

茶叶

加工工程

金心怡 陈济斌 吉克温 著

中国农业出版社

内 容 简 介

本书阐述了茶叶加工工程学的基本知识和基本理论，并较全面地介绍了茶叶加工工程的发展现状和实用技术，内容新颖，文字叙述通俗易懂，适合于广大茶叶科技工作者和茶叶生产者学习和参考，也可作为茶学本科生和研究生的教学参考书。

序 一

中国是茶的祖国，博大精深的茶文化和品质各异、品名繁多的茶产品是中国人的骄傲，为世人所赞叹。中华文明几千年的积淀是如此的厚重，它促成了中国茶业的辉煌，也带来一些负面的影响。东方文化的不追求确切定义的特性、中国社会长期的封建政体、小农经济的生产模式等因素从思想上、体制上、生产方式上限制了中国茶产业的经营理念。“看茶做茶”长期以来在大多数的茶叶生产者看来是茶叶加工的精髓。因此从本质上讲茶叶加工学科与其说是科学不如讲是门技艺。加之中国茶类繁多、工艺复杂、地域差异明显、工艺过程重现性难度很大等因素造成了在茶叶加工方面基础理论薄弱、基本数据匮乏的现状。

现代化生产必须有清晰的、一致的生产目标和规范的生产工艺，也即要求茶叶加工不但需要定性的理论指导，更依赖定量的工艺参数确保产品品质。这就要求从工程学的角度来重新认识茶叶加工。显而易见，摆在我们面前的任务有多大。思想认识的不一致、前期基础工作的缺乏，使得致力于创建《茶叶加工工程》的工作注注事倍功半。笔者虽尽毕生努力，但只取得些许难以启齿的进步，深感任重而道远，期望年轻人能有不间断的冲击。

金心怡教授是年轻队伍中的佼佼者，她勤奋好学，治学严谨，业精于勤，在多年的教学、科研与生产实践中积累了丰富的理论和经验。本书是她经多年的收集、整理和撰写而成的又一学术结晶。她不追求浮华，能静下心来致力于基础工作，这种心态是十分的难能可贵的，也正是基于此，本书能达到相当的学术高度。

愿所有年轻的或更年轻的茶人学者能向作者学习，用企业化运作和工程式加工的理念并用扎实的工作使祖国的茶叶产业在世界上发出更耀眼的光芒。

浙江大学茶学系教授 龚琦

2003年11月于杭州华家池

序 二

茶叶加工工程是茶业工程的一个重要组成部分，是形成茶叶品质特征的一个系统工程。

茶叶加工工程学是以茶叶为对象，以保持茶叶传统品质风格与不断改进提高为目的的一门科学。它是研究茶叶品质形成所需要的工程条件及这些条件在茶叶品质形成过程中的作用与效果。因此，茶叶加工工程学是一门将工程学与茶叶加工工艺学、茶叶生物化学相结合的交叉学科。

我国茶叶界提出茶叶加工工程概念还是在 20 世纪 80 年代改革开放之后。目前茶叶加工工程理论还不成熟，茶叶加工工程技术也不完善，而现代化茶叶生产又十分急需这方面的知识，以提高茶叶加工业的科学技术水平。

金心怡同志毕业于福建农业大学，现任福建农林大学园艺学院副院长、福建省农机学会茶机研究会主任委员、福建农林大学茶学系副教授。多年从事茶叶加工工程学科的教学、科研和生产实践工作，积累了丰富的茶叶加工工程的理论和生产实际经验。经过多年的收集、整理，撰写并出版了茶叶加工工程专著。本书共有七章，主要内容有：茶叶物性的研究及其应用，茶叶机械化加工工程，茶厂设计及其环境工程，茶厂电气化工程，茶叶干燥及贮藏工程，茶叶加工节能技术，茶叶深加工工程。全书理论知识充实，茶叶加工工程技术较全面，理论密切结合实际。本书可供从事茶叶加工工程技术人员、茶叶教育工作者相互交流与借鉴，促进我国茶叶加工工程学科的发展和完善，并可提高我国茶叶生产加工的科学技术水平。

