



国内贸易部部编中等专业学校教材

碾米工艺与设备

吴良美 主编

中国财政经济出版社

国内贸易部部编中等专业学校教材

碾米工艺与设备

吴良美 主 编

中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

碾米工艺与设备/吴良美主编. —北京: 中国财政经济出版社, 1998

国内贸易部部编中等专业学校教材

ISBN 7-5005-3920-7

I. 碾… II. 吴… III. ①碾米-生产工艺-专业学校-教材②碾米-设备-专业学校-教材 IV. TS212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 21735 号

中国财政经济出版社 出版

URL: <http://www.cfeph.com>

e-mail: cfeph @ drc. go. cn. net

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京东城大佛寺东街 8 号 邮政编码: 100010

发行处电话: 64033095 财经书店电话: 64033436

清华大学印刷厂印刷 各地新华书店经销

787 × 1092 毫米 16 开 25.75 印张 633 000 字

1998 年 12 月第 1 版 1999 年 5 月北京第 2 次印刷

印数: 3 056—8 065 定价: 34.00 元

ISBN 7-5005-3920-7/TS·0086

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

编 审 说 明

为适应社会主义市场经济新体制的要求，我部于1994年颁发了财经管理类5个专业和理工类7个专业教学计划。1996年初印发了以上12个专业的教学大纲。《碾米工艺与设备》一书是根据粮食饲料加工与储检专业教学计划和教学大纲的要求，结合我国科技进步和财税、金融等改革的情况重新编写的。经审定，现予出版。它是国内贸易部系统中等专业学校必用教材，也可供职业中专、职工中专、电视中专等选用，还可以作为业务岗位培训和广大企业职工自学读物。

本书由江西省粮食学校吴良美主编。参加编写的有：吴良美（绪论、第三、四、五、九、十二章），辽宁省粮食学校贾奎联（第一、七、十一章），黑龙江省粮食学校龚增禄（第二章），云南省粮食学校陈文俊（第六章），浙江省湖州工贸学校李天真（第八、十章）。最后由辽宁省粮食学校姜风芝主审。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者不吝赐教，以便于修订，使之日臻完善。

国内贸易部教育司

1998年2月

目 录

绪 论	(1)
第一章 稻谷的工艺性质	(5)
第一节 稻谷的分类及其籽粒结构	(5)
第二节 稻谷的物理性质	(9)
第三节 稻谷的化学成分	(17)
第二章 稻谷的清理	(24)
第一节 杂质及其清理方法	(24)
第二节 风选	(25)
第三节 筛选	(33)
第四节 干法比重分选	(63)
第五节 磁选	(78)
第三章 稻谷脱壳	(87)
第一节 概述	(87)
第二节 胶辊砻谷机	(89)
第三节 脱壳工艺效果的评定	(126)
第四章 谷壳分离与收集	(129)
第一节 谷壳分离	(129)
第二节 谷壳收集与整理	(136)
第五章 谷糙分离	(139)
第一节 概述	(139)
第二节 谷糙分离平转筛	(141)
第三节 重力谷糙分离机	(157)
第四节 巴基机	(164)
第五节 谷糙分离工艺效果评定	(170)
第六章 碾米	(172)
第一节 概述	(172)
第二节 卧式碾米机	(176)
第三节 喷风碾米机	(196)
第四节 立式碾米机	(205)
第五节 米机的工艺组合	(211)
第六节 碾米工艺效果评定	(214)

第七章 成品及其副产品整理	(219)
第一节 成品整理.....	(219)
第二节 副产品整理.....	(233)
第八章 白米深加工与成品计量包装	(250)
第一节 蒸谷米生产.....	(250)
第二节 水磨米加工.....	(255)
第三节 不淘洗米加工.....	(257)
第四节 强化米加工.....	(261)
第五节 留胚米加工.....	(266)
第六节 增香大米及其他特种米加工.....	(266)
第七节 计量及包装.....	(271)
第九章 工艺流程设计	(290)
第一节 概述.....	(290)
第二节 工艺流程设计的步骤和方法.....	(292)
第三节 工艺流程举例.....	(321)
✓ 第十章 副产品的综合利用	(326)
第一节 稻壳的综合利用.....	(326)
第二节 米糠、米胚芽的综合利用.....	(335)
第三节 碎米的综合利用.....	(344)
第十一章 杂粮加工	(349)
第一节 高粱加工.....	(349)
✓ 第二节 粟加工.....	(356)
第十二章 生产技术管理	(362)
第一节 概述.....	(362)
第二节 操作规程的制定和执行.....	(363)
第三节 劳动组织与劳动保护.....	(365)
第四节 技术测定.....	(367)
第五节 质量管理.....	(369)
第六节 设备管理.....	(378)
第七节 日常生产管理.....	(381)
第八节 节能管理.....	(387)
附录一 我国稻谷的分类与质量标准.....	(394)
附录二 我国大米的分类与质量标准.....	(396)
附录三 各种金属丝筛网的规格.....	(399)
附录四 碾米设备的专业、品种、型式代号及产品规格.....	(404)

