚机).....	95
手动絞車 安全手柄 电动絞車	
§ 6-7. 例題.....	97
習題.....	98
<b>第七章 复式起重机</b> .....	99
§ 7-1. 概述.....	99
§ 7-2. 复式起重机的梁架結構原理.....	100
梁架的分类 型梁与鉸梁的破坏形式 型梁与鉸梁的載荷与內力 桁架梁的固定載荷与杆力 桁架梁的活动載荷与杆力 桁架梁的设计	
§ 7-3. 桥式类型起重机.....	106
桥式起重机結構及分类 單梁桥式起重机 手动双梁桥式起重机 电动双梁桥式起重机 龍門起重机	
§ 7-4. 旋轉起重机.....	111
旋轉起重机的分类 动柱式旋轉起重机 拉杆式旋轉起重机 轉柱式旋轉起重机 定柱式与轉盤式旋轉起重机	
§ 7-5. 升降機.....	117
載貨升降機 料斗升降機	
§ 7-6. 例題.....	121
習題.....	124
<b>第八章 帶式运输机</b> .....	126
§ 8-1. 概述.....	126
§ 8-2. 帶式运输机的構造.....	127
皮帶 支承裝置 皮帶輪与傳动 緊張裝置 給料裝置 卸料裝置	
§ 8-3. 帶式运输机的选择計算.....	138
帶寬与运输量关系 皮帶層数, 帶拉力及功率	
§ 8-4. 例題.....	140
習題.....	144
<b>第九章 斗式提升机</b> .....	145
§ 9-1. 概述.....	145
§ 9-2. 斗式提升机的構造.....	146
傳动机構 帶与鏈 帶輪与鏈輪 斗結構 进料与出料裝置	
§ 9-3. 斗式提升机选择計算.....	149
离心式斗式提升机斗速与輪徑 重力式斗式提升机的卸料与斗速 斗式提升机的运输量 斗式提升机的功率	

§ 9-4. 例题 .....	152
习题 .....	154
<b>第十章 螺旋运输机</b> .....	<b>155</b>
§ 10-1. 概述 .....	155
§ 10-2. 螺旋运输机原理 .....	156
水平螺旋运输机工作情况 垂直螺旋运输机工作情况	
§ 10-3. 结构 .....	157
螺旋 轴承 运输槽 进料口与出料口 传动装置	
§ 10-4. 螺旋运输机的选择计算 .....	160
转速与直径 运输量 功率	
§ 10-5. 例题 .....	162
习题 .....	162
<b>第十一章 其他运输机</b> .....	<b>163</b>
§ 11-1. 概述 .....	163
§ 11-2. 链式运输机 .....	164
链曳引运输机 斗式运输机 刮板运输机 索盘式	
§ 11-3. 索道运输机 .....	173
§ 11-4. 斜槽及滚柱运输机 .....	176
§ 11-5. 擒摆运输机 .....	178
加速变化式 压力变化式 高频震动式	
§ 11-6. 例题 .....	182
习题 .....	184
<b>第十二章 气流输送</b> .....	<b>186</b>
§ 12-1. 概述 .....	186
§ 12-2. 结构 .....	188
螺旋输送泵式气流输送 仓式气流输送 真空吸入式气流输送	
§ 12-3. 气流输送原理 .....	192
最小气流速度 压力降 重量比	
§ 12-4. 气流输送装置的设计 .....	198
§ 12-5. 例题 .....	199
习题 .....	202
<b>附表</b> .....	<b>203</b>

## 緒 論

### § 0-1. 起重運輸机械在国民經济中的作用和意义， 及与化学工業的关系

在現代的大工業中，如果沒有起重運輸机械，工作的进行簡直不可想像。例如上海电力公司發電只不过 20 万千瓦，假如全部用煤作燃料則每天約需 2400 吨的煤。如果不用起重運輸机械，只是由碼頭到鍋爐前的約半公里水平路程，每天就需要約 1500 个搬运人工。这許多人在碼頭上挤也挤不下，而且如果下雨还要停电。由此可見，当工業在社会主义形式蓬勃發展下，起重運輸不再是輔助設備，而是成了国民經济的所有主要部門中合理組織大量生产工艺过程的基础了。在苏联第十九次党代表大会上也提到“苏联劳动生产率的迅速提高，首先是由于国民經济中广泛地使用新机器和采用先进的技术作業法，生产机械化和电气化，特别是費力的，繁重的工作机械化<sup>①</sup>……”。

