

# 收获机械

[波兰] Cz. 卡那沃依斯基 著

中国农业机械出版社

# 收 获 机 械

[波兰] 卡那沃依斯基 著

曹崇文 吴春江 柯保康等 译校

中国农业机械出版社

**Cz. Kanafowski, T. Karwowski**  
**Agricultural Machines,**  
**Theory and Construction**  
**Vol. 2**

**Crop-Harvesting Machines**

Published for the U.S. Department of Agriculture and the National Science Foundation, Washington, D.C., by the Foreign Scientific Publications Department of the National Center for Scientific, Technical and Economic Information

Warsaw, Poland 1976

☆ ☆ ☆

**收 获 机 械**

【波兰】卡那沃依斯基 著

曹崇文 吴春江 柯保康等 译校

\*

中国农业机械出版社出版

北京东黄城根北街2号乙7号

房山县后街印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

\*

787×1092 16开 43印张 插 1060千字

1983年10月北京第一版 · 1983年10月北京第一次印刷

印数: 0,001—3700 定价: 5.40元

统一书号: 15216·117

## 译 者 序

本书是波兰卡那沃依斯基教授所著。它是一本有关谷物、牧草和根茎作物收获机械结构、原理和理论设计的巨著。书中详细地介绍了上述各种机械的结构、原理、性能和试验方法。此外，还系统地介绍了收获机械的主要工作过程；如切割、聚集、输送、脱粒、分离、压捆、拔取和摘穗等方面的理论和计算。

原著内容新颖，所搜集的资料十分广泛全面。因此，在1974年为东德翻译出版，作为高等工业院校农机专业教材。1976年又由美国翻译出版。

这次，我们是根据英文版本并参照了德文版本进行翻译的。并对英文版本中的160多处错误作了修改。

本书编者序，第五、六章由曹崇文译，第一、二章由陈侍良译，第三章由曹崇文、周祖锬译，第四章由孙士还译，第七章由吕秋瑾、赵凤华、厉冀平、周祖锬译，第八章和第十六章由陈家凤译，第九章由周祖锬译，第十章由王秀中译，第十一章由陈学士译，第十二章由陈宗显、孟宪珍译，第十三章由柯保康译，第十四章由斯美绮、吕秋瑾译，第十五章由孟宪珍译。

由于我们水平所限，错误一定还不少。希读者指正。

## 前 言

本书是第一卷（耕作机械）的继续，可供农业机械设计和农业机械化专业学生以及农机工业部门的设计工程师参考。在编写这本具有专著性质的手册时，我们认为读者已经熟练了第一卷的内容。

在欧洲各国，特别是工业高度发达的国家，普遍感到缺乏技术熟练的农民。因此，为了保证农业增产，必需提高农业工人的效率，这一点，只有在农场的作业都实现机械化时才有可能，也就是说：各种作业都能采用适当形式的农业机械和设备时才有可能。

在农产品的收获作业中，提高劳动生产率的必要性尤其明显，随着气候条件和作物品种的不同，一般作物的收获期常常是很短的。（如收获牧草、青饲和油菜等）。

提高劳动生产率将使作业时间缩短，因而可以有效的利用最佳的农业条件。用机器收获田间作物的目的，不仅在于可以加速收获过程，减轻劳动强度而且还可以最大的减少收获时的作物损失。因此，田间作物收获机械的合理设计具有很大的经济意义。

由于农业机械设计和结构的迅速发展，可以预测在1990年玉米和马铃薯收获作业的劳动消耗量将比现在降低1.5倍。

和其他类型的农业机械一样，田间作物收获机械的加工对象是差别很大的生物材料，对这些生物材料的物理机械性质研究还很不够。由于这些缺点使我们很难进行结构计算和选择机器的最佳工作参数，特别是目前对农业和经济要求变得日益精确。

设计每一种收获机械及其变型时，必需考虑实际的工作条件（如作物量、地块大小、地形、气候条件等）。因此，在实践中，我们会遇到收获同一种作物但结构极不相同的收获机械。

在不同的国家，用于收获各种作物的机械类型数目极多。然而，即使仅仅讨论适合我国气候条件的所有收获机械的工作原理和结构的话，也超出了一本书的范围。尽管它是一本巨著，因此本书只是有选择的对一些用于我国的收获机械进行了论述，略去收获籽粒玉米和纤维作物的特殊机器。关于纤维作物收获机，本书只简述了主要工艺过程的理论。

在本书中，作者提供了主要作物的农业工艺所要求的机械性质。

为了给读者一些有关收获机械的经济意义的概念，书中叙述了一些收获工艺：如原始的收获工艺，部分机械化收获工艺，现代的全盘机械化收获工艺。这样就便于使读者熟悉目前使用的大量的各种不同的收获机械。

由于在许多机器中采用了相同的或类似的物料加工工艺过程，因而把这些过程的相应的理论分章叙述。这样就避免了在讨论某些机器时的不必要的重复，同时也使本书的内容安排得更加紧凑。

在本书编写过程中引用了波兰和国外的最近的科学和专业文献，同时还引用了农业机械化电气化学院所进行的科研成果。在某些具体的需要补充说明的地方，还根据作者的倡议进行了专门的实验室和田间试验（如联合收获机在某些不同的作物参数时的功率消耗，脱粒装置生产率和喂入速度的关系，采用特殊的测试方法决定作物在凹板间隙内的移