绪 论

一、碾米工业在国民经济中的作用和地位

碾米工业是粮食工业一个重要部分。我国历来盛产稻米，历史悠久，品种繁多，分布广泛，面积大，产量高，总产量居世界首位。据 1992 年中国年鉴记载：全国稻谷总产量为 18992.0 万吨，占粮食总产量的 42%。我国丰富的稻谷资源，为碾米工业提供了充足的原料，碾米工业遍及全国城乡各地。

稻谷含有大量淀粉，还有脂肪、蛋白质、维生素、钙、磷等，营养价值较高。既是人民生活的必需品，又是食品工业最主要的基础原料之一。碾米工业的发展，不仅可以满足提高人民生活水平的需要，而且对于促进综合利用及食品工业发展，改变国民经济结构、出口创汇，也是具有重要意义的。

随着我国国民经济的迅速发展，人民生活水平的日益提高，人们对主食的要求已逐步由粗放型转向精细型发展，已从过去的粮食观念向现代化食物观念转变，从单一粮食消费转向多样化食物观念转变。因此，要求稻谷加工企业运用现代化营养学理论和高科技对稻米进行加工利用，生产出更有营养性、方便性、耐贮性的食品。使食品向健康、方便、天然、美味方向发展。稻谷精加工是在粗加工的基础上发展起来的，它是采用更科学的方法将稻谷（或普通大米）制成各种精细、适口，富有营养的特种米。如蒸谷米、免淘米、营养强化米、留胚米、飘香米等。稻谷精加工可以多层次开发利用稻谷加工的各种副产品，大大提高企业的经济效益。随着我国现代化建设的发展，通过“九五”攻关，稻谷精加工必将出现一个崭新的局面。

稻谷加工后得到的副产品有着广泛的用途。稻壳可以加工饲料，作能源，提取化工原料，制造建筑材料，以及用稻壳发电等。米糠榨油后可利用饼粕生产植酸钙、肌醇、谷维素等价值较高的产品。碎米、米粳可以酿酒，制造饴糖等。副产品经综合利用，其经济效益可提高几十倍，这对稻谷增值，提高经济效益，调整农业产业结构，也会起到重要作用。由此可见，碾米工业对保障供给，保证人民身体健康，提高人民生活水平，促进我国现代化建设的作用是巨大的，在我国国民经济中占有重要地位。

二、我国碾米工业发展简史

我国粮食加工有着悠久的历史，应该说加工技术是有基础的，但在旧中国由于保守落后的封建主义制度，使社会生产力得不到发展，稻谷加工技术一直停滞在手工操作的落后状态。鸦片战争以后的一百多年中，我国民族资产阶级在江、浙、粤等沿海产稻区及东北部分地区，先后建立了一些机制米厂，碾米工业有了一些进展，但在帝国主义和官僚资本的压迫

排挤下，设备简陋，技术落后，成品米质量低，花色品种少，等级分得不细，不能满足市场需求。

新中国建立后，碾米工业迅速发展起来。新建了一批中、小型碾米厂，对原有碾米厂进行改建和扩建，对陈旧设备进行更新，加工工艺有了改进，并发展了新技术，提高了机械化水平，改善了工人劳动条件。

建国近 50 年来，碾米工业在国民经济上的地位也发生了较大的变化。总产值和主要经济技术指标都有了较大的提高。在稻谷加工工艺和机械设备的研 究、设计、制造方面取得了显著成绩，有力地推动了生产的发展。碾米机械的生产，不仅能满足国内设备更新和新建厂的需要，而且还有相当数量的供应出口。自 1976 年以来，有关部门还对碾米设备进行了选型、定型、标准化、系列化和通用化工作，为逐步走向专业化协作，定点生产，成套供应，实现碾米工业现代化创造了条件。

此外，很多专家、学者对碾米工业理论进行了深入细致的研究，这对技术革新、新设备研制，以及整个碾米工业的发展起了很大的推动作用。

随着我国农业生产的上升，人民生活水平的提高，消费档次逐渐拉开，市场需求也发生了深刻变化。碾米工业也随之开始向深加工、精加工、综合利用方面发展，研制大众化大米食品，如方便米饭、速煮米等，改变产品结构，增加花色品种，除按质量标准加工普通级大米外，有些米厂还加工出精制米、免淘米、品质改良米、营养强化米、飘香米、配制米、蒸谷米等特种米，同时还兴建一批糠油制取及植酸钙、肌醇、谷维素制取厂（车间），使资源得到充分利用。

三、碾米工业技术发展方向

建国以来，碾米工业虽然有了很大的发展，但在技术水平、产品质量、花色品种等方面，与碾米工业发达国家相比，仍有较大差距。我国大米质量标准规定只有特等、标一、标二、标三四个等级，而国外等级分得细，精度、纯度都较高，糠粉、含碎均少。