福建农林大学 教授 刘文英
福建农机学会 顾问

2003 年 8 月于福州金牛山

目 录

序一

序二

绪 论

- 一、茶叶加工工程与茶叶加工业的发展..... 1
- 二、茶叶加工工程学的性质与任务..... 3
- 三、茶叶加工工程学的研究内容与方法..... 3

第一章 茶叶的物性及其应用

- 第一节 茶叶的基本物理参数..... 6
 - 一、容重与孔隙率..... 6
 - 二、茶叶叶面积与比表面积..... 9
 - 三、茶叶含水率..... 11
- 第二节 茶叶的力学特性..... 11
 - 一、茶叶的摩擦特性..... 12
 - 二、茶叶的机械力学特性..... 16
 - 三、茶叶的流动特性..... 19
 - 四、茶叶基本特性及力特性的应用..... 22
- 第三节 茶叶的热学特性..... 23
 - 一、茶叶的比热..... 23
 - 二、茶叶的导热率..... 25
 - 三、茶叶的导温系数..... 27
 - 四、茶叶热特性的应用..... 28
- 第四节 茶叶的电学特性..... 29
 - 一、基本概念..... 30
 - 二、茶叶电特性的测定..... 32
 - 三、茶叶电特性的应用..... 35
- 第五节 茶叶的光学特性..... 37

一、物料中光的传播特性	37
二、农业物料的光学特性	37
三、光特性在茶叶加工工程中的应用	39

第二章 茶叶机械化加工

第一节 茶叶初加工概述	45
一、名优绿茶加工	45
二、绿茶初加工生产线	48
三、红茶初加工	49
四、乌龙茶初加工	51
五、其他茶类初加工	53
第二节 鲜叶预处理	54
一、鲜叶脱水	54
二、鲜叶分级	55
三、贮青	56
第三节 萎凋、做青与发酵	60
一、萎凋	60
二、做青	69
三、发酵	74
第四节 杀青	76
一、炒热杀青	77
二、蒸汽杀青	84
三、辐射能杀青	87
第五节 揉捻、揉切与包揉	88
一、揉捻	88
二、揉切	92
三、包揉	94
第六节 干燥	97
一、炒干与整形	97
二、烘干	101
第七节 茶叶精加工	104
一、概述	104
二、茶叶精加工生产线	109
三、机械输送	111
第八节 茶叶再加工	117
一、花茶加工与设备	118
二、紧压茶加工与设备	122



第三章 茶厂设计与加工环境

第一节 茶厂规划与设计	126
一、茶厂总平面设计	126
二、厂房设计	128
三、建筑材料	133
第二节 茶机的配备	134
一、茶机配备的基本步骤	134
二、名优绿茶加工机械配备	135
三、乌龙茶初加工机械配备	138
第三节 茶叶加工环境工程技术	140
一、研究茶叶加工环境的意义	140
二、茶厂通风工程	143
三、车间除尘	150
第四节 乌龙茶加工环境控制	153
一、乌龙茶加工环境因素及其影响	154
二、乌龙茶加工环境控制	157
三、乌龙茶做青及环境控制设备	161
四、夏暑茶做青间冷负荷计算	164

第四章 茶厂电气化及电子技术

第一节 茶厂电气设备	169
一、茶厂供电设备	169
二、三相异步电动机	171
三、电气控制设备	174
第二节 电子技术的应用	180
一、茶叶检测与传感技术	181
二、茶叶加工自动化控制技术	193
三、智能控制技术的应用	199

第五章 茶叶干燥与贮藏工程

第一节 茶叶干燥基础	206
一、湿空气的基本特性	206
二、湿空气的 I-d 图及其应用	209
三、茶叶的干燥机理	212

四、自动链板式烘干机工况	216
第二节 干燥加热方式与设备	221
一、茶叶干燥方式与干燥设备分类	221
二、干燥设备选型	223
三、干燥加热设备	224
第三节 茶叶的贮藏保鲜	231
一、茶叶贮藏条件与贮藏方式	231
二、冷藏式茶叶保鲜库	233

第六章 茶厂节能工程

第一节 节能概述	237
一、燃料与燃烧的基本知识	237
二、茶机的节能潜力	242
三、节能的经济评价	245
第二节 节约热能	246
一、热能的节约途径	246
二、节能灶	251
三、热能节约中的新设备和新技术	256
第三节 节约电能	259
一、输配电节电	259
二、电动机节电	260
三、电热设备的节电	261