因为化学工業的生产过程几乎都是流水作業大量生产，凡是碰到固体或瓶装桶装的气体液体，就必须应用起重運輸設備，因此起重運輸机械在化学工業里不但是原料与产品操作所必需，而且变成了生产过程的一部分，常常影响生产过程及产品质量。例如水泥厂的轉窑，如果没有發明煤粉的气流輸送，就很难应用煤粉加热。此外在化学工業里，起重運輸机械还有保安保健等作用。例如漂白粉車間的熟石灰操作，如無運輸机代替人力轉运熟石灰，以致使石灰飞揚，显然会严重地影响工人健康的。

<sup>①</sup> 見 1952 年苏联共产党第十九次党代表大会上联共(布)中央工作的总结报告。



由于社会主义是建立在大工业的基础上的,因此苏联的起重运输机械制造业已经成了机器制造业中的一个独立部门。我国向苏联学习,也建立了大連起重机械厂等现代化专门大工厂。为了工业化的需要在交通大学与大連工学院,更設立了起重运输机械制造专业以培养这行业的专门人才。此外很多机械专业都规定有起重运输机械的课程,以便结合本行业的特点应用起重运输机械,加速工业化。

### § 0-2. 起重运输机械发展简史

起重运输机械是应用最早的机械,中国自有历史的初期就有桔槔的发明<sup>①</sup>。桔槔如图 0-1 所示,是一种用对重装置的杠杆,发明于商代

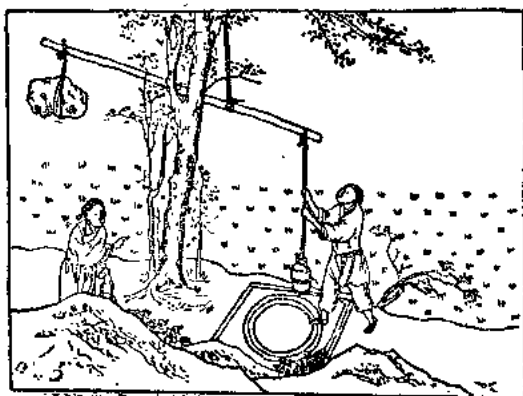


圖 0-1. 桔槔。

公元前 1765 年以前。桔槔发明以后不久,就有轆轤的记载。轆轤如图 0-2 所示,就是简单的绞车。中国最早的运输机是江南农村应用的水车。水车古名翻车(见图 0-3)据农书记载是汉朝公元 186—189 年间发明。公元 600 年时才有了筒车的记载(见图 0-4)。但是自汉朝到现

<sup>①</sup> 根据明朝徐光启著“农政全书”与宋应星著“天工开物”的记载,在南朝约相当于公元前 1765—1760 年之间,中国就发明了利用杠杆原理起重的桔槔。

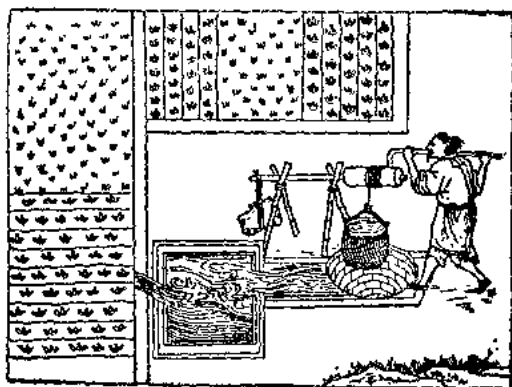


圖 0-2. 鍵。

在, 這兩千年間, 則幾乎沒有進步, 如今的水車仍是兩千年前的翻車。  
只有元朝時曾發明了用畜力與水力經柱齒輪驅動的木車。



圖 0-3. 翻車。

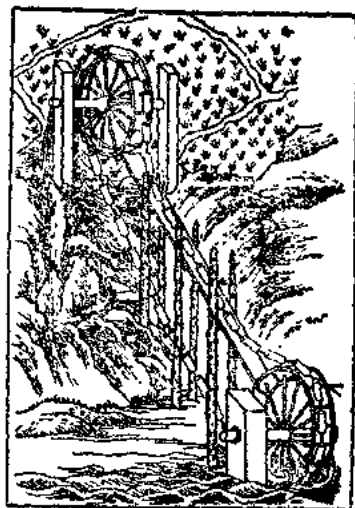


圖 0-4. 筒車。

在歐洲, 埃及建造金字塔時已經應用了不等臂杠杆及滾子用逐級起升法來起升巨石(見圖 0-5)。亞里士多德(公元前 384—322 年)在他的“力學問題”中更描述了滑車。亞几米德在保衛西西里島上的西拉

