

目次

第九章 施肥机械

第一节 厩肥装载机	IX-1
1 分类	IX-1
2 装肥机的设计因素	IX-2
第二节 厩肥撒肥车	IX-4
1 分类	IX-5
2 撒肥车的设计因素	IX-6
第三节 矿肥施播机械	IX-8
1 分类	IX-8
2 矿肥施播机的设计因素	IX-9
第四节 液肥喷播机	IX-19
第五节 氨肥施播机	IX-20
1 氨水施肥机	IX-20
2 液氨施肥机	IX-20
参考文献	IX-21

第十章 植物保护机械

第一节 喷雾器	X-1
1 喷雾器的类型	X-1
2 喷雾器的主要零件和参数	X-12
第二节 喷粉器	X-17
1 喷粉器的类型	X-18
2 喷粉器的主要零件和参数	X-23
第三节 细雾器	X-24
1 细雾器分类	X-24
2 细雾器的构造	X-24
3 细雾器特性	X-24
第四节 烟雾器	X-25
1 烟雾器分类	X-25
2 烟雾器特性	X-25
3 烟雾器的使用条件	X-26
第五节 种子消毒机械	X-26
参考文献	X-27

第十一章 收获机械

第一节 谷物收获机具	XI-1
1 谷物收获方法	XI-1
2 谷物收割机具及一般特征	XI-3
3 谷物联合收割机	XI-10
4 谷物收获机具主要工作部件原理结构与设计	XI-40

第二节 玉米收获机械	XI-127
1 类型	XI-127
2 主要工作部件	XI-128
第三节 薯类甜菜及花生收获机具	XI-136
1 马铃薯收获机具	XI-136
2 甘薯收获机具	XI-148
3 甜菜收获机具	XI-149
4 花生收获机具	XI-164
第四节 棉花收获机械	XI-165
1 类型	XI-165
2 主要工作部件	XI-170
参考文献	XI-180

第十二章 加工机械

第一节 谷物脱粒机具	XII-1
1 谷物脱粒机具的类型	XII-1
2 谷物脱粒机的基本参数	XII-4
3 脱粒机的工作机构	XII-10
4 谷物脱粒机的试验	XII-21
第二节 谷物清选机械	XII-21
1 风选机	XII-26
2 筛选机	XII-30
3 高眼式清选机	XII-38
4 复式清选机	XII-46
5 摩擦分离机	XII-46
6 电磁清选机	XII-54
7 其它清选机	XII-55
8 谷物清选机的试验	XII-57
第三节 农用烘干机	XII-60
第四节 茎叶纤维作物初加工机械	XII-77
1 机具的类型	XII-77
2 纤维初加工机械的主要部件的工作原理与设计	XII-82
3 棉花初加工机械	XII-85
第五节 其他加工机械	XII-93
1 玉米脱粒机具	XII-93
2 花生剥壳机	XII-98
3 块根洗滌机	XII-98
4 块根切片、切丝机具	XII-101
5 颗粒肥料制造机	XII-104
参考文献	XII-106

第十三章 畜牧机械

第一节 干草收获机械	XI-1
1 割草机	XI-1
2 搂草机与翻草机	XI-14
3 集草器	XI-22
4 拾起集堆机、拾起集柴机及拾起装载机	XI-23
5 柴草机	XI-27
6 拾起压捆机及固定式压捆机	XI-27
第二节 青饲料收获机	XI-32
1 类型	XI-32
2 主要工作部分	XI-35
第三节 饲料切断机	XI-40
1 切断机的构造	XI-40
2 切断机的工作过程	XI-41
3 现有各种饲料切断机的特性	XI-42
4 切断机的主要部件设计	XI-42
第四节 饲料蒸煮器	XI-50
1 饲料蒸煮器的类型	XI-50
2 蒸汽式蒸煮器	XI-50
3 电热式蒸煮器	XI-53
第五节 饲料粉碎机	XI-54
1 锤式饲料粉碎机	XI-55
2 磨	XI-62
第六节 饮水器	XI-65
1 自动饮水器的类型及结构	XI-65
第七节 挤奶装置	XI-67
1 挤奶的技术要求及工作原理	XI-67
2 挤奶装置的类型、结构及其作用原理	XI-67
第八节 牛奶分离机	XI-71
1 牛奶分离机的类型及其结构	XI-71
2 牛奶分离机的工作过程分析	XI-74
第九节 剪羊毛机械	XI-75
1 类型及其结构	XI-75
2 设计与计算	XI-79
参考文献	XI-80

第十四章 农用提水机械

第一节 水车及提水工具	XI-1
1 类型规格	XI-1
2 解放式水车的简单计算	XI-3
3 解放式水车管轴的零件规格	XI-4
第二节 冲击式扬水机	XI-8
第三节 水轮泵	XI-11
1 水轮泵的结构原理	XI-13
2 水轮泵的性能参数	XI-15

第四节 深井水泵	XI-16
1 柱塞式深井泵	XI-16
2 离心式深井泵	XI-19
3 水流扬水泵	XI-22
4 压缩空气扬水泵	XI-23
第五节 人工降雨机	XI-25
1 远射程人工降雨机	XI-26
2 短射程人工降雨机	XI-38
第六节 叶片式水泵	XI-17
1 离心泵	XI-17
2 轴流泵	XI-48
3 混流泵	XI-55
第七节 内燃水泵	XI-56
1 概述	XI-56
2 基本类型及工作原理	XI-56
3 几种内燃水泵的构造与性能简介	XI-59
第八节 提水工具的试验测定	XI-71
1 水量	XI-71
2 扬程	XI-73
3 管路中水头损失	XI-74
4 有效功率	XI-79
5 水泵的轴功率	XI-79
6 水泵效率	XI-79
7 燃料消耗量	XI-79
8 压力	XI-79
9 气体分析	XI-79
参考文献	XI-80

第十五章 农用动力

第一节 人力	XI-1
1 农业机械与人力	XI-1
2 人力的力学概述	XI-1
3 能量代谢率及工作等级(劳动能力消耗的指标)	XI-1
第二节 畜力	XI-3
1 中国农用役畜的种类及其分布	XI-3
2 畜力利用的方式	XI-3
3 役畜的牵引力速度与功率	XI-3
4 役畜的驮运能力	XI-8
第三节 风力机	XI-9
1 引言	XI-9
2 风力机的基本理论	XI-11
3 风力机的设计与计算	XI-16
4 风力机安装地点的选择	XI-40
5 风力机的实际结构	XI-41

第四节 水轮机	XV-50
1 水轮机的分类和应用	XV-50
2 水轮机的选型设计	XV-53
第五节 柴油机	XV-66
第六节 内燃机	XV-67
1 汽油机	XV-67
2 柴油机	XV-69
3 煤气机	XV-83
4 内燃机改装酒精机	XV-83
第七节 电动机	XV-86
1 电动机的类型	XV-86
2 电动机的特性	XV-86
3 电动机种类、电压、型式及转速的选择	XV-89
4 电动机的系列	XV-90
第八节 拖拉机	XV-108
1 我国拖拉机系列表	XV-108
2 国产拖拉机的简要技术规格	XV-109
3 几种主要进口拖拉机的简要技术规格	XV-111
第九节 绳索牵引机	XV-115
1 人、畜力绳索牵引机	XV-115
2 动力绳索牵引机	XV-116
3 绳索牵引农具	XV-119
参考文献	XV-121

