

甘蔗糖手册

上

轻工出版社

甘蔗糖手册(上册)

(美) 陈其斌 编著

《甘蔗糖手册》翻译组 译

向瑞春 校

轻工业出版社

内 容 提 要

本书根据美籍华人陈其斌博士改编的《Cane Sugar Hand Book》第十版翻译。原文书从1889年第一版到1977年的第十版，历时一个世纪，平均每十年修改新版一次，至本第十版内容丰富，包括了许多制糖和化验的现代技术。本书是世界上一本久负盛名的名著，是制糖从业人员手头必备的专业书。

原文书共41章。译书分上、下两册出版。上册包括1~17章；下册18~41章。参考表和参考文献放在下册的最后。上册内容：第1~3章，分别叙述糖用甘蔗、蔗汁和甘蔗糖业经济。第4~16章，依次讨论原糖生产的各工序；第17章专论原糖和精糖的微生物学。

CANE SUGAR HAND BOOK

(美) 陈其斌 编著

本书根据美国出版的第十版翻译

甘蔗糖手册 (上册)

CANE SUGAR HAND BOOK

《甘蔗糖手册》翻译组 译

向 瑞 春 校

轻工业出版社出版

(北京广安门南滨河路25号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米¹/₃₂印张，18¹/₃₂字数：467千字

1987年4月 第一版第一次印刷

印数：1—4,000

定价：6.50元

统一书号：15042·2045

中译本序

美国John Wiley & Sons图书公司出版的甘蔗制糖手册(Cane Sugar Hand book)是世界上一本久负盛名的甘蔗制糖工业参考书。

这本书原先是美国农部的G. L. Spencer在上世纪末为甘蔗制糖业者和糖厂化验师编写的。到1925年作者去世已经出到第六版。1929年经G. P. Meade修定,以后又陆续出过第七、第八和第九版。最后一版已经译成西班牙文、日文和印地文。我国也出过它的影印本。现在的第十版是1977年由美籍华人学者陈其斌博士主持改编的新版本。

这本手册从原先一本只有几十页的小册子开始,历时近一个世纪,平均每十年就有一次新版发行。每次都经过增补、更新和改编,到陈编的第十版它已经是一本近1000页的巨著了。新参加编写的作者都是国际甘蔗糖业界有名望的专家,手册内容也增添了许多制糖和化验方面的现代技术,其中包括P. H. Petri写的连续煮糖法、H. M. Lynch增添的精糖微生物学标准、M. C. Bennett介绍的精炼过程中的碳酸饱充法和Talofloc浮清法以及M. A. Clarke和F. G. Carpenter合写的糖品分析特种技术等章节。

全书共分四十一章。头三章分别叙述糖用甘蔗、蔗汁和甘蔗糖业经济。第四到第十六章依次讨论原糖生产的各个工序。第十七章专论原糖和精糖的微生物学。以后三章都是原糖精炼技术。从第二十一章到最末第四十一章讲的都是糖厂化验和化学管理方面的内容。这部分几乎占到全书的二分之一,份量可以说是很重的,其中旋光测定法和糖品特种分析技术及化学管理三章所占篇幅尤多。虽然有许多地方取材于ICUMSA的统一分析方法,但多处

都增加了理论的阐明和分析仪器方面的详细描述。同时在编排上大致都按原料、半成品、成品、副产品、三废的顺序。这样就比较接近制糖生产实际，因而更加便于阅读。

甘蔗制糖目前在全世界绝大多数产地都采用先制原糖，后行精炼的传统方式。原糖中除一小部分就地炼成精白糖供当地消费外，大部分都出口外运以便集中精炼。实践证明，采取这种方式可以取得多方面的经济效益。本手册所涉及的也就是这种方式的生 产。虽然这跟我国目前普遍采用亚硫酸法(少数用碳酸法)制造耕地白糖的情况颇有差别，但甘蔗制糖的基础理论和糖厂化验方法则基本上都是相同的。