动速率，块茎切顶器最佳工况的定义等）。

在讨论一些理论问题时，给出了该问题的主要理论分析，我们认为，这将使读者对该问题有一个更广泛和深入的概念。为了避免赘述，将一些理论性的探讨和农业机械的发展历史以及一些科研结果均摘要印出。还将一些技术特性和数据均列成表格。在讨论谷物收获和脱粒机械时略去了收割机、割捆机和脱粒机。这些机器在我国仍然继续生产和使用，但是由于农场中谷物联合收获机日益普及，上述机器已被认为是过时的了。在高度工业化的西欧国家——如英国、瑞典西德等国家以及苏联民主德国和捷克——上述机器早在几年以前就已停止生产了。只有一些特殊的脱粒机——如豌豆、牧草和蔬菜脱粒机——还继续生产。

在根茎作物收获机的章节里，略去了一些过时的机具，如挖薯犁，马铃薯起垄机等。在本书中，讨论了许多各种不同的收获工艺，因此，我邀请了卡沃夫斯基（Tadeusz Karwowski）作为本书的合作者，他编写了根茎作物收获机械（第14和15章）。

为了和国际计量单位制度的规定相一致，本书部分的采用3——SI——标准。

本书和它的第一卷一样是一部创新巨著，就作者所知，在目前世界出版的文献中还没有类似本书的为农业机械设计者使用的教学手册。由于是创新著作，自然它就不能没有缺点，甚至是错误。然而，不论是在波兰还是在外国工业部门很早就希望有一本适合于农机设计人员使用的包括理论和设计的农业机械手册，这个特殊的需要，是鼓励我们出版第一卷和编写第二卷（本书）的动力。

博士 卡那沃依斯基教授

# 目 录

译者序	
前言	
第一章 概述	( 1 )
1.1 谷物收获机械发展的历史概况	( 1 )
1.2 作物收获机械化的优点	( 7 )
1.3 作物的生物学特性及物理机械性质	( 9 )
1.4 摩擦	( 12 )
1.5 几种作物的重量及其尺寸	( 19 )
1.6 农业技术要求	( 22 )
参考文献	( 23 )
第二章 作物茎秆的切割	( 24 )
2.1 切割原理	( 24 )
2.2 切割器理论	( 32 )
2.3 割刀传动机构的运动分析	( 44 )
2.4 割刀传动机构动力分析	( 46 )
2.5 切割器工作阻力	( 55 )
2.6 回转式切割器	( 59 )
参考文献	( 64 )
第三章 拔麻和摘穗	( 66 )
3.1 序言	( 66 )
3.2 分茎器和拔取器的工作原理	( 66 )
3.3 玉米摘穗	( 73 )
参考文献	( 77 )
第四章 田间作物的聚集和输送装置	( 78 )
4.1 拨不轮的工作原理	( 78 )
4.2 茎秆的挑松、摊开和搂集的原理	( 84 )
4.3 捡拾器	( 100 )
4.4 输送装置的工作原理	( 111 )
参考文献	( 132 )
第五章 压捆理论	( 134 )
5.1 压捆原理	( 134 )
5.2 压饼	( 143 )
参考文献	( 147 )
第六章 脱粒理论	( 149 )
6.1 序言	( 149 )
6.2 影响脱粒效率的因素	( 152 )
6.3 钉齿式脱粒装置	( 163 )
6.4 脱粒装置的功率消耗	( 169 )
参考文献	( 174 )
第七章 作物分离的方法和理论	( 176 )
7.1 脱出物的分离	( 176 )
7.1.1 逐稿器的类型和工作原理	( 176 )
7.1.2 键式逐稿器上质点运动学	( 178 )
7.2 筛选	( 189 )
7.2.1 分离	( 189 )
7.2.2 平面筛工作理论	( 190 )
7.3 块根作物的分离	( 202 )
参考文献	( 216 )
第八章 谷物收获机械使用的液压系统元件	( 218 )
8.1 前言	( 218 )
8.2 液压油泵(液压马达)	( 220 )
8.3 液压执行元件	( 228 )
8.4 换向阀和压力阀,流量阀和接头	( 230 )
8.5 简单液压系统的例子	( 237 )
参考文献	( 241 )
第九章 割草机	( 242 )
9.1 割草机类型和农业要求	( 242 )
9.2 往复式割草机	( 244 )
9.3 往复式割草机零件强度	