第十六章 农业机械试验研究用仪器

第一节 测量仪器的感受元件	XVI-1
1 机械式感受元件	XVI-1
螺旋弹簧	XVI-1
板弹簧	XVI-2
柱状弹簧	XVI-2
2 液压感受元件	XVI-3
U形压力管	XVI-3
3 电变换器	XVI-5
电阻丝变换器	XVI-5
电感变换器	XVI-5
电容变换器	XVI-6
第二节 应力测量	XVI-6
1 机械式应变仪	XVI-6
2 用电阻丝变换器测量应用	XVI-6
应力测量的普通形式	XVI-6
圆柱体上的应力测量	XVI-9
3 用偏振光法测量应力	XVI-9
4 用薄膜法测量应力	XVI-9
第三节 动力测量	XVI-10
1 拉力、压力的测量	XVI-10
机械弹簧式拉力仪	XVI-10

液压式拉力、压力仪	XVI-10
电拉力环	XVI-14
2 扭矩测量	XVI-16
机械弹簧式扭矩仪	XVI-16
液压式扭矩仪	XVI-18
电扭矩仪	XVI-23
3 转速、加速度和振动的测量	XVI-23
转速测量	XVI-23
振动及加速度的测量	XVI-24
第四节 综合测力仪器	XVI-25
1 JLT-2 型测力车	XVI-25
2 示波车	XVI-26
放大器的工作原理	XVI-26
振子示波器	XVI-31

第五章 土壤及作物的物理机械性能试验

仪器	XVII-31
1 测土壤坚实度的仪器	XVII-31
2 土块强度仪	XVII-32
3 茎秆抗力测定仪	XVII-32
4 脱粒性分级仪	XVII-33
5 茎秆延伸仪	XVII-34
6 摆锤式茎秆拉断仪	XVII-34
7 小拉力仪	XVII-35
8 茎秆与土壤结合力的测定仪	XVII-35
9 茎秆动态强度测定仪	XVII-36
10 动摩擦测定仪	XVII-36
11 粗茎秆作物切割仪	XVII-37
第六节 试验记录的整理方法	XVII-37
1 求积法	XVII-37
2 纵座标法	XVII-37
3 峰值法	XVII-39
4 变量曲线及其应用	XVII-40
参考文献	XVII-41

第十七章 农业技术资料

第一节 土壤与耕作	XVIII-1
1 中国土壤分布区域	XVIII-1
2 土壤母质的种类	XVIII-2
3 土壤的组成	XVIII-2
4 土壤的机械组成	XVIII-2
5 土壤结构	XVIII-4
6 土壤水	XVIII-5
7 土壤的物理机械性状	XVIII-7
8 北方旱作地区耕作法	XVIII-17
9 南方水稻地区耕作法	XVIII-19
10 东北地区墙作耕作法	XVIII-21

11 黄河中游黄土地区坡地治理耕作法	Ⅹ-23
第二节 肥料	Ⅹ-28
1 肥料的分类	Ⅹ-28
2 植物体生长所需要的元素	Ⅹ-29
3 农作物缺肥的一般特征	Ⅹ-29
4 施肥技术	Ⅹ-30
5 农家肥料	Ⅹ-30
6 化学肥料	Ⅹ-34
7 细菌肥料	Ⅹ-42
8 颗粒肥料	Ⅹ-43
9 各种肥料混用及作物需肥量	Ⅹ-43
第三节 作物	Ⅹ-44
1 我国主要作物的轮作方式	Ⅹ-44
2 我国主要作物的栽培措施	Ⅹ-51
3 作物物理机械性状	Ⅹ-60
4 农作物生产农事季节	Ⅹ-127
第四节 植物保护用农药	Ⅹ-157
1 农药的使用形态	Ⅹ-157
2 农药的分类	Ⅹ-157
3 农药的施用方法	Ⅹ-158
4 常用的几种植物保护用农药及其混合使用法	Ⅹ-160
5 数种农药对各种金属的腐蚀程度	Ⅹ-168
参考文献	Ⅹ-170

附 录

一 农业机械随車附带工具	附-1
1 扳手	附-1
2 螺絲刀	附-4
3 扁鑿	附-4
4 錘	附-4
5 打眼錘	附-4
6 平口鉗	附-4
7 油壺	附-4
8 油槍	附-4
二 机器标牌	附-6
三 燃料	附-8
1 固体燃料	附-8
2 液体燃料	附-10
3 气体燃料	附-11
四 潤滑油及潤滑脂	附-13
五 拖拉机的工作装置	附-15
1 动力輸出軸	附-15
2 皮帶輪	附-15
3 农用拖拉机的牵引装置	附-16
4 国外几种拖拉机的动力輸出軸, 牵引点, 皮帶輪的数据	附-1

第十五章 农用动力

第一节 人 力

1 农业机械与人力

在农业生产中,人力以两种方式被使用:一种是直接被使用,即使用简单工具,凭体力执行农业操作;一种是间接被使用,即操纵自动的农业机械。

农业机械设计者的任务不仅是要设计出好的简单农具和代替人力的机器,还要使操纵、使用这些机具所费的能量减至最小限度。

表 15-1 列出了操纵一般机械传动的操纵机构所需的力。目前农业机械已有普遍使用起液压操纵和增力器的趋势以减少操纵时的劳累。

表 15-1 施于各种操纵机构上的力(公斤)

施于操纵杆上的力	不大于18~20
施于方向盘上的力	不大于16~18
施于踏板上的力	不大于25~30

减少人的劳动能量的消费的另一方便是使农业机械的使用者或操纵者工作时更便利,更舒适。因此简单农具最合理的使用方式,农业机械操纵机构的位置的安排,操纵者座位的舒适等都是设计中的重要问题。

2 人力的力学概述

人体各部分所能发出的力量,每人都不同,除体力强弱不同外,劳动习惯的不同也能造成很大差异,为了便于读者进行分析,今特就日本田中作治教授有关人力力学方面的研究结果介绍如下。

人的力量大致可分为最大静力(一瞬间倾全部体力所能产生之力),最大静力(数秒钟内能努力保持之力)和适力(一日八小时中能愉快地胜任的力)三种。如以体重的百分数表示,则人体各部所能产生的力约如表 15-2 所示。

后退方向所能产生的力与前进方向所能产生的力的比值约为 2:1。

人体各部所能产生的能量的比约如下:足-6,腰

-5,肩-3,头-2,手-2。

表 15-2 人的力量(以体重作为 100)

