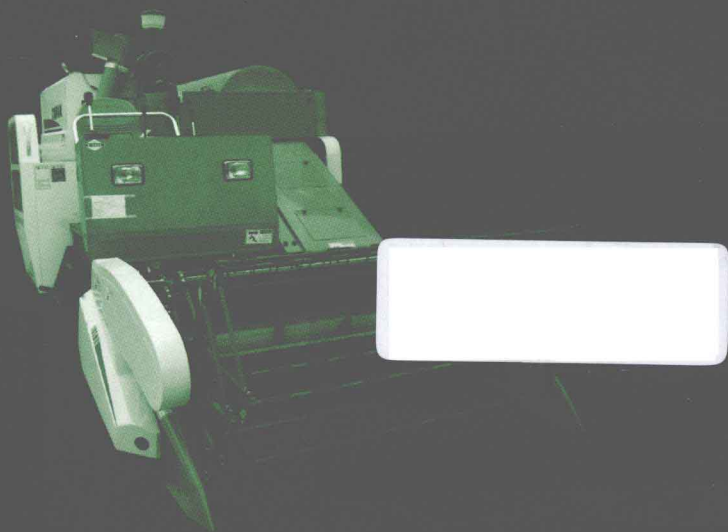


# 农业机械

## 数字化设计技术

陈 志 杨方飞 编著



科学出版社

# 农业机械数字化设计技术

陈 志 杨方飞 编著

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

数字化设计技术涵盖了现代设计的最新技术,成为支持机械产品设计和制造系统创新设计最有效的手段。提高农业机械数字化设计水平,推动数字化设计技术的最新成果在农业机械设计中的应用,缩短与跨国农业装备设计制造企业的差距是本书目的。本书以数字化设计技术为主线,围绕农业机械产品,介绍了数字化设计基础、数字化快速建模技术、计算机辅助概念设计、数字化仿真技术、基于知识工程的数字化设计技术以及产品的数字化管理等内容。

本书可供农业机械行业从事科研、设计、生产的工程技术人员阅读,也可供从事数字化设计技术研究的工作者参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

农业机械数字化设计技术 / 陈志,杨方飞编著. —北京: 科学出版社,2013. 10  
ISBN 978-7-03-038825-4

I. 农… II. ①陈… ②杨… III. 数字技术-应用-农业机械-机械设计  
IV. S220. 2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 240428 号

责任编辑:陈 捷 / 责任校对:宣 慧  
责任印制:张 倩 / 封面设计:蓝正设计

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2013 年 10 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013 年 10 月第一次印刷 印张:18 1/2

字数:373 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 前 言

农业装备是农业工业化和农业现代化的物质基础,是先进农业技术得以有效实施和推广的装备载体。改革开放以来,特别是自 20 世纪 90 年代起,我国农业装备总量稳步增长,农业机械作业水平逐步提高。我国农业机械化的巨大发展,大大提高了农业劳动生产率,提升了农业的综合生产能力,加快了传统农业向现代农业转变,不仅为实现我国农产品供给由长期短缺到总量基本平衡、丰年有余的历史性转变做出了积极贡献,而且也促进了农村产业结构的调整、农村劳动力资源的优化配置和农民收入的提高,增强了农业对国民经济持续、快速、健康发展的支撑能力和保障能力。可以说,农业装备在保障国家粮食安全、增强优势农产品国际竞争力、节约资源、保护环境、实现农业现代化和全面建设小康社会等方面发挥着极其重要的作用。

进入 21 世纪,随着经济全球化趋势的深入发展,面对日趋激烈的市场竞争、快速多变的市场以及对个性化产品越来越多的需求,农业装备设计制造企业想要抓住市场需求的脉搏,在第一时间获得丰厚的利润,关键是能在尽量短的时间内提供满足功能需求的高质量的农业装备产品。因此,农业装备产品的创新能力与快速开发能力成为提高企业竞争力的关键。这就要求产品开发方法、手段的创新,要求人们在产品开发的初期就关心产品生产、使用和报废等生命周期全过程。数字化设计技术的出现,使得产品的快速、高效和优质开发成为可能。

数字化设计技术是基于产品描述的数字化平台,建立基于计算机的数字化产品模型,并在产品开发全程采用,达到减少或避免使用实物模型的一种产品开发技术。数字化设计的目的是通过建立的数字化产品模型,利用数字模拟、仿真、干涉检查、CAE 分析等分析技术,改进和完善设计方案,提高产品开发效率和产品可靠性,并最终为基于网络的全球制造提供数字化产品模型和制造信息。数字化设计技术涵盖了现代设计的最新技术,同时又是现代设计的前提,对其进行深入的研究非常必要。