现在我们把这本手册译成中文出版，以适应读者需要。希望这个译本能在我国甘蔗制糖工业的现代化新局面的开创中发挥积极的作用。

参加本手册翻译的译者有：向瑞春(第1、2、3、15、16、17、37章)，刘树楷(第28、29、30、31、32、33、34、35、36章)，王鸿生(第8、13、14章)，王文生(第12章)，王律均(第20、38、39、40、41章)，贾沛珍(第4、5、6章)，樊菊池(第11章)，程觉民(第7、9、10章)，潘允鸿(第21、22、24章)，王策(第18、19章)，徐祖健(第23、25、26、27章和全部表头)。全书由向瑞春校阅和统稿。

全书分上下两册印行，上册包括1~17章、下册18~41章。全部表格放在下册的最后。有不少从略的地方都由原作者注明参看原书第九版，这当然是节约篇幅的缘故，好在我国已有影印本可资查阅。原本中有少数几处属于排印方面的差错，也有个别错误出于原作者的疏忽，这些都在校阅中给予改正。由于时间和水平的限制，疏忽和错误之处恐怕是难免的，希望读者不吝提出批评和指正。

向瑞春于无锡轻工业学院食工系

1983. 3.

目 录

第一章	糖料甘蔗	(1)
第二章	甘蔗与蔗汁的化学成分	(19)
第三章	制糖工业的经济面貌	(40)
第四章	甘蔗原糖生产过程概述	(55)
第五章	提汁	(64)
第六章	蔗渣及其利用	(125)
第七章	蔗汁的澄清: I	(143)
第八章	蔗汁的澄清: II	(184)
第九章	泥汁和澄清汁的处理	(219)
第十章	制糖过程中的化学试剂	(240)
第十一章	蒸发和加热	(248)
第十二章	糖的结晶	(314)
第十三章	流动助晶	(390)
第十四章	糖的分蜜、包装和仓贮	(449)
第十五章	糖厂废蜜和食用糖浆	(484)
第十六章	原糖的保管和精炼品质	(514)
第十七章	制糖和精炼中的微生物学	(551)

第一章 糖料甘蔗

1.1 糖料甘蔗植物

糖料甘蔗是一种热带草本植物，它和高粱、约翰逊草和玉米同属于蜀黍族 (*Andropogonae*)。更为特别的是，现代的糖料甘蔗都是甘蔗属 (*Saccharum*) 中六个种里面的两个或两个以上的复合杂交种。这六个种包括：*S. barberi* Jeswiet、*S. officinarum* L.、*S. robustum* Brandes & Jesw. ex Grassl.、*S. sanguinarum* Grassl.、*S. sinense* Roxb. 和 *S. spontaneum* L.。这些种间杂交出来的许多品种构成一个在性质上有高度差异的甘蔗属。这个甘蔗属曾经被认为是在南亚的印地域发展起来的。*S. spontaneum*、*S. barberi* 和 *S. sinensis* 三个种都是南亚洲的典型甘蔗，而糖料甘蔗的栽培就是从多汁型的 *S. barberi* 开始的。正当甘蔗扩散到其它地区时，*S. robustum* 便在印尼东南部岛屿上发展起来，它可能跟 *Miscanthus* 进行过种间杂交，同时在新几内亚地区发展成为 *S. officinarum*。现已得到公认的是 *S. officinarum* 最先是由当地的猎狩头人 (headhunters) 搞出来的。*S. robustum* 中的高纤维种曾经应用于建筑，而那些甜、软、多汁的品种则繁衍成为果蔗。