计算.....	( 260 )	13.3 附加液压系统和工作过程	
9.4 条铺式割草机 .....	( 262 )	自动化 .....	( 430 )
9.5 旋转式割草机 .....	( 266 )	13.4 联合收获机所需的功率和	
参考文献 .....	( 280 )	强度计算 .....	( 438 )
<b>第十章 干草制备机械 .....</b>	<b>( 282 )</b>	13.4.1 功率供给 .....	( 438 )
10.1 搂草机(摊草机) .....	( 282 )	13.4.2 强度计算 .....	( 442 )
10.1.1 序言和农业要求 .....	( 282 )	13.5 比重量和研究结果 .....	( 447 )
10.1.2 滚筒式搂草机 .....	( 283 )	参考文献 .....	( 453 )
10.1.3 立轴式摊草机 .....	( 287 )	<b>第十四章 马铃薯收获机 .....</b>	<b>( 456 )</b>
10.1.4 指轮式搂草机 .....	( 292 )	14.1 初步数据 .....	( 456 )
10.1.5 搂草机和摊草机工作		14.2 机器的分类和农业要求 .....	( 459 )
的评定 .....	( 298 )	14.3 除茎器的设计 .....	( 463 )
10.2 牧草压扁机 .....	( 302 )	14.4 马铃薯收获机的主要工作	
参考文献 .....	( 308 )	部件 .....	( 466 )
<b>第十一章 饲料收获机 .....</b>	<b>( 309 )</b>	14.4.1 仿形装置 .....	( 466 )
11.1 饲料收获机的类型及其		14.4.2 挖掘铲 .....	( 470 )
农业要求 .....	( 309 )	14.4.3 碎土器和土壤过筛装置 .....	( 477 )
11.2 甩刀式切碎机 .....	( 309 )	14.5 茎秆分离器 .....	( 503 )
11.3 轮刀式切碎机 .....	( 315 )	14.6 马铃薯与石块、土块的分	
11.4 切刀式切碎机的能量消耗 .....	( 334 )	离 .....	( 508 )
参考文献 .....	( 340 )	14.7 马铃薯收获机的设计 .....	( 523 )
<b>第十二章 捡拾压捆机和饲料作物</b>		14.7.1 升运挖掘机 .....	( 523 )
<b>压饼机 .....</b>	<b>( 342 )</b>	14.7.2 装载挖掘机和联合	
12.1 序言及农业要求 .....	( 342 )	收获机 .....	( 523 )
12.2 低密度捡拾压捆机 .....	( 342 )	14.8 工作质量和功率测定的	
12.3 高密度捡拾压捆机 .....	( 354 )	研究结果 .....	( 531 )
12.4 阻力、负荷和强度计算 .....	( 370 )	14.9 马铃薯收获机的发展	
12.5 压饼机械 .....	( 378 )	趋势 .....	( 531 )
参考文献 .....	( 384 )	参考文献 .....	( 532 )
<b>第十三章 联合收获机 .....</b>	<b>( 386 )</b>	<b>第十五章 甜菜收获机 .....</b>	<b>( 535 )</b>
13.1 分类和农业技术要求 .....	( 386 )	15.1 农业要求和收获方法 .....	( 535 )
13.2 T型自走式联合收获机 .....	( 389 )	15.2 切顶装置的分类及其工作	
13.2.1 工艺过程 .....	( 389 )	原理 .....	( 537 )
13.2.2 传动和调节 .....	( 394 )	15.3 切顶装置的工作原理 .....	( 544 )
13.2.3 割台 .....	( 395 )	15.3.1 在切顶过程中对甜菜产生	
13.2.4 脱粒器 .....	( 405 )	影响的力和加速度 .....	( 549 )
13.2.5 联合收获机的逐稿器		15.3.2 滑掌式(滑槽式)仿	
及其平均生产率 .....	( 412 )	型器的工作原理 .....	( 564 )
13.2.6 清选和输送装置 .....	( 421 )	15.3.3 切顶力 .....	( 568 )
13.2.7 地轮驱动 .....	( 427 )	15.3.4 切顶阻力 .....	( 572 )



15.4 挖掘器的类型及其作用 .....	( 575 )	趋向 .....	( 661 )
15.5 甜菜收获机的构造 .....	( 589 )	参考文献 .....	( 662 )
15.5.1 序言 .....	( 589 )	<b>第十六章 研究方法概述</b> .....	( 665 )
15.5.2 块根切顶机的结构 .....	( 591 )	16.1 研究的分类和目的 .....	( 665 )
15.5.3 挖掘机的构造 .....	( 601 )	16.2 研究的原理 .....	( 668 )
15.5.4 甜菜收获机的结构 .....	( 636 )	16.2.1 割草机、干草压扁机、干草	
15.5.5 使机器能沿菜垄行进		摊晒机和搂草机 .....	( 668 )
的导向装置 .....	( 644 )	16.2.2 饲料收获和捡拾压捆机 .....	( 669 )
15.5.6 专用的叶子和块根装		16.2.3 联合收获机 .....	( 671 )
载机 .....	( 650 )	16.2.4 马铃薯收获机 .....	( 673 )
15.6 对作业质量和功率测量的		16.2.5 甜菜收获机 .....	( 647 )
研究成果 .....	( 655 )	16.2.6 生产试验 .....	( 675 )
15.7 甜菜收获机结构的发展		参考文献 .....	( 676 )

# 第一章 概 述

## 1.1 谷物收获机械发展的历史概况

世界文献中关于收获机械的最早记载，特别是关于大麦、小麦集穗装置的记载来自古罗马（Pliny the Elder）（公元一世纪五十年代）。象图1.1所示的这样一种装置是当时高鲁人（Gaul）用来收集麦穗的。这种装置做成两轮大车那样，梳穗器装在车的前方，车子用牲畜从后边推动，梳穗器的安装高度应能够使它把麦穗从茎秆上扯下来。波罗久斯（Pollodius）（公元四世纪末）也对类似的机器做了叙述。但是，我们却没有整个中世纪及文艺复兴时期的收获机械或收获机械化方面的资料，只是由于英国、德国和其他西欧国家工业的发展——接近十七世纪末叶以及后来接着发生的农村人口移住城市的运动——这些国家才试图设计收获机械。

发明者起初想仿效高鲁人的机器并且设计了带有回转切割机构的装置，然而，这些努力没有成功。1800年，迈耶尔（Mayer）有了采用剪刀式切割器的想法。1822年，收获机械第一次采用了拨禾轮，转动的板条把玉米茎秆拨向切割机构。

1826~1828年贝尔（Bell）把前人发明的各个工作部件组合成为整体，制造出一台可以实际使用的机器（图1.2），因此，贝尔被认为是现代农业机械之父。

在最早的谷物收割机上（图1.3），拨禾轮把作物拨向切割器，割下的作物靠人工搜集铺放，需要消耗相当大的体力，因此需要进一步改进其铺放机构。这台收割机的切割器和拨禾轮靠地轮驱动，由齿轮和皮带传动。1868年发明的摇臂收割机，搂把把割下的作物从割台成堆地铺放在割茬上（图1.4）。1862年人们创造了能够根据作物的密度来