提高农业机械数字化设计水平,推动数字化设计技术的最新成果在农业机械设计中的应用,发展及利用高新技术提高传统农业机械设计水平,缩短与跨国农业装备设计制造企业的差距是本书的编写目的。本书共分 7 章,具体安排如下:

第 1 章概论,主要介绍农业机械化的重要作用、发展现状,对基于不同设计思想的产品设计过程进行研究,介绍农业机械创新的不同设计类型;对具有代表性的

设计理论进行研究,阐述现代机械的发展方向和主要的设计方法;最后对数字化设计的基础进行论述。

第2章产品的数字化快速建模技术,是数字化设计技术的基础。该章介绍实体模型的三种建模方式,即线框建模、曲面建模、实体建模,对特征建模以及参数化建模进行详细的论述,并对三维数字化设计系统的几何引擎分别进行阐述,最后给出针对联合收割机数字化建模的应用实例。

第3章介绍计算机辅助概念设计。概念设计是一个发散思维和创新设计的过程,是一个求解实现功能的、满足各种技术和经济指标的可能存在的各种方案并最终确定综合最优方案的过程。该章主要对概念设计的模型、概念设计的策略进行研究,对TRIZ理论的原理进行阐述,并应用多种方法对农业机械进行概念设计,对基于功能分解的机械产品概念设计进行研究。

第4章介绍数字化仿真技术。运用数字化仿真技术,可以大大简化机械产品的设计开发过程,大幅缩短产品开发周期,大量减少产品开发费用和成本,显著提高产品质量,提升产品的系统级性能,获得最优化和创新的设计产品。该章重点介绍有限元分析技术、虚拟样机技术及其在农业机械设计过程中的应用。

第5章介绍基于知识工程的产品数字化设计,重点对KBE技术体系的关键技术,即知识系统、知识获取、产品建模和分析技术进行分析;对基于KBE的工程设计方法进行阐述;对基于规则和基于实例的两种推理技术进行研究;针对基于规则的方法在设计领域应用存在的不足,重点研究基于实例推理的设计方法;对基于实例推理的几个主要流程,即实例的存储、实例的检索、实例的调整以及实例的保存进行阐述;最后给出基于CATIA V5平台的KBE设计实例。

第6章介绍支持装配的数字化设计。适于装配的设计作为成功的并行工程实现技术给企业带来了可观的经济效益,近年来备受人们的重视。该章主要介绍支持装配的设计技术现状,对支持装配的计算机支撑系统结构、分析评价、运行模式以及关键技术进行阐述,并给出以“顶层基本骨架”为核心的基于自顶向下的装配设计系统开发过程作为支持装配设计系统的实例。

第7章介绍产品的数字化管理。随着产品设计过程中产生的大量电子化的工程图、技术文档和产品数据信息,如何对其进行有效管理,成为农业装备制造企业关注的问题。该章就产品数据管理(PDM)技术和产品的全生命周期管理(PLM)技术进行详细分析和研究。

在本书编写过程中,作者参考了大量的文献资料,在此谨向原文献作者表示感谢。特别应指出的是,本书部分研究成果是“十一五”国家科技支撑计划“农业装备数字化设计技术研究”课题的研究成果。同时,本书也受到“十二五”科技支撑计划