第七章 茶叶深加工工程

第一节 概述	264
一、茶叶深加工工程的含义	264
二、茶叶深加工产品类型	265
第二节 茶叶深加工基本原理	266
一、茶汤的提取	267
二、茶提取液的净化技术	274
三、茶提取液的灭菌	277
四、茶提取液的浓缩技术	279
五、喷雾干燥与冷冻干燥	282
第三节 袋泡茶和粉茶加工	285
一、袋泡茶加工	285
二、粉茶与超细微粉茶加工	292

第四节 速溶茶与茶水饮料加工	293
一、速溶茶加工	294
二、罐装茶饮料加工	298

一、茶叶加工工程与茶叶加工业的发展

我国是茶叶的原产地，是发现和利用茶叶最早的国家，也是目前世界上茶类最丰富的国家。我国茶园面积居世界第一位，产量居世界第二位，出口居世界第三位，创汇居世界第四位。2001年全国茶园面积达114万公顷，投产面积89万公顷；国内的茶叶销售量为46.5万吨，销售额85.7亿元；我国出口茶叶24.96万吨，出口创汇3.42亿美元。

（一）茶叶加工业的历史与发展

茶叶必须经过加工才能成为商品。茶叶加工从手工操作到机械化生产，经过了几千年的历史发展过程，其间大体可分四个时期。

第一个时期是茶叶加工起源时期（公元前2000—公元960年）。这一时期是从发现茶树鲜叶咀嚼可以消炎解毒到鲜叶晒干贮藏备饮，最后到制饼烘干、碾碎冲泡，约经历2000多年。到了唐代才形成手工小作坊式的加工业，这时在加工技术上已比较讲究，正如陆羽《茶经》中所说：“晴采之，捣之，拍之，焙之，穿之，封之。茶之干矣，茶有千万状。”从这些记载中可看出当时把鲜叶加工成各种形状的饼茶至少要经过五道工序。

第二个时期是茶叶加工变革时期（961—1368年）。这一时期主要是由饼茶、蒸青团茶发展到蒸青散茶，后又发展到炒青散茶。由于制茶工艺及其所用机具的改革，增加了茶叶的香气和滋味，可以全叶冲泡饮用。

第三个时期为茶叶加工发展时期（1368—1700年）。在这个时期不仅发展了炒青绿茶制法，而且开发了红茶、乌龙茶、白茶、黄茶、花茶类，花色品种齐全，我国成为世界上茶类最丰富的国家。

第四个时期是茶叶加工机械化时期。19世纪，国外开始利用机械加工茶叶。1830年杰克勒发明了六角箱形萎凋机；1868年英国金门德发明了世界上第一台盘式揉捻机；1870年印度人麦克米肯发明了箱形抽斗式烘干机；1884年日本人高林谦之发明了3种绿茶机械；1925年印度的杜尔斯第一次把烟草切丝机用于切制茶叶；1930年印度的麦克尔彻创制成功C.T.C揉切机；1958年印度托克莱茶叶试验站研制出洛托凡红碎茶机；1970—1976年世界上一些主要的红碎茶生产国相继研制各种揉切机械。我国早在唐宋时期就懂得利用水车将茶碾碎制成团茶，但逐步普及利用机械加工茶叶则是新中国成立才开始的。

（二）我国茶叶加工机械的发展

我国的茶叶加工机械化发展也可以分为四个阶段：

1958年以前为第一阶段，是茶叶加工机械自发发展阶段。茶农研制出以人力、畜力、水力为主要动力的小型茶叶加工机械，诸如铁木、水泥、石头结构的红、绿茶加工机械，机械化程度只有30%~40%。

1958—1974年为第二阶段，是茶叶加工机械配套、定型、推广阶段。这期间建立了专业茶机厂，开始批量生产定型的中、小型茶机。

1974—1990年为第三阶段，是茶叶加工机械向现代化发展阶段。其主要标志是研制出一些有特色的大、中型加工机械，并开始向连续化和机电一体化迈进。有100多种茶机产品通过鉴定，如珠茶、长炒青、颗粒绿茶连续化加工设备、烘干机系列产品、光电拣梗机、红茶床式透气连续发酵机、旋转振动筛分机、封闭式窈花机、扁茶炒干机、红碎茶初制大型成套设备、电控加压揉捻机、计算机控制烘干机、微机控制乌龙茶连续化、自动化做青设备、鲜叶脱水机、乌龙茶包揉机等，促进了我国茶叶加工机械化进程。