作业种类	最大静力(%)	适力(%)
两足踏下之力	100	100
一足踏下之力	75	59
一肩担力	105	10
两手提力	200	8
一手提力	100	6
腰的水平拉力(前进方向)	36	11
一肩水平拉力(前进方向)	18	10
一手水平拉力(前进方向)	30	3

如要改变力的方向,就需要消费一部分体力来克服惯性,这是一种损失;因此在经常改变力的方向的作业中,人的作功能力将减少。一般情况如表 15-3 所示。

表 15-3

定向直线运动所能作的功	100%
旋转曲柄所能作的功	67%
往复直线运动所能作的功	50%

3 能量代谢率及工作等级

(劳动能力消费的指标)

劳动强度不同的作业所消耗的能量用能量代谢率进行比较,能量代谢率的意义可用下式表示:

$$\text{能量代谢率} = \frac{\text{劳动代谢量}}{\text{基础代谢量}} \\ = \frac{\text{作业时消费的能量} - \text{安静时消费的能量}}{\text{基础代谢量}}$$

基础代谢量是维持生命所必需的能量,与劳动无关。

能量代谢率的值在 1~2 之间的可认为是轻作业, 2~4 是中等作业, 4~7 是重作业, 7 以上是极重作业。表 15-4 系日本男子的各种农业作业的能量代谢率。

表15-4 各种农作业的能量代谢率 (日本男子)

农 业 作 业	能 量 代 谢 率
人力锄地(15厘米,旱田)	10.3
人力碎土(旱田)	9.0
拖拉机耕地(旱田)	2.0
人力耕耘机中耕(旱田)	6.0
手扶拖拉机中耕(旱田)	4.5
刈稻(普通镰刀)	6.7

我国目前还没有关于各种农业作业的能量代谢率的研究资料,但各地农业合作社为了便于按劳计酬,常将各种农业作业按作业类别及每日工作量分成若干等级(十级左右)。这种工作等级可以大致反映能量消耗程度。但各地农业合作社所分等级颇有出入,表15-5 仅是一个典型的例子。

表15-5 农业作业的工作等级①

工作等级	作 业 名 称	每日规定工作量	工作 内 容 与 质 量 要 求
1	秧田(水田) 插秧	10~14(亩) 1.2亩(连作早稻) 2亩(间作早稻)	横秧,直秧,秧平 行株距5寸×5寸,每株8~10根 株距8寸,行距5寸,每株8~10根
2	耕田 { 头耕 二耕 三耕 播种(水稻) 挑稻	3.5~4.5亩 7~13亩 12~20亩 160~200斤(二亩) 80担,100步 55担,200步 40担,400步	深5寸,耕得密,不留犁埂 深5寸,耕得密,不留犁埂 深5寸,耕得密,不留犁埂 播匀 每担稻把36个
3	翻白田② 堆稻	0.8亩 7亩	翻到底,扎空③ 堆齐,放好,36个稻把一堆
4	选、浸水稻种籽 下肥田粉 车水	200斤 40亩,400斤 人脚踏车水600转	泥水选,浸一天,晒二天,每天排水三次 送细,撒匀 以2丈车为标准,水要入沟
5	盖秧灰 施粪 拔秧 耘田(水田) 做蔸 秧白田 播草籽	2亩 2.5亩 650只 1.7亩 14丈 0.6亩 30亩	筛灰,挑灰,盖匀,谷子盖满 每亩5担,挑粪,浇匀 秧根拔齐,不断,不带泥 补缺棵,草除光,埋稻根 单面光,结实平整,面阔12寸 底阔15寸 高 10寸 每亩6斤,播匀
6	耙田(一次,水田) 耙田(二次,水田) 拔菜 割麦	12~20亩 20~30亩 4亩(每亩60斤以上的上等田) 1.3亩	对耙 对耙 泥去浮,放整齐
7	捆麦 栽菜	4亩 1亩	捆紧,捆齐,不漏落 栽牢,大行8寸,小行4寸,不断根,栽得直
8	刺菜潭 打菜潭 盖粪泥	3亩 2亩 3亩	大行8寸,小行4寸,刺匀 大行8寸,小行4寸,打匀 潭潭齐,盖平,不漏盖
9	盖毛灰	4亩	潭潭齐,盖平,不漏盖

① 本表摘自浙江省龙参农业社劳动定额手册。

② 为前一年未种稻之休耕地。

③ 挖空。

第二节 畜力

1 中国农用役畜的种类及其分布

中国农用役畜以黄牛、水牛、马、驴、骡等为主，其分布受自然环境及主要作物的分布的影响。

中国主要农作物的分布可以秦岭、淮河为分水岭，秦岭以北，包括淮河、皖水及河南的一部分，是中国主要的麦作区域；秦岭以南是主要的稻作区。在水稻区域，役畜以水牛最重要，黄牛次之，驴马第三。在麦作区驴马及黄牛是主要役畜，几乎无水牛。

纯粹农用役畜的具体分布尚无调查资料。表15-6仅说明各类役畜的分布概况，包括非农用役畜。

表15-6 中国役畜分布概况

役畜名称	分布概况
水牛	四川、广西、广东、湖南、湖北、江西、安徽及江苏等省最多
黄牛	全国各地；河南、山东、湖北及东北等地最多
马	东北最多；西北、华北及内蒙等地次之
驴	全国各地；山东、河北、河南最多；新疆、江苏、东北及甘肃等地次之
骡	东北、河北最多；山西、河南次之；华东、中南等地最少

2 畜力利用的方式

表 15-7

利用方式		实 例
利用体重	直接利用	踏谷、压实土壤等
	间接利用	踏行式畜力原动机(我国很少)
利用牵引力	直接利用	牵引一般农具，牵引车辆
	间接利用	通过杠杆或滑轮机构进行搬运、举重、卷扬、拔树等
	直接利用	拉磨、碾米等
	间接利用	利用畜力拖动固定式旋转作业机具，如水车、绳索牵引机等
利用驮运能力		驮运、乘骑等

3 役畜的牵引力速度与功率

牵 引 力

影响役畜牵引力的因素有性别、年龄、体尺、体重、牵引速度、牵引方法、作业场所及作业时间等。

牵引力可分为常用牵引力、瞬时牵引力及最大牵引力等三种，分述如下：

常用牵引力或工作牵引力 是役畜以一定速度，工作一定时间的正常牵引力。

常用牵引力常以役畜的体重的百分数表示，如表15-8。

表15-8 马的牵引力

型 别	体 重 (公斤)	牵引力 (体重的百分数)
轻 型	300~400	15~20
中 型	400~600	13~15
重 型	600~800	11~14
超重型	800以上	10~12以下

