

稻谷加工工程

朱永义 主编

四川科学技术出版社

一九八八年十月

内 容 简 介

本书以单元过程方式，系统地论述了稻谷加工全过程。主要内容包 括：稻谷、成品米和副产品；分选和分离；脱壳；碾米和擦米；计量、包装和储存；工艺流程设计；蒸谷米生产；留胚米生产和白米后加工；副产品的综合利用；生产技术管理。各单元过程以工作原理为主，介绍有关的理论、应用、工作参数的分析与确定及典型设备。本书可作为高等院校粮食工程专业、农产品加工专业的教科书，也可供从事碾米工业的科技人员、生产管理人员和高等院校食品专业及中等粮食专业学校师生参考。

前 言

《稻谷加工工程》是根据当前粮食工程专业教学的需要与广大基层单位的要求，在以往同类型教材基础上，收集了近几年国内外碾米工业的大量科技成果与文献资料，并结合多年来的教学与生产实践编写的。

本书首次以单元过程方式，系统地论述了稻谷加工全过程。主要内容包括：稻谷、成品米和副产品；分选和分离；脱壳；碾米和擦米；计量、包装和储存；工艺流程设计；蒸谷米生产；留胚米生产和白米后加工；副产品的综合利用；技术管理等。

本书在各章、节的叙述上，以工作原理为主，介绍各单元过程的理论、应用、工作参数的分析与确定及典型设备，使读者易于掌握碾米工业的基础理论，并能发挥主观能动性，结合不同的情况和要求加以运用。对食品工业主要原料之一——大米的物理性质、化学性质与食用品质，作了较为详尽的叙述，以适应我国食品工业迅速发展的需要。如何更好地解决成品米包装问题，是广大科技人员面临的一项重要任务，本书结合国内外现状，对此作了较为系统的介绍。此外，为了提高碾米厂的经济效益，书中还介绍了蒸谷米、留胚米、不淘洗米、强化米、高蛋白米粉等的生产工艺与设备以及稻壳、米糠、碎米的综合利用。这些内容都是以往同类型教材中所没有的。

本书由朱永义主编，商业部科学研究院顾尧臣高级工程师审订，余森副编审对全书进行编辑加工。参加本书编写工作的有：朱永义（绪论，第5、6、8、9章，第7章之7.1、7.2、7.3、7.5、7.6）、刘亚伟（第1、4、10章）、阮少兰（第2章）、周立伟（第3章，第7章之7.4）。需要说明的是，商业部已于1985年9月10日发布LS 91—85粮油机械产品型号编制和管理办法（代替SB 1—76），但考虑到目前我国碾米设备的型号、规格，大部分还是采用SB 1—76标准编制的，所以本书未按LS 91—85标准修改，以免引起误解。

本书编写中，承许多专家、学者提供宝贵资料，同意引用、借鉴许多有价值的文献，谨致深厚谢意。

本书编写工作，得到郑州粮食学院张根旺副院长及张忠善、吴厚宽、李仲平等领导同志大力支持、指导和帮助，在此一并致谢。

如果本书能对教学、科研与生产起到一些作用，则是编者所衷心希望的。由于我们水平有限，知识面不广，本书缺点与错误在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

1988年6月

目 录

绪论.....	1
第1章 稻谷、成品米和副产品.....	5
1.1 稻谷	5
1.1.1 稻谷的分类及其籽粒的形态结构	5
1.1.2 稻谷的物理特性.....	8
1.1.3 稻谷的化学特性	11
1.1.4 稻谷加工过程中营养成分的损失	16
1.2 净谷与在制品	16
1.2.1 净谷	16
1.2.2 在制品	17
1.3 成品米	19
1.3.1 大米的分类与质量	19
1.3.2 大米的物理化学特性	19
1.3.3 大米的营养成分分布	20
1.3.4 大米的食用品质	22
1.4 副产品	25
1.4.1 稻壳	25
1.4.2 米糠	26
1.4.3 碎米	29
第2章 分选和分离.....	30
2.1 分选和分离工艺效果的评定	30
2.1.1 设备进出口物料平衡	30
2.1.2 稻谷提取率	31
2.1.3 杂质去除率	31
2.2 风选	32
2.2.1 风选的基本原理	32
2.2.2 风选的应用	34
2.2.3 风选设备主要工作参数的分析与确定	34
2.2.4 典型风选设备	35
2.3 筛选	39
2.3.1 筛选的基本原理	39
2.3.2 筛选的应用	45

