

全国高等农业院校教材

茧 丝 学

黄国瑞 主编

蚕 学 专 业 用

农 业 出 版 社

前 言

本教材系根据高等农业院校蚕学专业教学计划设置《茧丝学》课程的教学基本要求编写的基本教材。为全国高等农业院校蚕学专业提供有中国特色、反映90年代蚕业学科发展水平的教学用书。从组织编审班子、撰写《茧丝学》课程的教学基本要求、制定《茧丝学》教材编写大纲等，均是在全国高等农业院校教材指导委员会畜牧学科及蚕学专业组的正确领导及审核下进行的，同时又在主编及参编所在学校的指导和支持下顺利开展编写工作。先后召开了拟订《茧丝学》教材编写大纲及进程计划与分工的会议、《茧丝学》教材初稿讨论会议、《茧丝学》教材定稿会议。三次会议除参编人员参加外，还邀请主审人到会指导，以便及早了解教材的内容安排等有利于审稿工作顺利进行。

本教材在编写过程中广泛吸取了同行专家及有关业务部门的宝贵意见，并提供了宝贵的科技信息及资料。对本教材能符合多数蚕茧地区的实情，反映我国90年代蚕业科学的新成就很有帮助，在此特向提供资料的单位及个人深表感谢及敬意。

教材定稿会议中经认真反复讨论定稿后，由主编进行全面的统稿工作，后送主审人审稿后再修改，最后抄写成正式书稿。

全书分绪论、蚕茧品质、茧丝品质、蚕茧收购、蚕茧干燥、茧站管理及干茧贮运、生丝制造、生丝检验及分级七个部分。全书由参编人员分工编写。绪论、第一章、第二章、第四章的第一、二、四、五节由黄国瑞编写。第三章、第六章由祁素英编写。第四章的第三、六、七节，第五章、第七章由金道慧编写。本教材的插图主要由浙江省农业科学院杨新华、安徽农学院黄玉璟绘制，安徽农学院彭卫萍、西南农业大学张友洪也参加了绘图工作。在此一并表示谢意。

本教材涉及内容较广，由于字数限制，故有些内容作了精简，作者水平有限，谬误不当之处，请同行专家及读者批评指正。

编 者

1991年12月

目 录

绪论	1
一、我国蚕丝业发展简史	1
二、蚕丝在纺织纤维中的地位	2
三、蚕丝在社会主义建设中的作用	4
四、学习本课程的目的要求与内容	5
第一章 蚕茧品质	6
第一节 茧丝及茧的形成	6
一、丝腺的结构及其功能	6
二、吐丝结茧	7
三、茧丝排列型式	8
四、簇中环境对蚕吐丝速度的影响	9
第二节 茧的外观形质	9
一、茧的形状及大小	9
二、茧的色泽	13
三、茧的缩皱	14
四、茧层厚薄与松紧	15
五、茧层的通气性与通水性	17
六、茧的匀净度	18
第三节 茧的工艺性质	18
一、茧的丝量	18
二、茧的丝长	23
三、茧的解舒	24
第二章 茧丝品质	32
第一节 纤维和茧丝的组成及其结构	32
一、纤维的组成	32
二、蛋白纤维的结构、特征及性能	32
三、茧丝的组成	35
四、茧丝的氨基酸组成	36
五、茧丝的外观及纤维结构	39
第二节 丝素、丝胶的结构及特性	40
一、丝素的结构及特性	40
二、丝胶的结构	42
三、丝胶的特性	46
第三节 茧丝纤度	48
一、茧丝纤度的概念与单位	48

二、茧丝纤度曲线及其各项特征数	50
三、茧丝粗细与扁平	53
四、茧丝纤度与缫丝关系	59
第四节 茧丝的颞节	60
一、茧丝颞节种类及特征	61
二、茧丝颞节发生原因及防止措施	61
第五节 茧丝的理化性质	64
一、茧丝的化学性质	64
二、茧丝的物理性质	65
第六节 缫丝工业对蚕茧质量的要求	72
一、蚕茧质量的概念	72
二、缫丝工业对优质原料茧的要求	72
三、影响蚕茧质量的因素	73
第三章 蚕茧收购	74
第一节 茧价政策与茧的分类	74
一、新中国成立后蚕茧收购概况	74
二、茧价政策	75
三、茧的分类	76
第二节 桑蚕鲜茧分级标准	78
一、上车茧分级	78
二、双宫茧和次下茧的分级	81
第三节 桑蚕茧的评茧方法	82
一、上车茧的评茧方法	82
二、评茧仪的使用与保管	84
三、组合售茧、缫丝计价	85
四、日本的茧检定简介	86
第四章 蚕茧干燥	89
第一节 蚕茧干燥概述	89
一、蚕茧干燥的目的要求	89
二、蚕茧干燥前的准备	89
三、蚕茧干燥的基础知识	90
第二节 蚕茧的干燥规律与干燥原理	94
一、鲜茧的含水情况	94
二、蚕茧干燥的基本原理	94
三、蚕茧干燥的基本规律	95
四、影响蚕茧干燥与茧质的诸因素	97
第三节 茧处理	110
一、鲜茧处理	110
二、半干茧处理	113
三、干茧处理	117
第四节 蚕茧干燥设备	118