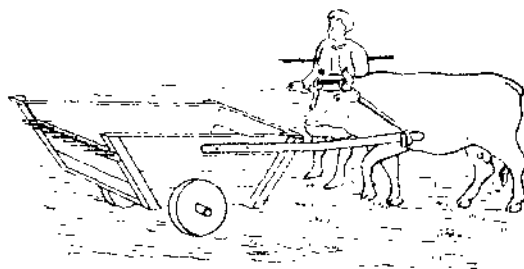


图 1.1 公元一世纪的集穗装置

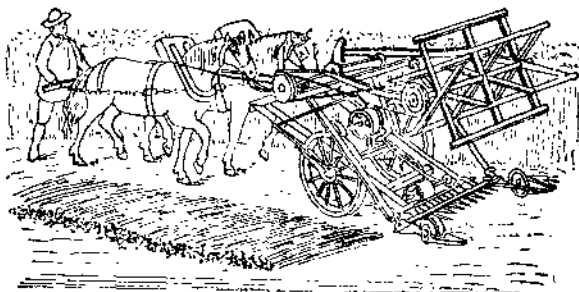


图 1.2 贝尔的收获机器（1826~1828）

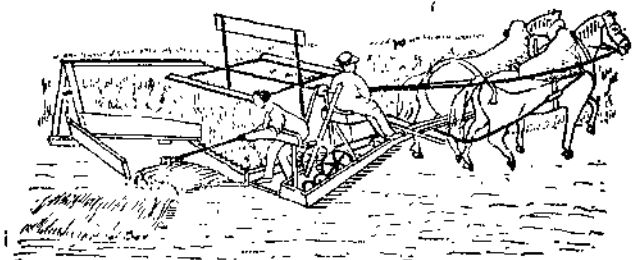


图 1.3 最早的收割机（1838）

控制搂耙铺放动作的机构，以便在收割不同密度的作物时可以得到大小基本相等的禾铺，使打的捆粗细比较均匀。起初是靠人工踩踏板来控制禾铺，后来改用自动控制。这种谷物收割机的基本结构设计一直延续到现在。

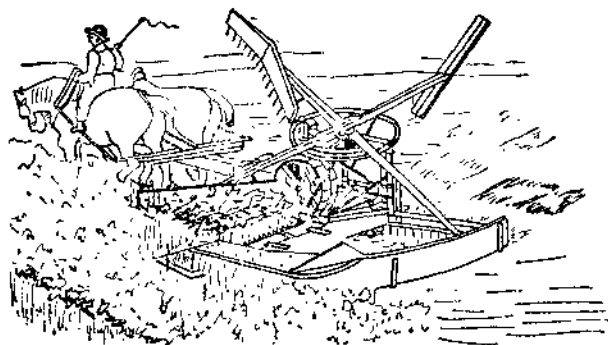


图 1.4 第一台马拉摇臂收割机（1868）

除了上述的设计发明者之外，其他许多波兰人也对收获机械做了改进工作，但是，由于美国人的强有力的竞争，波兰人的设想和努力均告失败。

在改进割草机和收割机的同时，有人研究了一种比较完善的收获机械——收捆机。这台机器是由马尔斯（Marsch）兄弟在1858年开始设计的。最早的马尔斯机器有一个站台（图1.5），在站台上若有若干人对割下的作物进行人工打捆，由于这种打捆劳动强度太大，因此设计者们在打捆工序机械化方面做了不少努力。最初用草绳或金属丝打捆，实践证明，这些方法都不行，唯独美国某农场一个名叫埃普勒比（Eppleby）的青年人发明了一种用线绳打捆的装置（1858），这项特别发明由于缺乏制造样机的经济手段而很多年没有被采用。九年之后，埃普勒比才能够制造他的打捆机，经过一段时间的不断改进，这种打捆装置不仅在割捆机上，而且在现代的压捆机上均成为不可缺少的工作部件。

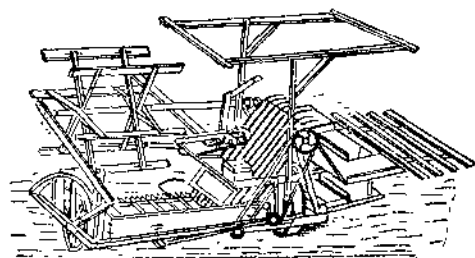


图 1.5 马尔斯兄弟的割捆机（1858）

由于农村劳动力的严重短缺，特别是那些大陆性气候国家谷物成熟季节的特殊条件——开始在北美，后来是澳大利亚——要求设计一种不仅能收割而且还能脱粒的机器。这些新结构的割脱机后来简称为联合收获机。这个名称具有两种操作工序结合的特征：切割和脱粒。在发展初期，联合收获机是一种笨重庞大且机动性很差的机器，它的工作部件由地轮驱动，需要20~30匹马来牵引，这样，不仅大大降低了每匹马的工作效率，而且很难驾驭这样大的马队。

当最早的农用拖拉机出现之后（上世纪后半叶）——先是蒸汽机驱动，后来是内燃机驱动——为联合收获机的广泛使用创造了适当的条件。联合收获机可以用拖拉机取代马来牵引，辅助发动机放在联合收获机上，用它带动工作部件。除了美国外，联合收获机开始用于澳大利亚、加拿大，而后是阿根廷。第一次世界大战后，最早使用联合收获机的欧洲国家是苏联，苏联还研制了这种机器的大型产品。另一方面，在西欧长期流行着这样一种