常用牵引力的计算公式很多，常用的有表15-9中所列几个，各地可根据当地畜力的实际情况加以选用。

瞬时牵引力 是役畜在短暂的时间内所能产生的牵引力。瞬时牵引力常为正常牵引力的数倍。这是畜力的重要特征之一。

最大牵引力 如使役畜所牵引的负荷逐渐增大，直到役畜牵引不动时，这时的牵引力就是最大牵引力。

最大牵引力是役畜牵引能力的一种表现方式。测量最大牵引力的常用的方法是使役畜牵引铧式犁，逐渐增加耕深，至役畜拉不动为止。也有使役畜牵引木制耙犁，在耙犁上逐渐增加重物以测定最大牵引力。

我国各种良种役畜的最大牵引力如表15-10所示。

多头役畜牵引

用多头役畜牵引时，每头役畜所能产生的牵引力随头数的增加而递减。实际的总牵引力小于每头役畜单独牵引时的所能产生的牵引力的总和。其值可根据波氏(Bockelberg)公式计算。

$$P_n = 1.075(1 - 0.07^n)P \times n$$

表15-9 牵引力的计算方法

1. B. II. 哥里亚奇金公式: $P = \frac{1}{9} G$	P—馬的牵引力(公斤); G—馬的体重(公斤)	仅适用于馬的牵引力计算
2. B. II. 謝列芝涅夫公式: $P = \left(\frac{H}{20}\right)^2$	P—馬的牵引力(公斤); H—馬的肩胛高度(厘米)	仅适用于馬的牵引力计算
3. 金(King)氏公式: $P' = C \times \frac{P}{v}$	P—馬在速度为4.023公里/小时时的牵引力, 約为 $G/8 \sim G/10$, G—馬的体重(公斤); v—馬的速度, 在1.20~6.45公里/小时之間(公里/小时); P'—馬在速度为v时的牵引力(公斤); C—4.023(試驗常数)	仅适用于馬的牵引力计算
4. 武田氏公式: $P = G - 400\left(\frac{v}{5}\right) - 215 \frac{T}{8}$	P—牵引力(公斤); G—馬的体重(公斤); v—馬的速度(米/秒); T—一日內工作时数(小时)	仅适用于挽馬, 且牵引绳的 傾斜角为6°~7°

① 金氏公式原用英制单位, P'及P之单位为磅, v之单位为哩/小时, P为速度为2.5哩/小时时的牵引力, 在此情形下C=2.5。

表15-10 各种役畜最大牵引力

类 别	产 地	性 别	体 重 (平均)(公斤)	最大牵引力 (平均)(公斤)	最大牵引力为体重的 百分数①(%)	測驗头数
馬	三河	母	397.5(輕型)	300	75.55	2
	三河	母	467.4(中型)	340 (220~450)	73.90	11
騾	关中	公	261.4 (219~314)	246.6 (190~300)	93.76 (79.5~107.3)	10
	关中	母	266.75 (216~304)	185.63 (130~230)	69.32 (60.19~84.98)	8
	凤翔	公	170.5(小型)	107.5	63.33	2
	凤翔	母	208(小型)	171.6	83.26	3
騾	关中	母	415.4 (383~442)	358 (320~400)	86.38 (76.92~96.62)	5
黄牛	秦川	公	618 (555~676)	398 (360~450)		3
	秦川	母	396.4 (285~448)	252 (190~355)		9
	秦川	騾	546.3 (306~705)	312.5 (160~450)		20

① 所列数值是各头測驗役畜的最大牵引力为其体重的百分数的平均值。

式中 P_n ——n头役畜的总牵引力(公斤);

n——头数;

P——一头役畜的正常牵引力(公斤)。

迴 行 牵 引

役畜在迴轉牵引时的牵引力随役畜的种类, 体尺

及迴轉半徑而不同；一般都隨迴轉半徑的減小而減小；如表 15-11 所示。但牛迴轉時牽引力的減小程度比馬的小。駱在农村中是被認為最适于迴轉牽引的，但缺乏具體調查資料証明。

表 15-11

迴轉半徑(米)	∞	6	5.5	5	4.5	4	3.5	3
牽引力比值	100	83	82	80	78	75	72	66

速 度

役畜的速度與其種類、性別、年齡、體尺、負荷及工作場所等因素有關。牛馬徒步及耕耘時的速度如表 15-12 所示。騾與馬的工作速度相差不多。公馬與母馬的速度差異很小，母牛的速度比公牛差。

表15-12 馬與牛的速度

役 畜	徒步或耕耘	速度(米/秒)
馬	徒步	0.9~1.5
	耕耘	0.9~1.1
牛	徒步	0.5~0.85
	耕耘	0.5~0.65

牽引力、速度與工作時間

捷克馬色克 (Mashek) 氏認為各種役畜在牽引力、速度及工作時間三者的組合上都有它們特有的最適當的常用值。在具體情況下，牽引力、速度及工作時間都可以和最適當的常用值不同，但三者之間有一定的關係，這關係是：

$$\frac{P'}{P} + \frac{v'}{v} + \frac{T'}{T} = 3,$$

式中 P ——最適當的常用牽引力；

v ——最適當的常用速度；

T ——最適當的工作時數；

P' ——具體情況下的牽引力；

v' ——具體情況下的速度；

T' ——具體情況下的工作時數。

上式中各項均無因次，故與所用單位無關。

各種役畜的最適當的常用牽引力、速度及工作時間應根據該役畜長期試驗研究的結果確定。表 15-13 乃取自國外資料，可供參考。

表15-13 各種役畜的速度、牽引力及工作時數

畜 別	速度 (米/秒)	平均牽引力 (公斤)	工作時數 (小時)
馬(體重300公斤)	1.10	57	8
馬(體重450公斤)	1.25	60	8
牛	0.65	65	8
騾	1.00	45	8
驢	0.80	40	8

役畜的工作能力

役畜的工作能力常以牠們所能產生的功率或者用在一定時間內牠們所作的總功量和在作一定量工作後呼吸及體溫恢復所需時間來表示。

役畜的工作能力與其體重、體尺、作業類別、牽引方法等有關。表 15-14、表 15-15 及表 15-16 是馬

表15-14 役馬一日中所作之功

體重 (公斤)	牽引力 (公斤)	速度 (米/秒)	一日中的工作 時數(小時)	一日中所作的功 (公斤米)
300	30.58	1.0	10	1100880
500	50.96	1.0	10	1834560
700	71.35	1.0	10	2568600

表15-15 作業類別與役畜的馬力

作 業 類 別		平均體重 (公斤)	常用牽引力 (公斤)	速 度 (米/秒)	一日中的作功量 (公斤米)	功率(約計) (馬力)
直 進 牽 引	馬	400	60	1.1	1900800	0.88
	牛	350	65	0.75	1404000	0.65
	騾	250	40	1.1	1267200	0.59
迴 轉 牽 引	馬	300	45	0.9	1166400	0.54
	牛	350	65	0.6	1123200	0.52
	騾	250	30	0.9	777600	0.36

的工作能力。表 15-17 是我国各地黄牛的耕作能力。

因为牲畜在短暂的时间内能产生出比正常工作牵引力大数倍的牵引力，所以在短暂时间内的功率也会数倍于正常功率。如表 15-16 所示。

表15-16 短時間內役馬所能产生的馬力

(適進牽引)