一、烘茧灶	118
二、推进式烘茧灶（机）	122
三、循环式烘茧机	123
四、改革的灶型	123
五、几种烘茧机（灶）的主要技术参数	125
第五节 蚕茧干燥工艺	127
一、干燥工艺条件的要求	127
二、干燥工艺	130
三、造成干燥不匀的原因及防止措施	135
第六节 蚕茧干燥程度检验	136
一、重量检验	136
二、蛹体检验	138
三、干茧出站检验方法	140
四、干燥程度与茧质的关系	141
第七节 蚕茧干燥和贮藏新技术	143
一、远红外线干燥	143
二、微波干燥	143
三、冷藏蚕茧	144
四、蚕茧贮藏防霉新方法	144
第五章 茧站管理及干茧贮运	145
第一节 茧站的管理	145
一、茧站的设置	145
二、茧站的管理	147
三、干茧的进仓、考核验收	149
第二节 干茧的运输及贮藏	152
一、干茧的运输	152
二、干茧的贮藏	152
三、茧库的管理	153
四、茧库的虫害防治	156
第六章 生丝制造	158
第一节 混茧、剥茧、选茧	158
一、混茧	158
二、剥茧	160
三、选茧	161
四、混、剥、选茧输送连续化	163
第二节 制丝用水	163
一、制丝用水的重要性	163
二、水质和制丝的关系	163
三、制丝用水的水质标准	167
第三节 煮茧	168
一、煮茧的目的和要求	168

二、煮茧基本原理	168
三、煮茧设备与工艺	173
四、煮茧工艺管理	178
五、煮茧新技术、新工艺简介	183
第四节 缫丝	184
一、缫丝的概述	184
二、缫丝机的装置	186
三、缫丝的基本操作	192
四、缫丝工艺条件	194
第五节 复摇整理	195
一、复摇	195
二、整理	198
第六节 制丝工艺设计	201
一、制丝工艺设计的目的和任务	201
二、工艺设计程序	202
三、抽样	202
四、茧质调查	202
五、立缫工艺设计	208
六、自动缫工艺设计	213
第七章 生丝检验及分级	217
第一节 生丝检验概述	217
一、生丝检验的目的和意义	217
二、生丝检验的项目与程序	217
三、抽样办法	218
第二节 重量检验	218
一、净量检验	219
二、公量检验	219
三、除胶检验	220
第三节 品质检验	221
一、外观检验	221
二、切断检验	223
三、纤度检验	224
四、均匀检验	226
五、清洁及洁净检验	228
六、强力及伸长度检验	230
七、抱合力检验	231
八、茸毛检验	231
第四节 生丝分级	232
一、分级的目的	232
二、分级方法	233
三、平均等级	233
四、生丝正品率	234
主要参考文献	237

绪 论

一、我国蚕丝业发展简史

蚕丝发源于我国，栽桑、养蚕、缫丝、织绸等生产技术历史悠久。早在公元前二千多年的历史文物中就有各种记载。1926年我国考古学者在发掘山西省夏县西阴村的新石器时代遗址时发现一个半截的蚕茧。1958年在浙江省吴兴县钱山漾发掘新石器时代遗址中也发现有4700年前的绸片、丝线、丝带等丝织品。另外在殷商时代（873—1122年）的甲骨文中已有“蚕”“桑”“丝”“帛”的字样。1971年在发掘湖南省长沙马王堆西汉墓中出土的丝织品等更是织造精致、花样繁多。这些出土文物皆说明我国黄河流域、长江流域等地区早在四、五千年前已是蚕桑丝绸的发展迹地，我国的蚕丝业已有五千余年的悠久历史。

我国是丝绸古国，驰名中外，举世闻名的“丝绸之路”，早在公元5世纪就从陕西省西安，西经甘肃、新疆越过帕米尔高原，再经中亚西亚到地中海东岸，然后远销欧洲诸国。这条“丝绸之路”有力地促进古代东西方的经济、文化和技术交流，加强各国人民的友好往来，对人类进步事业作出贡献。

最早的缫丝方法是浸茧于热汤中，以手抽丝再卷于丝框上。周代才制成极简单的制丝工具。从汉到唐的千余年间十分简单的缫丝车已在民间广泛运用。宋代开始使用络交装置，并有脚踏缫丝车。到元、明时期，出现煮、缫分业及烘丝等装置。清代手工制丝已经很普遍。浙江省南浔镇的辑里丝，品质优良，驰名中外。为我国土丝生产最早集散地。广东商人陈启源在考察法国的缫丝设备后，1866年集资在家乡广东南海县西樵简村创办了全国第一个用蒸汽煮茧与集体传动的机械缫丝厂——继昌隆缫丝厂。生丝产质量明显提高。广东及全国各地纷纷仿效，新式机械丝厂逐渐增加。上海在1861年创设英商纺丝局（丝厂），1881年湖州黄佐卿创办公和永丝厂，苏州、杭州（1896年）、无锡（1904年）、四川潼川（1908年）等地先后办起了坐缫式的制丝工厂。1928年全国已有丝厂182家，缫丝机45780台，为旧中国时代制丝工业的兴盛时期。1929年江、浙二省开始改造旧式大戗直缫车为日本式小簇复摇式坐缫车。1930年开始设立比较先进的多绪立缫车。1955年引进了定粒式自动缫丝机。1962年江苏省在定粒式自动缫丝车基础上又开始研制定纤式自动缫丝车。1965年研制定型，称D101型自动缫丝车。今后多绪缫丝机将仍然广泛使用。但自动化程度须逐渐增加，以适应生产力的增长。就立缫车的产量说，每台（20绪）年产丝量仅0.5—0.6t，而自动缫丝车的年产量为1—1.2t。全员劳动生产力，立缫车4492—6829元/年，自动缫丝车为10753—15142元/年，相差1倍有余。由此可见，自动化程度的重要与必要性。

19世纪以来，旧中国的丝绸工业受世界经济危机的影响及帝国主义列强的侵略和国内封建主义、官僚资本主义的残酷剥削和压榨，使我国蚕丝业受到严重摧残，农村经济衰落、桑园荒芜、工厂倒闭、丝绸生产极度萎缩。到新中国成立前夕，已濒临奄奄一息的困境。如家蚕茧产量1931年曾高达222.5kt，1949年下降至30.5kt，仅及1931年的13.8%。