我国碾米工厂工艺流程一般较短，设备简单，缺少白米精选工艺，只能生产低精度大米，白米中糠粉、碎米含量也比较高，造成资源的浪费。国外一般采用“多机出白”，米质均匀，含碎米、糠粉少，对白米进行擦光、分级、精选，既提高了产品质量和经济价值，又合理利用了资源。

在技术装备方面，虽然在不断地进步，但与发达国家相比，还有相当大的差距。机械制造水平和材质都差，不能完全满足生产质量较高的成品米的需要，同时还有少数缺口，突出的是设备不完善，效率不高，如碾米厂成品整理设备（精选机、色选机）、白米增香和品质改良设备、配米和碎米提纯设备、高质量大米工业抛光和大米小包装设备等。

我国碾米工业虽然有了很大的发展，但碾米工业技术水平和 管理水平还有待于进一步提高。为了努力开创碾米工业新局面，实现碾米工业现代化，不断满足人民物质生活的需要，碾米工业技术必将不断地进步、发展，其发展方向有如下几点：

（一）制定或修订大米品种质量标准。目前我国现行的大米质量标准制定和发布的时间较早，等级分类和相应的质量标准都还很粗放，缺乏商品意识，如碎米含量不论哪种等级的大米，基本上一样；各种等级的大米含杂量差别也不大，这是根据当时我国国情制订的，随着国民经济的改善和人民生活水平的提高，为了满足人民群众的要求，需要进行科学研究，

需要对大米的品种和质量标准进行修订。适当提高大米的精度和纯度，降低碎米和糠粉含量，这样既可满足市场和不同消费层次的需求，还可促进我国碾米工业的技术进步和企业经济效益的提高。

(二) 努力提高大米纯度，增加和完善稻谷清理设备。改“一机出白”为“多机出白”，增加白米整理设备，为生产优质大米创造条件。积极组织生产高质量的成套设备，加速老厂改造，逐步扩大精米生产。

(三) 继续做好碾米设备选型、定型和标准化工作，继续研制新型的加工设备，如新一代的砻谷机，高效的谷糙分离设备，以及糙米精选机、精碾米机、抛光机、色选机、人造米粒机和包装机等，同时提高胶辊质量，使碾米设备的结构、性能均有较大的提高。

(四) 增加花色品种，繁荣市场，建立生产等级米新概念，在生产等级米基础上，发展生产“专用米”。

(五) 培育人才，发展和壮大技术队伍。为了提高碾米工业的技术水平，必须积极开展技术培训，提高职工的科学技术和文化水平，同时要发展职业技术教育，为碾米工业培养出更多的合格的技术工人。

(六) 适当引进适合我国需要的国外先进的粮食加工设备及工艺技术。引进时要从实际出发，同时要注意引进技术的消化和创新。对于引进技术，一要学，二要用，三要改，四要创，也就是说，对引进的先进技术，要加以消化和吸收，在消化吸收进程中，要充分了解它的长处和短处，取其所长，改其所短，大胆改革，勇于创新，以提高我国自力更生的能力。

(七) 实行产品质量监督，严把质量关。各地应建立健全质量检测机构，加强检测手段，改进检测方法，实现检测手段仪表化、自动化、科学化。加强产品质量管理，逐步开展成品米营养成分分析工作。

(八) 利用高新技术对碾米工业副产品进行深度开发和综合利用，生产出高附加值的产品，增强碾米工业企业的后劲。

(九) 加强环境保护，对“三废”加强治理。工厂“三废”、灰尘及噪音对车间卫生、产品质量、工人身体健康均有一定影响，因此要认真进行治理，使车间卫生符合标准，把噪音控制在允许范围之内，使工人在卫生好、噪音低的环境里工作。

四、本课程主要内容、任务、学习要求和方法

碾米工艺与设备是研究碾米生产技术的一门科学。它以稻谷加工工艺与设备为主要内容，在简述稻谷加工的基本原理和方法，介绍原粮、成品的质量标准及生产进程中的技术要求的基础上，较详细地叙述稻谷的清理、脱壳、谷壳分离、谷糙分离、碾米、成品整理与包装、副产品整理等工序加工设备的结构、性能、工作原理、操作与维护 and 常见故障的排除方法，对工艺流程的设计原则、方法、步骤以及表示方法将进行系统介绍，同时对蒸谷米、营养强化米、配制米及大米精加工、副产品综合利用、杂粮加工以及碾米生产技术管理也将作必要的介绍。

本课程的任务是提供稻谷加工的基本理论知识和基本技能，在最经济的条件下，保证产品质量，提高纯度、出率、产量，降低消耗，降低成本，提供新技术，介绍新设备，促进碾米工业的发展。

通过本课程的学习，要求掌握稻谷的加工、杂粮加工的基本理论，熟悉主要设备的结

构、工作原理、性能、参数、工艺进程以及影响工艺效果的主要因素和操作方法，具有设计工艺流程，进行技术测定，按操作规程组织生产，以及设备选用、维修保养、分析和解决生产一般实际问题和生产技术管理的基本技能。

