

〔日〕 本田早苗 荒井 実

装卸搬运机械的 设计

机械工业出版社

本书系统地阐述了各种起重机和输送机等装卸搬运机械的基础知识、结构形式与设计计算方法，并附有设计例题。同时，还编入了有关的设计标准和部件标准；介绍了与输送机的系统化、自动化有关的配套辅助机械；对分选装置及立体自动仓库也作了简要的介绍。可供从事装卸搬运机械的设计、科研、制造和使用工作的技术人员及有关院校的师生参考。

本书由周耀坤、李和华译，滕征本、李宗国校。

荷役運搬機械の設計

本田早苗 著
荒井 実

産業図書株式会社 1978

* * *

装卸搬运机械的设计

〔日〕 本田早苗 著
荒井 実
周 耀 坤 译
李 和 华

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $14 \frac{3}{8}$ · 字数 315 千字

1983 年 8 月北京第一版·1983 年 8 月北京第一次印刷

印数 0,001—9,700 · 定价 2.20 元

*

统一书号：15033·5503

序 言

搬运物资这项工作与人类生活是分不开的。因此，随着社会文明的进步，搬运手段也在不断地发展。近代，由于工业的发展，交通的畅达，以及大量物资交流等原因，作为搬运手段的装卸搬运机械也获得了飞速的改进和发展。

当前，日本工业界的高速发展期已结束，正处于稳步低速发展期，各企业都在尽力降低成本。因此，随着生产机械的省力化和自动化，作为辅助设备的搬运机械也在努力实现程序化和自动化。另外，作为矿石、谷物等散状物料的搬运工具，普遍采用了高效率的装卸机械。对于托盘、集装箱等成件货物，以叉式装卸车（叉车）为代表的适应各种用途的装卸搬运机械也大大地发展起来了。其中的一部分不仅达到了自动化，而且正在采用程序化。

本书根据 1958 年出版的《装卸机械设计》一书重新写成。书中关于装卸搬运机械的设计是以起重机和输送机为主体的。从基础内容开始作系统的叙述，并适当编入了设计标准和零件标准。本书可作为装卸搬运机械的设计者、制造者和使用者的参考资料，并可作为具有工科大学程度的读者的参考书。此外，还讲述了输送机系统化、程序化的配套机械；对分选装置、立体自动仓库也有所涉及。

书中存在的错误之处，请读者批评指正。

1978 年 10 月 著者

目 录

第 1 章 装卸搬运机械的分类和名称	1
1.1 简易提升器	1
1.2 起重机	1
1.3 搬运机械	2
第 2 章 装卸搬运机械的设备规划	4
2.1 生产率和机械装卸	4
2.2 制订规划的方法	4
2.2.1 制订规划时的注意事项	4
2.2.2 机械能力的估算	5
2.2.3 机械设备费用的概算	8
2.2.4 机械设备的核算	13
2.3 确定规格	14
2.4 作业场地和应使用的装卸机械	15
第 3 章 起重机的设计	17
3.1 钢结构部分的设计	17
3.1.1 起重机钢结构部分的计算准则	17
3.2 图解静力学	42
3.2.1 力的平衡	42
3.2.2 力的合成和分解	42
3.2.3 同一平面上两个作用点不同的力的合成	43
3.2.4 多个平行力的合成	43
3.2.5 支座反力	44
3.2.6 结构	45

3.2.7	卡尔曼截面法	45
3.2.8	利塔截面法	45
3.2.9	科雷蒙纳内力图	46
3.3	影响线	48
3.3.1	影响线的一般性质	48
3.3.2	影响线在解简支梁问题中的应用	49
3.4	机械部分的设计	52
3.4.1	机械部分的强度计算	52
3.4.2	使用材料	53
3.4.3	机械部分的效率	54
3.4.4	行走阻力	55
3.4.5	电动机输出功率的计算	57
3.5	机械零部件	62
3.5.1	齿轮	62
3.5.2	滑轮	70
3.5.3	卷筒	74
3.5.4	钢丝绳	77
3.5.5	滚子传动链	83
3.5.6	轴	87
3.5.7	联轴器	91
3.5.8	滑动轴承	92
3.5.9	滚动轴承	93
3.5.10	轴承间距	94
3.5.11	制动器	94
3.5.12	车轮	99
3.5.13	吊钩	100
3.5.14	电动抓斗	103
3.5.15	双绳抓斗	104
3.5.16	锚定装置	104