1990年至今为第四阶段，是名优茶加工机械研制开发、发展茶叶深加工设备阶段。改革开放使人们的消费观念起了很大变化，对名优茶和多样化茶产品的需求愈来愈迫切，促成了名优茶加工和茶叶深加工的快速发展。浙江上洋微型茶机厂的建立，标志着我国名优茶加工从手工向机械过渡。名优茶机械并非对大中型机械进行简单地小型化，而是通过对茶叶加工所需工程条件的深入理解、对茶叶加工热力学特性的理性研究才取得成功的。同时，我国茶机出现向深度加工、冷藏保鲜方向发展的趋势，如茶叶超细微粉碎机、袋泡茶机、速溶茶加工设备、儿茶素提取生产线、茶叶保鲜冷藏库等，促进了我国茶机业服务范围的扩大和技术水平的提升。

随着现代科学技术的不断发展和各门学科之间的相互渗透，茶叶加工过程的机械化、自动化程度越来越高，如从手工作业发展到机械化作业，从单机作业发展到连续化作业，从人工操作发展到由计算机自动控制。在能源的利用上，从传统的柴、煤等固体燃料扩大到石油等液体燃料和气体燃料，并向利用太阳能等新能源的方向发展，从而更有利于生态环境的保护、进一步提高和稳定茶叶品质。茶叶加工业的发展，促进了茶叶加工工程学的兴起。

（三）茶叶加工工程学科的兴起

从茶叶手工制作到机械化加工的过渡时期，人们把认识和研究的重点放在茶叶机械研制开发上。随着人们对茶叶加工理论认识的不断深入和茶叶加工机械化程度的提高，茶叶加工业的研究视野从单纯的工艺和机械扩展到了机电一体化、能源利用、环境保护以及与茶叶品质形成密切相关的工程基础理论的研究上。茶叶加工需要一批既懂加工工艺又懂工程技术的专业技术人员，为此安徽农业大学创立了机械制茶专业，让学生在学茶叶传统加工技术的同时，还学习机械基础课以及热力学、流体力学、制冷原理等工程学基础课，以便在茶叶生产管理中能够游刃有余，独挡一面。

茶叶加工过程涉及茶叶的物理性质。茶叶具有许多特殊性质，包括力学特性、热学特性、电学特性和光学特性，这些特性都与茶叶加工密切相关，并影响茶叶的质量和生产率，因此茶叶物性是茶叶加工工程技术人员必备的基础知识。

茶叶的内质固然取决于鲜叶内含成分和加工过程的化学变化，然而茶叶的化学变化和

最终产物的形成无不与茶叶在制品的物理状态和工艺环境有关。加工环境控制的实质是对加工微域环境“温、湿、风”配合机制的控制，微域环境控制又与茶叶加工设备的性能和车间环境控制密切相关。此外，茶叶的外形品质还与机械力的作用方式、强度等有关。这些都是茶机设计、机械设备控制和加工厂房设计的重要依据。

茶叶的加工机械以电动机为动力，电力系统是茶叶加工厂基础设施的重要组成部分。随着电子技术的不断进步与普及，茶机科研和生产部门也开始重视这一新技术的推广和应用，先后研制出各种自动化、智能化的新型茶机，为我国茶机实现机电一体化做了许多有益的尝试，并取得了可喜成果。电子技术、传感技术和计算机技术在茶叶加工中的应用方兴未艾。

茶叶的加工过程是失水过程，需要投入大量能源，这不仅增加生产成本，而且污染环境。石油资源日渐枯竭，人们在重视提高茶叶加工能源利用率的同时，开始研究新能源的开发和利用技术，因此应将它们纳入茶叶加工工程的研究视野。

茶叶的保健和功能性作用已越来越多地被人们所认识，依靠和发展食品工业的高新技术开发茶叶深加工产品，是21世纪茶叶的发展方向 and 热点，这也是茶叶加工工程走向工业化、现代化的重要标志，这是时代赋予茶叶加工工程学的崭新任务。

二、茶叶加工工程学的性质与任务

茶叶品质的形成与生化变化密切相关，而茶叶的生化变化是在温度、湿度、气流及机械力等物理因子的综合作用下发生的，因而必然要涉及以各种物理手段为基础的工程技术。因此，茶叶加工工程学是一门将工程学与茶叶加工工艺学、茶叶生物化学相结合的交叉学科。