新中国成立后,党和政府采取积极恢复和大力发展蚕丝生产政策,统一规定和提高蚕茧收购价格,逐步把丝绸工业纳入国家计划。与此同时,原有的坐缫机,逐渐改为立缫机,并新建一批丝绸厂。在大力发展蚕丝生产的方针、政策指导下,蚕丝生产迅速地得到恢复和发展;蚕茧生产连续获得高产丰收。1970年起我国蚕茧产量又跃居世界第一。1977年起生丝产量又重新超过日本。1980年蚕茧产量超过历史最高水平达250kt。目前全国除青海、西藏二省、自治区外,其他各省市自治区都有栽桑、养蚕、丝绸业。其中四川、浙江、江苏、安徽、山东、广东等省为我国主要蚕茧产区。1985年蚕茧产量311kt,占全国总产茧量的93%。新中国成立四十多年来已安装的缫丝机,1990年已达200万绪,织绸机18万台。精炼、染色、印花生产能力均比新中国成立前有很大的配套增长。旧中国的厂丝平均品位长期停留在C、D级左右,绸缎疵病多、染色不牢、整理不良、质量低下。新中国成立后蚕茧、生丝、绸缎的产质量均有明显提高和增长。特别是近十年来发展更快,丝绸生产和出口有较大幅度的增长。1990年桑蚕茧生产470kt、桑蚕丝44kt、真丝绸生产 4.5×10^8 m。生丝平均品位已达到3A级以上。丝绸工业总产值,1990年比1985年增长14.1%,丝绸出口创汇19.5亿美元比1985年增加104%。丝绸出口占国内原料产量的70—80%。新中国成立四十余年来,我国丝绸累计出口额达181亿美元,其中1978—1990年的12年中共出口99.6亿美元,占累计出口额的55%。蚕茧生产比新中国成立初期的1950年增长13倍,丝绸产值增长32倍,出口创汇增长91倍。

丝绸出口的产品结构也有较大的改变,且渐趋合理。真丝针织及真丝服装等深加工能力迅速发展,真丝产品的范围也进一步扩大。为提高加工深度和产品档次正在不懈努力。目前丝类商品、绸缎和制成品出口的比例各占1/3,其中生丝年出口在10000t左右,占世界出口量的90%,绸缎出口占世界贸易量的50%。现在我国丝绸已销往世界100多个国家和地区,其中西欧、日本、香港、美国、独联体等是我国主要的丝绸市场。

丝绸是我国传统的出口骨干商品,发展丝绸工业,扩大丝绸出口,增创外汇,为国家建设多作贡献,有着很大的潜力及有利条件。

二、蚕丝在纺织纤维中的地位

(一) 纤维的分类 纤维,是细度很细,直径一般为几微米到几十微米,长度比直径大百倍、千倍以上的细长物质。如棉花、蚕丝、麻类、毛发等。皆可以制造纺织品,称纺织纤维。纺织纤维必须具有一定的物理和化学性质,以满足工艺加工和使用时的各方面要求。纺织纤维还必须具有适当的长度和细度,具有一定的强力、变形能力、弹性、耐磨性、刚柔性、抱合力和摩擦力。还应具有一定的吸湿性、导电性、热学性质,以及一定的化学稳定性和良好的染色性能等。对特种工业用的纺织纤维还有特殊要求。纺织纤维,按它的来源分为天然纤维和化学纤维两大类。

1. 天然纤维 凡是自然界里原有的或经人工培植的植物、人工饲养的动物中,获得的纺织纤维,称为天然纤维。根据它们的生物属性又可分为植物、动物、矿物纤维。

2. 化学纤维 凡是用天然的或经高分子聚合物为原料或化学合成的纤维,经过化学方法加工制成的纺织纤维,称为化学纤维或称人造纤维。按原料加工方法和组成成分的不同又可分为再生纤维、酯酯纤维、合成纤维和无机纤维四类。现列表分类如下(表0—1)。

表 0—1 纺织纤维分类

(纺织材料学, 1987)

纺 织 纤 维	天然纤维	1. 植物纤维——分种子纤维 (如棉、木棉), 韧皮纤维 (如各种麻类), 叶纤维 (如剑麻、蕉麻), 果实纤维 (如椰子)。
		2. 动物纤维——分毛纤维 (从动物身上取得的如羊毛、驼毛、兔毛等), 丝纤维 (指由鳞翅目蚕蛾幼体丝腺分泌物形成的纺织纤维, 如家蚕和各种野蚕——含柞蚕、蓖麻蚕的蚕丝等)。
		3. 矿物纤维——从纤维状结构的矿物获得的纤维 (如石棉)。
	化学纤维	1. 再生纤维——分再生纤维素纤维 (如粘胶丝、铜氨丝、硝基丝等), 再生蛋白质纤维 (如大豆、花生纤维和再生蚕丝、酪素纤维)。 2. 醋酯纤维——以天然纤维素为原料衍生而成的, 衍生物成分如醋酐纤维素酯的纤维称为醋酐纤维 (丝)。 3. 合成纤维——以石油、煤、天然气等低分子物作为原料制成单体后, 经过化学聚合或缩聚成高聚物, 然后再纺制成的化学纤维。如聚酯纤维 (涤纶)、聚酰胺纤维 (锦纶)、聚丙烯腈纤维 (腈纶)、聚丙烯纤维 (丙纶)、聚氯乙烯纤维 (氯纶) 以及多种特种合成纤维。 4. 无机纤维——玻璃、金属、石炭等纤维。