2.3.3	筛选设备主要工作参数的分析与确定	46
2.3.4	典型筛选设备	77
2.4	比重分离	101
2.4.1	比重分离的基本原理	101
2.4.2	比重分离的应用	102
2.4.3	比重分离设备主要工作参数的分析与确定	103
2.4.4	典型比重分离设备	106
2.5	弹性分离	117
2.5.1	弹性分离的基本原理	117
2.5.2	弹性分离的应用	118
2.5.3	弹性分离设备主要工作参数的分析与确定	118
2.5.4	典型弹性分离设备	119
2.6	长度分离	122
2.6.1	长度分离的基本原理	122
2.6.2	长度分离的应用	123
2.6.3	长度分离设备主要工作参数的分析与确定	123
2.6.4	典型长度分离设备	126
2.7	磁选	128
2.7.1	磁选的基本原理	128
2.7.2	磁选的应用	130
2.7.3	典型磁选设备	131
2.8	色选	133
2.8.1	色选的基本原理	133
2.8.2	色选的应用	133
2.8.3	典型色选设备	133
2.9	组合分离设备	133
2.9.1	筛选去石组合机	134
2.9.2	分级比重去石机	136
第3章	脱壳	139
3.1	脱壳工艺效果的评定	139
3.1.1	脱壳率与脱壳率波动度	139
3.1.2	糙碎率	140
3.1.3	胶耗	140
3.1.4	产量与电耗	141
3.2	挤压搓撕脱壳	141
3.2.1	挤压搓撕脱壳的基本原理	141
3.2.2	挤压搓撕脱壳过程的分析	142

3.2.3	挤压搓撕脱壳设备主要工作参数的分析与确定	146
3.2.4	典型挤压搓撕脱壳设备	151
3.3	端压搓撕脱壳	163
3.3.1	端压搓撕脱壳的基本原理	163
3.3.2	端压搓撕脱壳过程的分析	163
3.3.3	端压搓撕脱壳设备主要工作参数的分析与确定	166
3.3.4	典型端压搓撕脱壳设备	166
第4章	碾米和糠米	169
4.1	碾米工艺效果的评定	169
4.1.1	精度	169
4.1.2	碾减率	170
4.1.3	含碎率、增碎率与完整率	170
4.1.4	糙出白率与糙出整米率	171
4.1.5	含糠率	172
4.2	碾米的方法与基本原理	172
4.2.1	碾米方法	172
4.2.2	碾米的基本原理	173
4.3	碾米设备主要工作参数的分析与确定	175
4.3.1	米粒在碾白室内的运动状态	175
4.3.2	米粒在碾白室内的受压状态	175
4.3.3	单位产量碾白运动面积	177
4.3.4	加速度系数	178
4.3.5	碾白室主要工作参数的分析与确定	178
4.4	喷风碾米	188
4.4.1	喷风的作用	188
4.4.2	进风方式与喷风主要构件	189
4.5	影响碾米工艺效果的因素	190
4.5.1	碾白道数和出糠比例	190
4.5.2	碾白时间	191
4.5.3	相对湿度	191
4.5.4	助碾剂的使用	192
4.6	擦米	192
4.6.1	立式擦米机	192
4.6.2	横式擦米机	193
4.7	典型碾米设备	194
4.7.1	铁辊碾米机	194
4.7.2	30-5 A双辊碾米机	195

4.7.3 NS型螺旋槽砂辊碾米机	198
4.7.4 喷风碾米机	201
4.7.5 国外的碾米机	206
第5章 计量、包装和储存	209
5.1 计量	209
5.1.1 机械自动秤的原理	209
5.1.2 机械自动秤的计量性能	210
5.1.3 典型机械自动秤	216
5.2 包装	224
5.2.1 包装材料与容器	224
5.2.2 包装方法	230
5.2.3 典型包装设备	232
5.3 储存	236
5.3.1 房式仓储存	236
5.3.2 立体自动化仓库储存	237
第6章 工艺流程设计	239
6.1 概述	239
6.1.1 大米生产工艺流程	239
6.1.2 工艺流程设计的重要性	240
6.1.3 工艺流程设计的要求与依据	241
6.2 资料的收集与整理	242
6.3 原粮接收、储存与发放的设计	243
6.3.1 原粮的接收	243
6.3.2 原粮的储存与发放	247
6.4 工序设计	249
6.4.1 清理工段工序	249
6.4.2 砻谷工段工序	251
6.4.3 碾米工段工序	252
6.4.4 工序设计内容	253
6.5 工艺组织设计	255
6.5.1 组织工艺流程, 绘制工艺流程草图	255
6.5.2 确定设备技术参数、流量定额与操作指标	261
6.5.3 流量与设备数量的计算	264
6.6 绘制工艺流程图	269
6.7 编写设计说明书	271
6.8 工艺流程举例	272
6.8.1 小型组合碾米设备工艺流程	272