工程学是把自然科学原理（如系统论、控制论、信息论、数学、物理学、化学、生物学、机械学等）应用到生产实践中，利用和改造客观世界，为人类服务。茶叶加工工程可以理解为工程技术在茶叶加工中应用的综合与分析，它属于应用技术学科范畴，具有工程学属性。

茶叶加工工程学的任务是通过研究工程环境因子和技术手段对茶叶品质形成之间相互促进和相互制约的规律，以充分发挥茶叶原料的经济价值为目的，促进现代工程技术的应用。

三、茶叶加工工程学的研究内容与方法

在我国悠久的茶叶史上，有着大量丰富的制茶技术和经验，但由于受历史条件的限制，这些宝贵经验大多是朴素的，未加以系统化和科学化。茶叶加工工程学的主要研究内容之一就是在前人的成功经验基础上，对传统制茶工艺与茶叶生化变化规律用工程技术手段进行实质仿真，提升茶叶加工业的技术水平，使之逐渐形成标准、规范、高效、优质的加工工程体系。

宏观上，茶叶品质决定于原料、加工技术（包括工艺、设备）与环境（包括加工环

境、包装贮藏条件)。微观上,茶叶加工质量决定于温、湿、风三要素。

温度是茶叶内含物的物理、化学变化的能量来源。根据热力学第一定律,茶叶物料的内能获得有两种途径:一是靠外界提供一定的热量,二是靠外界机械力对茶叶物料做功。

茶叶加工过程以失水为重要标志。环境湿度高时,茶叶用于蒸发水分的能量减少,转而增加茶叶内能,使叶温上升,加速反应。

茶叶的内含物转化和品质形成离不开氧气,而含氧空气又是质、热交换的介质。空气的流向、流量、流速以及温、湿度不同,其供氧、携水、供热、供湿、排湿能力就有差异,这些恰恰都是调控茶叶品质的重要因子。

下面举几个例子。

贮青。贮青必须考虑鲜叶呼吸热的影响,采取控制堆放厚度和通风散热等措施,以防止叶温过高而引起鲜叶红变。日本就很重视贮青设备对提高绿茶品质的作用,对单位叶量的供风量,风温与湿度有着严格的要求,要求相对湿度 70%,风温不超过 25℃,风量 6.4~9.6 m³/h·kg 鲜叶。

萎凋。印度认为,合理的萎凋空气条件是风温 25~30℃,风量 0.574 m³/min·kg,相对湿度 59%~64%。试验结果表明,小型萎凋槽不因其小而经济,相反,小槽的每平方米面积摊叶量仅为大槽的 1/4,而萎凋单位重量叶子所需的风量为大槽的 6 倍,这种大小差异造成后果是:小槽因单位风量大,茶叶失水快而使青叶呈物理萎凋型,大槽因单位风量小,茶叶失水慢而使青叶呈化学萎凋型,可见萎凋质量受大小型槽体的影响很大。

杀青。杀青热力学研究表明,决定杀青质量的是茶叶的升温和降温速度、茶叶失水速率和工艺环境的排湿速率。锅式杀青机、滚筒杀青机和槽式杀青机就是由于这些因素不同而使杀青风格迥异。

做青。乌龙茶做青过程对环境温度、湿度、风速和风向都有严格要求:温度在 20~25℃,湿度 60%~80%,"北风天"气候,只有在这种特定的环境下,乌龙茶高香浓郁的特有品质才会出现。

烘干。我国烘干机风量是根据茶叶水分蒸发与能量平衡确定的,一般为 48~60 m³/h·kg,属高温低风型。国外烘干机风量为 96~100 m³/h·kg,比我国高 50%~120%,属中温高风型。由于风量不同而造成品质差异,后者与茶叶香气形成条件要求较一致,等速干燥时间缩短,加工的红碎茶香高味爽,可见风量大小对茶叶品质起着重要作用。

加工环境。有些茶厂设计不太重视空气的流量与质量,片面追求厂房紧凑和车间的充分利用,机器排列过密,层次过多,致使车间空气郁闷,除尘困难,茶叶品质受到影响。实际上,没有清新明亮的车间,就难以加工出香高味爽的茶叶。因此,温度、湿度、空气流量不仅与单机性能有关,也与茶厂车间的环境控制有关。