時間或 距離	牽引力 (公斤)	速度 (米/秒)	馬力	體重 (公斤)	資料 來源
0~5 分	85	1.8	1.35		英
0~30分	75	1.13	1.13		
2 小时	75	1.13	1.13	522	澳
	112	0.92	1.38	565	
200米	95	1.70	2.95	530	澳
	98	2.28	2.92	500	

牽引力學要點

役畜的重心 役畜的重心可由測量役畜靜止直立

表15-17 國內黃牛耕作能力比較表

地 區	性別 (頭數)	體重 (公斤)	使用 工具	土壤	耕深 (厘米)	耕寬 (厘米)	耕作 面積 (米 ²)	耕作 時間 (分-秒)	牽引力 (公斤)	速度 (米/秒)	功率 (馬力)	耕作能力 (畝/ 小時)	牽引力 /體重	呼吸恢復 正常所需 的時間 (分-秒)
南陽	雌(1)	555.7	7寸 步犁	黃土	16.5		459.8	50-0	94.9	0.63		0.83		5-0
	雌(1)	365.8	7寸 步犁	黃土	17.5		245.8	43-4	83.5	0.5		0.57		10-0
廣丰	公(3)	327.0	本地水 田犁	潮濕壤土				64-0	76.3	0.61	0.62	0.92	0.23	40-0
	雌(4)	364.7	本地水 田犁	潮濕壤土				64-0	78.0	0.74	0.76	0.92	0.21	55-0
	母(4)	343.2	本地水 田犁	潮濕壤土				58-7	69.5	0.74	0.73	0.87	0.28	32-0
吉安	雌(4)	333.2	本地水 田犁	中壤土 輕粘土				86-38	77.2	0.78	0.75	0.54	0.20	23-0
	母(4)	218.7	本地水 田犁	壤土 粘土				114-30	56.7	0.49	0.38	0.38	0.25	28-4
海南島	公	250~450										0.25		
	母	200~350										0.25		
四川	公	260~350		黃粘土								0.35		
	母	230~320		黃粘土								0.35		
秦川	公(1)	555	鉄犁	中等干 熱粘土	12.0	30	637.2		100					30-0
	雌(1)	705	5寸 步犁	中等干 熱粘土	18.0	24	332.5		50~150					15-0
	母(1)	378	木犁	中等干 熱粘土	15.0	34	468.0		50~100					15-0
溫州		340							83	0.39	0.42	0.38		

時前後肢分担之體重而計算。由图 15-1 得:

$$W = W_1 + W_2,$$

$$W_1 \times AG = W_2 \times (AB - AG),$$

$$\therefore AG = AB \times \frac{W_2}{W}.$$

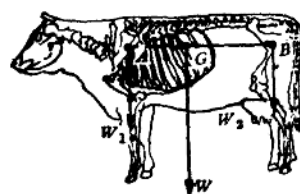


图15-1 重心位置的測定。

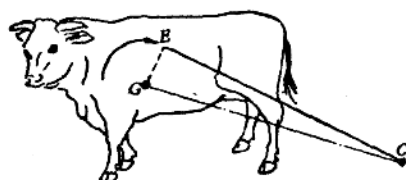


图15-2 牽引綫与重心。

牵引线 畜体上及农具上两牵引点的连线叫牵引线。牵引线必须通过畜体重心，不然将产生一力矩。如牵引线通过重心上方，如图 15-2 所示，则役畜后肢将承受额外负荷；如牵引线落在重心下方，则前肢将承受额外负荷。

牵引角 牵引线与水平所成之角称为牵引角。牵引角的大小对牵引力及牵引速度有很大影响。

牵引角愈大，则牵引力的垂直分力愈大而水平分

力愈小；相反，牵引角愈小，则垂直分力愈小而水平分力愈大。垂直分力增大时前肢摩擦阻力增大；水平分力增大时，后肢摩擦阻力增大。

前肢摩擦阻力增大时，后肢摩擦阻力减小，后肢容易迈进。所以牵引重物时应改变牵引角使前肢阻力增大，后肢阻力减小。但这时前肢举步困难，不得不放慢行进速度。

表15-18 国内外黄牛体尺比较表

品 种	性 别	统计头数	平均体高 (厘米)	胸 围		体 长		管 围	
				平均围 (厘米)	胸围率 (%)	平均长 (厘米)	体长率 (%)	平均围 (厘米)	管围率 (%)
江西广丰	公	8	111.8	154.4	138.1	128.1	114.6	15.6	13.95
	母	155	105.7	144.9	137.1	122.5	115.9	14.1	13.3
江西吉安	公	3	102.5	138	134.6	120.7	117.7	14.2	13.8
	母	258	100.1	136.4	136.4	116.8	116.7	13.1	13.1
河南南阳	公	45	140.9	186.5	131.9	156	111.4	18.9	13.4
	母	73	126.6	164.8	131.9	140.7	110.4	15.6	13.2
陕西秦川	公		130~147	180~220	138.4~149	165~180	126.9~140		
	母		120~135	155~175		135~145			
山东(西部)	公	9	142.83	197.5	138.3	151.5	106.1	17.05	11.94
	母	242	123.57	168.4	136.2	136.19	110.2	15.58	12.6
浦东蹠足	公	10	132.85	186.44	140.33	144.90	109.70	19.33	14.55
	母	37	122.20	169.32	138.55	134.74	110.26	17.08	13.88
广西(北部)	公	102	106	145	136.8	112	105.7		
	母	112	99	135	136.4	165	106.1	13.35	13.5
广东海南	公			157.3		130.9		15	
	母		105.8	140.7		116.8	110.4	13	12.3
江西高安	公	3	111.5	147.3	134.9	129.7	116.3	15.2	13.6
	母	216	101.1	139	137	120.8	119	13.5	13.3
湖南	公	30	115	165	143	130	113		
	母	163	110	140	127	125	113		
贵州	公	40	119	167	140	120	100		
	母	153	103	138	134	113	109		
四川	公	38	126	170	135	130	103		
	母	186	110	140	127	120	109		

(續)

品 种	性 别	统计 头数	平均体高 (厘米)	胸 围		体 长		管 围	
				平均围 (厘米)	胸围率 (%)	平均长 (厘米)	体长率 (%)	平均围 (厘米)	管围率 (%)
蒙 古	公		120~130	180	144	140~153	117		
	母		115~120	160	135	134~142	116~118		
荷 兰	公		142.5	205	143.8	175	121.4	24	16.8
	母								
爱 沙	公		134	205.5	153.3	135	100.7	24	17.9
	母								
澤 西	公		133	192	144.3	151.5	139	19.5	14.6
	母								
短 角	公	90	136.2	210	154.1	166	121.9	22	16.1
	母	103	128	200	156.2	155.4	121.4	19.1	14.9
西門达尔	公								
	母		136.1	196.7	144.5	175.7	129.1	19.9	14.6
乌克兰草原	公								
	母		134	182.7	136.3	171.8	128.2	14.39	10.74