6.8.2	日产50吨大米成套碾米设备工艺流程	273
6.8.3	日产240吨大米厂工艺流程	273
第7章	蒸谷米(半煮米)生产	276
7.1	清理与分级	277
7.1.1	清理	277
7.1.2	分级	277
7.2	浸泡	278
7.2.1	浸泡的目的与方法	278
7.2.2	稻谷在浸泡过程中的变化	278
7.2.3	浸泡工艺参数的分析与确定	281
7.2.4	典型浸泡设备	282
7.3	汽蒸	283
7.3.1	汽蒸的目的与方法	283
7.3.2	稻谷在汽蒸过程中的变化	283
7.3.3	汽蒸工艺参数的分析与确定	284
7.3.4	典型汽蒸设备	285
7.4	干燥与冷却	287
7.4.1	干燥、冷却的目的与方法	287
7.4.2	稻谷在干燥、冷却过程中的变化	288
7.4.3	干燥、冷却工艺参数的分析与确定	289
7.4.4	典型干燥、冷却设备	290
7.5	碾制	293
7.6	蒸谷米生产工艺流程举例	294
7.6.1	我国稻谷水热处理工艺流程	294
7.6.2	国外稻谷水热处理工艺流程	295
第8章	留胚米生产和白米后加工	298
8.1	留胚米生产	298
8.1.1	概述	298
8.1.2	留胚米生产方法	298
8.2	不淘洗米生产	301
8.2.1	概述	301
8.2.2	不淘洗米生产方法	302
8.3	深碾	305
8.4	强化米生产	306
8.4.1	概述	306
8.4.2	强化米生产方法	307
第9章	副产品的综合利用	312

9.1 稻壳的综合利用	312
9.1.1 加工饲料	312
9.1.2 作能源	316
9.1.3 制作建筑材料	320
9.1.4 制取化工原料	322
9.1.5 其他	323
9.2 米糠的综合利用	325
9.2.1 米糠油的生产	325
9.2.2 糠蜡的制取	327
9.2.3 谷维素的制取	328
9.2.4 谷甾醇的制取	329
9.2.5 植酸钙与肌醇的制取	330
9.2.6 酿酒	332
9.2.7 制醋	333
9.2.8 制饮料	334
9.2.9 其他	335
9.3 碎米的综合利用	335
9.3.1 生产高蛋白米粉	335
9.3.2 制饮料	336
9.3.3 酿酒	336
第10章 生产技术管理	338
10.1 劳动组织与劳动保护	338
10.1.1 劳动组织	338
10.1.2 劳动保护	339
10.2 工艺管理	340
10.2.1 工艺准备工作	340
10.2.2 技术测定工作	341
10.3 质量管理	344
10.3.1 产品质量与工作质量	344
10.3.2 全面质量管理的特点	344
10.3.3 质量检验	344
10.3.4 产品质量分析	349
10.4 设备管理	351
10.4.1 设备的合理使用	351
10.4.2 设备的维护保养	351
10.4.3 设备的检修	352
10.4.4 设备的更新	352

10.5 日常生产管理.....	353
10.5.1 编制生产作业计划.....	353
10.5.2 生产调度工作.....	354
10.5.3 日常交接班工作.....	355
10.5.4 经济核算与分析.....	355
10.6 技术革新、技术改造与技术引进.....	355
10.6.1 技术革新与技术改造.....	355
10.6.2 技术引进.....	357

附录

我国稻谷的分类与质量标准.....	359
国外稻谷的分类与质量标准.....	360
我国糙米的分类与质量标准.....	361
国外糙米的分类与质量标准.....	363
我国大米的分类与质量标准.....	364
国外大米的分类与质量标准.....	367
各种金属丝筛网的规格.....	369
碾米设备的专业、品种、型式代号及产品规格.....	372
主要参考文献.....	375