“农机专业底盘数字化设计与复杂件精益制造”(项目编号:2011BAD20B01)项目的资助。

数字化设计技术研究内容广泛,学科内涵丰富,并且处于快速发展的过程中。由于作者水平所限,书中如有不妥之处,还望读者给予指正。

作者

# 目 录

## 前言

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 概论                       | 1  |
| 1.1 产品设计的研究意义                  | 1  |
| 1.1.1 产品制造业的重要地位               | 1  |
| 1.1.2 产品设计的作用                  | 2  |
| 1.2 农业机械化的重要作用                 | 3  |
| 1.2.1 农业机械化是保障农业发展和粮食安全的重要工程措施 | 3  |
| 1.2.2 农业机械能有效抗御自然灾害            | 5  |
| 1.2.3 农业机械是持续、合理利用农业资源的重要手段    | 6  |
| 1.2.4 农业机械有助于防治农业环境污染          | 8  |
| 1.3 农业机械化的发展现状                 | 9  |
| 1.3.1 农业生产机械化的总类               | 9  |
| 1.3.2 国外农业装备技术发展的现状与趋势         | 11 |
| 1.3.3 我国农业装备技术发展的现状与趋势         | 12 |
| 1.3.4 我国农业装备发展存在的差距与问题         | 13 |
| 1.3.5 农业机械化面临的新形势和新任务          | 15 |
| 1.4 产品的总体设计过程                  | 16 |
| 1.4.1 常规的设计过程                  | 17 |
| 1.4.2 产品质量功能展开的设计过程            | 17 |
| 1.4.3 基于详细分解的设计过程              | 20 |
| 1.4.4 基于系统工程的产品三段设计过程          | 22 |
| 1.5 设计的不同类型                    | 23 |
| 1.5.1 原创性设计                    | 23 |
| 1.5.2 适应性设计                    | 23 |
| 1.5.3 变型性设计                    | 25 |
| 1.6 设计理论的研究                    | 25 |
| 1.6.1 TRIZ 的方法                 | 26 |
| 1.6.2 公理化设计                    | 28 |
| 1.7 现代机械的发展方向及现代设计方法           | 29 |
| 1.7.1 产品广义综合质量的基本内容            | 30 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 1.7.2 现代机械的发展趋向与产品设计方法 .....  | 32         |
| 1.7.3 几种主要设计方法 .....          | 33         |
| 1.8 数字化产品开发基础 .....           | 35         |
| 1.8.1 面向产品创新的数字化产品开发 .....    | 35         |
| 1.8.2 数字化产品开发 .....           | 39         |
| 1.8.3 数字化产品开发的特点 .....        | 40         |
| <b>第2章 产品的数字化快速建模技术 .....</b> | <b>42</b>  |
| 2.1 建模技术发展概况 .....            | 42         |
| 2.2 形体在计算机内的表示 .....          | 43         |
| 2.3 产品几何造型方法 .....            | 46         |
| 2.3.1 线框几何模型结构 .....          | 46         |
| 2.3.2 曲面几何模型结构 .....          | 47         |
| 2.3.3 实体几何模型结构 .....          | 47         |
| 2.3.4 特征造型 .....              | 52         |
| 2.4 参数化设计 .....               | 60         |
| 2.4.1 参数化设计和数据驱动的理论方法 .....   | 60         |
| 2.4.2 支持产品全生命周期参数化设计的研究 ..... | 65         |
| 2.4.3 参数化设计的国际标准 .....        | 66         |
| 2.4.4 二维参数化技术和三维参数化技术 .....   | 68         |
| 2.4.5 参数式系统与变数式系统 .....       | 72         |
| 2.5 特征造型系统基本功能介绍 .....        | 73         |
| 2.5.1 基于特征的建模方法 .....         | 73         |
| 2.5.2 特征种类及其生成方法 .....        | 74         |
| 2.5.3 特征操作 .....              | 84         |
| 2.5.4 设计变量管理 .....            | 87         |
| 2.5.5 特征管理 .....              | 88         |
| 2.6 三维 CAD 系统的几何核心 .....      | 89         |
| 2.6.1 ACIS 开发平台 .....         | 90         |
| 2.6.2 CAS. CADE 平台 .....      | 94         |
| 2.6.3 Parasolid 平台 .....      | 96         |
| 2.7 联合收割机数字化建模应用实例 .....      | 99         |
| 2.7.1 纵向轴流联合收割机简介 .....       | 99         |
| 2.7.2 联合收割机部件及整机数字化建模 .....   | 100        |
| <b>第3章 计算机辅助概念设计 .....</b>    | <b>105</b> |
| 3.1 设计原理构思在概念设计中的作用 .....     | 105        |