碾米工艺与设备是一门实践性较强的课程，学习时，要理论联系实际，将理论不断地运用到实际生产中去。同时，要作较多的调查研究，收集先进的技术资料，推广应用新技术、新设备、新成果和先进的操作方法。

第一章 稻谷的工艺性质

稻谷的工艺性质是指稻谷所具有的影响加工工艺效果的性质，主要包括稻谷籽粒的形态结构、物理性质、化学成分和谷粒群体的一些性质等。稻谷的工艺性质直接影响成品大米的质量和出米率。不同品种的稻谷，具有不同的工艺性质，即使同一品种的稻谷，由于生长条件的不同，其工艺性质也有较大差别。因此，我们必须对各种稻谷工艺性质及其对加工工艺效果的影响有比较全面的了解，只有这样才能针对不同特性的稻谷，确定合理的工艺流程和加工方法，选择合适的加工设备，制定相应的操作规程，使生产的大米符合国家质量标准，符合国内外大米市场的质量标准，符合不同消费层次的需求，造福于社会。并在纯度、出米率和产量上有所提高，在电耗和加工成本上有所降低，同时，为了使稻谷资源物尽其用，各地要视稻谷资源、市场需求、饮食习惯等实际情况，搞好大米的深加工和副产品的综合利用，提高企业的经济效益和竞争能力。

第一节 稻谷的分类及其籽粒结构

一、稻谷的分类

稻谷是禾本科草本植物栽培稻的果实，包括颖和颖果。稻谷是我国的主要粮食作物之一，其产量占我国粮食总产量的三分之一以上。稻谷在我国有悠久的种植历史。全国各地区都有种植。稻谷品种繁多，据不完全统计，可达数万个。为了便于稻谷的收购、销售、调拨、储存、加工和流通，国家标准局 1986 年 5 月 6 日发布（1987 年 4 月 1 日实施）《GB1350-86 稻谷》国家标准，该标准中规定，稻谷按粒形和粒质分为籼稻谷、粳稻谷、糯稻谷三类（详见本书附录一）。

我国种植的籼稻谷主要分布在华南热带和淮河、秦岭以南亚热带的平川地区，具有耐热、耐强光的习性。籼稻谷是籼型非糯性稻的果实，籽粒一般呈长椭圆形或细长形，米粒强度低，耐压性能差，因加工时容易产生碎米，出米率较低，蒸煮米饭的粘性较小，而膨胀率较大。粳稻谷主要种植于高寒地区、云贵高原及秦岭、淮河以北地区，具有耐寒、耐弱光的习性。粳稻谷是粳型非糯性稻的果实，籽粒一般呈椭圆形，米粒强度高，耐压性能好，加工时不易产生碎米，出米率较高，蒸煮米饭的粘性较大，而膨胀率较小。糯稻谷是糯性稻的果实，按粒形和粒质可分为籼糯稻谷和粳糯稻谷，米粒均呈乳白色，不透明或半透明，蒸煮米饭的粘性特别大，而膨胀率特别小。

在籼稻谷和粳稻谷中，根据粒质和收获季节的不同又可分为早稻谷和晚稻谷二类。早稻

谷生长期较短，收获期较早，米粒腹白较大，角质粒较少，米质疏松，耐压性差，加工时易产生碎米，出米率低；而晚稻谷生长期较长，收获期较晚，米粒腹白较小，角质粒较多，米粒坚实，耐压性强，加工时产生碎米较少，出米率较高。就同一类型的稻谷而言，一般是早稻谷的品质比晚稻谷差。就米饭的食用品质而言，也是早稻谷比晚稻谷差。如果是不同类型的稻谷，比较其早、晚稻谷的品质，则晚籼稻谷的品质仍然优于早粳稻谷。

上述纳入国家标准的籼稻谷、粳稻谷和糯稻谷，都是指水稻而言。除水稻外，还有在生长中需水量较少，在旱地栽培的稻谷，叫陆稻谷，也称旱稻谷。陆稻谷抗旱性强，成熟早，米粒结构疏松，品质不好，色泽暗淡，食味较差，产量较低，播种面积一直较少，故未纳入国家标准中。