(二) 蚕丝的特性 蚕丝具有其他纤维不能比拟的独特的优良性能, 为消费者所喜爱。蚕丝的光泽如珍珠般的柔和、美丽。蚕丝的吸湿性强、透气性好, 纤维纤细而特长, 光滑、轻盈、柔软, 强力和伸长率好、弹性也好。单位纤度的强力为2.5—3.5gf/d大于羊毛纤维接近棉纤维。断裂长度约为22—31km。断裂伸长率为15—25%, 小于羊毛大于棉。蚕丝的弹性恢复能力也小于羊毛而优于棉。蚕丝能织成轻凉透明的薄纱, 温厚柔软的丝绒、精美的锦缎、素雅的绸绢用作挺括的衣料。用丝绸制作的衣服, 轻盈华丽风格独特, 穿着舒适。由于蚕丝导热性低、保温性强, 既可做轻盈凉爽的夏衣又宜做冬天御寒保暖的冬装。特别如生丝、羊毛动物性蛋白质纤维回潮率高达11—16%, 而合成纤维如尼龙为4.5%、聚

表 0—2 蚕丝和其他纤维特性比较

(丝茧学, 1986)

纤维名称	光泽	直径 (μm)	长度 (mm)	比重	强力(gf/d)		伸度 (%)		弹性度	RH65% 回潮率	热传导系数 ($\text{Kal}\cdot\text{Mhr}/\text{C}$)	比热 ($\text{Cal}/\text{g}\cdot\text{C}$)
					干	湿	干	湿				
蚕丝	有或强	8—23	8×10^6 — 15×10^6	1.25 (熟丝) 1.37 (生丝)	3.34	2.97	20.1	29.3	87.5	10.5	0.04—0.05	0.331
棉花	无	19—28	25—45	1.5—1.6	2.67	2.72	6.9	7.2	70.6	7.8	0.05—0.06	0.319
麻类	亚麻	15—25	500—750	1.5	6.30	6.60	1.8	2.2	51.8	13.0	0.04	0.321
	苧麻	17—49	800—1500									
羊毛	细	18—30	50—150	1.32	1.41	1.20	34.0	38.0	100.0	15.5	0.03	0.325
	粗	30—42										
人造丝 (粘胶丝)	强	24—37	3×10^6 — 15×10^7	1.52	1.80	0.85	20.0	27.0	64.5	13.1	0.04—0.06	0.324

注: $1\text{gf/d} = 0.88\text{CN/dtex}$

脂为0.4%、奥纶为0.9%。生丝的含水率仅9.91%，回潮率为11%。吸湿性是比较大的。故深受消费者欢迎，被誉为“纤维皇后”。其他合成纤维即使能合成蚕丝的类似物，也只是仿真丝而已。关于蚕丝和其他纤维特性比较见表0—2。

三、蚕丝在社会主义建设中的作用

由于蚕丝有很多独特的优良性能，因此它的用途广泛，逐渐被人们认识和开发利用。在衣着方面用百分之百的蚕丝做成各种丝绸针织品及丝绸服装。另外，蚕丝混合棉花、毛、麻、人造纤维交织、交编、混纺的丝制品品种繁多，皆具有防皱、耐洗等特点，市场上很流行。还开发了双包复纱（DCY）和单包复纱（SCY）裤袜，也可制成人造夹克。食用方面，日本东京农工大学已试作成“食用蚕丝”，或将茧或蚕丝化学处理成为水溶液，再加入咖啡、酒或果汁成为“蚕丝饮料”，也可混和有机酸放置半天即成蚕丝果冻。以蚕丝制成的保鲜剂，其保鲜效果比一般保鲜剂高三倍。蚕丝在国防工业和民用工业方面应用也很广泛，如国防特殊用途的降落伞、弹药包布，医学上外科手术的缝线，日本还开发“癌症自动诊断系统”，用蚕丝来检查是否患癌症。电气及日用工业上做电气绝缘体、粉末筛绢、高级丝素系列化妆品、丝质软垫、睡袋、丝质车胎等更使蚕丝在住、行二方面发挥潜力。蚕茧副产物的综合利用是很广泛的，如利用废绢丝做成高级的糊墙纸，既能保温隔音又很美观及耐燃，色泽柔和，经久耐用，可供高级宾馆住房的装饰用。蚕沙可提取叶绿素、蛋白干扰素，价值都高，为国家创造很大经济效益。

蚕丝及丝绸是我国传统的出口商品，体积小、价值高、创汇率高、换回率好。出口1t生丝价值5万美元（2A级），可换回大量建设物资。故蚕丝及丝绸是我国对外贸易最理想的骨干商品。现在全世界有50多个国家生产蚕茧。据日本资料分析，近五年来（1986—1990年）世界蚕茧产量平均增长率为7.5%，五年间共增产33%，1990年世界产茧量为731kt，其中中国占65.4%居首位、印度13.7%、原苏联7.9%、日本3.42%，其它占9.6%；世界产丝量，五年间增产21%，比蚕茧稍低。1990年生丝产量为70920t，中国也居首位占60.7%，印度占13.7%，日本占8%，原苏联占5.8%，其它占11.8%。1987年开始形成了世界性的“丝绸热”，对生丝、丝绸织物需求增加，价格稳中有涨。目前丝绸仍处于供不应求的局面。中国是世界最大的产茧、产丝国，又是原料最多的出口国，在世界丝绸市场中，是具有举足轻重的地位。我国应摆脱单纯的蚕丝输出，突破传统生产，开发更加精致、附加价值高、质量优的新产品，为国家多创汇而努力。

从满足人民生活需要和繁荣农村经济来说，蚕丝生产对国内人民也十分需要。随着人民生活水平的提高和提高，对丝绸织物的需求也随之增多。栽桑、养蚕历来皆是我国农村重要副业之一。现在我国共有蚕农二千多万户，遍布全国27个省、自治区的农村。主要蚕区农民养蚕收入，一般占农业总收入的20%左右，如浙江省嘉兴地区蚕茧产值占农业总产值的15%，吴兴县重点生产茧区，可达30%，所以有些蚕农说“吃饭靠种田，用钱靠养蚕”，说明发展蚕桑生产在农村经济中占有相当重要的地位。丝绸生产在国内有很大潜力。它的发展对国家积累建设资金、巩固集体经济、增加个人收入都是有利的。