绪 论

稻谷加工工业在国民经济中的地位

稻谷加工工业是粮食工业的一个重要组成部分。粮食是一个民族能够生存和发展的必要条件,粮食工业是与人类一同永存的。无论未来的科学技术如何先进,都不可能取消粮食工业,而只能促进其提高和发展。

当前,世界上所有农业发达国家,已把现代农业划分为农业产前、产中、产后三个重要领域。三者有机结合,协调发展,相互制约和促进。在三者的比例关系上,产中部门的比重逐步缩小,产后部门的比重相应扩大。在产后部门的发展中,农产品加工已作为一个新型产业部门蓬勃发展。很多国家非常重视对种植业、林业、畜牧业与渔业(水产)的初级产品进行粗加工和精加工,并开发出许多使用价值大、经济效益高的产品。

稻谷的粗加工也称为初级加工、一般加工,它是采用常规方法将稻谷制成符合一定质量标准的食用大米(普通大米)。稻谷粗加工过程主要由清理、砻谷及砻下物分离、碾米及成品整理三大部分组成。清理的任务,是根据稻谷与杂质的物理性质不同,利用合适的设备,通过适当的工艺路线及妥善的操作方法,将混入稻谷中的杂质除去,以利于安全生产,保证成品米质量。清理一般包括初清、除稗、去石、磁选等工序。砻谷及砻下物分离的任务,是将清理后的稻谷进行脱壳,并使糙米从砻下物中分离出来,以便于碾制。砻谷及砻下物分离常包括砻谷、稻壳分离和谷糙分离三个工序。碾米及成品整理的任务,是将糙米碾制成符合精度要求的白米,并通过成品整理使其达到所要求的质量标准。碾米及成品整理常包括碾米、擦米、白米分级等工序。

随着我国人民生活水平的提高,人们对主食的要求已逐步由粗放型转向精细型,因此,稻谷精加工便应运而生。稻谷精加工是在粗加工的基础上发展起来的,它是采用一定的方法将稻谷(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、留胚米、不淘洗米、强化米等。稻谷精加工不仅可以推动稻谷加工工业的技术改造与技术革新,而且可以多层次地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。随着我国四个现代化建设的进展,稻谷精加工必将出现一个新局面。

我国的稻谷生产在世界上居于主要地位,历史悠久,分布广泛,面积大,产量高。种植面积仅次于印度,居世界第二位;总产量居世界首位,约占 $1/3$;单位面积产量也在世界先进行列。近几年我国稻谷产量如下:1981年,14396万吨;1982年,16160万吨;1983年,16887万吨;1984年,17826万吨;1985年,16857万吨(《1949~1985 中华人民共和国资料手册》)。稻谷资源十分丰富,为我国稻谷加工工业提供了充足的原料。

稻谷加工后所得的大米,营养价值较高。与其他谷物相比较,大米所含的粗纤维最少,各种营养成分的消化率和吸收率高。大米的蛋白质含量虽然较低,但其生物价可与大豆相

媲美,在以大米为主食的人们所摄取的蛋白质中,有25~35%来自大米。大米既是我国2/3人口的主要食粮,又是食品工业最主要的基础原料之一。《1981~2000年全国食品工业发展纲要》指出,到2000年,我国食品工业总产值达3,000亿元,比1980年提高2.3倍。食品工业总产值占全国工业总产值的比重,将从1980年的11%上升到15%。稻谷加工工业的发展,不仅可以满足提高人民生活水平的需要,而且对于促进食品工业发展,改变国民经济结构,也是具有重要意义的。

此外,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、制造建筑材料等。米糠可以榨油、制取药品、制造饮料及米糠食品等。副产品的综合利用,对稻谷的增值,提高企业经济效益,调整农业产业结构,也会起到重要的作用。

稻谷加工工业发展简史

根据文献记载,我国粮食加工已有4,000多年的悠久历史。新石器时代我国就出现了农业,当时栽培的作物有稻、黍、麦、稷、菽等,在江苏、浙江、安徽、湖北、河南等地的新石器时代遗址中都发现了稻粒和稻壳,并且还发现了杵和石臼等舂米工具。

在明代宋应星著的《天工开物》第四卷《粹精·攻稻》中,总结了稻谷加工的经验,“凡稻去壳用砮,去膜用舂、用碾。……凡既砮,则风扇以去糠粃,倾入筛中团转。谷未剖破者浮出筛面,重复入砮……凡稻米既筛之后,入臼而舂……”这不仅阐明了砮谷和碾米分开进行,而且提出了谷糙分离的加工工序,充分说明了当时稻谷加工技术已经发展到了相当的水平。