3.5.17 行走轨道	106
3.6 电气部件	118
3.6.1 电动机	118
3.6.2 异步电动机的形式	120
3.6.3 起重机用三相低压全封闭外扇绕线式异步电动机	120
3.6.4 制动器	122
3.6.5 电阻器	126
3.6.6 控制器	126
3.6.7 限位开关	127
3.6.8 配电盘	128
3.6.9 集电装置	130
3.6.10 电气制动器	131
3.6.11 用推杆装置控制速度	132
3.6.12 涡流制动器	134
3.6.13 安全装置	136
3.6.14 照明	136
3.6.15 采暖装置	137
3.6.16 警铃	137
3.6.17 电动葫芦	137
第4章 起重机	140
4.1 桥式起重机	140
4.1.1 桥式起重机	143
4.1.2 桥式起重机的计算	156
4.2 龙门起重机	172
4.2.1 龙门起重机的计算	177
4.3 臂架式起重机	225
4.3.1 壁型起重机	226
4.3.2 行走式壁型起重机的计算	227

4.3.3 定柱式转臂起重机的计算	233
4.3.4 门座起重机的计算	241
4.3.5 平衡锤臂起重机	252
4.3.6 平衡锤臂起重机的计算	253
4.3.7 塔式起重机	266
4.3.8 伸臂起重机	266
4.4 集装箱起重机	272
4.5 浮式起重机	273
4.6 装载机	277
4.7 卸载机	278
日本起重机结构标准(摘录)	281
第5章 输送机	306
5.1 带式输送机	306
5.1.1 胶带输送机的特点	306
5.1.2 胶带输送机的主要组成部分	307
5.1.3 胶带	307
5.1.4 胶带输送机的各部分结构	314
5.1.5 胶带输送机的驱动	336
5.1.6 移动式胶带输送机	345
5.2 链式输送机	347
5.2.1 链式输送机的链条张力和所需功率	348
5.2.2 链条的选定	350
5.2.3 滑轨式输送机	351
5.2.4 链板输送机	356
5.2.5 裙式输送机	358
5.2.6 输送机用链条和链轮	359
5.2.7 埋刮板输送机	363
5.2.8 悬挂式输送机	366
5.2.9 牵引式输送机	369

5.3 提升机	369
5.3.1 斗式提升机	370
5.3.2 托盘式提升机	378
5.3.3 链板式提升机	379
5.4 辊式输送机	383
5.4.1 自由式辊式输送机	383
5.4.2 轮式输送机	389
5.4.3 动力式辊式输送机	391
5.4.4 停留式输送机	403
5.5 螺旋式输送机	408
5.6 振动输送机	410
5.6.1 振动输送机的输送能力	411
5.6.2 振动输送机所需功率	412
5.7 气力输送装置	412
5.7.1 吸气式气力输送装置	413
5.7.2 压气式气力输送装置	416
5.7.3 气力输送装置的空气速度及功率消耗	417
5.8 溜槽	417
5.8.1 溜槽倾角	418
5.9 货物的分选	419
5.9.1 分选装置的分选方式	420
5.9.2 分选装置实例	420
第6章 装卸辅助机械	423
6.1 升降台	423
6.2 搭跳台	426
6.3 托盘码货机和托盘卸货机	428
6.4 转送器	430
6.5 转车台	430
6.6 转台	431

6.7 其他装卸辅助机械	432
第7章 搬运车	433
7.1 人力车和手推车	433
7.2 手动叉车	434
7.3 叉车	435
7.3.1 内燃机叉车	436
7.3.2 蓄电池叉车	440
第8章 立体自动仓库	442
8.1 立体自动仓库的形式	442
8.2 巷道式堆垛起重机	446
8.2.1 结构	446
8.2.2 堆垛起重机的尺寸和性能	447
8.2.3 堆垛起重机的操纵	448
8.3 立体自动仓库和法规	449

第1章 装卸搬运机械的分类和名称

若将装卸搬运机械笼统地进行分类的话,可根据操作时的运动方式划分为简易提升器、起重机和搬运机械三大类。过去,这些机械没有统一的名称,都是从不同角度命名的。不过,对于起重机,现已制订了 JIS[⊖] B 0135 “起重机术语”(①起重机的种类)、JIS B 0136 “起重机术语”(②起重机的性能及结构);对于输送机制订了 JIS B 0140 “输送机术语”(①输送机的种类)。因此,本书一律使用这些术语。