---

|              |                          |            |
|--------------|--------------------------|------------|
| 3.2          | 概念设计的内涵 .....            | 106        |
| 3.3          | 概念设计策略 .....             | 107        |
| 3.4          | TRIZ 理论 .....            | 109        |
| 3.4.1        | TRIZ 发明问题的技术冲突解决原理 ..... | 109        |
| 3.4.2        | 冲突解决矩阵 .....             | 111        |
| 3.5          | 农业机械概念设计实例 .....         | 112        |
| 3.5.1        | 头脑风暴法应用实例 .....          | 112        |
| 3.5.2        | 运用 TRIZ 创新设计实例 .....     | 112        |
| 3.5.3        | TRIZ 冲突解决矩阵应用实例 .....    | 113        |
| 3.6          | 概念设计模型问题 .....           | 116        |
| 3.6.1        | 概念设计过程模型 .....           | 116        |
| 3.6.2        | 信息表达模型 .....             | 118        |
| 3.6.3        | 方案生成 .....               | 120        |
| 3.6.4        | 方案选择 .....               | 121        |
| 3.6.5        | 系统开发 .....               | 122        |
| 3.7          | 基于功能分解的机械产品概念设计 .....    | 123        |
| 3.7.1        | 功能参数 .....               | 124        |
| 3.7.2        | 建立概念设计的行为矩阵模型 .....      | 124        |
| 3.7.3        | 功能方法树及多方案产生 .....        | 126        |
| 3.8          | 存在的问题及发展趋势 .....         | 127        |
| 3.8.1        | 存在的主要问题 .....            | 127        |
| 3.8.2        | 未来研究方向和重点 .....          | 128        |
| <b>第 4 章</b> | <b>数字化仿真技术</b> .....     | <b>130</b> |
| 4.1          | 数字化仿真概述 .....            | 130        |
| 4.1.1        | 仿真的分类 .....              | 130        |
| 4.1.2        | 数字化仿真的优点 .....           | 131        |
| 4.1.3        | 数字化仿真的基本步骤 .....         | 131        |
| 4.2          | 有限元分析技术 .....            | 132        |
| 4.2.1        | 有限元法的基本概念 .....          | 132        |
| 4.2.2        | 有限元法的基本原理 .....          | 133        |
| 4.2.3        | 有限元求解的基本步骤 .....         | 142        |
| 4.2.4        | 目前主流的 CAE 软件 .....       | 143        |
| 4.3          | 联合收割机机架的 ANSYS 分析 .....  | 148        |
| 4.3.1        | ANSYS 主要技术特点 .....       | 148        |
| 4.3.2        | ANSYS 结构分析过程 .....       | 149        |

---

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 4.3.3 联合收获机底盘机架结构的动静态特性分析 .....  | 149        |
| 4.4 虚拟样机技术 .....                 | 161        |
| 4.4.1 虚拟样机技术概述 .....             | 161        |
| 4.4.2 虚拟样机软件 ADAMS 及其计算方法 .....  | 162        |
| 4.4.3 联合收获机切割机构的运动仿真 .....       | 168        |
| 4.4.4 自走式喷杆喷雾机整机动态仿真 .....       | 171        |
| 4.4.5 玉米秸秆切割调质刚柔接触仿真 .....       | 181        |
| <b>第5章 基于知识工程的产品数字化设计</b> .....  | <b>199</b> |
| 5.1 KBE 的基本原理 .....              | 199        |
| 5.1.1 KBE 的定义与内涵 .....           | 199        |
| 5.1.2 KBE 的技术体系结构 .....          | 200        |
| 5.2 KBE 的关键技术 .....              | 200        |
| 5.2.1 知识系统 .....                 | 201        |
| 5.2.2 知识获取 .....                 | 201        |
| 5.2.3 产品建模和分析技术 .....            | 202        |
| 5.3 基于 KBE 的工程设计方法 .....         | 202        |
| 5.3.1 工程设计知识及其特点 .....           | 203        |
| 5.3.2 基于知识的表示方法简介 .....          | 204        |
| 5.3.3 设计知识获取与表达的方法和手段 .....      | 205        |
| 5.4 基于知识的推理技术 .....              | 206        |
| 5.4.1 基于规则的推理 .....              | 206        |
| 5.4.2 基于实例的推理 .....              | 207        |
| 5.5 实例的存储 .....                  | 209        |
| 5.5.1 常见的计算机存储实例的组织结构 .....      | 209        |
| 5.5.2 动态存储模型 .....               | 210        |
| 5.6 实例的检索 .....                  | 219        |
| 5.6.1 常用的检索策略 .....              | 219        |
| 5.6.2 基于模糊优先比的相似度量 .....         | 221        |
| 5.7 实例的调整 .....                  | 222        |
| 5.8 实例的保存 .....                  | 223        |
| 5.9 新型纵向轴流联合收获机设计实例 .....        | 223        |
| 5.9.1 设计实例的分级模型 .....            | 223        |
| 5.9.2 设计实例的表示 .....              | 223        |
| 5.9.3 基于设计实例的纵向轴流脱粒部件的实现过程 ..... | 226        |
| 5.10 集成推理策略 .....                | 226        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 5.10.1 集成推理结构模型 .....                | 227        |
| 5.10.2 CNES 求解策略 .....               | 227        |
| 5.11 基于 CATIA V5 平台的 KBE 智能化设计 ..... | 228        |
| 5.11.1 基于 CATIA V5 的知识工程设计 .....     | 228        |
| 5.11.2 基于知识工程的螺栓标准件设计实例 .....        | 229        |
| <b>第 6 章 支持装配的数字化设计</b> .....        | <b>235</b> |
| 6.1 支持装配的设计概述 .....                  | 235        |
| 6.2 支持装配的设计技术现状 .....                | 237        |
| 6.3 基于知识的 DFA 计算机支撑系统结构 .....        | 238        |
| 6.4 DFA 分析评价 .....                   | 240        |
| 6.4.1 DFA 分析评价的主要方法 .....            | 240        |
| 6.4.2 评价方法分类 .....                   | 241        |
| 6.5 DFA 的运行模式 .....                  | 242        |
| 6.6 DFA 中的关键技术研究 .....               | 243        |
| 6.7 基于拆序过程的 DFA 系统设计与开发 .....        | 245        |
| 6.8 自顶向下设计 .....                     | 247        |
| 6.8.1 以“顶层基本骨架”为核心的自顶向下设计 .....      | 247        |
| 6.8.2 自顶向下的装配设计系统研究及实现 .....         | 248        |
| 6.9 虚拟装配技术 .....                     | 252        |
| 6.9.1 虚拟装配技术的概念 .....                | 252        |
| 6.9.2 虚拟装配的研究现状与进展 .....             | 254        |
| 6.9.3 虚拟装配的步骤 .....                  | 256        |
| 6.9.4 虚拟装配应用实例 .....                 | 257        |
| 6.9.5 虚拟装配的发展趋势 .....                | 257        |
| <b>第 7 章 产品的数字化管理</b> .....          | <b>261</b> |
| 7.1 产品数据管理技术 .....                   | 261        |
| 7.1.1 产品数据管理的概述 .....                | 261        |
| 7.1.2 产品数据管理的体系结构 .....              | 263        |
| 7.1.3 产品数据管理系统的主要功能 .....            | 264        |
| 7.2 产品全生命周期管理技术 .....                | 266        |
| 7.2.1 产品全生命周期管理的概述 .....             | 266        |
| 7.2.2 PLM 的体系结构 .....                | 271        |
| 7.2.3 PLM 的主流软件介绍 .....              | 274        |
| <b>参考文献</b> .....                    | <b>278</b> |