上述例子说明,茶叶加工工程学的研究内容与茶叶机械不同,不讨论具体的机械结构、机构的作用及其相关的运动学、动力学方面的具体问题。它与茶叶加工工艺学也不同,不研究具体的茶叶加工技术。茶叶加工工程学研究内容如下:

1. 揭示茶叶的物理性状对茶叶品质的影响 茶叶物性在茶叶加工工程中有着特殊的地位。在茶叶加工过程中,一切物理和机械作用无一不是通过茶叶的物理特性,产生促进

茶叶理化变化的效果。研究茶叶物性,可提高茶叶加工工艺效果,改善成茶品质;可为茶机的设计提供依据,改善茶机性能,提高机械效率,节约能源消耗;便于茶叶加工工程的管理和质量监测,为加工自动化控制提供信息。

2. 从工程学、机械学、物理学角度定性定量地研究最佳加工工艺,以获得最好的品质和最高的经济效益 茶叶加工工艺随加工机具的不同而不同。如乌龙茶做青,传统工艺要受到现代工艺的挑战,而后者包括做青环境控制在内的全新工程技术,这正是茶叶加工工程学的研究内容。

3. 探索制茶加工设备和机具的最佳形式、最佳组合和最佳参数 现行的茶叶加工机械结构、使用方法、工艺参数、各种机具的组合方式是否合理,是否为最佳状态,这些都有待于茶叶加工工程研究解决。

茶叶加工工程研究内容可归纳为三个方面:①研究茶叶品质形成所需要的工程条件;②解决茶叶加工中的工程技术问题;③研究工程条件在茶叶品质形成过程的作用与效果。

我国提出茶叶加工工程概念还是20世纪80年代的事。尽管此前在茶叶加工过程中,人们有意无意地接触到,客观上早已存在,也积累了许多经验,但由于工程学必须建立在科学技术成就的基础之上,所以真正开展该学科的研究还是在实行改革开放,打开国门,吸收了国外先进技术,茶叶加工业有了长足的进步之后。

茶叶加工工程理论尚处在探索阶段,许多实践经验需要上升到理论高度加以系统化、科学化,还有许多空白需要填补。目前尚未有一本这方面的专业书籍,需经过一段的积累充实过程。本书的主要目的还是提供一种思路,抛砖引玉,引起茶叶界共同参与讨论,使这门学科逐步成熟和完善起来。

本书的绪论、第一章至第五章由金心怡副教授编写;第六章由陈济斌副教授编写,第七章由吉克温副教授编写。金心怡副教授、陈济斌副教授负责全书的编审校阅。

浙江大学茶学系主任、茶机界知名学者龚琦教授、福建省农机学会顾问刘文英教授对书稿进行了认真审阅,不少茶业界专家和企业界人士为本书提供了许多宝贵资料,研究生苏益平、本科生钟连捷为本书插图的整理做了大量工作,谨此一并表示衷心感谢。

由于我们的水平有限,本书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

2003年8月于福建农林大学

第一章

茶叶的物性及其应用

物性一般指材料的工程性质。茶叶的物性指茶叶成品或在制品（即茶叶物料）的物理特性（Physical properties of tea）。在茶叶加工工程中，茶叶物料有固态和液态两种，前者如鲜叶、杀青叶、发酵叶、毛茶、筛号茶和袋泡茶等；后者如鲜茶汁、抽提液、冲泡液和茶水等。由于茶叶物料的多样性，它们的物理特性有很大差异。为获得茶叶在制品加工质量鉴别信息，使依赖经验和感觉的茶叶加工规程化，为使新型加工机具的设计有一定科学依据，为探索茶叶新的加工方法和加热方法，实现茶叶加工优质低耗，必须对加工过程中茶叶的基本物理特性及变化规律进行研究。茶叶物性在茶叶加工工程上的应用前景广阔，新机型的发明、工艺技术的进步和测试方法的改进都离不开它。

目前茶叶物性的研究已受到日本、俄罗斯、美国、英国等国家的重视，我国在这方面的研究也取得了一定的进展。

第一节 茶叶的基本物理参数

一、容重与孔隙率

（一）茶叶容重 (kg/m^3)

