

竹学应用技术概览

中国竹产业协会

2020 年 3 月

前 言

中国竹产业协会（英文:China Bamboo Industry Association, 缩写:CBIA）成立于1993年10月21日，是由竹林育种、培育、加工、贸易、科研、教学和管理的企业事业单位和个人组成，为达到共同目标而自愿集群的全国非营利行业社会组织。业务主管单位是国家林业和草原局，社团登记管理和监督管理机关是国家民政部。在“十二五”和“十三五”期间，参与制定了《全国竹产业发展规划（2013-2020）》、《全国竹产业发展指导意见》等，有效完成了各项工作。积极参与国际合作、科技创新、扶贫攻坚，协会创新能力和管理实力不断增强。

“十四五”时期，我国竹产业将面临新机遇、新挑战、新任务，特别是在新型冠状病毒疫情之后，总结“十三五”经验，针对下一个五年，要适当调整结构，确定切实的可行产业发展方向。经中国竹产业协会组织专家研究，以“弘扬竹文化，发展竹产业”为宗旨，汇集国际竹藤中心、中国林科院、南京林业大学、西南林业大学等高校、科研机构，研究探讨一、二、三产融合及相关产业发展中的问题，本着实用、适用的原则编写了本概览，以期在“十四五”期间及疫情后竹产业复工复产提供科学指导。

编写组以竹产业现状为基础，围绕竹林经营技术、竹笋生产管理、竹材线性加工技术、竹编工程技术、全竹理化利用技术等产业链中重要且亟待解决的问题，针对性地给出了科学指导与合理建议，编撰成本《竹学应用技术概览》，共计100条。期望以科技驱动产业，实现中国竹业更好更快发展。

目 录

第一章 竹林经营技术	1
1. 经济竹林和生态竹林的应急抚育技术	1
2. 冬季受雪压灾害竹林的管理技术	1
3. 竹林病虫害防治技术	1
4. 毛竹种子保存技术	2
5. 毛竹林种子育苗不及时的应对技术	2
6. 利用毛竹实生苗进行分株扩繁技术	2
7. 毛竹造林不及时的应对措施	3
8. 毛竹实生苗造林技术	3
9. 新造竹林抚育管理不及时的补救技术	3
10. 毛竹林田间管理技术	4
11. 毛竹氮素高效利用及调控技术	4
12. 云南大型丛生竹春季造林延迟的应对技术	4
13. 竹资源高效培育技术	5
14. 材用大中型丛生竹高效培育技术	5
15. 竹林生态系统碳汇监测与增汇减排技术	6
16. 竹林北方经济与绿化造林技术	6
17. 竹林康养技术及应用	7
18. 林下食用菌种植经营技术	8
19. 利用竹林剩余物发展林下经济技术	9
20. 食用菌种植过程的铺料播种技术	9
21. 农户烘干保存鲜菇技术和培训技术	9
22. 竹采伐机械技术	10
23. 竹资源调查 3S 技术集成应用技术	10
24. 丛生竹资源开发及笋用林高效经营技术	10

第二章 竹笋加工技术	12
25. 竹笋可持续生长技术	12
26. 春笋采收作业技术	12
27. 笋用林不能及时收获的处理技术	12
28. 毛竹春笋不能及时采收的应对技术	13
29. 林下杂灌清理技术	13
30. 施肥作业降低笋用林损失的技术	13
31. 改善毛竹笋用竹林土壤条件的技术	14
32. 笋用林病虫害管理技术	14
33. 绿竹林丰产培育期的应对技术	14
34. 笋期结束后覆盖物的处理技术	14
35. 覆盖笋采收不及时的应对技术	15
36. 覆盖毛竹林施肥技术	15
37. 覆盖毛竹笋用林水分管理技术	16
38. 覆盖竹林温度控制技术	16
39. 下半年的覆盖材料的选择技术	16
40. 毛竹笋用林示范基地建设技术	16
41. 春笋储藏技术	17
42. 竹笋现代加工技术	17
43. 竹笋贮藏与加工关键技术	17
44. 鲜笋的市场营销技术	18
45. 笋干制作技术	18
第三章 竹材线性加工技术	19
46. 竹材细胞壁力学表征技术	19
47. 刨切微薄竹生产技术与应用	19
48. 竹质装配式房屋的设计与建造技术及应用	20
49. 建筑结构用竹型材制造技术及应用	21
50. 建筑与交通用竹纤维复合材料轻量化增值制造技术	22