1.2 早期的甘蔗品种

在甘蔗种植的早期(3.1节), *S. barberi* 和 *S. officinarum*

之间的一种天然杂交种占有支配地位，这个杂交种多少世纪以来未曾定名。这个小筒体形、黄绿色、高纤维的品种曾经作为一种糖料甘蔗进行过大规模的种植，由此才建立起甘蔗制糖工业。而且在林纳氏 (Linnaeus) 描述 *S. officinarum* 的时候，曾经是一个占有优势的品种。仅仅在十八世纪中一些航海家开始介绍 *S. officinarum* “优良” (出类的) 品种的时候，这一品种才命名为 “Creole”，(按意即产生于西班牙领美洲土地的甘蔗)。原产于新几内亚的高贵品种首先由西南太平洋岛屿上的土著作为果蔗加以传播。布坚维尔 (Bougainville) 船长曾将 *Otabeite* 品种从塔希地 (Tahiti) 引进到毛里求斯 (Mauritius)。布利 (Bligh) 船长在他的第二次航行 (1791) 中又把 *Otabeite* 品种从塔希地引进牙买加 (Jamaica)。这个品种立即为众所周知，并在其它别名 (Bourbon、Caña Blanca、Lahaina) 之下迅速传播，而且取代了 Creole。有人报导这个品种在夏威夷每英亩 (4047m^2) 产蔗 100t、产糖 12t、生长期为 20 个月。到十九世纪中叶，*Otabeite* 开始衰落，并为一些 *Cheribon* 蔗种 (其中包括黑 *Cheribon*、条纹 *Cheribon* 和白 *Cheribon*) 所取代。这些都是同一品种的有色变种，而且有许多的同义词，其中包括：Louisiana Purple 和 Striped、Preanger、Crystalina、Transparent，以及 Bamboo。

1.3 甘蔗种苗的产生和品种的演进

糖料甘蔗的花向来被认为是不能结实的。人们相信只有突变才是甘蔗品种变异的唯一原因，直到 1858 年巴巴多斯 (Barbados) 的一个有心的视察家首先报导了甘蔗的种苗。由于人们认为 Black *Cheribon* 已经达到了“商业上的完善程度”，所以在育种方面对种苗的兴趣并不感到那么急迫。甘蔗的 Sereh 病在爪哇的

暴发激起了人们对抗性品种的兴趣，同时爪哇的斯洛韦德尔 (Slotwedel, 1888) 和巴巴多斯的哈里逊 (Harrison) 和波韦耳 (Bovell, 1889) 等人便着手进行甘蔗的科学育种。他们最先致力于直接获得高贵品种的种苗。Creole 只是一种天然的杂交种，天性不育，它对现代甘蔗品种没有出什么力。甘蔗育种的一个巨大的进步是在爪哇实现的。在那里，人们将 Black Cheribon 跟 *S. spontaneum* 杂交产生 Kassoer。这个种间杂交品种经过反复进行优良化 (nobilized)，从而产生了有名的 POJ 杂种品系。这里面包括纯化蔗种 POJ2878，它在许多地区取代了那些优良品种。

育种家们在爪哇、巴巴多斯和德马拉拉 (圭亚那) 等地取得成功之后，甘蔗育种站便在世界各地兴盛起来。只有澳大利亚的“殖民地精糖公司”定出杂交品种的专有名称 (Ajax、Atlas、Trojan)，其它机构都用字首来标明所在地，接着的数字指示品系和个体，例如：(CP65—35) 就是在美国佛罗里达州 (Florida) 的运河尖 (Canal Point) 杂交育成的一个品种。1965 年，即育成后的第四年，这个品种编号为 357。

一些品种的地名字首如下：

- B 巴巴多斯
- Co 科印巴托 (印度)
- CB 坎波斯 (巴西)
- CP 运河尖 (美国佛罗里达州)
- D 德马拉拉 (圭亚那)
- F 中国台湾省
- H 夏威夷
- L 路易西安那 (美国路州)
- M 毛里求斯
- M 美牙给茨 (波多黎各)
- N 纳达儿 (南非)

NCo 育种于印度,选种于南非

NG 从新几内亚的野生种选出

POJ 东爪哇试验站(印尼)