二、稻谷的籽粒结构

稻谷的籽粒结构（即稻谷籽粒的生物学结构）如图 1-1、图 1-2 及图 1-3 所示。主要由颖（稻壳）和颖果（糙米）两部分组成。

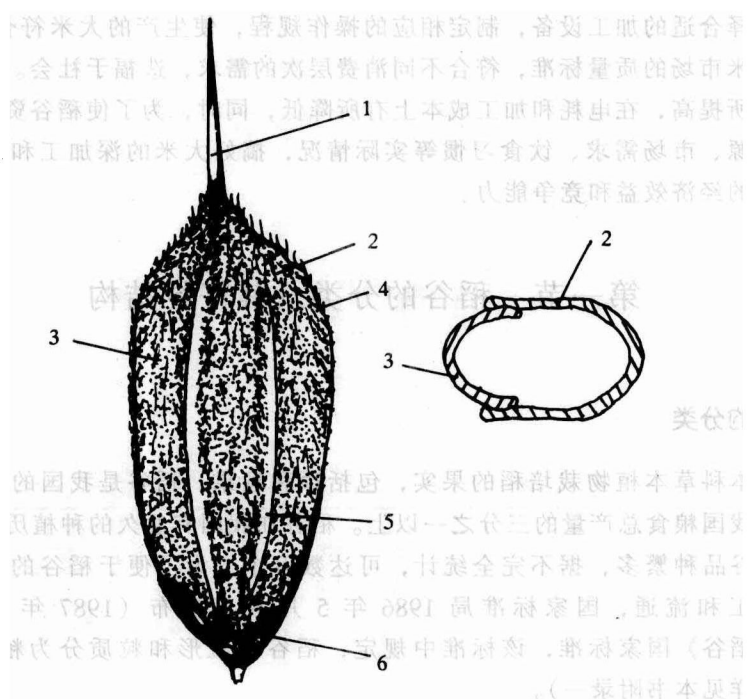


图 1-1 稻颖的结构

1. 芒；2. 外颖；3. 内颖；4. 茸毛；5. 脉；6. 护颖

（一）颖（稻壳）

稻谷的颖包括内颖、外颖、护颖和颖尖（伸长为芒）四部分，如图 1-1 及图 1-2 所示。

内颖亦称“内稃”、“第二颖”。包被稻谷籽粒的较小的一片外壳，外颖亦称“外稃”、“第一颖”。包被稻谷籽粒的较大的一片外壳。内、外颖各一瓣，外颖较内颖略长而大，内、外颖沿边缘卷起成钩状，外颖朝里，内颖朝外，二者相互钩合包住颖果，起着保护颖果的作用。稻谷经着谷机脱壳后，颖即脱落，脱下来的颖通称稻壳，有时也称砻糠、毛糠或大糠。

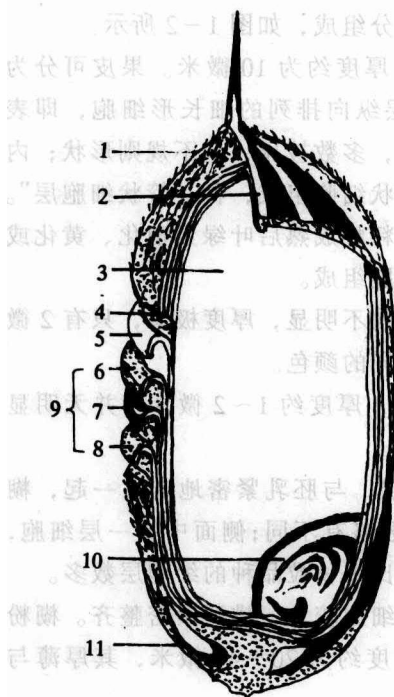


图 1-2 稻谷的结构

1. 外颖；2. 内颖；3. 胚乳；4. 糊粉层；
5. 种皮；6. 内果皮；7. 中果皮；
8. 外果皮；9. 果皮；10. 胚；11. 护颖

(二) 颖果（糙米）

稻谷脱去颖后便是颖果（糙米）。如图 1-2 及图 1-3 所示，颖果主要由皮层、胚乳和胚三部分组成。胚乳占绝大部分。内颖所包裹的一侧（即米粒长胚的另一侧）称为颖果的背部，外颖包裹的一侧（即米粒长胚的一侧）称为颖果的腹部，胚位于下腹部。在胚和胚乳的外面紧密地包裹着皮层。

颖果在未成熟时呈绿色，强度很低，成熟后多为灰白色、淡黄色，表面较平整和光滑，随着稻壳脉纹的棱状突起程度不同，颖果表面形成深浅不同的纵向沟纹，如图 1-3 所示。纵向沟纹共五条，两侧面上各有两条小沟纹，其中，较明显的一条形成于内、外颖的钩合处，另外一条与外颖上最明显的一条脉纹所对应，在颖果的背上还有一条纵向沟纹，称为背沟。糙米沟纹的深浅随稻谷品种的不同而异。它对出米率的高低有一定影响。碾米主要是碾去糙米的皮层，在其他条件相同的情况下，要使糙米去皮程度相同（即大米精度相同），则沟纹越浅，皮层越易碾去，胚乳损失越小，出米率就越高；反之，出米率则低。目前，我国对大米精度等级的鉴别，就是以米粒背沟和粒面留皮的多少来决定的（详见附录二）。

内、外颖表面粗糙，生有许多麻点和针状茸毛。茸毛的疏密和长短因品种而异，一般，籼稻谷的茸毛稀而短，散生在颖面上，粳稻谷的茸毛密而长，多密集于棱上，而且从基部到顶部逐渐增多，顶部的茸毛比基部的长。因此，籼稻谷的表面一般比粳稻谷光滑。内、外颖的厚薄与稻谷的类型、品种、生长条件、成熟及饱满程度等因素有关。一般成熟和饱满程度好的稻谷，颖薄而轻；粳稻谷的颖比籼稻谷的颖薄而轻，且钩合较松，易脱壳；未成熟的稻谷，其颖富于弹性和韧性，不易脱除。