51. 展平竹与速生材正交复合板制造技术.....	22
52. 竹材仓储技术.....	23
53. 竹材定向刨花板生产技术.....	24
54. 冷却塔竹材淋水层加工技术.....	24
55. 胶合竹的设计和制造技术.....	25
56. 竹质工程材料制造技术.....	25
57. 竹木复合结构技术的创新与应用.....	26
58. 竹材及其人造板环保高效防腐防霉技术.....	26
59. 竹材密实化制造技术及应用.....	27
60. 竹地板制造技术及应用.....	27
61. 竹家居的生产制造技术.....	28
62. 竹质集装箱底板制造技术.....	28
63. 竹键盘等电子产品制造技术.....	29
64. 竹炭板制造技术.....	30
65. 圆竹标准材加工技术.....	30
第四章 竹材编织加工技术.....	31
66. 竹缠绕复合管道制造技术.....	31
67. 竹缠绕复合管廊制造技术.....	31
68. 传统竹编工艺技术.....	32
69. 平面竹编技术.....	32
70. 立体竹编技术.....	33
71. 竹编产品市场营销技术.....	33
72. 竹编机械改造升级技术.....	33
73. 竹编自动化设备研发.....	34
第五章 全竹理化利用技术.....	36
74. 竹醋液消毒液系列产品制备技术.....	36
75. 精致竹醋液加工技术.....	36

76. 竹醋叶面肥料的生产技术.....	37
77. 竹醋农药增效剂生产技术.....	37
78. 竹源生物乙醇的高效制备技术.....	38
79. 竹叶黄酮提取技术.....	38
80. 竹粘胶纤维系列医用纺织品制造技术.....	39
81. 竹浆纤维及其制品加工关键技术和产业化应用.....	40
82. 竹纤维制备关键技术.....	41
83. 高性能竹基纤维复合材料制造技术.....	42
84. 竹纤餐具系列产品生产技术.....	42
85. 竹材吸管系列产品制造技术.....	43
86. 竹纸生产技术.....	44
87. 混合浆高得率造纸技术.....	44
88. 净化室内空气的建筑构件制造技术.....	45
89. 圆竹负离子空气净化技术.....	45
90. 竹酒生产技术.....	46
91. 竹茶生产技术.....	47
92. 竹饮料生产技术.....	47
93. 竹炭加工技术.....	48
94. 竹炭市场应用技术.....	49
95. 竹炭和竹纤维一次性口罩应用技术.....	50
96. 竹材的桐油热处理技术.....	50
97. 竹基生物质固体燃料制备技术.....	51
98. 竹机制棒成型和连续炭化关键技术与装备.....	51
99. 竹胎漆器技术.....	52
100. 竹材加工产业园建设运营技术要点.....	54

第一章 竹林经营技术

1. 经济竹林和生态竹林的应急抚育技术

经济竹林以收获竹笋或竹材为主要目标，抚育措施包括水肥管理、土壤垦复、密度调整和采笋伐竹等；生态林经营措施相对粗放，抚育措施可以随机掌控。如果受突发情况影响可应急处理：

紧急处理包括：（1）及时采笋，提高经济产出；（2）砍除退笋和死竹，防治病虫害。后期补救措施主要包括：（1）采伐调整立竹度；（2）林下割除杂草，留做绿肥；（3）林下清理，消除病、虫、兽害的中间寄主和栖息场所；（4）土壤垦复和水肥管理。

2. 冬季受雪压灾害竹林的管理技术

皖南山区冬季多雪，受雪压情况普遍较重，雪压竹清理是重要抚育措施。主要管理措施为：（1）对压弯竹材可不处理，让其自然恢复；（2）对弯压严重、竹梢受损的竹株，可断梢处理；（3）对折断竹材和翻蔸竹，砍除处理；（4）对病、虫、枯死竹材，连带竹枝清理出林，以减少病虫感染危害。

3. 竹林病虫害防治技术

应根据各地区往年病虫害情况进行提前预防，毛竹林出笋期，应加强笋期害虫防治，化繁为简，抓关键点和紧急点。建议以物理防治为主，如利用害虫的趋光、群集及上、下竹等生物学特性，通过灯光

诱杀、毒环阻杀等手段防治病虫害，该方法对竹螟、竹舟蛾、竹毒蛾及竹蝉等趋光性害虫有显著的防治效果；也可采用无人机喷施化学药剂的方法防治病虫害。

4. 毛竹种子保存技术

自然状态下，毛竹种子发芽力下降很快，1 年左右几乎全部丧失发芽力。低温 5℃ 左右冷藏条件下贮藏，毛竹种子能保存半年至一年，不会显著降低发芽能力，超低温贮藏种子保持活力的时间更长。