1.1 简易提升器

简易提升器包括单纯提升货物的和不仅能提升货物,而且还能沿一定的轨道移动的装置。前者如千斤顶、链式葫芦和绞盘等;后者如电动葫芦、空中吊运车和架空索道等。

1.2 起 重 机

起重机是一种能在三维空间内搬运货物的机械,有以下几种类型:

桥式起重机

这是一种行走于工厂、仓库等的顶棚下或高架轨道上的起重机(包括桥式起重机、夹钳起重机、加料起重机、铸造起重机、脱锭起重机、锻造起重机、淬火起重机)。

臂架式起重机

⊖ JIS—日本工业标准——译注。

这是一种利用臂架的旋转或俯仰来起吊货物的起重机（包括壁型起重机、定柱式转臂起重机、桅杆起重机、低座悬臂起重机、门座起重机、平衡锤臂起重机、塔式起重机、伸臂起重机、铁路起重机、汽车起重机、履带起重机、轮式起重机、浮式起重机）。

龙门起重机

龙门起重机是在露天轨道上行走的门架上设置小车进行装卸的起重机（包括铰座式小车的龙门起重机、绳索牵引式小车的龙门起重机、设有司机室的小车的龙门起重机、设有司机室的小车的可回转龙门起重机、设有伸臂起重机的龙门起重机、设有悬臂起重机的龙门起重机）。

缆索起重机

在两组相对的铁塔之间张拉缆索，运行小车沿缆索行驶，这是一种跨越范围很大的起重机。

卸载机

主要用于矿石、煤炭等散状货物卸料的起重机（包括龙门卸载机、伸臂式卸载机）。

其他类型的起重机设备还有升降机、装载机等。

1.3 搬运机械

主要用于沿水平方向搬运货物的机械，可分为输送机和搬运车。

输送机

沿固定路线连续输送轻小或散状货物的机械装置称为输送机，其形式有以下几种：带式输送机、链式输送机、螺旋输送机、振动输送机、提升机。

搬运车

在仓库、工厂、木材和钢材等堆场或车站内，以及在公路以外的场所用来搬运货物的车辆称为搬运车（包括手推车、手动叉车、平板车、叉车、蓄电池搬运车（电瓶车）、内燃机搬运车、货车牵引车）。

第2章 装卸搬运机械的设备规划

2.1 生产率和机械装卸

没有劳动生产率的极大提高,就不可能提高生活水平。因此,目前世界各工业国家正在竞相提高它们的生产率。

搬运作业在产品成本中所占的比例是很大的。例如,在钢铁厂、水泥厂、化肥厂等可达50~80%。在这些工厂中,搬运作业实现高效率机械化和自动化的收益是极大的。此外,在机械工业和纤维工业中,搬运作业也占产品成本的30~50%。还有,由于码头作业机械化,提高了装卸效率,可缩短船舶的停泊时间。在机械工业中,材料入库、向机械加工车间送料、从机械加工车间向热处理车间运送工件、部件组装和总体装配过程中的搬运作业、以及产品的运出等都需要化费很多搬运经费。因此,在机械加工方面应采用自动生产线。另一方面,为了尽量减少搬运经费,必须采用有效的机械装卸设备。

2.2 制订规划的方法

2.2.1 制订规划时的注意事项

规划装卸搬运机械时,应仔细考虑以下各点:

- a. 对值得采用机械化的作业要进行精密的作业分析,即要进行作业时间分析和动作分析。
- b. 根据分析结果,判断出哪些地方采用机械化能获得收益。采用全面机械化还是部分机械化,要视具体条件而定。

c. 不要局限于原有的机械，应与作业分析结果比较，引进认为最有效的机械设备。

d. 新建工厂和仓库时，制订搬运规划必须利用模型和图表等手段，彻底地研究搬运路线和装卸机械的配备，还须根据厂房和生产机械等情况综合考虑，制订出最有效的设备布置方案。

e. 在搬运系统中，人力作业只能用于辅助作业，不能编入机械作业的流程。

f. 机械配备必须全面协调。如在某部分有的机械的使用频度过大，那么，这些机械因损坏而需修理和更换时会导致整个流程中断，这反而会带来损失。

2.2.2 机械能力的估算

如果搬运作业的路线已根据该路线上前后的装卸作业、堆场、仓库等的装卸作业范围确定，则可根据所用的机械画出作业线图。线图是表示各机械装载货物、搬运、直到在指定地点卸载的作业时间和速度或距离的曲线。只要给定机械各动作的速度和距离，便可画出作业图。然后根据作业图，决定装卸搬运机械、起重机和搬运车一次作业所需的时间。如将每小时的作业次数乘以一次装卸搬运的重量，便可求出每小时的作业吨数。