内、外颖基部的两侧生有护颖，护颖是稻谷籽粒基部外侧承托内、外颖壳的两片小颖。托住稻谷籽粒，起保护内、外颖的作用。护颖呈扁平形，一般长 1.5~2.5 毫米，相当于外颖长度的 1/5~1/4。

内、外颖都生有纵向脉纹，外颖有五条，内颖有三条。外颖顶端尖锐，称为颖尖，或伸长成芒，芒是某些稻谷外颖或内、外颖（如双芒稻）顶端或背部由中脉丝状延伸而成的针状尖刺。内颖一般没有芒，粳稻谷长芒者居多，籼稻谷大多无芒。有芒的稻谷容重小，流动性差，较难清理，容易造成加工机器的堵塞。芒的有无及长短，均随品种的不同而异，通过品种的选育，目前有芒品种已逐渐被淘汰。

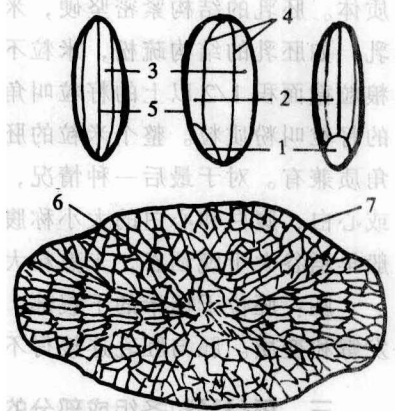


图 1-3 颖果

1. 胚；2. 腹部；3. 背部；4. 小沟；
5. 背沟；6. 胚乳；7. 皮层

糙米由果皮、种皮、珠心层、糊粉层、胚乳、胚等几部分组成，如图 1-2 所示。

果皮：果皮是由原来子房壁老化干缩而成的一个薄层，厚度约为 10 微米。果皮可分为外果皮、中果皮、内果皮。外果皮是果皮的最外层，是一层纵向排列的细长形细胞，即表皮；中果皮是果皮的中层，是由几层纵向排列的细胞所组成，多数被压，呈不规则形状；内果皮是果皮的内层，由一层横向细胞和一层纵向排列的长管状细胞组成，称“管状细胞层”。籽粒未成熟时，由于内果皮中尚含有叶绿素，米粒呈绿色，籽粒成熟后叶绿素消化、黄化或淡褪成玻璃色。果皮中含有较多的纤维素，由粗糙的短形细胞组成。

种皮：种皮在果皮的内侧，由较小的细胞组成。细胞结构不明显，厚度极薄，只有 2 微米左右。有些稻谷的皮层中常含有色素，使糙米呈现各种不同的颜色。

珠心层：珠心层位于种皮和糊粉层之间的折光带，极薄，厚度约 1~2 微米，并无明显的细胞结构。横断面上只是一条无色透明的线。

糊粉层：糊粉层亦称“外胚乳”，位于胚乳组织的最外层，与胚乳紧密地连在一起，糊粉层有 1~7 层细胞，在米粒的不同部位，糊粉层中的细胞层数略有不同；侧面中有一层细胞，腹面则有 1~3 层细胞，而背面约有 5~6 层细胞，粗短粒品种比细长粒品种的细胞层数多。

单层薄膜的糊粉层由富含球蛋白的方形厚壁细胞组成。细胞较大，排列紧密整齐。糊粉层中除含球蛋白外，还含有植酸钙镁及矿物质。糊粉层的厚度约为 20~40 微米，其厚薄与稻谷的品种及环境等因素有关。

果皮、种皮、珠心层、糊粉层统称为糙米的皮层，碾米过程中要部分或全部去除。被碾下的物料统称为米糠，皮层重量占整个籽粒重量的 5.2%~7.5%。

胚乳：胚乳是谷粒最主要的组成部分，重量占整个谷粒的 70% 左右。胚乳由大而充满淀粉粒的呈多面形的薄壁细胞所组成，近于横向排列，并密集地装填有淀粉颗粒和一些蛋白质体。胚乳的结构紧密坚硬，米粒呈半透明状态，断面光滑平整，似角类断面，称为角质胚乳；如胚乳的结构疏松，米粒不透明，断面粗糙呈石灰状，则称为粉质胚乳。角质部分占本粮粒截面积 1/2 以上的籽粒叫角质粒；角质部分占本粮粒截面积二分之一（包括 1/2）以下的籽粒叫粉质粒。整个米粒的胚乳，有的全部为角质，有的全部为粉质，也有的米粒粉质和角质兼有。对于最后一种情况，一般粉质部分多位于米粒的腹部或心部。相应地称其为腹白或心白，腹白和心白的大小称腹白度。腹白度的大小与稻谷的类型、品种、成熟度有关，一般早稻谷大于晚稻谷，未熟粒大于成熟粒。