4 役畜的驮负能力

需的时间和呼吸、脉搏及体温恢复正常所需的时间来测定和比较。表 15-19 列有驴的驮负能力。

役畜的驮负能力是以其驮负一定重量，走一定距离所

表15-19 驴的驮负能力

型别或产地	性别	体重(公斤)	驮负重量①(公斤)	行走距离(米)	所需时间(分钟)	生理状态②恢复时间(分钟)
关中	公	252	150.5	1000	13'—14"	15'—0"
	母	267.25	149.25	1000	13'—17"	16'—15"
		244	148	1000	12'—4"	15'—0"
小型	公	176	109.5	1000	15'—39"	5'—0"
	母	215.5	110.25	1000	17'—29"	7'—30"

① 包括鞍重。

② 生理状态包括呼吸、脉搏及体温。

表15-20 属驴骡平均体尺表
(厘米)

畜 别	性 别	统计 头数	平均体高 (范围)	胸 围		体 长		管 围		平均体重 (公斤) (范围)
				平均值 (范围)	胸围率 (%)	平均值 (范围)	体长率 (%)	平均值 (范围)	管围率 (%)	
三河馬	公	35	146.9 (136~156.9)	164.2 (158~178.5)	115.2	152.0 (143~159)	103.5	19.7 (18~21.7)	13.4	362.5 (265~430)
	母	35	146.5 (136~154)	170.76 (159~180)	118.2	150.97 (139~167)	104.5	19.09 (17~20.5)	13.2	383 (282~520)

(續)

畜 別	性 別	統計 头 数	平均体高 (范围)	胸 围		体 长		管 围		平均体重 (公斤) (范围)
				平均值 (范围)	胸围率 (%)	平均值 (范围)	体长率 (%)	平均值 (范围)	管围率 (%)	
关中驴	公	21	133.48 (125.5~142)	147.05 (136~155)	110.1	137.29 (132~144)	102.8	16.93 (15~18)	12.6	296.97 (249.5~337)
	母	228	126.6 (110~143)	138.95 (122~155.5)	109.8	129.69 (104~149)	102.4	15.56 (12.5~19.5)	12.3	256.13 (174.5~325)
山东大型驢		18	135.1 (131~143.5)	141.8 (133~153)	104.96	134.9 (123.5~150)	99.85	16 (14~19)	11.84	245.2 (200~305)
凤翔小型驢	公	2	109	118		113.5		14.5		170.5
	母	3	115.6	130		118.3		14.6		83.26
关中驢	母	5	142.1 (139~147)	171 (166~174)		144.9 (141~150)		17.2 (16~18)		415.4 (383~442)

第三节 風力机

1 緒 言

風力对实现我国农业机械化电气化的意义

在宇宙間，風的能量是极巨大的，它大大地超过了水流的能量，也大于液体和固体燃料的能量的总和，

表15-21 不同風速时的现象

風級	風速 (米/秒)	名称	现 象
0	0~0.2	无風	炊烟直上
1	0.3~1.5	軟風	炊烟稍斜
2	1.6~3.3	輕風	树叶搖动
3	3.4~5.4	微風	細小的樹枝搖摆
4	5.5~7.9	和風	尘土飞揚
5	8.0~10.7	清風	細小的樹干搖摆
6	10.8~13.8	強風	較粗的樹枝搖摆
7	13.9~17.1	疾風	樹的上部搖摆
8	17.2~20.7	大風	能吹折細小的樹枝和枯枝
9	20.8~24.4	烈風	能揭去烟筒上的磚瓦
10	24.5~28.4	狂風	能把大樹根部吹折
11	28.5~32.6	暴風	松樹被連根拔起
12	32.6以上	颶風	有很大破坏性

根据苏联拉扎列夫 (П. И. Лазарев) 院士断定，全世界每年燃烧的煤的能量，只有風力在一年内可提供的能量的三千分之一。

我国幅員辽阔，沿海及西北一带年平均風速均在每秒3米以上，一般最合适的風速是3~8米/秒。一般在—平方公里面积內安装18米直径的風車数量应不超过16台，这样風力才能得到充分利用。一台18米直径的風力发电设备，在年平均風速5米/秒的情况下，一年可以发出5万度电。那么—平方公里的風力如果充分利用了，每年就可以得到80万度的电能。由此可以大致估計出風力资源的蕴藏量。

風力在工农业生产中的用途是极其广闊的，現在已被人們用来灌溉、排水、耕田、脱粒、磨谷、清粮、磨粉、飼料粉碎、铡草、作颗粒肥料、彈花、軋花、打草绳、鋸木、运土、榨油、通風、磨土水泥、給水等多种作业。此外，还可利用風力发电冲蓄电瓶，作为农村电话、广播、无线电的电源。

風力机的类型及其主要构成部分

風力机的类型 風力机是利用風力作用在主要部件風輪上，使風能轉換成机械功的发动机。根据風輪的构造及其在風中的位置，可将風力机分成四种类型：

- (1) 翼式風力机；
- (2) 走馬灯式和轉子式風力机；
- (3) 鼓形風力机；
- (4) 活翼式風力机。

翼式风力机 在这类风力机中,各桨叶都装在风轮旋转平面的半径方向,垂直于旋转轴,而和风轮旋转平面成一角度 φ (图15-3a)。当风力机正常运转时,风轮旋转平面和风向垂直。

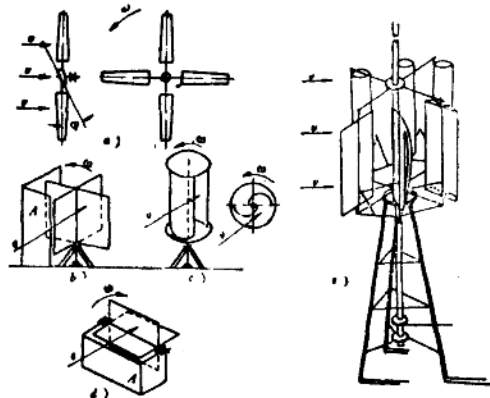


图15-3 风力机的类型:

a—翼式风力机; b—走马灯式风力机; c—转子式风力机; d—鼓形风力机; e—活翼式风力机。

风力机用途的不同,风轮的桨叶数目也不同;因此,翼式风力机又可分为两种型式:寡叶式高速风力机——桨叶数目1~4片;多叶式低速风力机——桨叶数目多于4片,少于24片。

苏联风力机进一步发展的方向,主要是制造高速风力机。

翼式风力机的风能利用系数约为0.30~0.42。

走马灯式和转子式风力机 在这类风力机中,风轮轴铅直地安装,当风轮旋转时,旋转轴一侧桨叶的运动方向和风向一致,而另一侧桨叶的运动方向则和风向相反(图15-3b、c),为了减少运动方向和风向相反的那部分桨叶所受的阻力,可用屏板A将这一部分遮住(走马灯式),或将桨叶做成曲面(转子式)。桨叶做成曲面时,作用在旋转轴一侧凹面上的风力,显然较作用在另一侧凸面上的风力为大,因而风轮能转动。