柯慈城時也曾應用杠杆起重裝置吊翻敵人的兵船及撞牆器。

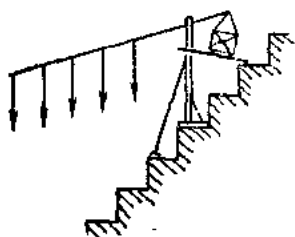


圖 0-5. 逐級杠杆起升法。

18 世紀時歐洲的起重運輸設備雖然主要仍是木結構與人力驅動，但機構已經相當成熟。例如圖 0-6 所示齒輪傳動絞車與滑車組成的旋臂起重機可作為代表。這旋臂起重機是當時最卓越的技師費道爾·包爾士在 1793 年替彼得堡鐵路工廠設計的。

一直到 18 世紀工業革命的時候歐洲的起重運輸機械才迅速的發展起來，起重運輸機械的發展主要是由於工業發展的需要，蒸汽動力的發明，與鋼鐵的大量生產解決了起重運輸機械的材料與成本問題。第

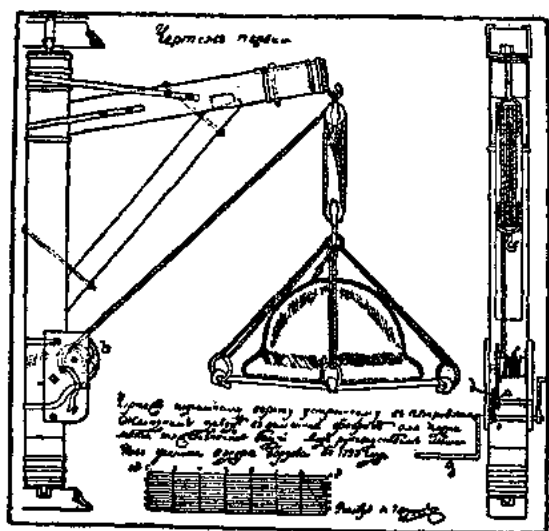


圖 0-6. 包爾士的旋臂起重機。

一台用蒸汽驅動的旋臂起重機如圖 0-7 所示，是在 1827 年出現的。中間的圖是汽缸及曲柄機構的放大圖，事實上就是一部蒸汽機。由蒸汽機驅動曲柄，再經過齒輪系，繩滾筒及滑輪來吊升重物。螺旋運輸機與

带式运输机则是在 18 世纪末期才首先应用于面粉业的(见第十章及第八章)。

比较中国与欧洲的起重运输机械发展史可见中国起重运输机械的发展并不落后于欧洲。只是因为封建帝王的统治造成轻视技术的习气,工人只能苟延残喘,因此起重运输机械也随整个工业停滞了两千年。偶有发展也因为保守思想不能推广而很快的消失。

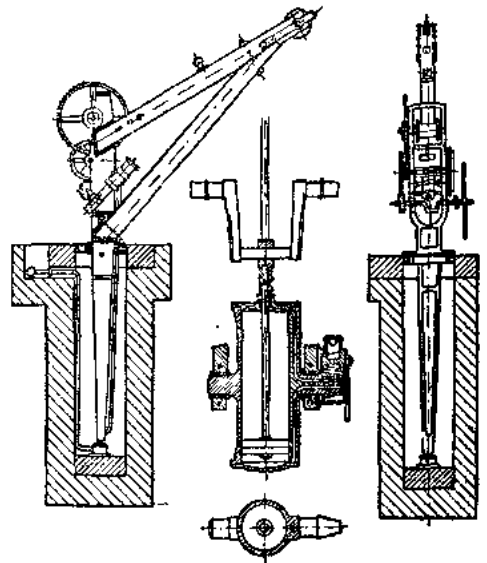


图 0-7. 世界第一台蒸汽驱动旋转起重机。

### § 0-3. 我国和苏联起重运输机械 制造业现状与今后发展方向

起重运输机械制造业在苏联一直到 19 世纪末期才开始萌芽。虽然历史上,帝俄有过很多辉煌的起重事例,例如 1674 年俄国工程师曾把重达 130 吨的钟王吊到克里姆林宫内著名的伊万钟楼上去的事迹等,但十月社会主义革命以前这行业的发展一直是很薄弱的,只限于仿造。当时特种起重机,甚至很简单的运输机械都要从外国进口。