# 第 1 章 概 论

产品的设计与制造是人类社会发展永恒的主题,是人类历史发展和文明进步的重要动力。个性化的需求、快速多变的市场以及日益加剧的市场竞争,都要求企业能够快速地抓住市场需求的脉搏,并根据市场需求,快速地提供能够满足需求的产品。

产品的创新能力与快速开发能力是提高企业竞争力的关键。产品在国内外市场中竞争力的强弱,在很大程度上取决于产品的质量(这里所指的是广义质量,即包括 Q、C、T、E、S 等用户对产品的各种要求),而产品的质量是通过精心设计、精益生产和严格管理加以保证的。此外,产品的创新能力已逐渐成为一个企业,甚至是一个国家可持续发展的核心竞争能力之一。1998 年,有德国人这样指出:“德国不能采用产品降价的办法来提高竞争力,要通过持续地创新出其他国家不能有的产品来提高竞争力。”产品的设计是实现产品创新的重要途径,因此,对绝大多数产品来说,产品设计赋予了产品“先天优质、先天优良、先天一般或先天不足”的本质特性。

## 1.1 产品设计的研究意义

### 1.1.1 产品制造业的重要地位

制造业是国民经济的支柱产业。工业装备、农业机械、交通运输、航天、微电子、计算机及武器装备等都依附于制造业。制造业不仅能创造价值、产生物质财富和新的知识,而且能为国民经济各个部门包括国防和科学技术的进步与发展提供先进的手段和装备。

制造业的发展过程经历了由手工制作(20 世纪前)、制造业的泰勒主义(20 世纪初)、高度自动化(20 世纪中期)、柔性自动化和集成化制造(20 世纪中后期)发展到并行工程和敏捷制造(20 世纪后期)乃至当今的智能制造(21 世纪)等阶段。

21 世纪初,我国学术界,特别是经济学界许多学者认为国家现代化的标志是第三产业产值所占的比例,片面强调了发展第三产业,忽视了发展制造业,甚至还有人错误地把制造业称为“夕阳工业”。