这类风力机的风能利用系数约为0.10~0.18。

鼓形风力机 这类风力机(图15-3d)的构造原理和走马灯式风力机相同,只是旋转轴安装在水平方向。

这类风力机的风能利用系数约为0.10~0.18。

活翼式风力机 在这类风力机中(图15-3e),风轮轴安在铅直位置,风轮旋转时,当桨叶的运动方向和风向一致,桨叶便自动张开承受最大推力;当桨

叶的运动方向和风向相反时,桨叶自动折成阻力很小的形体,因此称为活翼式风力机。它的风轮可分为三种型式,如图15-4所示。

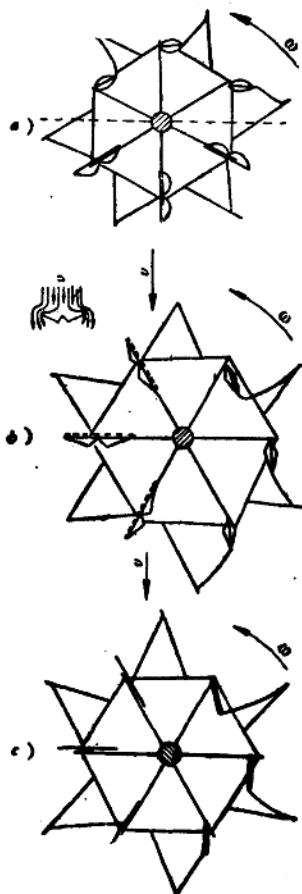


图15-4 活翼式风力机的风轮型式:

a—双翼(流线翼风轮); b—双翼(劈形翼风轮); c—双翼(板翼风轮)。

这类风力机的风能利用系数约为0.24~0.32。

由于走马灯式风力机和鼓形风力机的效率较低,而且构造笨重,因而实际很少应用。以后讨论范围只限于翼式风力机。

风力机的主要构成部分 翼式风力机(图15-5)的主要构成部分为:风轮、机头、机尾、塔身、变速器和调速机构。

风轮是将风能转变为机械功的部件。一个桨叶便和垂直固定在风轮轴上的一个桨杆组成一个轮翼。

机头实际上就是装置风轮轴和上部传动机构的支座;其形式随风力机的型式而不同,为了使风轮能够

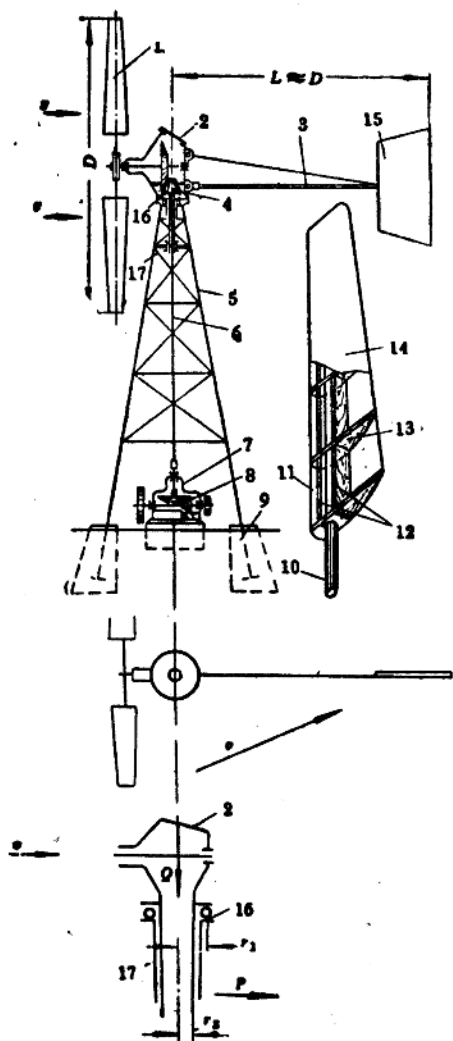


图15-5 翼式風力机：

- 1—風輪；2—机头；3—机尾；4、8—傳动齿輪；
5—塔身；6—垂直軸；7—变速器；9—基础；10—
桨杆；11—桨叶；12—叶梁；13—叶肋；14—叶
壳；15—尾翼；16—上軸承；17—下軸承。

經常迎風，机头必須能和風輪一起繞塔身支座中的垂直軸轉動。

机尾是和机头連接在一起的。它的功用是要使風輪能經常迎風。其作用原理恰和維爾達風信旗中的風向器一樣。

塔身的功用是將風輪架設在很少受地面障礙影響的高空中。功率較小的風力机也可裝在用拉繩加固的杆子或管子上的。

变速器的功用是將風力机的運轉按一定的速比傳

給工作机械。當風力机只帶動往復式水泵時(如TB-5型風力机)，常將曲柄机构裝在机头上，因而就沒有变速器。在小功率風力发电裝置中，发电机直接裝在机头中，因而也沒有裝置变速器的必要。

限速机构的作用是限制風輪的轉速，以免風速過大時風輪轉動太快。

2 風力机的基本理論

阻力和升力

當氣流流經物體時，它所形成的阻力，也就是氣流作用在物體上的壓力，是隨着物體的形狀及其在氣流中的位置而不同。氣流流經物體時所生的渦流愈大，則阻力也愈大；如果物體的形狀及其在氣流中的位置不會引起很大的渦流，那麼它的阻力也就很小(圖15-6)。

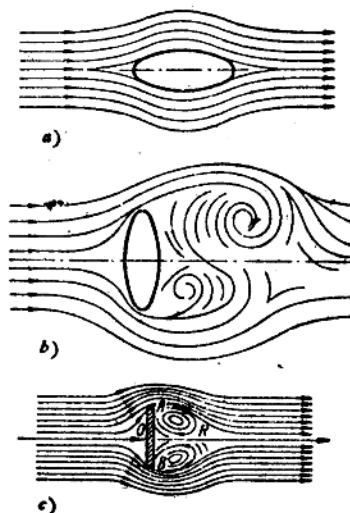


图15-6 氣流流經不同形狀的物體時的情況：

- a—流綫型物體沿氣流方向放置；b—流綫型物體垂直於氣流方向放置；c—平板垂直於氣流方向放置。

由實驗得知，阻力的大小可按下列等式計算，即

$$X = C_x F_x \frac{\rho v^2}{2},$$

式中 F_x ——物體在垂直於氣流方向的平面上的投影面積；

ρ ——空氣的質量密度；

C_x ——阻力系數。

在表 15-22 中列有各種形狀的物體的阻力系數。

由表可知：曲頂圓錐的 $C_x = 0.22$ ，而將兩個這樣的錐

体底部相接而成迴轉橢球时, 其 $C_x = 0.044$, 仅及曲頂圓錐 C_x 的 $1/5$ 。

当将平板放置在气流中, 和气流方向成一角度(这个角度叫做冲角) α 时, 则沿气流方向的阻力(图15-7)叫做正面阻力。正面阻力的数值

$$X = C_x S \frac{\rho v^2}{2},$$

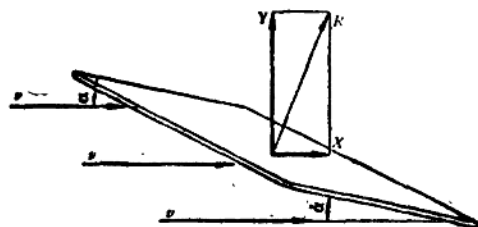


图15-7 平板在气流中的阻力和升力。

式中 S —— 平板面积;