5. 毛竹林种子育苗不及时的应对技术

一是毛竹春季播种育苗不能及时开展，毛竹种子发芽率降低；二是冬季已完成毛竹播种，现正处于发芽阶段，幼苗管护难度加大；三是 1 年生幼苗进行春季分株育苗时面临劳动力不足的问题。

水分和光照是毛竹苗木生长的制约因素，在确保苗木水分和光照的前提下，可以减少施肥、除草等作业活动，随后再开展除草和追肥作业；也可结合苗木分株育苗施用有机基肥。

6. 利用毛竹实生苗进行分株扩繁技术

第一和第二年生毛竹实生苗具有明显的分蘖生长特征，可以进行分蘖育苗。具体操作是：在春季，将 1 年生竹苗整丛挖起，用快锹或剪子从竹苗基部切开，1 丛分为 2-3 小丛；第 2 年将大竹苗出圃造林，小竹苗又可用同法分株移植，可以连续生产大量生产优质竹苗。

7. 毛竹造林不及时的应对措施

毛竹造林通常在 10 月至次年 2 月期间开展，如果毛竹林不能在合理的时间及时进行栽植，如 3 月份进行毛竹造林，因毛竹处于发笋季节，生理活动旺盛，会显著的降低造林成活率。毛竹造林方法主要包括苗木造林、移母竹造林和移鞭造林等，可根据苗木供应地、造林地位置、苗木来源情况，选择实生苗造林。推荐采用 1-2 年生的实生苗造林，可保证成活率，用工少。

8. 毛竹实生苗造林技术

一是苗木运输应淋水保湿，以防竹苗失水干燥；二是控制栽植密度，造林密度 1000 丛/公顷左右为宜；三是注意栽植流程，确保实生幼苗根系在植穴内自然舒展；四是浇足定根水，浇水后覆一层松土，比原苗着土处高 1-2 厘米；五是用稻草或杂草等对地表进行覆盖，防止表土冲刷和水分蒸发。

9. 新造竹林抚育管理不及时的补救技术

2 月天气逐渐回暖，杂草开始生长，此时进行除草并对浅层松土，可将杂草扑灭在萌芽时期，是新造林关键抚育措施。如不能及时开展作业，建议延后实施相关抚育实施，可以在 6-9 月份进行除草作业，同时追肥。

10. 毛竹林田间管理技术

在对毛竹林进行田间管理时应做到：（1）根据新竹情况选择在新竹完成抽枝长叶后的 6、7 月份进行砍杂、垦复；（2）减少灌溉次数，改造喷灌系统，实现远程控制；（3）减少施肥次数，可以在 6 月或者 9 月份施肥 1 次。

11. 毛竹氮素高效利用及调控技术

借助 ^{15}N 示踪方法，可以研究毛竹林中氮素的移动方向及抚育方式对氮去向的影响，为氮素利用率提升提供科学依据。结合生产实践切实关注的施肥方式、对象与时间问题，并根据毛竹氮利用的根系、根层、年龄和时间效应，提出系统且具体的调控措施，可以实现氮素靶位管理。以针对性强，精度高等优势，使养分利用率明显提升，竹林经济产量增加，竹农收入提高，林分生态功能和综合效益显著。

12. 云南大型丛生竹春季造林延迟的应对技术

大型丛生竹的定植季节为每年的 2-3 月份，造林时间推迟至 3 月中下旬，则此时气温回升，竹苗开始萌芽、抽梢，成活率和当年生长会受到严重影响。主要应对措施：一是将造林工作推迟到雨季来临前后进行；二是采用分篦造林，初植密度为 10-15 丛/亩，起苗时砍去梢头，保留 0.5-1.0 米主秆，尽量剪去叶片及带叶小枝；三是定植要求做到深挖穴、浅栽竹、紧埋土、松盖草、浇足水。

13. 竹资源高效培育技术

从竹种质资源收集与保存、优良竹种选育及高效培育技术出发，研究山地竹种质资源保存库建设技术体系，构建以竹资源调查与动态监测技术为基础、高效经营关键技术为核心、健康保护技术为保障的竹林高效培育关键技术体系。建立的竹资源调查与动态监测技术体系，竹亚科物种资源调查研究的科学方法，可以实现大尺度信息快速获取和动态变化监测。竹资源调查技术，可以为全国竹资源调查监测和利用规划提供了重要理论和技术支撑；建立的竹资源高效经营关键技术体系，可以提高我国竹林经营技术水平和可持续经营能力；竹资源健康保护技术体系，竹林主要病虫害数字化信息平台，安全高效的绿色生物农药及化学信息农药，竹林重大病虫害安全高效的综合治理技术，防治效果达 90%以上，可以实现竹资源健康保护技术全面升级。