图 2.1 所示为龙门抓斗起重机的作业线图举例。图中的纵轴表示抓斗的起升速度和小车的运行速度，横轴表示各个动作所需的时间，图中给出在位置 A 抓煤，并在起升过程中水平移动，在移动中下降，直至抓斗到达位置 B 卸煤，再循同一条路线返回到位置 A 所需的时间。对于 C—B 的动作过程也类似。在画这种线图时，必须知道各动作在起动、停止时电动机的加速和减速所需的时间和各动作相互转化时的重

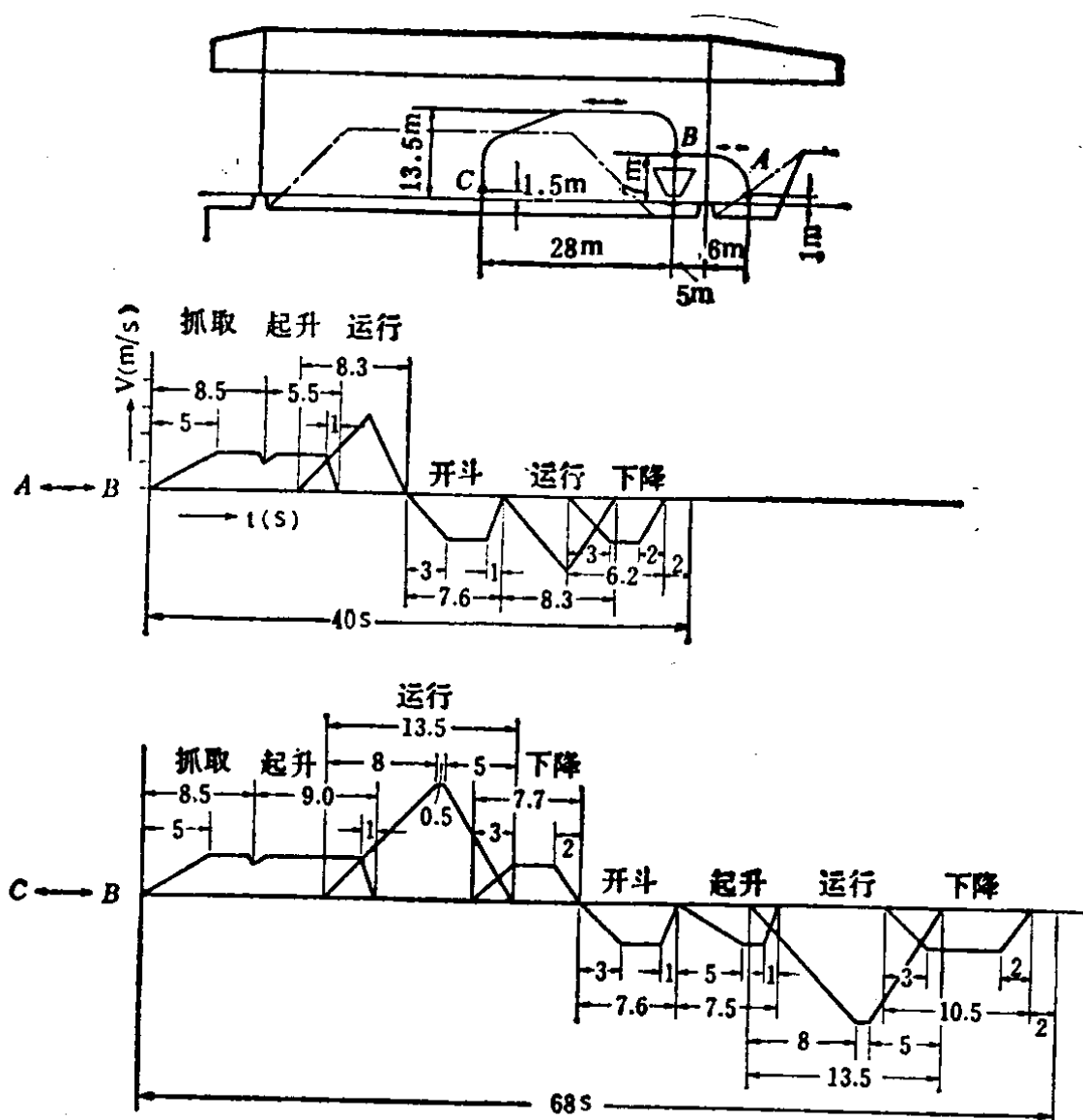


图2.1 龙门抓斗起重机的作业图

抓取量5 t；起升速度 $85m/min = 1.42m/s$ ；起升加速时间5秒；起升减速时间1秒；运行速度 $250m/min = 4.16m/s$ ；运行加速时间8秒；运行减速时间5秒；下降加速时间3秒；下降减速时间2秒。

叠时间。前者可根据运动部分的惯性力和电动机的转矩算出。不过，根据过去的记录也能大体上正确地推断出来。大型高速的设有司机室的起重小车的运行加速时间需要7~10秒，其他形式的小车所需的加速时间要少些；大型抓斗的起升、

抓取和下降共需 5~7 秒，其他形式需要 4~5 秒。减速时间比加速时间短，运行时的减速时间为 4~7 秒，下降时的减速时间为 1~2 秒。重叠时间虽然和起重机的结构有关，但多数情况主要取决于司机的熟练程度，规划时应适当确定。

以上所述是抓斗式起重机的情况，对于吊钩式起重机也可按同样方法画出作业图，不过，还应考虑挂钩⊖所需的时间。对于叉车等装卸机械也可按同样方法画出作业图。

在实际应用时，作业能力一般都应比上述的设计作业能力略有降低。所以，应使作业能力相对于所要求的作业量留有相当的裕量。对于起重机来说，一天的机械作业时间可按操作人员工作时间的 60~80% 来考虑。就是说，如操作人员一天的工作时间为 8 小时，则机械作业时间定为 5~6 小时，一年的实际工作时间可定为 250 天。将这些有关数字相乘，其积就是一年的作业吨数，该数的 70% 可作为规划时的实际作业核算吨数。表 2.1 给出了各种机械的平均装卸能力。

表2.1 装卸机械的装卸能力