看法，它们认为只有气候适当、种植面积大的条件下使用联合收获机才是合理的。有些国家由于收获期气候多变，使用联合收获机就得冒作物收不回来的风险，在这种情况下使用联合收获机就不合理了。

在第一、二次世界大战之间，德国生产了没有辅助发动机直接由拖拉机动力输出轴驱动的牵引式联合收获机（克拉斯 Class）以适应中欧地区的农业生产条件，然而，这仅仅是联合收获机引进西欧的开始。第二次世界大战期间，由于欧洲劳动力的短缺，才必须大规模地使用联合收获机。农业机械化的迫切要求，使联合收获机的结构有了相当大的发展，西欧农户得到了越来越完善的联合收获机。在那以后，人们发现即使象英格兰那样潮湿的气候以及在相当小的地块上用联合收获机作业也有相当大的优点。第二次世界大战以后，整个欧洲包括波兰广泛使用了联合收获机。

当前，联合收获机如同拖拉机一样是农业生产中最重要的机器。在高度工业化的国家里，农业人口只占很小的比例（如英国农业人口占总人口不到8%）。在一些大面积种植谷物的国家里（如苏联），现代化的农业生产如不使用联合收获机将是不可想象的。

目前，许多联合收获机的设计向综合利用方向发展，着眼于用它们收获玉米、豆类作物及草籽。

为了使干草容易运输，上世纪出现了第一台手工干草压捆机（图1.6）。约在1870年，一个名叫戴德利克（Dederick）的美国人设计了第一台固定式干草压捆机（图1.7），这种压捆机经不断改进后，在欧洲许多国家里也用得很多，一直延续到第二次世界大战。固定式压捆机往往要把材料运输相当远的距离，需要大量的运输车辆和雇用大量工人。第二次世界大战后出现了捡拾压捆机，它既可以捡拾由联合收获机卸到茬地上的茎秆，也可以捡拾割晒凉干的草铺。

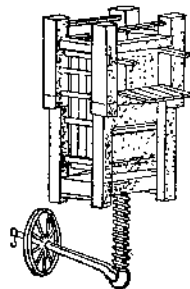


图 1.6 美国老式的手工干草压捆机

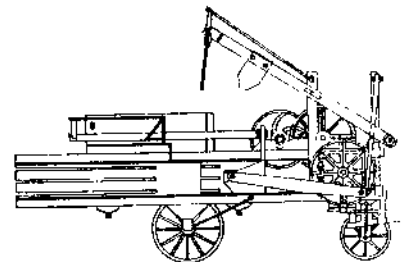


图 1.7 美国人戴德利克设计的干草压捆机（1870）

第二次世界大战后，对青贮饲料的需要有了增长，从而导至青饲切碎机的设计和生产，这种机器可以切割、收集牧草和蝶形花冠植物并把它们切碎。

人工拔亚麻劳动强度很大，约在1936年，两行拔麻机代替了人工拔麻。第二次世界大战后，又出现了能同时完成多种工序的机器——例如除拔麻外还可捆麻甚至梳麻（亚麻联合收获机）。

最早用于挖掘马铃薯的农具之一是英国人豪沃尔特（Howard）设计的带有栅条犁壁的双作用挖掘犁（图1.8），工作时，犁刃切开垡背，土块在犁壁上升起的过程中被不同程度地挤碎，升至犁壁的土块从栅条中筛下，而马铃薯则落到一侧。

这种农具设计得既简单、耐久又价廉，对马铃薯的损伤也不明显，然而，在潮湿粘重土壤里工作时，机具不能有效地把马铃薯从土中分离出来，需要花费相当多的人工把马铃薯挑出来。

许多设计者试图找出从土中分离马铃薯的合适办法，一个名叫汉森（Hanson）的苏

格兰人提出用铲刃切开土壤并用一旋转星轮来碎土的想法。汉森的想法在1856年由当时著名的英国设计者考勒曼（Coleman）改进并实现。在汉森——考勒曼的马铃薯挖掘机（图1.9）的凹形铲刃后边，在横向垂直面上有一带有若干抛薯叉的迅速旋转星轮，其任务是破碎土壤并把碎土块和马铃薯一起抛到一侧。旋转星轮由地轮驱动和齿轮传动。一个手摇曲柄用作前架的水平调节，可以控制挖掘铲的挖土深度。另外有一手柄用于机器的操向。在星轮一侧有一网状筛（图上没有画出），它可以防止马铃薯被抛散并同时筛分土块。土壤干燥时，该机碎土及分离马铃薯效果良好，假设该机日生产率为1.25公顷，它可代替20~24个农业工人的劳动。然而，由于抛薯叉在星轮上径向配置且圆周速度相当高，茎秆及杂草容易堵塞星轮并经常损伤马铃薯。在粘重潮湿土壤里工作时，筛网被土块堵塞，马铃薯被土块埋起来。如果不用筛网，马铃薯被抛得既散又远（10米以外甚至更远）。