苏联十月革命以后,起重运输机械制造业随着社会主义大工业的建立而发展。远在 1931 年斯大林就在经济工作者会议上的演说里提到:“生产手续机械化,是我们所应实行的一个新颖的和有决定意义的办法<sup>①</sup>”。根据政府当时的决定,起重运输机械制造业成了机器制造业

<sup>①</sup> 见斯大林“列宁主义问题”中“新的环境和新的经济任务”一文。

中的一个独立部門。从这时开始就出现了專門化的大工厂,以及“工業机械化”托拉斯与“全苏起重运输机械制造科学研究所”,許多学校里也設立了起重运输机械制造專業。到现在为止,行車与桥式起重机,帶式运输机与电梯等都已达到大批生产的程度。只是連續运输机就有 50 多个中小型工厂在从事生产。苏联最重的桥式起重机可起重 1000 吨,絞車繞繩量达 15000 公尺。目前苏联起重运输机械正向着自动化、标准化、零件具有互換性的方向發展着。此外并且提高了起重运输机械的質量,例如剛度、配合及材料等,以簡化修理維持并节省修理時間。

我国解放以前由于受到封建主义、帝国主义与官僚資本主义的压迫,显然是不可能有起重运输机械制造業的。解放后第一个五年計劃規定:“五年內,机器制造工業建設的部署是以發展冶金設備,發電設備,采礦設備,运输机械和农業机械的制造为重点,并适当的發展煉油和化工設備,金屬切削机床和电器的制造”。在这些設備里很大的一部分是起重运输設備,例如采煤設備里的直徑达 4 公尺的矿井卷揚机和 3 立方公尺的挖掘机等,此外还有 100 吨的桥式起重机。

#### § 0-4. 起重运输机械在化工 机械系各課程中的地位

在化工机械系里起重运输机械与机械零件合并成为一个課程。这两个部分共同的負担着总结机械系課程并且与实际工作結合的任务。但是机械零件在結合实际方面只作到零件与部件的范围,至于專門机械的設計的示范性講授则是通过起重运输机械来完成的。由机械發展史可看到,人类首先使用的机械就是起重运输机械。这也說明起重运输机械是应用最普遍的而且是發展最早的机械。由于起重运输机械的設計的經驗的积累比較丰富,特別容易清楚詳尽的說明整部机器的选择設計,因此一般的机械类專業都选择起重运输机械作为机械設計的課題。

此外由於起重運輸機械的普遍應用，尤其是運輸機，在現代的化工厂中已成為確立、調節、管制企業全部生產過程的機構以達到所謂流水作業或有節奏的生產，因此對起重運輸機械本身的設計、選擇能力的培養當然也是本課程最主要的任務之一。因起重運輸機械的種類不勝枚舉，難以一一講述。故本課程只能就最常用的起重運輸機械來說明基本的結構與基本的設計法則。總之起重運輸機械課程的目的有下列三點：

- (1) 最常用的起重運輸機械的基本結構；
- (2) 基本的起重運輸機械的一般的設計法則；
- (3) 示范性的說明專門機械的全面考慮與設計。

以上三點中最重要的是專門機械的設計，因為只有學會了專門機械的設計才能在機械業里獨立的工作，並且為了專門化的學習打下基礎。

但是在此應該特別指出的就是專門機械的設計所包括的類型選擇，機構選擇與零件設計三項里最困難而且影響最大的就是類型選擇。要作好類型選擇必須極深入的了解各類型起重運輸機械的性能，並作多方案的設計與比較、研究、討論。這種對起重運輸機械的深入了解很需要一些實際經驗，不能專靠書本。至於本課程則只能擔負引導入門的任務；一方面培養與起重運輸專門人員合作的條件，另一方面並為深入鑽研打下基礎。

## § 0-5. 起重運輸機械的分類

起重運輸機械既然在各個工業部門都要應用，因此起重運輸機械也就隨着不同的使用條件與設計人的心裁而層出不窮。在這情況下我們當然不得不把起重運輸機械人為地加以分門別類，以方便於研究，其中最基本的種類。因此本書把起重運輸機械分成起重機、運輸機、運輸車三大類：

- (1) 起重機：起重機例如吊車及橋式起重機，是指那些主要目的是

提升人力难以搬起的成件物品或用桶罐裝載的成件物品的机械。这类机械的工作方式是往复的,而且移运距离短,移运路綫不定,承載件則往往对被起升物品没有什么选择性,随便什么成件物品都可起升。但是对于电梯(划归起重机章)来講移动路綫則是一定的,因此电梯是介于起重机与运输机之間的一种机械,但是按結構来講比較接近于起重机,因此放在起重机一起来講述。但是應該注意到,电梯也常常当作运输机来应用。