PR 波多黎各

Q 昆士兰(澳大利亚)

Tuc 土古曼,阿根廷

US 美国农业部试验系

现代甘蔗品种的演进几乎全部都是通过有性杂交育种获得的,用花粉产生良好的品种作为父本,同时以相对的雄性不育品种作为母本,在杂交后两个月左右收获真正的种子。小心仔细地让种子(Fuzz)发芽长出种苗,每个种苗都是一个潜在的新品种。在大规模的育种计划中,每年都会有上百万的种苗移栽到田间。种苗经过一个季度的生长发育后才象是一株正常的甘蔗。选种和测验工作从种苗阶段开始,要延续8到12年才能得出一个能进入商业性生产的新品种。品种选育标准包括农业特征、糖分及纤维分、收割特性、抗病虫害性能、耐旱性和抗寒性,以及一些适应地区条件所要求的特征。甘蔗育种家们为制糖工业提供抗病蔗种,把一些灾难性病害转化为次要病害。品种改良使蔗糖的转化减少到最低限度,提高糖分同时还增强甘蔗的耐寒能力。种间杂交品种曾经获得如此巨大的成就,以致原来的优良品种无法继续生存。老的品种经过多年栽培以后就会有新型品种来取代它们。甘蔗育种事业提供大量的新型改良蔗种,从而增加了品种的替换率。品种的迅速替换也要归因于变种在产量上的衰减,这种衰减可能是变种对病害、虫害以及对不利的栽培作业的反应所引起的。

1.4 病害与虫害

早年的甘蔗品种曾经遭受过根腐病和一种叫做Sereh的复合

病害的困扰。甘蔗的赤条花叶病 (mosaic) 是1892年在爪哇被发现的。此病曾在比较寒冷的种蔗地区流行。有人选育出一些只对病毒的新株系无效的抗病品种。分布最广和为害最烈的甘蔗病害直到1944年才被发现,大量的研究表明根蘖萎缩病 (ratoon stunting disease) 是甘蔗减产的主要原因。这种病害除使生长受到阻碍之外,无外部症状。而内部症状则是很短暂的。干旱能加重它的为害。此病可用热处理法 (在50℃ 或 122°F 的热水中,或在54℃或129°F的热空气中) 进行防治。甘蔗黑穗病、叶枯病 (leaf-scald)、霜霉病 (downy mildew)、以及流胶病 (gumming disease) 的发生都跟当地一些对此类病害敏感的甘蔗品种有关。甘蔗病害都是通过早年的、包括历史上的和史前期的海员们传播到各地的。现代的甘蔗种植者在外来病害方面都受到严格的检疫制度的保护。

甘蔗的虫害流行于所有的产蔗地区。蔗茎螟虫(螟蛾的幼虫)分布最广。一些地区(美国路州)只有一种世代分明的蔗螟品系,以致使用化学控制对它颇为有效。另外一些地方(印度、巴基斯坦)的蔗螟则有许多种别和交叉的后代。天然的食虫动物和寄生生物对害虫群体的控制都是很有效的。虫害的生物学控制的研究越来越受到重视。在美国南部和澳洲,金龟子(几种甲壳虫)的幼虫能侵犯甘蔗根部。在拉丁美洲有一种“吹沫虫-臭虫”的复合体能造成甘蔗根部的损伤和蔗叶的枯黄。金针虫、蚁类和真臭虫(椿象)都是地区性的问题。

为害的脊椎动物则有小鼠、大鼠、河鼠、胡狼、獬獬、袋鼠和象。

杂草为害随地区和季节的不同而有很大的差异。为害最烈的有:约翰逊草 (*Sorghum halepense* L.) 和疥癣草 (*Rotiboa exaltata* L. f.) 前者比后者分布更广,它是一种多年生并用种子和地下茎繁殖的杂草。为害严重时可使甘蔗减产多达50%。控制这种杂草的办法有锄草、浅犁中耕或联用芽前杀草剂 (preemergence) 和接触杀草剂。疥癣草为一年生,高达6