茶叶容重指茶叶物料单位容积的重量。由于茶叶为散粒物料，颗粒之间存在空隙，因此茶叶的容重也称为茶叶的容积密度或虚表密度，用 γ 表示。

1. 容重的测定 茶叶属细小或粉末物料，茶叶容重最简单的测定方法是量筒法。

计算公式：
$$\gamma = (G/V) \times 10^{-3} (\text{kg}/\text{m}^3) \quad (1-1)$$

式中 G ——茶叶重量 (g)；

V ——茶叶所占量筒的容积 (m^3)，即为视在容积或虚表容积。

茶叶的容重与茶叶的内含物成分、干物质重和水分重量等有关，施压、振动、摇晃会加大茶叶的容重，测定器容积不同也会引起差异，此外，茶叶外形尺寸的均匀度越低，容积密度的差异越大。测定时应采用统一的容器和严格的操作规程，以提高准确度和再现性。

茶叶容重测定仪见图 1-1。

茶叶的加料方法有自然堆放法、压重法和振实法等几种。

(1) 自然堆放法。将茶叶轻轻加入容器内直至堆满。加料操作应视试料不同而有所区别，如对相互勾挂的茶叶，可采用手工加料，使试料基本和容器表面平齐；对无勾挂的精制茶，待料堆高出容器表面，再轻轻刮平。称取物料重量并按（式 1-1）计算容

重。1 000 cm³ 标准容器的容积 $V = 1\,257.35\text{ cm}^3$ ，500 cm³ 标准容器的容积 $V = 624.51\text{ cm}^3$ 。

(2) 压重法。将压盘杆置入游标尺加长杆端套中，校正零点。用自然堆放法将茶叶加满容器，在压盘上按规定加上一定重量的标准砝码 250 g，然后将压盘缓慢下降加压于试料，待稳定后读出刻度数值，计算其视在容积，并称取茶叶重量。

(3) 振实法。用自然堆放法向容器加入试料，将加满的容器置于振动机座上，振频为 3 000 次/min，振幅为 0.15 mm。待茶叶振实 5 min 后，测量出茶叶表面位置，计算其视在容积和称取茶叶重量。

2. 不同茶类的容重 不同茶类的茶叶容重见表 1-1。

表 1-1 不同茶类的茶叶（标准茶样）容重 (kg/m³)

(章月兰, 1988)

茶 类	自然堆放法	压重法	振实法
红碎茶（滇红）	383~388	409~413	409~413
炒青绿茶	228~355	238~364	249~388
乌龙茶	201~251	216~259	223~273

容重最大的为红碎茶，其次为炒青绿茶，乌龙茶容重最小。对同一标准样，茶叶容重以自然堆放法最小，压重法其次，振实法最大。

速溶茶的物理密度（即真实密度）为 1 210 kg/m³，虚表密度为 190 kg/m³；粒度在 0.5~3.0 mm 范围的传统红茶，其虚表密度为 350~206 kg/m³。

3. 绿茶不同级别的茶叶容重 不同级别的炒青绿茶容重见表 1-2。

表 1-2 不同级别的茶叶容重 (kg/m³)

(潘祖跃, 1982)

级 别	1	2	3	4	5	6
平均容重 (kg/m ³)	398	366	353	345	281	279

茶叶的容重随级别的降低而显著下降，茶叶级别越低（号数越高），颗粒度越大，紧密度越小，孔隙率越大，茶叶容重越小。可以重实、轻飘来鉴别茶叶品质。

4. 绿茶不同工序茶叶的容重 在设计储青槽、萎凋槽、做青机、揉捻机等机械设备

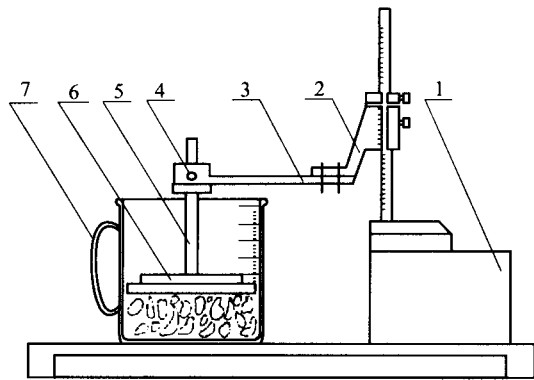


图 1-1 容重测定仪示意图

1. 测量座 2 高度游标尺 3. 加长杆
4. 螺钉 5. 压杆 6. 砝码 7. 容器