(2)运输机:运输机,例如帶式运输机与斗式提升机,主要是为了搬运大量的物料以节省人工的机械。它的运动件工作方式常是連續周而复始的,而且因为运输量大,因此承載件有条件作得更适合于指定的材料(选择性大),例如帶式运输机的帶結構就是根据物料顆粒大小,磨蝕性等性能选择的。

(3)运输車:地面行駛的运输車应用很广,又有移运自由度極大(不固定安裝)的特点,因此也归为一特別的大类。本書只能講述厂內的运输車,至于汽車,火車等不屬於通常所說的起重运输机械范围之內,它們將在專門課程中研究。

## § 0-6. 起重运输机械的主要参数与工作类型

起重运输机械的學習除了分門別类以便研究典型的类型外,对于每种类型則特別应当注意到代表它的性能的下列主要参数。

起重机性能的主要参数是:起重量,跨度(幅度),起升高度,速度,外形尺寸,重量(輪压)等。

起重量就是起重机所能起升的最大重量。跨度,例如在桥式起重机中就是天桥軌道的寬度。随跨度的增大,桥架的成本急剧增大。起升高度的重要性常常被人忽視。事实上起升高度也常限制了起重机的应用,例如环鏈吊車的鏈一般很少超过4公尺,在特殊的情况下也不能

超过 12 公尺，否則就笨重得無法操作。速度显然与生产率直接有关。至于外形尺寸与重量則是安裝及厂房設計的最主要数据。

但是同一起重机的最大起重量也按使用情况而不同。使用情况常以工作类型来表示。工作类型按起重机操作時間百分数(IIБ%)，每小时內操作次数，起升或运行速度，以及最大起重量下運轉的頻繁度四項把起重机的工作情况分为 P、I、II、与 III 四个等級。操作時間百分数(IIБ%)与滿載頻繁度是考虑机件当量寿命的。每小时操作次数与速度則是考虑起動冲击与運轉震動的。对于电动机來講，因为起動电流很大，所以起動次数过多时电动机就会發热很多，因而需要較能耐热的(絕緣材料好的)电动机。

对于各工作类型的許用 IIБ% 及每小时操作次数一般应用的起重机可見表 0-2 (參看表 7-1)。特殊情况可見較詳細的表 0-3。

对于運輸机的主要性能参数是：生产率，速度，運輸長度，起升高度或傾角，外形尺寸与重量等。

運輸机常是連續生产，因此生产量常常是定值。此外傾角也常常限制了運輸机的应用，例如帶式運輸机当傾角加大时，生产率(運輸量)就要降低，甚至接近物料摩擦角时就不能工作。



# 第一章 撓性件及輪

## § 1-1. 概述

起重運輸常用的撓性件有繩、鏈、索和皮帶。皮帶與機械零件里所講的皮帶在原理上沒有什麼不同，所以本章不講，應用數據則附在帶式運輸機一章里面。

繩自古就有應用，是用藤、草、單根或多根互相捻結而成，來捆縛物件。例如石器時代的石斧就是用繩將石頭縛在手柄上而作成的。

因為繩是有机物作成的，總不免腐爛，因此在鐵器發現後，就联接鐵環以成鎖鏈，克服了腐爛的缺點，並增加了強度。因此在永久性設備里代替了繩。

晚近因工業的發展需要更強更輕的繩，同時冶金方面發現冷拉的特殊鋼絲強度極高（ $180 \sim 200$  公斤/公分<sup>2</sup>），因此鋼絲索就應運而生（最早在 1870 年）。例如舊金山的金門索橋，長達三公里左右，主要承載件就是兩根 600 公厘的鋼絲索。這在沒有出現鋼絲索之前是很難想像的。

然而並不是說索較繩及鏈好，譬如用鋼絲索捆行李就不如麻繩來得方便適用。因此三者之間的選用正如其他零件選擇一樣，主要是根據現場情況決定。

在起重運輸機械中，鏈、繩、及索是不可缺的零件，應用極廣，例如吊重、曳引、承載等。

為了吊重或曳引，必須將動力傳遞于撓性件以使它運動，這種用以帶動撓性件的傳動件，根據其作用原理可分為三類：摩擦輪、鏈輪和鼓