四、学习本课程的目的要求与内容

茧丝学是蚕学专业的一门主要专业课程,是研究如何使蚕茧具有优良的茧和茧丝品质,并根据蚕茧干燥理论,设计出具有高效优质低耗的干燥设备及干燥新工艺,为缫丝工业提供优质原料的一门学科。它包括农、工、贸几方面的内容。在教材中着重对茧和茧丝品质进行较详尽的分析,如茧和茧丝的结构、性状和理化性质等。在了解这些基本性状的基础上,提出在蚕桑生产中如何提高茧及茧丝品质的有效措施以及选择和鉴别优质蚕茧的标准及方法均作了叙述。对蚕茧干燥的原理、干燥设备及工艺、干燥程度的标准、鉴别及干茧贮运等作了比较详细的阐述,要求既保全茧质又有利于贮藏。最后对生丝的制造及生丝检验与分级也作了概述。

通过以上内容的学习,蚕学专业的学生应明确从事蚕丝业需具有桑、蚕、茧、丝等的专业知识,它是一种从种植业、养殖业到加工业的系统工程。本课程与养蚕、蚕体解剖及生理、蚕种和家蚕育种等专业课程密切联系并为之提高服务,使学生学会培育出优良的蚕品种,创造良好的上簇环境,生产优质蚕茧,掌握蚕茧初加工的理论及技能,提高及保全蚕茧及茧丝品质,以适应缫丝工业的要求。同时了解蚕丝的特性及纺织纤维的地位后,将蚕丝开发出更多的新用途造福于人类。为国家多生产出口换汇商品,繁荣农村经济,提高人民生活水平。因此要求学生能基本掌握茧及茧丝品质、茧质鉴定、蚕茧干燥方面的理论知识和实际技能,一般掌握生丝制造及检验。除课堂教学外还配合一定的实验内容、收烘茧实习及缫丝实习、现场参观等。做到理论联系实际,加深对课程内容的理解。培养学生对蚕茧干燥技术及管理的独立思考与工作能力。

第一章 蚕茧品质

第一节 茧丝及茧的形成

一、丝腺的结构及其功能

绢丝腺是分泌绢丝物质的外分泌腺，它起源于外胚层的器官。发生在反转期前约36小时。其发生部位在第二下颚突起的基部，由此处内陷而开始分化，经过大约 100小时旺盛的细胞分裂，基本上形成丝腺。

细胞分裂中心在丝腺前方和后方二处，初期前方分裂旺盛，形成前部丝腺和中部丝腺。发生后12小时转为后方分裂旺盛，形成后部丝腺。丝腺发生后12小时，左右两丝腺的开口部吻合，48小时后形成吐丝部，60小时后中部丝腺呈S形。至此，丝腺可清楚区分为前部、中部和后部丝腺。此时腺细胞开始肥大，大约132小时（孵化前24小时）后，腺腔内可以见到液态丝称绢丝液。到幼虫五龄末期（即熟蚕时）绢丝腺成为蚕体内最大的器官，它由吐丝管、前部丝腺、中部丝腺和后部丝腺组成。是一对半透明状弯曲的管状器官，在吐丝管汇合成一条。其结构，见图1—1。其功能分述于后。

（一）吐丝管 它是丝腺前端在头部内的一条细管，由吐丝区、榨丝区以及共通管三部分组成。榨丝区背面向上、侧、下共生出6条肌肉束，藉肌肉的扩张、收缩、管壁的弹性，具有调整丝物质流量、调节茧丝粗细以及压丝整形的作用。

（二）前部丝腺 连接吐丝管，是左右对称的二条输丝管，仅有输送丝物质到吐丝管导管的作用。但丝素分子通过时可在管中进一步成熟脱水。是丝腺最细部分，管长约35—40mm，直径0.05—0.3mm。

（三）中部丝腺 是丝腺中最粗大的部分，分泌及贮藏丝胶处所，也贮留由后部丝腺挤流过来的液状丝素，丝素分子在这段腺中成熟脱水。腺有两个弯曲，分为三段，称为前、中、后三区，分泌外、中、内三层丝胶。也有按分泌部位，分为四个区域（后区、中区后片、中区前片及前区）。三层丝胶是指和后部丝腺相连的中部丝腺后区，分泌内层丝胶；中部丝腺中区后片分泌中层丝胶；中部丝腺中区前片分泌中层和外层丝胶（称为混合分泌带）；中部丝腺前区分泌外层丝胶。

（四）后部丝腺 是绢丝腺中最长、折曲最多的部分，具有合成和分泌丝素的作用，

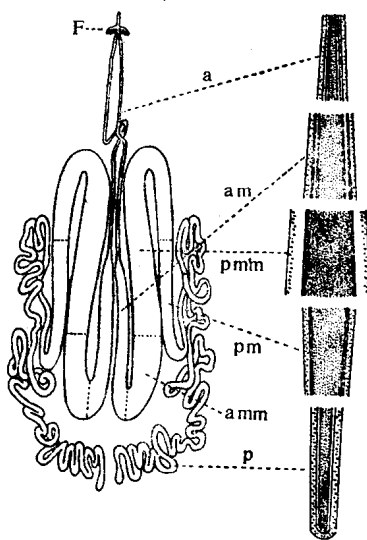


图1—1 茧丝的形成和结构

F. 菲氏腺 a. 前部丝腺 am. 中部丝腺前区 amm. 中部丝腺中区前段 pmm. 中部丝腺中区后段 pm. 中部丝腺后区 p. 后部丝腺
(赤井, 1980)

腺长200—250mm，直径0.4—0.8mm。绢丝腺在胚胎期结束细胞分裂，幼虫期只是细胞体积增大细胞数并不增多。绢丝腺细胞数一般为900—1800个。每头蚕的腺细胞数因蚕品种不同而有差异，一般欧洲品种中部丝腺和后部丝腺细胞数比中国种、日本种略多。腺细胞的多少与丝物质的分泌量有关，即多丝量品种蚕，其腺细胞数较多，产丝量高。