我国稻谷加工技术虽然早有基础,但由于落后保守的封建主义社会制度,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,稻谷加工技术有了一些发展。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,不能满足市场需要。

新中国建立以后,新建了一批中、小型碾米厂,原有的碾米厂也进行了改建和扩建,并发展了新技术,提高了机械化水平,改善了工人劳动条件。

与此同时,大力进行了稻谷加工工艺和设备的研究、设计、制造,取得了显著成绩,有力地推动了生产发展。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,而且每年还有相当数量供应出口。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,为逐步走向专业协作,实现定点生产,成套供应,实现碾米工业现代化创造了条件。

此外,许多专家、学者对稻谷加工的理论进行了大量的、深入细致的研究,尤其是“米粒流体”新概念的出现,不仅是分析糙米碾白的理论基础,而且为研制碾米机新产品提供了有力的根据,对碾米工业的发展起了很大的推动作用。

党的十一届三中全会以来,随着我国农业生产的上升,稻谷加工开始向深度加工、综合利用方面发展,提倡联合经营。除利用大米生产传统的名优特产食品外,还开展深度加工,研

制大众化的食品品种，如方便米饭、米面包、米面食品和饮料等。针对大米籽粒结构化学成分分布状况，通过分层碾磨、强化营养素等方法，加工出不淘洗米、强化米、膨化米等特殊米。

稻谷加工工业技术进步的方向

建国以来，稻谷加工技术虽然有了很大发展，但在技术水平和产品质量、品种等方面，与工业发达国家相比，仍有较大差距。

我国大米质量标准，规定有特等、标一、标二、标三四个等级。对加工精度要求，规定粒面还不同程度地留有部分皮层，如特等米规定“背沟有皮，粒面米皮基本去净的占85%以上”；标二米规定“背沟有皮，粒面留皮不超过 $1/3$ 的占75%以上”。根据大米的品种和等级，还分别规定含糠粉0.15~0.25%，含碎米15~35%。生产的大米，主要是标一米、标二米。而国外对大米的精度、纯度的要求很高，一般要求大米表面不留皮，含糠粉0.05%以下，含碎米5%以下，等级分得也细。

我国碾米厂目前的工艺流程一般较短，设备简单。虽然大多数碾米厂已采用先砻后碾的工艺，但仍有少数地区采用稻谷直接碾米的工艺，其产品质量和出品率均很低。碾米工序，由于长期着眼于提高产量，五十年代总结的“多机轻碾”经验已被“一机出白”所代替。普遍缺少白米分级和精选工艺，只能生产低精度的大米。白米中糠粉和碎米的含量也较高，浪费了资源。国外一般采用“多机出白”，米质精度均匀，含糠粉少；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。

目前，我国稻谷加工的技术装备，主要依靠国产设备，技术装备的水平虽然不断有所提高，但一般仍为工业发达国家五十年代或六十年代的水平，少数设备达到七十年代的水平。加工设备的质量和品种不能完全适应生产质量较高的成品米的需要，在白米整理、分级、精选方面需要充实、加强。

稻谷加工工业技术进步的方向有以下几点：

①制订或修订大米品种和质量标准。我国大米绝大部分是消费在传统主食米饭上，不同的品种、不同的加工方法，其成品米所做的米饭是不同的。我国人口众多，各地食用习惯也不相同，米饭有蒸的和煮的、有硬的和软的、有粘的和不粘的。应当以这些情况为基础来发展稻谷加工工业，开展科学研究。为了适应人民群众消费大米的不同要求，需要在现有标准的基础上，对大米的品种和质量标准进行增订和修订。内容有：增加碎米含量在5%上下的几种特级米；碎米含量指标要随大米等级不同而异；糠粉含量从0.1~0.2%减少到0.05%左右，使大米更为纯净，少淘洗或不淘洗；增加蛋白质含量指标；增加蒸煮性能指标等。

②努力提高大米纯度。增加和完善稻谷清理设备，采用先砻谷后碾米的工艺，淘汰直接以稻谷碾米的工艺，逐步将“一机出白”改为“多机出白”，增加白米整理设备，为生产优质大米创造必要的技术条件。积极组织生产成套碾米设备，加速老厂改造，逐步扩大精米生产。