C_x —— 随冲角 α 而变化的正面阻力系数。

此外, 平板上还受到一个垂直于气流方向的升力

$$Y = C_y S \frac{\rho v^2}{2},$$

式中 C_y —— 升力系数。

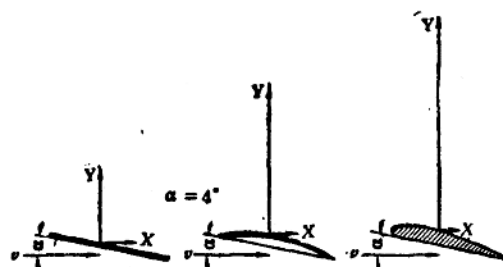
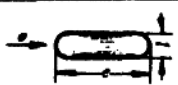


图15-8 不同断面形状的薄板的升力。

表15-22 各种形状物体的阻力系数

物体名称	物体形状	F_x	物体两边长度之比	试验速度 v (米/秒)	阻力系数 C_x	雷诺数
圆板		$\frac{\pi d^2}{4}$	—	—	1.06~1.28	10.7×10^4 ~ 227×10^4
圆锥		$\frac{\pi d^2}{4}$	—	10	0.34	2.7×10^5
曲頂圓錐		$\frac{\pi d^2}{4}$	—	—	0.22	—
迴轉橢球		$\frac{\pi d^2}{4}$	—	—	0.044	—
矩形板		$a \times b$	$\frac{a}{b} \begin{cases} 1 \\ 4 \\ 10 \\ \infty \end{cases}$	—	1.1 1.1 1.28 1.87	$\begin{cases} 10.7 \times 10^4 \\ \sim 227 \times 10^4 \end{cases}$
圆球		$\frac{\pi d^2}{4}$	—	—	0.44	10^5
半球		$\frac{\pi d^2}{4}$	—	—	0.33	—
		$\frac{\pi d^2}{4}$	—	—	1.34	—
球底圓錐		$\frac{\pi d^2}{4}$	—	10	0.16	1.35×10^5
		$\frac{\pi d^2}{4}$	—	10	0.088	1.35×10^5
圆柱		$\frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{l}{d} = 7$	10~30	0.84	$10^5 \sim 3 \times 10^5$

(續)

物体名称	物体形状	F_x	物体两边长度之比	試驗速度 v (米/秒)	阻力系数 C_x	雷诺数
球面圆柱		$\frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{l}{d} = 7$	10~30	0.22~0.28	$10^5 \sim 3 \times 10^5$
圆柱		ld	$\frac{l}{d} \begin{cases} 1 \\ 5 \\ 40 \end{cases}$	30	$\begin{cases} 0.63 \\ 0.74 \\ 1.2 \end{cases}$	$\left. \begin{matrix} \\ \\ \end{matrix} \right\} 8.8 \times 10^4$

在風輪葉上，升力 Y 可使風輪轉動；在飞机的机翼上，升力 Y 可使飞机上升。我們必須通过实验和研究来求得升力最大而阻力最小的葉叶断面。

图15-8表示当冲角相同 ($\alpha = 4^\circ$) 时，作用在三种不同形状的薄板上的升力。显然，流线型断面薄板的升力要比平板的升力大得多。

如果流线型断面的薄板的表面非常粗糙，那么同样也会引起渦流，增加阻力。因此，風輪葉表面必須非常光滑。

各种不同断面形状葉叶的空气动力性能，可用升力系数和阻力系数的比值来表示，即

$$K = \frac{C_y}{C_x}.$$

也可用阻力系数和升力系数的比值来表示，即

$$\mu = \frac{C_x}{C_y}.$$

将上式代入前式，得

$$K = \frac{1}{\mu}.$$

葉叶式風力机風輪的工作原理

当風輪的旋轉軸和風向重合时 (图15-9)，作用在葉叶的作用力 R 的分力 Y 在風輪旋轉平面內，形成扭力矩 M_{xp} 使風輪旋轉。

風輪靜止时，气流对葉叶的相对速度就是風速；但当風輪旋轉后，气流将以较低速度 v' 作用在葉叶上。同时，由于葉叶的旋轉，又引起了和葉叶运动方向相反的气流速度，其大小等于葉叶的圓周速度。由于葉叶上各点距旋轉軸的距离不同；因此，各截面的圓周速度 (ωr)

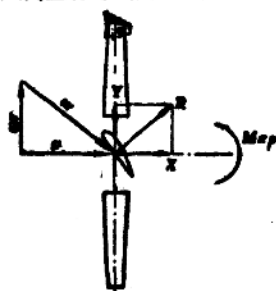


图15-9 風輪在气流中的工作位置。

也不相同 (图15-10)。将 v' 和 ωr 按矢量加法相加，即得气流对葉叶的相对速度 w (图15-11) 即

$$w = \sqrt{v'^2 + (\omega r)^2}.$$

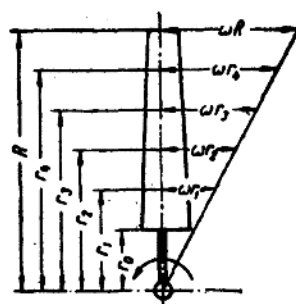


图15-10 葉叶各截面上的圓周速度。

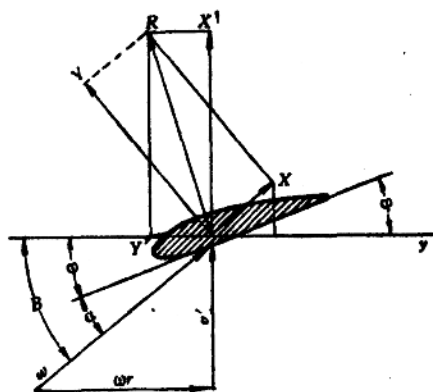


图15-11 当葉叶旋轉时，气流对葉叶的相对速度及葉叶上所受的力。

以相对速度 w 冲击葉叶各部分的气流，在气流(相对)流动方向上产生阻力 X ，在和气流(相对)流动垂直的方向上产生升力 Y ，它們的合力是 R 。合力 R 在風輪平面 xy 內的分力 Y' 便形成一扭力矩使風輪轉動；分力 X' 则为正面压力。