胚：胚位于糙米的下腹部，其中含有较多的易变酸的脂肪，长期储藏带胚的米粒，容易发霉和变质。胚与胚乳连接得不太紧密，在碾米过程中容易脱落。

三、稻谷籽粒各组成部分的重量比例

根据一般的综合资料记载，稻谷和糙米籽粒各组成部分重量所占的百分率如表 1-1 所示。

表 1-1 稻谷和糙米籽粒各组成部分的重量比例 (%)

	稻 壳	外 糠 层	内 糠 层	胚 乳	胚
稻 谷	18~20	1.2~1.5	4~6	66~70	2~3.5
糙 米	-	2.1	4.7	90.7	2.5

表1-1中的外糠层指果皮和种皮；内糠层指的是珠心层和糊粉层。实际上，稻谷和糙米籽粒各组成部分的重量比例变动很大，它是随着稻谷的类型、品种、土壤、气候及栽培条件的不同而改变的。具体地讲，它是随籽粒的形状、大小、成熟度和饱满度的不同而改变的。研究稻谷籽粒各组成部分的重量比例及其特性，可为稻谷的加工和利用提供理论根据。

第二节 稻谷的物理性质

稻谷的物理性质是指稻谷在加工过程中反映出的多种物理属性，如稻谷的气味、表面状态、形状、粒度、谷壳率、出糙率、比重、千粒重、爆腰率、强度等以及稻谷的一些群体特性：如散落性、静止角、孔隙度、自动分级等。这些物理性质都与稻谷加工的工艺效果有着密切的关系。因此，对它们应有较详细的了解。

一、稻谷的色泽、气味与表面状态

每种粮粒都有其自然的色泽、气味和表面状态，这是它们所固有的特性，也是评定粮粒商品价值和工艺品质的重要方面。

（一）稻谷的色泽和气味

新鲜正常的稻谷应是金黄色，其糙米大都呈蜡白色，表面均富有光泽。当稻谷在成熟、收获期间，遭受自然灾害或在储藏期间保管不善以及烘干温度过高，时间太长等，都将使稻谷产生各种异常颜色，如出现青色米、茶色米、黄变米等，表面无光泽、颜色变暗。稻谷具有特殊的香味，俗称稻谷香，无不良气味。如气味不正常，说明谷粒变质或吸附了其他异味的气体。如稻谷在脱粒、运输过程中，与不洁净场地、工具接触，会使谷粒吸附各种异味。谷粒发热霉变后，常带有霉味、酸味甚至苦味。储藏一段时间的稻谷，气味远比鲜稻谷差，这便是陈化。一般说陈化的稻谷所加工的大米或储藏较久的陈米，已完全丧失新鲜大米的饭香、粘、软的食用品质。在市场经济条件下，陈米的竞争能力很差，因此，对陈米食用品质改良的研究，已成为当前粮食科技战线的一项刻不容缓的重要任务。

总之，凡是不太新鲜的稻谷和糙米都会失去原有的正常光泽和香味。色泽变暗，气味不良，不仅降低原粮和成品粮的商品价值，而且米质差，加工时易产生碎米，出米率低，成品质量不高，米饭食味差。

（二）稻谷的表面状态

稻谷的表面状态是指稻谷表面粗糙或光滑的程度。它对稻谷加工的工艺效果有直接的影响，如表面粗糙的稻谷，脱壳和谷糙分离都比较容易。粳稻谷表面茸毛密而长，较粗糙，摩擦系数大；籼稻谷表面茸毛稀而短，较平整，摩擦系数小，糙米表面均较光滑；所以，粳稻谷的谷糙分离要比籼稻谷的谷糙分离容易些。

二、稻谷的形状、粒度与均匀度

（一）稻谷的形状和粒度

稻谷籽粒的形状为椭圆形，长度大小因类型、品种及生长条件而异。粒度是指稻谷籽粒

长、宽、厚的尺度。籽粒基部到顶端的距离为长度，腹背之间的距离为宽度，两侧之间的距离为厚度。粒度的大小可用长、宽、厚的变化范围或平均值来表示。

稻谷的粒形可根据长宽比例的不同而分为三类：长宽比大于3者为细长粒形；长宽比小于3而大于2者为长粒形；长宽比小于2的为短粒形。我国稻谷籽粒大小如表1-2所示。

从加工角度看，短粒形的稻谷对清理、砻谷、谷糙分离和碾米都较长粒形稻谷容易，且耐压强度大、出米率较高。

(二) 稻谷的均匀度

均匀度是指稻谷籽粒大小一致的程度。可用粒度曲线表示。粒度曲线是将稻谷籽粒按长、宽、厚度的大小（组差0.2毫米）分成若干组，以每组中籽粒所占的百分数为纵坐标，分别以长、宽、厚的尺度为横坐标，绘出的一条代表籽粒分布的曲线，分别称为长度、宽度、厚度的粒度分布曲线。粒度曲线可用游标尺或千分尺测得，也可用筛析法进行测量。图1-4为两种不同厚度稻谷的粒度分布曲线。