其实,最早把制造业称为“夕阳工业”的是美国。早在 20 世纪 70 年代,美国不重视制造业,把制造业称为“夕阳工业”,结果导致美国 20 世纪 80 年代的经济衰退。到了 20 世纪 90 年代,美国白宫科学技术政策办公室发表了总数为 22 项的美

国国家关键技术,其中制造技术占4项,这标志着美国科技政策的转变。美国第42任总统克林顿上台后,美国对制造业大力支持,把先进制造技术列为六大国防关键技术之首,结果在20世纪末期,美国在机械工业、汽车工业、航空工业及信息产业等方面取得了明显的进展,美国的经济连续8年取得了2%~3%的增长率,而且还同时保持低通胀率和低失业率。

为了纠正“过分强调第三产业的作用,而忽视制造业的作用”这一错误观点,中国工程院专门组织了数十名院士对制造业的重大作用作了系统的调查,并在调查报告中指出:中国制造业的生产总值占国民生产总值(GDP)的36%,占整个工业生产的4/5;90%的工业税收来自制造业;贡献出口总额的90%;就业人员8043万,约占90%的工业劳动力;制造业的增加值已居世界第四位(仅次于美国、日本和德国)。由此可看出,制造业处于国家工业的中心地位,是国民经济持续发展的基础,是工业化、现代化建设的发动机和动力源,是在国际竞争中取胜的法宝,是技术进步的主要舞台,是提高人均收入的财源,是国防装备和国家安全的重要保障,是发展现代文明的物质基础。

2006年2月,中华人民共和国国务院公布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》(简称《规划纲要》)。《规划纲要》中将制造业列为国家科技发展的重点领域,将先进制造技术(包括极端制造技术、智能服务机器人、重大产品和重大设施寿命预测技术)列为前沿技术,将极端环境条件下的制造科学基础研究列为面向国家重大战略需求的基础研究;给出的16个重大专项(包括大型飞机、载人航天与探月工程等)全都涉及制造技术和制造装备。温家宝在《规划纲要》发布会上的讲话中还特别将发展重大制造装备列为国家五大战略重点之一。由此看来,中国已将发展制造业作为今后很长一段时间内重要的战略发展方向。

### 1.1.2 产品设计的作用

产品设计是将来自市场的需求经过设计人员的创新思维规划和决策最终形成可用于制造的各种信息,大部分构成竞争力的要素(如产品的结构、性能、质量、成本、交货时间以及可制造性、可维修性、人机关系等因素)都是在产品的设计阶段确定的。产品的功能只可能由设计决定。产品的质量则取决于设计和加工两个方面。制造过程质量控制和控制图往往不能弥补由于产品设计或工艺设计的先天不足而导致的产品质量问题。产品设计对产品质量好坏具有决定性的作用。

研制与开发出工作安全可靠的、具有高技术性能的、经济、耐用的产品的关键在于产品设计工作。产品的设计是产品质量的灵魂。举一个简单的例子,如果一种新产品的设计是落后的,那么在制造过程中花了九牛二虎之力而制造出来的这种产品还是落后的。产品的设计质量是好是坏,可以赋予某种产品“先天特优”、

“先天良好”、“先天一般”和“先天不足”等不同档次的“先天性”的本质特性。由此可见,产品设计在保证产品质量、提高产品在市场中的竞争力等方面起着头等重要的作用。

福特汽车公司的一份报告曾指出,尽管产品设计只占整个成本的5%,但75%的成本却是由设计影响的。波音公司对产品生命周期费用分布发布的研究表明,在早期概念设计阶段将决定产品全生命周期费用的85%左右,但该阶段所占的实际费用却最低(约7%)。日本曾对机械设备发生的故障进行过分析统计,发现因设计造成设备故障的比例占50%,因元件、材料原因造成故障的比例为37%,因制造不良造成设备故障的比例为17%。因此,产品设计不仅能够提高产品的质量,还能缩短产品的开发周期,降低设计与制造成本,满足用户多方面的需求。

## 1.2 农业机械化的重要作用

面对人口增加、需求增长、资源减少、环境恶化等诸多问题,如何保持本国农业的可持续发展已成为国际社会关注的热点。联合国粮农组织在1988年提出了可持续农业的概念,其基本要点是:持续满足目前和世世代代的需要,能较好保护现有资源和环境,技术上适当,经济上有活力,而且社会能够接受的农业。我国的农业科学家根据我国国情,提出了具有中国特色可持续农业的内涵:“以发展农业生产力,对传统农业进行技术改造为主线,将封闭的、低效的、劳动密集的手工操作逐步转变为开放的、高效的、技术与资金密集的机械化、自动化作业,大幅度提高农业土地产出率、劳动生产率、产品商品率和资源利用率”,肯定了农业机械化是中国农业可持续发展的必要条件和重要推动力量。