英尺，竞争力非常强大。它用一种粒大而轻颀的种子在甘蔗生长季中进行繁殖。要控制它是很难的，但小心细致地掺和有效的除草剂可以取得良好的效果。杂草管理不善，除使甘蔗减产外还影响压榨机塞辘，这种情形在采用机械收获时尤为严重。手工或机械中耕在经济条件允许的情况下都是可供选择的杂草控制方法，但在劳力短缺的地方则较多采用高效杀草剂的方案。

1.5 生长与栽培

甘蔗的茎秆跟它的远视——玉米并不相同，它在每片叶子的基部都有一个蔗芽（很老的叶子除外）。每个芽都生长在围绕蔗茎的根节上，根节上分布着许多原始根点。种蔗植入土壤之后，从根点长出初生根，给萌发的蔗芽提供水分，直到新苗产生自己的根系。蔗茎中贮存的糖分提供生长所需要的能源和碳源。幼苗生长的速率直接跟种蔗的大小有关。当新苗生长时，有根从它的基部出生，新茎上面的新芽又会萌发，结果发展成为一簇。在收割以后，残株基部的蔗芽萌发、再生，成为第一年的宿根蔗。收割与再生的循环可以反复进行，直至甘蔗产量降低到不合算为止。

热带地方都用蔗稍作为种蔗，其它地方则用切断的蔗茎（上面有2~3个芽）作种。在比较寒冷的地区，茎段必需在半休眠状态下越冬，人们种植全茎蔗以便阻止种蔗的迅速腐烂。植蔗率依蔗芽萌发的难易为转移，在热带的灌溉地区，每英亩（4047m²）植蔗可少于1 t，美国路州的一些蔗农每英亩（4047m²）要种上4 t。机械化植蔗容易适用于短种蔗，杀灭病菌的农药和化肥可以跟种蔗一道施入。然而，在美国路州，占甘蔗面积四分之一的全茎蔗种植户，他们的种蔗效率已经因倒伏蔗而降低。在灌溉田地里，种苗可种植在浅沟里面。在高度降雨地区则在单行和多行垅顶的犁沟中植蔗。植入后用锄头或圆盘犁覆土。如果施用芽

前杀草剂，则在植蔗后立即加入。用手工或用机械中耕，具有双重目的，第一是把夹杂物扒开让种蔗好出苗，第二是清除杂草。如果不在植蔗时施肥，则应在蔗苗出土之后和蔗株不会被中耕（末次）机械损伤以前施加。分株的工作多在较长的生长季节中进行。末次中耕以后，再用背包喷雾器，高脚机械或飞机施布农药。在灌溉地区，当接近收割之时，停止施加氮肥和灌水，可使生长放慢，同时增加糖分。在高度降雨的地区，甘蔗的生长与成熟都是由品种选育以及在某种程度上由化学催熟剂来控制的。

甘蔗收割以后，新生的宿根蔗按照新植蔗的方式进行管理，在空缺的地上应行补植。在宿根蔗的地面上，杂草繁茂而蔗茎的产量则趋于下降。这些因素以及病害的影响都会使可供收割的宿根蔗数目受到限制。在孟加拉和印度尼西亚全部是新植蔗，但在加勒比地区常常看到宿根蔗田可以连收十年或十多年无须新植。由于控制杂草的需要和机械化的影响，宿根蔗的数量已经减少。一般来说，新植蔗和2~3次宿根蔗之后，就要将蔗田整理一番，再来一次新植。