③继续做好稻谷加工设备的标准化、系列化、通用化工作。继续研制新型加工设备，如高效谷糙分离装置、白米精选装置、强化米喷涂搅拌装置、色选机以及提高胶辊、米筛的质量。

此外，还应研制成品米小包装设备，以减轻劳动强度，保持成品米品质。

④发展壮大技术队伍，积极开展技术培训，提高职工的科学技术和文化水平。科学研究是促进稻谷加工技术发展的关键，因此应大力开展科学研究。

⑤实行产品质量监督，严格把好质量关。要在全中国建立若干检测中心，各地应建立和健全质量检测机构，加强检测手段，改进检测方法，逐步实现检测手段仪表化、科学化。加强对优质（信得过）产品的评比和管理。逐步开展成品米营养成分的分析研究。

⑥认真贯彻政府有关环境保护法令。对工厂的“三废”及灰尘认真进行治理，要做到符合车间卫生和排放标准。要采取积极措施，把噪音控制在允许范围内，保持环境卫生，保护人民的身体健康。

第1章 稻谷、成品米和副产品

了解稻谷、净谷、在制品、成品米及副产品的物理性质、化学性质和某些其他方面的特性，对于充分、合理地利用稻谷，设计工艺流程，开发新产品等，都是至关重要的。

正如绪论所述，稻谷加工过程一般包括清理、砻谷及砻下物分离、碾米及成品整理。显而易见，使用的原料稻谷中，常含有多种杂质，经过清理以后，杂质减少到一定限量以下的稻谷便是净谷；处在从脱壳以后到制成成品米之前加工过程中的，称为在制品。

1.1 稻 谷

稻谷本身的性质决定了加工和利用的多样化。稻谷的性质主要指稻谷的工艺性质，即那些影响稻谷加工工艺效果的特性，其中包括稻谷籽粒的形态结构、物理及化学特性和谷粒群体的一些特性等。

1.1.1 稻谷的分类及其籽粒的形态结构

1.1.1.1 稻谷的分类

稻谷是我国的主要粮食作物之一，具有悠久的种植历史，全国各地区都有种植。经几千年的培育与选种，全国稻谷品种繁多，据不完全统计，可达4万~5万个。

根据我国国家标准局1986年5月6日发布的“粮食、油料和食用植物油”国家标准(GB 1350—86)中，稻谷按粒形和粒质分为籼稻谷、粳稻谷、糯稻谷三类(见本书附录359页)。

籼稻谷籽粒细而长，呈长椭圆形或细长形，米粒强度小，耐压性能差，加工时容易产生碎米，出米率较低，米饭胀性较大，而粘性较小。粳稻谷籽粒短而阔，较厚，呈椭圆形或卵圆形，米粒强度大，耐压性能好，加工时不易产生碎米，出米率较高，米饭胀性较小，而粘性较大。

在籼稻谷和粳稻谷中，根据粒质和收获季节又可分为早稻谷和晚稻谷二类。就同一类型稻谷而言，一般是早稻谷米粒腹白较大，硬质粒少，品质比晚稻谷差。早稻谷米质疏松，耐压性差，加工时易产生碎米，出米率较低。晚稻谷米质坚实，耐压性强，加工时产生碎米较少，出米率较高。就米饭的食味而言，也是早稻谷比晚稻谷差。如果是不同类型的稻谷，比较早、晚稻谷的品质，则晚籼稻谷的品质仍然优于早粳稻谷。

糯稻谷米粒呈乳白色，不透明或半透明，粘性大，按粒形也可分为籼糯稻谷(稻粒一般呈长椭圆形或细长形)和粳糯稻谷(稻粒一般呈椭圆形)。

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。除水稻以外，还有生长期中需水量较少、种植于旱地的陆稻，又称旱稻。陆稻抗旱性强，成熟早，米粒结构疏松，品质不好，色泽暗淡，食味较差，产量也较低，播种面积一直较少，故未纳入国家标准