### 1.2.1 农业机械化是保障农业发展和粮食安全的重要工程措施

#### 1. 农业机械对农产品产出贡献越来越大

在水、化肥、种子、农药等物质要素的综合作用下,农业机械对粮食产量的贡献随着农作物生产机械化水平的提高也相应提高,而畜力的贡献率则相应地减小(见表1.1)。

表 1.1 农机与役畜对粮食产品的贡献率对比

| 年份      | 1990 年 | 1991 年 | 1992 年 | 1993 年 | 1994 年 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 农机贡献率/% | 11.17  | 11.67  | 11.87  | 12.08  | 12.28  |
| 役畜贡献率/% | 5.8    | 5.74   | 5.56   | 5.40   | 5.12   |

1950~1978 年长达 29 年间,我国禽畜饲养业以手工为主,年均肉类产量增加不到 22 万 t。1979~1984 年 6 年间,我国肉类年均增加量提高到 114 万 t。此后,大批禽畜饲养机械、饲料加工机械开发成功并投入使用,大中城市郊区养鸡、养猪、养牛基本实现了机械化,使肉、蛋产量大幅度提高(见表 1.2)。

表 1.2 肉蛋增加量与生产手段的关系

| 年份          | 1950~1978 年 | 1979~1984 年   | 1985~1995 年             |
|-------------|-------------|---------------|-------------------------|
| 肉类年均增加量/万 t | 22          | 114           | 338                     |
| 蛋类年均增加量/万 t |             | 75(1982~1984) | 113                     |
| 主要生产手段      | 人工饲养,传统单一饲料 | 人工饲养,饲料工业开始发展 | 饲料工业及鸡、猪、牛规模化、机械化饲养稳步提高 |

注:按《中国统计年鉴》的统计数据计算。

## 2. 农业机械使农业生产技术创新得以实现

要实现农业的可持续发展,必须不断地进行农业生产技术的创新。而现代农业生产技术已不能用人挑肩扛等手工作业方式实现,必须借助于机械设备。

地膜覆盖栽培技术是近年来发展较快的农业技术创新成果之一,它的大面积推广得益于地膜覆盖机械化技术。机械覆膜与人工作业相比,具有作业效率高十几倍、节约塑料薄膜 5% 以上、每公顷平均作业成本节省 60~150 元、作业质量高的优点。而且,有些覆膜作业,如小麦穴播、长垄地等,用人力很难完成,必须使用机械。

培育并使用优良品种可以使农产品产量大幅度提高,但现代农业技术表明,优良品种直接使用,其增产效果是有限的,只有在种子进行清选、药浸、包衣、催芽等加工后使用才能达到最佳效果。对于一粒一粒的种子来说,这些加工是人力所不能及的,必须依靠种子加工设备。世界农业科学技术的最新发展已经把自动控制技术和信息技术应用于农业生产,要求一穴一粒地精确播种,根据土壤的成分自动配方、精量施用的精确施肥,大面积采用生物防治技术,以及全球卫星定位系统(GPS)和遥感技术(RS)等无一不是依靠农业机械才能实现。

## 3. 农业机械减少了农产品损失

减少农产品损失是从保护已生成的农产品出发,增加农产品有效数量,保证食物安全的重要措施。农作物的人工收获要经过割、捆、运、脱等作业环节,从收到脱总损失率高达 6.8%~10%,机械分段收获与脱粒和联合收获损失率都比人工收获损失少(见表 1.3)。

表 1.3 谷物收获损失率比较

| 收获农艺   | 人工收捆<br>运+机脱 | 机械割晒+人<br>工捆运+机脱 | 小型背负式<br>联合收割机 | 自走式联<br>合收割机 |
|--------|--------------|------------------|----------------|--------------|
| 总损失率/% | 6.8~10       | 5.7~7.5          | 3.0~6.8        | 1.5~2.0      |

我国粮食因产后没有及时干燥导致发芽、霉变的损失一般每年达 500 万 t, 果品和蔬菜产后损失在一些地区高达 20% 以上。大量的农产品损耗在贮存和流通环节上。要保证农产品安全, 必须大力发展农产品干燥、保鲜、贮存、加工机械化和设施化。