丝胶由中部丝腺分泌覆盖在自后部丝腺移挤来的液态丝素外面，随着液态绢丝液往前移行，直至吐丝前其浓度提高至30%；吐丝时丝胶在丝素纤维化过程中起着润滑剂的作用。在构成茧层时它使丝缕相互胶着而形成茧形。茧的最外层丝胶含量多达45—49%，愈近内层含量渐次减少。茧层丝胶含量也依蚕品种而不同。茧层丝胶在煮茧过程中约损失丝胶量3—4%，缫丝过程中约损失2%。

二、吐丝结茧

(一) 茧丝的形成 蚕到五龄末期丝腺内腔充满液状无规线团的丝物质。后部丝腺分泌的丝素是非结晶化的 α 型丝素溶胶，流经中部丝腺逐渐脱水，中部丝腺分泌的丝胶包在丝素溶胶的外面。中部丝腺向前部丝腺移动时，分子排列还是非结晶化的，到前部丝腺后进一步脱水使非结晶化的 α 型分子定向，丝素溶胶继续向前流动，在狭隘纤细的吐丝管内通过榨丝区的作用，使原来排列散乱不规则的分子经过脱水而逐渐变为有规则的排列而 β 化，使丝素分子间的侧链相互牵引而开始结晶化。这时只要受到机械的牵引与空气影响，即可以纤维化而成为茧丝。茧丝形成过程也可以说是液状丝素逐渐增加浓度和分子聚合度，大分子逐渐定向排列而纤维化的过程。由丝腺分泌的丝物质，是一种粘胶性强的液态丝，纤维蛋白质的丝素及球状蛋白质的丝胶是二种不同的丝蛋白。蚕在吐丝时，依靠其体壁肌肉和腺体本身的收缩作用，使后部丝腺的丝素向前推进，经中部丝腺时被丝胶包围，进到前部丝腺时两种物质完全密着，成为一个柱状的丝物质。再前进到吐丝部左右两管腔的丝物质在共通管汇合，经榨丝区肌肉收缩挤出吐丝口，经蚕的头部左右摆动及固着簇具，产生牵引作用。促使茧丝纤维化，在空气中凝固干燥而成一根茧丝。丝腺中绢丝物质的成熟过程，一方面是脱水，逐渐加大浓度；另一方面由于布朗运动使茧丝蛋白质的聚合度逐渐增大形成0.1 μ m左右的丝素小球，和0.5 μ m左右的丝胶小球丝胶被覆于丝素表面，并逐步由球状结晶变成纤维状结晶，形成丝纤维。

(二) 茧的形成 熟蚕上簇选择好营茧的适当位置后即先吐丝固定一点在簇器上，然后头部左右摆动牵引，将丝联结起来，构成一个网架，待排空消化管内尿液及蚕粪，固定好位置后就连续不断地吐丝作成茧网。茧网吐出的丝是很松乱的，在最外面称茧衣(又称茧绵)。由于其纤维细而脆，丝胶含量最多，易溶性大，排列又不规则故不能缫丝。茧衣结成后，蚕儿头部向背方仰起，左右摆动，开始以有规则的“S”形排列形式进行吐丝。经连续不断的吐丝，绢丝腺腺腔逐渐变小，丝圈逐渐由“S”形改为“ ∞ ”形，并随时移动位置，而逐渐形成一个个丝片。由于丝胶的粘着性而将丝片粘附重叠成厚厚的茧层，是构成蚕茧的主体。吐丝接近终了时，蚕体显著缩小，头部的摆动逐渐缓慢，振幅缩小，“ ∞ ”形丝圈的排列也失去均匀性，且蚕体呈间歇移动。丝缕重叠成比较紊乱、松软，有明显间隔的薄层，这是茧的最内层，称为蛹衣。通常蛹衣和蛹体合称蛹衬。由于丝纤维过细，排列失去匀调，缫丝时一般主动拆除。蚕儿吐丝到此时，结茧已告完成。

一粒蚕茧是由茧衣、茧层、蛹体及蜕皮四部分组成。能够缂丝的为茧层部分。茧衣、蛹衣只可做绢丝原料。

三、茧丝排列型式

熟蚕吐丝时头部左右摆动，使吐出的丝缕形成“S”形或“∞”形，藉丝胶胶着而重叠排列起来，茧丝的排列形式，因蚕品种、茧层部位及簇中温湿度不同等而有差异。

据观察中国品种的吐丝形状以“S”形排列占极大多数，吐丝时头部左右摆动，并向前匍匐移动的吐丝状态比较多，茧层各部位排列较均匀，结成的茧形呈椭圆或圆形。日本和欧洲品种则不同，茧层以“∞”形排列占极大多数，吐丝时蚕在茧的一端半球内吐成一系列丝片后，又顺次放开腹脚向相反的另一端移动，吐另半个球形，最后在两个半球接合点做成带束腰的茧层。这样顺序做的茧，往往中央较厚。带束腰形，如过分引长茧形，则中间接合点处仅有过渡性丝缕连接，就造成最薄部分，结成薄腰茧。欧洲种束腰浅，日本种束腰深。中日交杂种营茧的排列型式，在外层时，蚕体移动速度快，头部左右摆动的幅度较狭，排列曲线(L)短而弯弧(L')长，开角也大，成“S”形。渐及内层，蚕体移动速度渐慢，头部左右摆动的幅度较宽，因此排列曲线(L)长而弯(L')短，开角也小，成较狭长的“S”形，并逐渐过渡成狭长重叠的“∞”形。如图1—2、图1—3中茧丝排列型式所示。