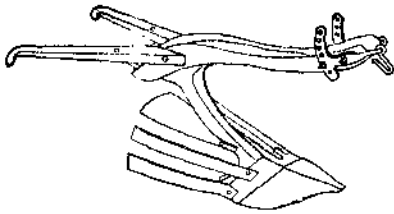


图 1.8 豪沃尔特的马铃薯挖掘犁

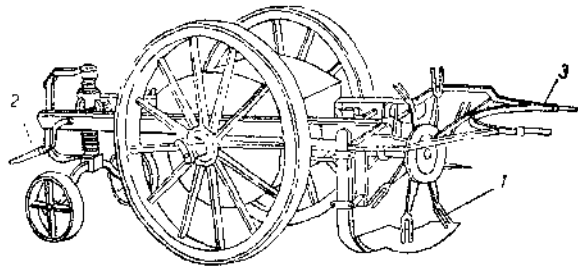


图 1.9 汉森—考勒曼的旋转式马铃薯挖掘机

1—抛薯叉 2—手摇曲柄 3—手柄

1868年埃格伯特·考比林斯基（Egbert Kobylinski）制造出他自己设计的马铃薯挖掘机，此人对该机作了20多年的研究。考比林斯基的马铃薯挖掘机与考勒曼的机器相比，具有不同的工作原理（图1.10）。铲刃切入土壤后，土壤升至一倾斜链式输送器上，

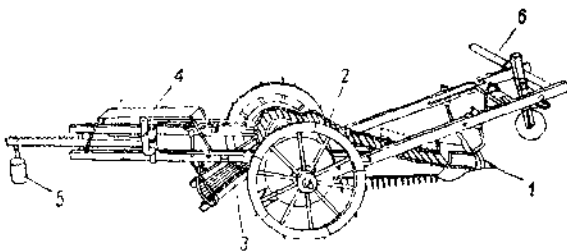


图 1.10 考比林斯基的输送链式马铃薯挖掘机

1—挖掘铲 2—链式输送器 3—斜槽 4—驾驶员座位  
5—配重 6—操纵杆

由于输送器的抖动，土粒在链间被筛分，其余挖出物输送到倾斜放置的斜槽里，土块继续被筛分，而马铃薯连同茎秆落到挖掘铲挖掘后的地面上。驾驶员坐在驾驶台座位上，梁的末端有一附加配重，同驾驶员重量一起来平衡机器前部的重量。侧面步行的工人手握操纵杆操纵挖掘机。在粘重土壤里工作时，土块的筛分受到影响，许多马铃薯被土覆盖，此外还有相当

数量的马铃薯受到损伤，机器的阻力也很大。后来，由于人们进一步改进星轮式挖掘机，已把考比林斯基的挖掘机遗忘，在数十年之后，人们发现他的设想十分有用，才又重复了他的设想。

1870年，米恩斯特（Münster）设计了带有较多抛薯叉的星轮，叉杆朝星轮旋转相反的方向弯曲（图1.11）。这些改进，使抛薯叉对土块压碎作用增强，减少了茎秆对星轮的缠绕，但抛薯叉对马铃薯损伤的比例相当大，筛网堵塞后，马铃薯被土覆盖。1896年汉波

耳 (Hampel) 设计了如图1.12所示的马铃薯挖掘机。在该机器上, 旋转耙位于挖掘铲之后, 其作用与抛掷星轮相同。

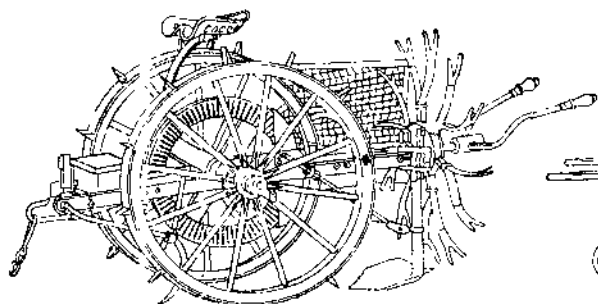


图 1.11 带有弯曲抛薯叉的米恩斯特  
的马铃薯挖掘机 (1870)

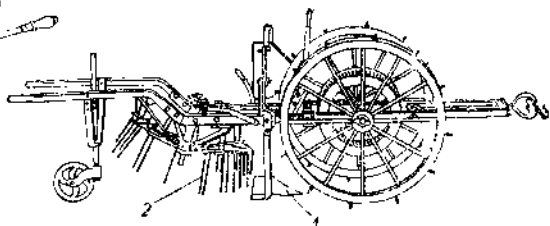


图 1.12 汉波耳的马铃薯挖掘机  
1—挖掘铲 2—旋转耙

1897年哈德 (Harder) 发明了带导向抛薯叉的星轮式马铃薯挖掘机。抛薯叉固定在可绕枢轴旋转的套管上, 枢轴位于星轮末端, 可以迅速地安上套管, 叉杆在圆环里滑动, 因此, 抛薯叉的工作比较平稳, 马铃薯的损伤及抛散减少, 并保护叉杆不被茎秆缠绕。人们对这些马铃薯挖掘机进行连续不断地改进一直持续到现在。一般说来, 改进的内容包括机具对不同土壤的适应性、减轻重量和降低成本。

至于马铃薯联合收获机, 直到第二次世界大战实际上还未被人所知, 二次大战后, 许多国家农业工人严重短缺——另一种说法认为是自发的——促使人们去设计完善的马铃薯联合收获机。

增加甜菜生产与制糖工业的起源有关 (十九世纪中叶), 需要采用适当的技术手段来加速甜菜收获。约在1866年鲁道夫·赛克 (Rudolph Sack) 设计了一个挖掘甜菜的农具, 这种农具 (图1.14) 有一凿形挖掘器固定在梁上, 类似拔根器, 其宽度较小。挖掘器在甜菜行间深深插入土中, 把甜菜掘起, 以便减轻人工劳动。这种挖掘机只能单行作业, 日生产率相当低 (约1公顷), 而且需要若干匹马来牵引。