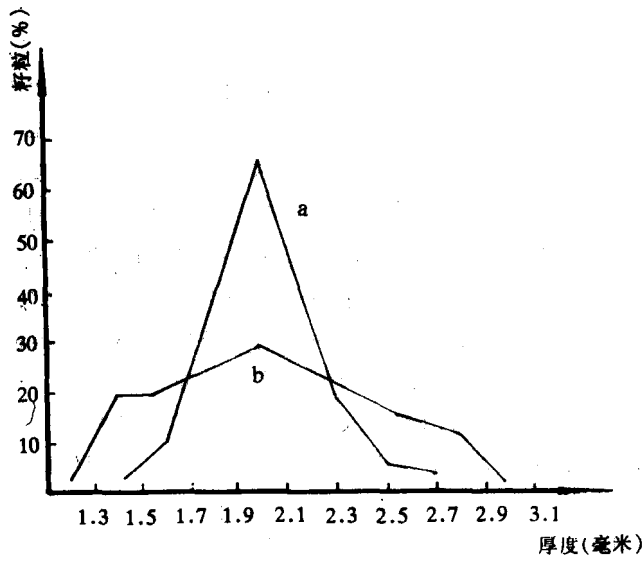


图1-4 两种不同厚度稻谷的粒度分布曲线

不难看出，粒度曲线不仅表示了粒度的大小变化范围，也表示了粒度的分布状况，同时可以看出稻谷的均匀度。曲线越陡，稻谷就越均匀。图1-4中曲线a表明粒度变化范围较小，均匀度高；曲线b则表明均匀度较低。

稻谷的粒度均匀有利于加工，便于设备的调整与操作，成品质量好；若粒度不均匀，会给加工带来许多麻烦，如清理、分级困难，砻谷轧距不好掌握，脱壳率下降，碾米易出现糙白不均，碎米升高，出米率下降等。因此，要求稻谷的类型、品种不互混，对于粒度相差较大的稻谷，最好能分级加工。

三、稻谷的谷壳率与出糙率

稻壳占净谷重量的百分率称为谷壳率。它的大小是随稻谷的类型、品种、粒形、产地、成熟度和饱满度等而变化的。不同粒型稻谷的谷壳率如表 1-3 所示。

总体看,短粒型稻谷的谷壳率低于长粒型稻谷的谷壳率。这种规律同样适合我国的稻谷情况。分析附录一不难得出,我国籼稻谷含壳约为 19%~28%之间,粳稻谷含壳约为 16%~25%,当然,其他条件发生变化时(如生产地区、生长期等),稻壳含量也会变化,如一类地区 and 三类地区同一等级稻谷的谷壳重比例相差 4% 以上。

表 1-3 不同粒型稻谷的谷壳率

类 型	生 产 国 家	谷壳率(湿基)%
短 粒 型	意 大 利	18~20
短 粒 型	法 国	17~24
短 粒 型	美 国	17~20
中长粒型	印 度	16~23
长 粒 型	美 国	20
长 粒 型	菲 律 宾	21~26
长 粒 型	泰 国	20~24

稻谷的出糙率是指一定数量稻谷全部脱壳后所得糙米重量(其中不完善粒折半计算)占稻谷总重的百分率。出糙率的计算公式为:

$$\text{出糙率}(\%) = \frac{\text{糙米总重量} - \text{糙米不完善粒重量} \div 2}{\text{稻谷试样重量}} \times 100\%$$

出糙率不仅与谷壳率有关,同时还与稻谷中不完善粒的数量有关。一般粳稻谷的出糙率大于籼稻谷,早稻谷的出糙率低于晚稻谷,同一类型稻谷的出糙率随产地、成熟度等的变化而有所不同。

谷壳率高的稻谷,千粒重小,稻壳厚且包裹紧密,加工时脱壳困难,出糙率低。谷壳率低的稻谷则相反,加工时脱壳容易,出糙率高。谷壳率与出糙率有一定的对应关系,它们都是评定稻谷工艺品质的重要指标,出糙率是目前我国评定稻等级的依据,见附录一。

四、稻谷的容重、比重与千粒重

(一) 容重

容重是指在一定容积内稻谷的重量,单位是千克/米³(kg/m³)或克/升(g/l)。稻谷及加工产品的容重如表 1-4 所示。容重是谷粒质量的综合指标,它与稻谷的品种类型、成熟程度、水分大小及一些外界因素(如含杂情况、间隙大小等)有关。一般说,籽粒饱满整齐、表面光滑无芒、粒形短圆的稻谷,容重较大;反之则较小。容重可以进行谷堆重量与体积的换算,是设计计算加工及输送设备装载量和仓柜容积的依据。

表 1-4 稻谷及加工产品的容重

名 称	容重(kg/m ³)	名 称	容重(kg/m ³)	名 称	容重(kg/m ³)
无芒梗稻	560	梗糙米	770	大碎米	675
有芒梗稻	512	籼糙米	748	小碎米	365
长芒梗稻	456	梗 米	800	米 糠	274
籼 稻	584	籼 米	780	稻 壳	120