#### 4. 农业机械增加了复种指数

我国华北平原地区平均无霜期为 185 天左右, 一年一熟积温有余, 一年两熟积温不足。20 世纪 80 年代以来, 通过培育新品种, 使用联合收割机、耕整地机械和播种机, 把前茬收获和后茬播种这段非生长期作业时间由 20 多天缩短到 7~10 天, 实现了小麦、玉米两年三熟向两茬平作、一年两熟的变革, 两茬作物产量大幅度提高, 每公顷产量大面积稳定在 12t 以上, 没有高效率的农业机械这些是难以实现的。

### 1.2.2 农业机械能有效抗御自然灾害

我国是自然灾害频发的国家, 水、旱、风、雹、霜、病、虫、草、鼠害一应俱全。一般年份水旱灾害发生面积占农田面积的 30%。1950~1995 年平均每年发生水旱灾害 0.31 亿  $\text{hm}^2$  ( $1\text{hm}^2=10^4\text{m}^2$ ), 成灾率 46.8%, 目前正常年景减收粮食达 2600 万 t。另据“八五”期间统计, 平均病、虫、草、鼠害年发生面积达 3.13 亿  $\text{hm}^2$ , 损失粮食 1500 多万 t, 损失棉花 42 万 t。因此, 有效地防灾减灾是我国农业可持续发展的重要内容。

#### 1. 机电排灌减少了旱涝灾害损失

在我国, 占耕地一半的有效灌溉面积上可生产占总产量 80% 的粮食、90% 的棉花、95% 的蔬菜, 耕地大多田高水低, 可以自流灌溉的耕地有限, 多数依靠机电排灌。1995 年与 1952 年相比, 全国有效灌溉面积年均增长速度只有 2%, 机电灌溉面积年均增长达 11% 以上; 相应地, 机电排灌面积占有效灌溉面积的比例, 由 1952 年的 1.6% 提高到 1995 年的 65.3%。排灌机械动力已占农业机械总动力的 1/3, 机电排灌使我国水旱灾成灾率降低 10% 以上, 成为我国抵御旱涝灾害、保证农业稳产丰收的不可缺少的物质投入。

## 2. 机械化旱作农业技术成为无灌溉条件地区抵御干旱的希望

我国有一半耕地属无灌溉条件的旱地,大多干旱缺水,产量低而不稳定。农机和农业科技人员经过多年研究,已成功地推广农业耕作蓄水保墒、覆盖保墒、坐水播种、抗旱保苗和化学剂节水保墒等机械化旱作农业技术,可有效地改善土壤结构,增强蓄水保墒能力,使有限的天然降雨在作物的生长期內均衡利用,增产效果非常显著。

## 3. 植保机械是农作物的保护神

要及时有效地控制病、虫、草、鼠害,必须使用植保机械。机械喷洒农药颗粒均匀,提高了用药的效能,使用药量不断下降。20世纪80年代中期每公顷每次施药量为3.6~4.1kg,90年代中期下降至2.4~2.7kg;另外,植物病虫害发作突然,植保机械的高效率正好满足了及时性要求。统计数据(见表1.4)分析表明,机械植保作业面积与挽回粮食损失呈明显的正相关关系。

表 1.4 机械植保面积与挽回粮棉损失的关系

| 年份                           | 1989 年 | 1990 年 | 1991 年 | 1992 年 | 1993 年 | 1994 年 | 1995 年 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 机械植保面积<br>/万 hm <sup>2</sup> | 1133.2 | 1952.7 | 2388.3 | 2440.4 | 2580.1 | 2650.5 | 2970.1 |
| 挽回粮食损失<br>/万 t               | 3294   | 4062   | 4533   | 3801   | 4189   | 4276   | 5439   |
| 挽回棉花损失<br>/万 t               | 71     | 86     | 91     | 140    | 157    | 165    | 180    |

资料来源:全国农业机械化统计年报。

### 1.2.3 农业机械是持续、合理利用农业资源的重要手段

我国农业自然资源相对稀缺,尤其是人均耕地和人均淡水更少,合理利用农业资源对农业可持续发展具有重要意义。

#### 1. 保护水资源,需要节水机械化

我国是世界上13个贫水国之一,全国年缺水量达500多亿m<sup>3</sup>,近2/3的城市不同程度缺水。从时间分布看,降水年内和年际变化大,60%~80%降水集中在汛期;从空间分布看,呈南多北少、东多西少的分布格局。北方地区国土面积、耕地、人口分别占全国的64%、60%和46%,而水资源量仅占全国的19%。人口增长和