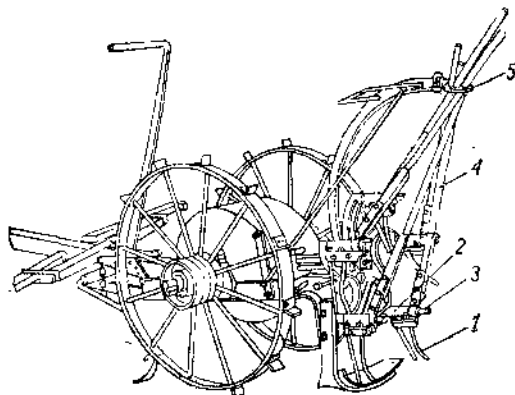


图 1.13 哈德的带导向抛薯叉的马铃薯挖掘机 (1897)  
1—抛薯叉 2—套管 3—枢轴 4—叉杆 5—圆环

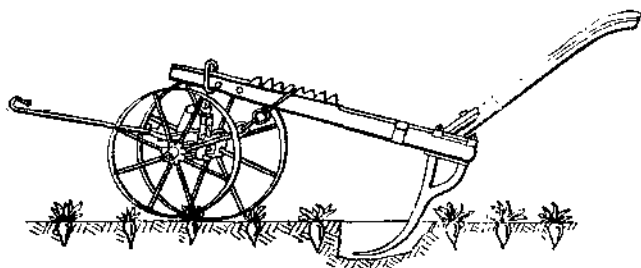


图 1.14 赛克的马拉甜菜挖掘器 (1866)

1861年西得斯勒本 (Siedersleben) 公司设计了双行甜菜挖掘机 (图1.15), 该机有

两个弯曲的凿形挖掘器，行距可以调节，挖掘器铰接在工作架上，工作架由四轮车支承便于机器操向。挖掘器靠绞盘提升。这种农具的生产率比塞克的挖掘器提高一倍，但工作阻力很大，挖掘后松碎的地面使甜菜的运输变得困难。

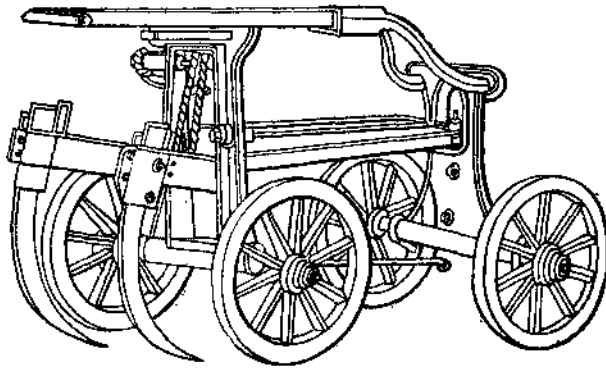


图 1.15 西得斯勒本公司马拉双行甜菜挖掘机 (1861)

1878年，一个名叫保罗·勒克 (Paul Lecq) 的法国人首先设计出能从土壤拔出甜菜的农具。为了拔出甜菜，他采用了向外张开的叉子，工作时，叉子叉入土壤，握住甜菜块根下部并把甜菜拔出放在地面上。勒克的想法被纳斯 (Laass) 公司采用，经改进后生产出一种两行甜菜挖掘机 (图1.16)

该机用曲柄、蜗轮、蜗杆机构提升挖掘叉机架，一个类似的传动装置用于机器操向，该机象蒸汽动力犁那样利用绳索牵引。这种农具受到甜菜种植者的好评。

上述农具只能拔出甜菜，拔出后靠人工切顶。

本世纪初福伦奈特·窝索 (Frennet-Vothier) 设计了一种甜菜挖掘机，这种机器可完成拔取甜菜和切顶两个工序 (图1.17)，机器采用了两个倾斜轮盘，最大甜菜的块根下部为轮盘的工作深度。在两圆盘间适当位置上安装一把切刀用来切去要拔取的甜菜顶部。但是，由于这种机器漏拔的甜菜太多而未被实际采用。

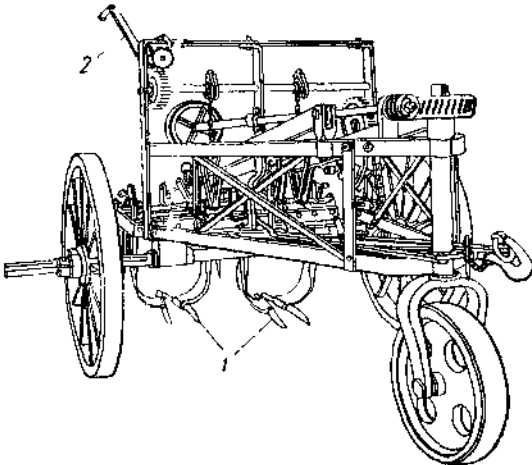


图 1.16 纳斯公司生产的双行甜菜挖掘机  
1—甜菜挖掘叉 2—手摇曲柄

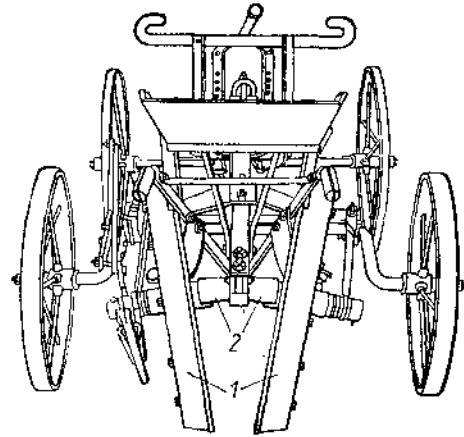


图 1.17 福伦奈特·窝索的甜菜切顶挖掘机  
1—倾斜轮盘 2—切刀

大致在上述机器问世的同时，切尔勒斯·托曼 (Charles Thomann) 设计了一种带有两个导指鼓轮的甜菜挖掘机 (图1.18)。工作时，拔指进入最大甜菜块根下面之后握住甜菜，并把甜菜部分 (稍微) 拔起然后又放开它，位于后面的切刀将其顶部切去。这种特殊机构工作质量令人满意，但成本太高妨碍了它的推广。后来，由于人们不断把先进技术用于甜菜收获机器的改进上，终于给农户生产出目前众所周知的现代化的甜菜联合收获机。