机 械 名 称	设计装卸能力 (t/年)	机 械 名 称	设计装卸能力 (t/年)
5 t 龙门抓斗起重机	300000	1 t 桥式起重机	15000
3 t 龙门抓斗起重机	180000	1 t 单轨起重机	15000
2 t 龙门抓斗起重机	120000	30 t 桅杆起重机	60000
2 t 伸臂抓斗起重机	120000	1 t 升降机	10000
1.5 t 龙门抓斗起重机	90000	1 t 架空索道	10000
5 t 桥式起重机	78000	移动式输送机	10000
3 t 铁路起重机	45000	裙式输送机	21000
3 t 悬臂起重机	45000	电瓶车	30000
3 t 轮式起重机	45000	小型移动式悬臂起重机	7500

⊖ 在货物上系钢丝绳或装上吊具再挂在吊钩上。

在设备规划时，考虑到装货时的忙乱和交通上的障碍等原因，对于叉车等搬运车，应在按作业图得出的时间上再加上一定裕量作为核算时间。按作业图算得的时间与核算时间之比称为裕量系数 Θ 。该值因机械类型、作业场地的条件、搬运距离而异，规划时应非常慎重地确定。

表2.2 裕量系数

搬运距离(m)	15	30	75	150
裕量系数	2.5	2.0	1.5	1.2

2.2.3 机械设备费用的概算

根据上述方法可确定工作量，但重要的是在规划时要正确估机械设备费用。设备费用的估算是分析目前能够采用的经济效果较好的同类机械设备的重量和按现价估算的制造费用，然后进行比较。这种方法，大体上是不会出错的，如果使用以下的重量概算公式和图表那就更方便了。

a. 桥式起重机的重量 (图 2.2)

$$W = \frac{1}{3} \left(\frac{TM}{20} + T + 2M \right)$$

式中 W ——起重机重量 (t)；

T ——载荷 (t)；

M ——跨度 (m)。

其中，起重小车重量 G (t) 为

$$G = \frac{T}{5} + 2$$

b. 设有司机室的小车式龙门抓斗起重机的重量 (图 2.3)

⊙ 生産性本部運搬専門視察団報告書「運搬」p. 85~94, Stocker
“Material Handling”。