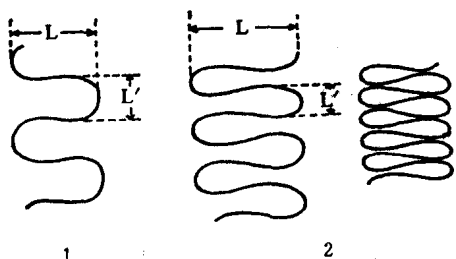


图 1—2 内外层的茧丝排列

1. 外层的茧丝排列 2. 内层的茧丝排列
(丝茧学, 1961)

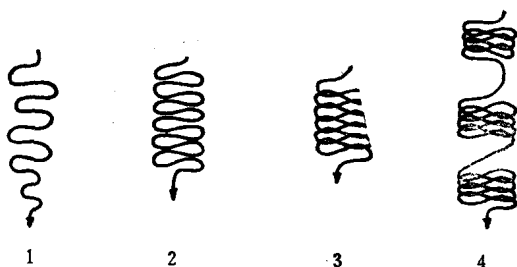


图 1—3 茧层各层间的茧丝排列

1. 外层的茧丝排列 2. 中,层的茧丝排列 3. 中,层的茧丝排列 4. 内层的茧丝排列
(丝茧学, 1961)

按茧的部位看：茧丝的排列，在茧的两端较短小，束腰部次之，膨大部最长大。

茧丝排列与簇中温湿度有一定关系，凡温度低，吐丝慢，茧丝排列短小、茧形小、重叠多，缂丝时离解较难。反之，在合理温度范围内，偏高时，吐丝快，茧丝排列的“S”或“∞”形较长，重叠较少，茧形也比较长大，缂丝时离解较易。当簇中低温多湿或高温多湿时，茧丝排列失去匀调性，部分茧丝交叉点的面积大小不同，如图1—4所示。其中的3和6二处交叉点的胶着面积较大，如果在煮茧过程中不能使丝胶充分膨润软和，

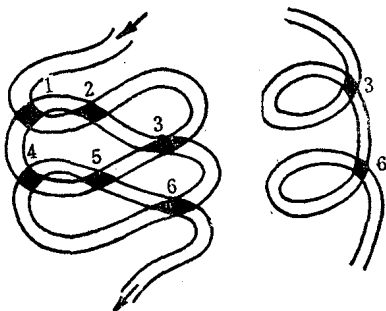


图 1—4 茧丝胶着面积示意图

(丝茧学, 1961)

缂丝时就不易离解而形成小圈，带有小圈的丝条即成环颍，降低洁净成绩。

不同的茧丝排列形式对煮茧缂丝有不同的影响。“S”形排列的丝缕交叉重叠点少，干燥容易，胶着程度轻，煮茧后容易离解，好缂丝；“∞”形排列的丝缕交叉重叠点多，干燥缓慢，胶着程度重，煮熟难，离解也困难，缂丝过程中茧跳动激烈，容易增加颍吊和落绪及多小糙环颍等疵点。

四、簇中环境对蚕吐丝速度的影响

簇中温湿度与蚕儿吐丝移动的速度有关，一般高温时吐丝快，低温时吐丝慢。据我们调查，温度在24℃时，每秒钟平均吐丝11mm，最快14mm，最慢8mm。据日本水野氏测定，外层约吐丝12cm后移动位置再吐丝；中层约22cm、内层约33cm后移动，说明外层吐丝时蚕体移动快而多，中内层移动减慢，丝的重叠增多。簇中高温时丝物质的合成，分泌速度加快，丝腺腔的内部压力增加，丝物质量也增多，使单位时间内的吐丝量增加，茧丝随之增粗，但另一方面因为温度升高，增强肌肉的收缩，头部摆动的幅度增大，速度加快，丝的牵引迅速。如单位时间内吐出的丝物质量一定的情况下，则温度高比温度低的茧丝牵引快，丝长长而纤度略细，但在丝物质分泌旺盛时，温度的影响就被掩盖而不明显。总之，吐丝快、纤度细；吐丝慢，纤度粗。故调节簇中温度是改变纤度粗细的一项措施。湿度对吐丝速度的影响比温度小，大约每升降1℃，与湿度增减10%相近。湿度大的比湿度合理的吐丝速度慢。多湿环境下营茧，茧丝胶着面积大，茧质差。蚕在簇中温度24℃、相对湿度72%的情况下，约3—4昼夜可以完成吐丝，再经2昼夜开始蜕皮化蛹。刚化成蛹的蛹皮呈淡乳黄色，表皮薄而嫩，极易破裂出血，其浆液会污染茧层形成内印茧。再经2昼夜蛹皮增厚，蛹体色转为黄褐色，此时为采茧的适期。蚕在吐丝结茧过程除受簇中环境的影响外，簇具和上簇条件的好坏均对茧质有影响。

第二节 茧的外观形质

一、茧的形状及大小

茧形是分别蚕品种的主要标志之一。一般品种不同，茧形也有异。茧形外观有球形、椭圆形、尖头形、榧子形、浅束腰形、深束腰形。中国种多椭圆形、球形；日本种多深束腰形；欧洲种多椭圆形带浅束腰。以长短大小说，中国种大而短，日本种细而长，欧洲种既长又大。至于交杂种的茧形，一般以中间型为多。目前我国饲养的中日交杂种，茧形多呈椭圆形带浅束腰（图1—5）。

茧形大小常以一粒茧的纵幅和横幅表示；单位用“mm”，我国现行品种的春茧，纵幅

为28—37mm，横幅为15—23mm；夏秋茧纵幅为25—35mm，横幅为13—20mm。

工厂所测量的茧幅，指茧的横幅，抽取一定数量（100—150粒）的样茧，逐粒量出茧

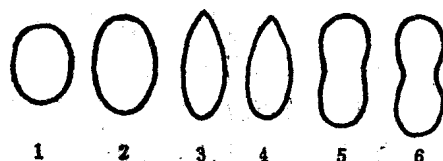


图1—5 茧的形状

- 1.球形 2.椭圆形 3.榧子形 4.尖头形 5.浅束腰形 6.深束腰形
(丝茧学, 1961)