1.6 收 割

收获甘蔗的目的就是要获得高质量的甘蔗茎秆。损坏的茎秆，进厂甘蔗中杂质的增加以及延迟进厂都会降低甘蔗的品质。凭蔗重付钱不如依质论价可以鼓励品质的改进。

在任何一步的收割作业中，打顶去梢具有头等重要的意义。蔗梢中蔗糖分很少，而淀粉和还原糖的含量则很多。淀粉和还原糖都能使煮糖车间的产糖率降低。蔗梢的残渣能吸收蔗糖分，它从压榨机列排出时所含的蔗糖要比它进榨前的多一些。蔗叶含有二氧化硅，能增加榨辊的磨损。

用手工去梢效率最高，大多数产蔗地区都爱用这种收割方

法。手工收割能使杂质含量降低到2~3%。狄尔 (Deerr) 声称：一个经验丰富的砍蔗工每小时能够砍蔗、去梢和抛掷甘蔗1000磅 (454kg)。在这种速率下，两小时可收割1t甘蔗，如果是放火烧净的甘蔗就要多加半小时，如果是带绿叶的甘蔗则需要多加2小时。

三十多年来，美国路州和夏威夷的甘蔗，全部是用机械收割的。可是至今仍被采用的一种最古老的机械化收获系统要算是美国路州的勇士系统 (soldier system) 了。勇士系统 (图1.1) 适用于直立的高秆作物。它能在每英亩 (4047m^2) 产蔗多达40吨 (每公顷99吨) 的蔗田中进行砍蔗作业，也能在绿叶蔗田中使用。在直立或半倒伏的蔗田中进行去梢工作也很有效。一些收集

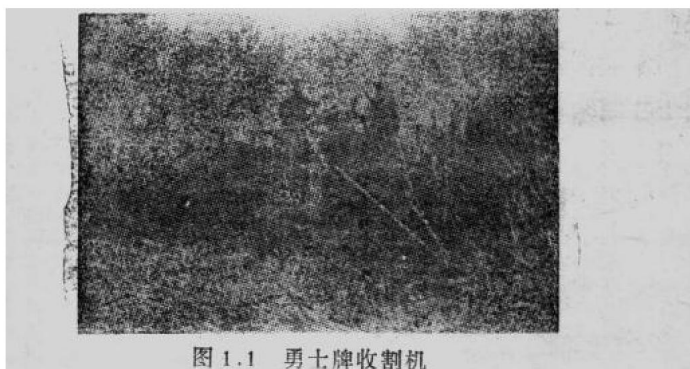


图 1.1 勇士牌收割机

臂和链条能将倒伏蔗扶起来，并由底部一个可调节的刀片切断蔗茎的基部，同时由一个可调节的装置将蔗梢切去，另由一条粗面运带将甘蔗的全茎直立地送到收割机上，然后通过一扇可以调节的侧门卸下来。每次收割一行甘蔗。每2~4行甘蔗集成一堆。堆中蔗茎与蔗田行向垂直。点火烧去蔗叶杂质后，再用抓式起重机 (图1.2) 将甘蔗转移到车皮里面，运往糖厂或中间转运站。勇士牌收获机在直立蔗田和干旱蔗田中每小时能收割30t。在倒伏蔗田中，湿地和泥泞地上收割则速度减半。一台抓式起重机每小时起运甘蔗60吨。

生长期越长,甘蔗就越有可能倒伏、缠结和交织成一片。采用勇士收割机来收割生长期长的和倒伏的甘蔗都没有成功。夏威夷方面的机械收割先是从抓式收割(见本书第8版),发展到叉推式收割机(第9版)。最近又发展成为V型割蔗机(图1.3)。在所有这些甘蔗收割机之中,以V型割蔗机收获每吨甘蔗的费用为最少。它的工作能力在高产、交织成片的蔗田中每小时可达100t甘蔗。这种机械能割断甘蔗的茎部(但不去梢)并将甘蔗排列成行。它采用一种改良式的连续装载机装运甘蔗,同时除去一些杂