14. 材用大中型丛生竹高效培育技术

建立合理立竹密度、母竹大小、年龄结构的大中型丛生竹结构精准调控和包括科学的 N、P、K 肥配比、施用方式和施肥量的土壤养分高效调控为核心的丛生竹高效培育关键技术，可以提高丛生竹经营的针对性和精确性。生物多样性、生物量、土壤质量、水源涵养及土壤抗侵蚀性，多指标的材用大中型丛生竹林综合效益评价指标体系，创新性的建立以丛生竹散生化结构调控、林地养分改良、林下植被管理和实施混交经营为核心的材用大中型丛生竹综合效益高效经营关键技术体系。

15. 竹林生态系统碳汇监测与增汇减排技术

该技术研发了竹林增碳、减排、稳碳、协同四大关键技术，显著提升竹林净碳汇能力，开发出 5 项竹林碳汇项目方法学，推动国际国内竹林碳汇产业发展，在联合国气候大会上与合作单位共同提交竹子应对气候变化技术报告 6 份，围绕竹林碳汇领域关键科学与技术难题，经过 15 年时间的联合攻关，探明了竹林碳源汇特征、碳储量与空间分配格局，明确竹林是一个巨大的碳汇，系统澄清了竹林是碳源还是碳汇的国际争议。创建了多尺度地面、遥感联合监测技术体系，实现竹林碳时空动态的快速准确测算。研发的竹林增碳、减排、稳碳、协同的四大关键技术，显著提升竹林净碳汇能力。突破竹林碳汇计量方法和特征参数缺失的难题，研发出 5 项国家、国际标准的竹林碳汇项目方法学，填补了国内外空白，解决了竹林碳汇进入国内、国际碳减排市场的技术瓶颈。

16. 竹林北方经济与绿化造林技术

南竹北移，一直是竹林人的梦想。“十三五”期间，竹林北方经济与绿化造林技术逐步成熟。北京地区以紫竹院公园为代表的成片竹林，已经有上千处生长良好，品种已经达到 50 种以上。以山东肥城 1.5 万亩矿区塌陷地连片新造林为例，2017 年开始新造林，栽培时注意土地平整，防风防寒，2018 年成活率在 85% 以上，2019 年长势良好，目前已经发挥了很好乡村旅游休闲效益，正在筹建竹笋加工厂和竹编加工厂，与之配套，实现经济价值与绿化效益双丰收。

17. 竹林康养技术及应用

竹类植物是具有高吸碳能力的造林树种，是重要的森林植物资源，由于其独特的生物学特性和良好的生态效益，被誉为 21 世纪最具潜力和希望的植物。因地制宜发展竹产业，充分利用现有竹林资源优势，厚植竹林康养理念，开展竹林康养环境保健功能研究，定向培育康养竹林，吸引更多游客前往竹林旅游康养，对践行“绿水青山就是金山银山”的发展理念、促进竹产业的全面转型升级有重要意义。主要方向则围绕竹林康养基地、竹林小镇、竹林人家、竹林风景线展开。

打造竹林康养基地的重要条件：（1）基地的资源导入：以竹林生态环境为基础，通过景观打造或景区规划，达到保健养生、康复疗养的效果。基地最好要在竹资源丰富的地区，如浙江、湖南、福建等地；要有特色文化，如安吉《卧虎藏龙》电影的毛竹林拍摄地，湖南的湘妃竹等。（2）强化健康主题，多元化开发：作为竹林康养基地，必须强化健康养生养老主题，进行多元化开发。以竹林健康养生、休闲养老度假等健康产业为核心，进行休闲农业、医疗服务、休闲娱乐、养生度假等多功能开发。（3）营建富有特色的民宿：民宿是当前乡村旅游的一大热潮，为人们带来了另一种旅游生活方式。基地里可以打造一批由竹家具、竹装饰等竹制品构成的美丽竹居，提供给来基地旅游休养的人住宿、生活。（4）开发符合消费需求的竹林项目：竹林康养，不仅是竹林资源保护及产业开发升级，更是人们亲近自然、享受自然养生健体的生活方式。但人们选择竹林康养，需求各有不同。有人期待到清幽的竹林环境中，一洗尘世浮华；有人希望通过竹林康