幅大小，以相差1mm为一档，分成若干档，计算平均茧幅、茧幅整齐率和茧幅极差等。其公式如下：

$$\text{平均茧幅 (mm)} = \frac{\text{各粒茧幅的总和 (mm)}}{\text{样茧总粒数}}$$

$$\text{茧幅整齐率 (\%)} = \frac{\text{最多1档的茧幅粒数} + \text{该档前后各1档茧幅的粒数}}{\text{样茧总粒数}} \times 100$$

$$\text{茧幅极差 (mm)} = \text{最大1粒的茧幅} - \text{最小1粒的茧幅}$$

$$\text{茧幅标准差} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

式中 x_i ——每粒茧的茧幅 (mm)

$\bar{x}$ ——平均茧幅 (mm)

n ——样茧总粒数

1990年春秋二期调查七个交杂品种，其茧幅分布情况调查如表1—1。

表 1—1 品种与茧幅分布示例

(浙江农业大学, 1990)

粒数 品种	茧幅 (mm)	22.5	22.0	21.5	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	合计	平均 茧幅 (mm)	茧幅整 齐率 (%)	茧幅 极差 (mm)
菁松×皓月					1	1	1	11	11	37	24	6	5	2	1	100	18.4	72	0.5
浙雷×春晓	1	2	5	8	9	16	23	16	15	4	1					100	19.7	55	0.5
苏5×苏6			1	1	6	11	13	18	23	17	7	2	1			100	19.4	58	0.5
华苏×肥苏					1	3	4	11	15	24	20	10	9	2	1	100	18.4	59	0.5
浙农1号×苏12					2	4	7	9	17	19	17	12	10	2	1	100	18.5	53	0.5
龙限×旭日♀								1	7	21	30	26	14	1		100	17.9	77	0.3
龙限×旭日♂							1	1	3	16	25	27	19	6	2	100	17.7	71	0.4
秋日×龙限							1	9	17	29	24	12	7	1		100	18.3	70	0.35

根据表1—1所列的各交杂品种茧幅分布情况，可算出各交杂品种的平均茧幅、茧幅整齐率及茧幅极差（已列入表内）。平均茧幅说明品种茧的茧形大小。茧幅整齐率、茧幅极差说明该品种样茧茧粒之间大小开差的程度。茧幅的大小能反映茧丝纤度粗细；同一品种的蚕茧茧幅增大，茧丝纤度有变粗的趋向。茧幅整齐率与茧丝纤度偏差有关；茧幅整齐率高，表示茧形比较整齐。茧幅标准偏差小的，茧丝纤度粒间差异小。生丝纤度偏差也能做小。

根据浙江农业大学丝茧组1980年春期对二个现行交杂种在饲养、上簇条件相同的情况下，调查了各档茧幅与纤度的相关情况，列于表1—2。

由表1—2说明在同品种内茧幅大小虽与茧丝纤度有一定关系，但在不同品种间，茧形大并非纤度即粗。如杭7×杭8比华合×东肥品种的茧形大，但纤度较细。

表 1—2 茧幅与茧丝纤度的关系

(浙江农业大学, 1980)

纤度 (d)	茧幅 (mm)	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0
品 种										
杭7 × 杭8		2.78	2.65	2.59	2.55	2.21	2.11	1.97	1.78	1.67
华合 × 东肥				3.29	2.99	2.87	2.71	2.65	2.54	2.26

注: d数 × 1.11 = dtex 数

表示茧形大小的方法除用茧幅测量外, 可用一定容积中的粒数, 或一定重量内茧粒数多少来表示。粒数少表示茧形大, 粒数多表示茧形小。此外还可利用茧幅率, 即茧的狭隘度表示。

$$\text{茧幅率} = \frac{L}{B} \times 100\%$$

式中 L——茧长 (mm)

B——茧幅 (mm)

通过茧长、茧幅还可求出茧的体积及表面积。如茧形为圆筒形和球形的, 则茧形的表示, 如图1—6所示。

茧幅为 $2r$ 、茧长为 $2r(1+m)$ 。体积以 V 表示、面积以 S 表示, 其计算如下:

$$V = 4/3\pi r^3 + 2\pi r^2 m = \pi r^3 (4/3 + 2m)$$

$$\text{因 } m = \frac{\text{茧长}}{\text{茧幅}} - 1$$

现茧长为 L , 茧幅为 B 代入上式

$$V(\text{茧体积}) = \pi r^3 (4/3 + 2m)$$

$$= \pi \left(\frac{B}{2}\right)^3 \left(4/3 + 2\frac{L-B}{B}\right)$$

$$= 0.262B^3(3L-B)$$

$$S(\text{茧表面积}) = 4\pi r^2 + 2\pi r \times 2mr$$

$$= 4(\pi r^2 + \pi r^2 m)$$

$$= 4\pi r^2(1+m)$$

$$= \pi \cdot 2r \cdot 2r(1+m)$$

$$= \pi BL$$

影响茧形大小的因素, 主要是因品种、雌雄、食桑量、上簇环境等而有不同。同一品种内雌雄不同, 茧形大小也有差异。一般雌的要比雄的茧形大(表1—4、表1—5)。

此外, 品种、饲养条件相同的情况下营茧时, 高温干燥的茧形略大; 低温多湿的茧形略小(表1—6)。

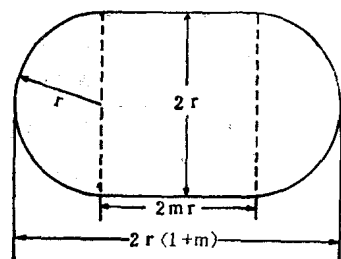


图 1—6 茧形的表示

(平林浩, 1982)