图 1.2 甘蔗的载运

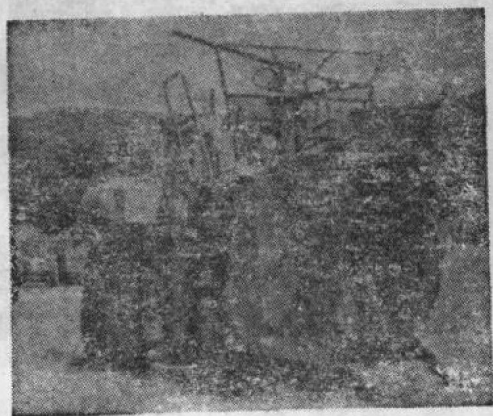
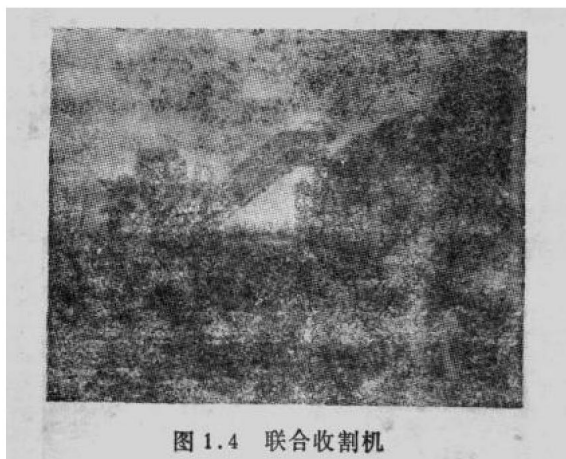


图 1.3 V型割蔗机

质。在4行甘蔗集成一堆的情况下每小时可以装甘蔗多达100t。

勇士收获机是专门为低吨位和直立蔗而设计的，专为高吨位和倒伏成片的蔗田而设计的则是V型割蔗机。然而在许多产蔗地区，收获条件都在这两个极端的中间，澳大利亚的情况就是这样。所以在那里便搞出一个第三类的收获系统。澳洲式甘蔗联合收割机在别的地区已经有了改变，而且这也许是现今应用最广的一种甘蔗收获系统。这种联合收获机（图1.4）将蔗茎推倒、割断或切割蔗茎的基部，同时把甘蔗拖到机器里面（下端先进去）。整条甘蔗都被切断成短条，一部载运机把这些短条向上升运并通过一台或两台除杂器或风扇把杂质清除掉。这种经过局部清理和切断的蔗段最后掉进旁边一辆由牵引机拖带的随行车皮里面。联合机在火烧过的蔗田中工作得更为有效。在良好的工作条件下，联合机系统每小时交付甘蔗30 t。



联合收割机曾经引起过许多糖业界人士的兴趣，因为它提供了减少蔗叶和泥土杂质的可能性。切成的蔗段如不立即加工，便有变质的问题产生。有些采用联合机的地区从每吨甘蔗回收的糖分曾经有所下降。在收割机需要长时间工作的地方，维修也成问题。

一般来说, 杂质在 3 ~ 5 % 的范围内可以说是正常的。南非方面的数据表明, 把杂质降低 5 % (从 8 % 降到 3 %), 就能使压榨能力提高 13.1 %, 抽出率增加 0.8 %, 总回收率上升 0.75 %。这就是说, 收获工作的改进能直接在加工效率上反映出来。

1.7 甘蔗的处理和运输

全世界的甘蔗有许多是用手工收割和装载的。有些地方至今还利用骆驼和公牛来背运甘蔗, 走向机械化的第一步都侧重于机械装载和拖运。广为采用的是抓式起重机 (图 1.2), 这种机械相当简单, 而且费用不大。连续装载机耗费较多, 但它兼有一种减少杂质的清理作用。

田间的运输是各种各样的, 随系统的设计而异。运蔗车的容量变动在 5 ~ 20 t 的范围内。牵引机加拖车可以把甘蔗运到中间转运站或直接运到糖厂。有些收割机和装蔗机把甘蔗直接装进车



图 1.5 网链车皮