中。

1.1.1.2 稻谷籽粒的形态结构

稻谷籽粒的外形与结构分别如图 1—1、图 1—2 所示。稻谷主要由颖（稻壳）和颖果（糙米）两部分组成。

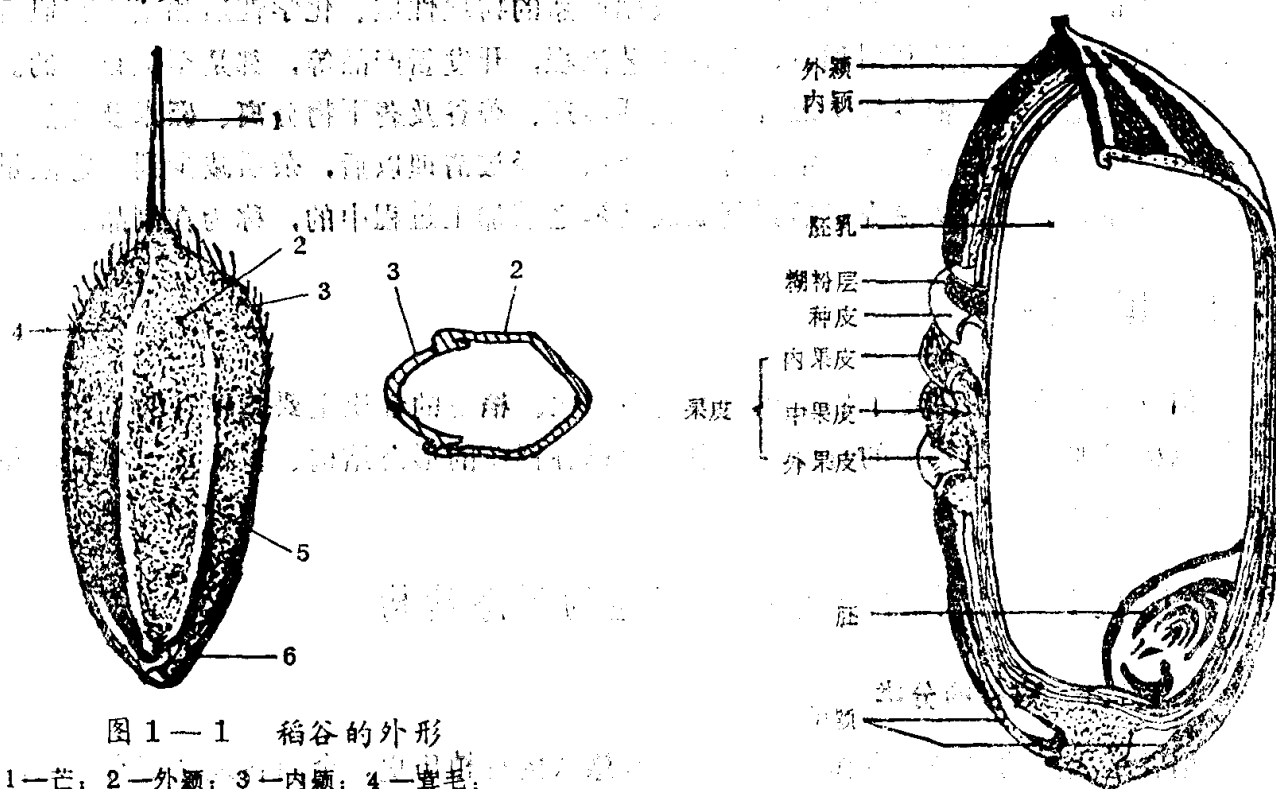


图 1—1 稻谷的外形

1—芒；2—外颖；3—内颖；4—茸毛；
5—脉；6—护颖

图 1—2 稻谷的结构

A 颖

稻谷的颖包括内颖、外颖、护颖和颖尖（颖尖伸长为芒）四部分。外颖较内颖略长而大。内、外颖沿边缘卷起成钩状，互相钩合包住颖果，起保护颖果作用，经脱壳机械加工后，脱下来的颖壳称为稻壳或大糠、碧糠。

颖的表面生有针状或钩状茸毛，茸毛的疏密和长短因品种而异，也有的品种颖面光滑无毛。一般，籼稻的茸毛稀而短，散生在颖面上；粳稻茸毛多，并密集在棱上，而且从基部到顶部逐渐增多，顶部的茸毛也比基部的长。因此，粳稻的表面一般比籼稻粗糙。颖的厚度为25~30微米，粳稻颖的重量占谷粒的18%左右；籼稻颖的重量占谷粒的20%左右。颖的厚薄和重量与稻谷的类型、品种、栽培及生长条件、成熟及饱满程度等因素有关。一般，成熟好、饱满的谷粒，颖薄而轻；粳稻的颖比籼稻的颖薄而轻，且结构疏松，易脱除；早稻的颖比晚稻的颖薄而轻；未成熟的谷粒，其颖富于弹性和韧性，不易脱除。