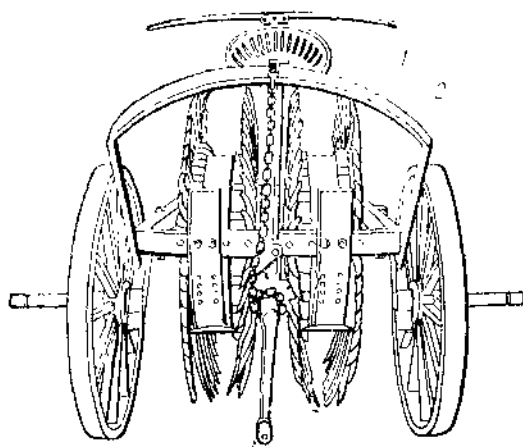


图 1.18 托曼的甜菜切顶挖掘机

1—导指鼓 2—挖掘指

## 1.2 作物收获机械化的优点

为了说明机械化收获优越性，我们对一些重要作业项目的人畜作业、部分机械化和现代化技术所花费的劳动力和作物损失作了对比（图1.19~1.23）。

图中劳动力消耗及生产率是定性的，随着实际工作条件的不同（例如劳动组织、气候、地块大小、地块形状、机具类型、生产率及可靠性）劳动力消耗数值可能与表中数字稍有不同，但它仍然可以说明现代化农业技术提高了劳动生产率，缩短了各项主要作业时间。

例如，对不同方法收获干牧草及蝶形

花冠植物进行的比较可以清楚看出，现代化机械收获劳动生产率比70~80年以前通常使用的方法的劳动生产率提高了四倍，比12年以前使用的方法提高了一倍。现代化收获的巨大优越性还表现在它可以使青饲作物基本营养成分蛋白质的损失减少3/4。

### a. 人——畜动力工艺

完成	1	2	3	4	5	6	7	8
作业	收割	→ 打捆	→ 堆垛	→ 运输	→ 堆垛	→ 脱粒	→ 谷物分离	→ 茎秆堆垛
技术手段	镰刀	人工	人工	马车	草叉	马拉脱粒机	风力清选机	草叉

### b. 部分机械化工艺

技术手段	拖拉机割捆机	人工	拖车	堆垛机	动力脱粒机 结合压捆机	风力清选机	60~90	谷物损失
作业	1+2	3	4	5	6	7	人·时/公顷	11~20%

### c. 谷物和茎秆收获工艺——现代化

技术手段	联合收获机	自动倾卸车 拖车	粮仓	茎秆收获			15~25	谷物损失
				收割机 切碎机	→ 箱式拖车	茎秆(力)输送机		
作业	1+2+3+4+5+6+7			8			人·时/公顷	大约5%

### d. 茎秆收获工艺现代化

技术手段	联合收获机带切碎撒布器	自动倾卸车 拖车	粮仓	6~10	谷物损失
				人·时/公顷	大约5%

→作业顺序 ←两种机器组成单一机组

① 或斗式拖车拾拾压捆

图 1.19 用不同技术手段收获相同谷物量的若干工艺对比表



a. 人——畜动力工艺

完成	1		2		3		4		5		6	50~80	蛋白质损失
作业	收割	→	翻草	→	搂成条铺	→	装车	→	运输	→	堆垛		
技术手段	镰刀		草叉		搂草机		草叉		马车		草叉	人·时/公顷	45~60%

b. 部分机械化工艺

技术手段	马拉或动力割草机	翻草搂草机	捡拾压捆机	拖车	堆垛机	20~25	蛋白质损失
作业	1	2+3	4+5		6		

c. 现代化工艺

技术手段	割草切碎机	翻草搂草机	捡拾装车机	箱式拖车	气力输送机	10~15	蛋白质损失
作业	1	2+3	4+5		6		

→作业顺序      ←两种机器组成单一机组

图 1.20 用不同技术手段收获牧草的若干工艺对比表

a. 人——畜动力工艺

完成	1		2		3		4		5	150~180
作业	收割	→	搂成条铺	→	装车	→	运输	→	切碎	
技术手段	镰刀		搂草机		草叉		马车		马拉切碎机	人·时/公顷

b. 部分机械化工艺

技术手段	马拉或动力割草机	马拉搂草机	草叉	马车	动力切碎机	40~60
作业						人·时/公顷

c. 现代化工艺

技术手段	收割切碎机	箱式拖车	10~15
作业	1+2+3+4+5	4	人·时/公顷

① 带切割装置自动捡拾卸粮的箱式拖车      →作业顺序

←两种机器组成单一机组

图 1.21 用不同技术手段收获青贮饲料的若干工艺对比表

采用现代化技术收获谷物同一百年以前的原始技术相比，劳动生产率提高了14倍，同40年前的收获方法相比提高了三倍<sup>①</sup>。

用原始方法和现代化方法收获豆类作物的对比可以看出，后者劳动生产率提高的倍数与谷物收获相近。

① 引证时间指的是战前波兰农业，其他欧洲国家相应的时间稍有不同。