内、外颖基部的外侧各生有护颖一枚，托住稻谷籽粒，起保护内、外颖的作用。护颖长度为外颖的 $1/5 \sim 1/4$ 。

内、外颖都具有纵向脉纹，外颖有五条，内颖有三条，外颖的尖端生有芒，内颖一般不生芒。一般粳稻有芒者居多数，而籼稻大多无芒，即使有芒，也多是短芒。有芒稻谷容重小，流动性差。芒的有无及芒的长短，均随品种不同而异。目前，有芒品种已逐渐被淘汰。

B 颖果

稻谷脱去内、外颖便是颖果（即糙米）。内颖所包裹的一侧（没有胚的一侧）称为颖果的背部，外颖所包裹的一侧（长有胚的一侧）称为腹部，胚位于下腹部。

在胚乳和胚的外面紧密地包裹着一层皮层。

颖果在未成熟时呈绿色，成熟后一般为淡黄色、灰白色及红、紫等色，新鲜的米粒具有特殊的米香味。糙米的表面平滑而有光泽，随着稻壳脉纹的棱状突起程度的不同，糙米表面形成或深或浅的纵向沟纹，如图 1—3 所示。

纵向沟纹共有四条，两扁平面上各有两条，其中较明显的一条相当于内、外颖的钩合处，另一条为外颖上最明显的一条脉纹形成的，在糙米的背上还有一条纵向沟纹，称为背沟。颖果沟纹的深浅，对出米率的高低有着一定的影响。

一般情况下，颖壳与糙米之间的结合很松，特别是当稻谷的水分较低时，几乎没有连结。另外，在稻谷内、外颖结合线的顶端比较薄弱，同时在谷粒的两端，颖壳和糙米之间有着一定的间隙。所有这些，都成了受外力而破裂的薄弱点，是有利于脱壳的内在条件。

颖果由果皮、种皮、透明层（珠心层）、糊粉层（外胚乳）、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。果皮又可分为外果皮、中果皮、内果皮（叶绿层管状细胞）。籽粒未成熟时，由于叶绿层中尚含有叶绿素，米粒呈绿色，籽粒成熟后叶绿素消化、黄化或淡褪成玻璃色。果皮中含有较多纤维素，由粗糙的矩形细胞组成。果皮占整个谷粒重量的 1.2~1.5%。

种皮：种皮在果皮的内侧，由较小的细胞组成，细胞构造不明显，厚度极薄，只有 2 微米。有些稻谷的种皮内常含有色素，使糙米呈现各种不同的颜色。

透明层（珠心层）：透明层位于种皮和糊粉层之间的折光带，极薄，为 1~2 微米，并无明显的细胞结构。

糊粉层（外胚乳）：糊粉层为胚乳组织的最外层，与胚乳紧密地连在一起，系由淀粉胚乳分化而来。主要由充满氮的化合物细胞组成，富含蛋白质、脂肪和维生素。另外，糊粉层中磷、镁、钾的含量也较高。各种稻谷中，糊粉层的多少与糊粉层在籽粒中的位置、稻谷的品种及环境因素等均有关。糊粉层的厚度为 20~40 微米，重量占整个谷粒的 4~6%。

果皮、种皮、透明层、糊粉层统称为皮层，是在加工过程中应该去除的部分，碾下后称为米糠，总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。胚乳由含淀粉的细胞组织构成。细胞内充满一定形状的淀粉粒，淀粉粒的间隙填充或多或少的储藏性蛋白质。如填充的蛋白质多，则胚乳的结构紧密坚硬，米粒呈半透明状，断面光滑平整，较象角类断面或玻璃断面，因此称角质或玻璃质胚乳。如填充的蛋白质较少，则胚乳的结构疏松，米粒不透明，断面粗糙呈粉状，所以称为粉质胚乳。整个米粒的胚乳，有的全部为角质，有的

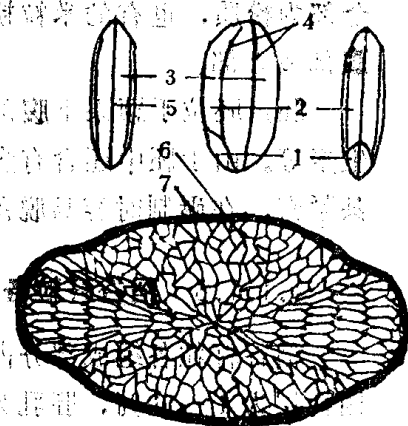


图 1—3 颖果

1—胚，2—腹部，3—背部，4—小纵沟，5—背沟，6—胚乳，7—皮层