养，达到养生健体的效果；有人希望在基地中，体验自己伐竹、做竹制品的生活方式等。

2018 年，习近平总书记在四川视察做出的重要讲话，提出“因地制宜发展竹产业，让竹林成为美丽乡村的一道风景线”，打造竹生态产业成为践行重要讲话的有力行动。以竹生态文化公园为核心，发展竹景观、竹生态、竹文化、竹艺术成为新的方向。同时建设竹文化馆、规划馆、竹文化街区、大师工作室、竹主题酒店、竹文化美食体验中心等相关文化，以推动产业融合发展。

18. 林下食用菌种植经营技术

食用菌林下种植，郁闭度一般在 70%左右，可通过搭建遮阳网或调整竹林密度来降低或增加光照，温度一般控制在 30℃以下为宜，出菇期应在 20-28℃左右，林地空气湿度达 80%以上，土壤腐殖质高为佳。注意事项包括：一是提前准备栽培基质、菌种，拉长工期整地，错时分区域作业，严格消毒防疫；二是注意天气变化，及时采取保护措施，减少大球盖菇等温度敏感、品相要求高的菌种受影响；三是对滞销的食用菌，调整遮荫、温度、湿度等管理措施延缓出菇，同时开展烘干或者盐渍加工处理；四是生产经营者及相关销售企业通过林业管理部门与政府、行业协会加强沟通，争取政策支持，并对接商超或者线上网络销售。

我国食用菌主要以鲜销为主，80%-90%的新鲜食用菌依靠各地农产品批发市场流通。当出现传统渠道销售困难，可通过预售、订单式

等各种线上线下新型营销手段，加强产销对接，拓宽销售渠道；也可及时加工成干品保存出售。

19. 利用竹林剩余物发展林下经济技术

种植食用菌的原料购入困难，可充分利用竹林采伐剩余物就地粉碎成竹屑，堆料并作为其他的基质替代品，还可收集山上竹叶，农家长期堆放的谷壳、稻草、玉米秸秆或杂木屑等都可利用。科学选择食用菌进行竹林下种植，既能及时处理大量竹林剩余物，有效降低生产成本，食用菌栽培后剩余物直接还田，还可改良土壤，增加竹林肥力。

20. 食用菌种植过程的铺料播种技术

可以先播种，然后通过经常喷水的方式保证播种后 3 天内培养料吸足水分，以减少铺料过程中由于原料过重而造成劳动量增加，但要注意一定要让培养料吸足水分，并避免覆土层流失。

21. 农户烘干保存鲜菇技术和培训技术

对于没有专业烘干设备的农户，可自制简易的干燥室（电风扇/鼓风机、塑料膜、干柴，砖窑、温度计），温度控制在 40-60℃ 即可，或联系当地电厂、食用菌加工厂等统一干燥，干燥至干重 8%-10% 左右即可。干燥后装入塑料袋，密封至于干燥阴凉处放置。

通过对种植户的线上调研，建立区域化特定竹菌种植模式的农户规范作业模式，采用在线视频、电话、QQ、微信等多种方式对农户反映的问题进行归纳分类，组织相关专家进行针对性、及时解答指导，

形成农户和专家虽然未“见面”，但从不“断线”的“云端”指导新模式。

22. 竹采伐机械技术

竹林采伐机械化水平低制约了竹产业的发展,也浪费了资源。从采伐机械化需求入手,重点针对砍伐,剔枝,打捆,转运和竹根挖掘等环节分析竹林采伐机械化技术现状。根据实测人工采伐耗时数据提出竹林采伐装备研发重点为采伐、剔枝和转运环节。已开展相关研发工作,集成树木采伐原理,开发便携式采伐样机,动力为充电电池,规模试验效果良好。探讨了从竹品种改造,道路条件改善,竹林地貌整治,农机动力上山等多方面入手,以大功率,高效率,多功能作业为目标,努力做到应采尽采是未来竹林采伐机械化的发展趋势。

23. 竹资源调查 3S 技术集成应用技术

构建“基于光谱片层一面向纹理”的竹资源信息提取技术、基于覆盖同区域的高光谱数据窗口作用,构建出应用多光谱遥感数据即可反演出具有高光谱信息特征的数学模型、基于遥感空间优质,构建区域土壤肥力的尺度性反演技术、构建竹资源管理信息系统。提高了竹林资源数字化和信息化管理水平,提升了竹业产业项目决策的科学性,取得了明显的经济和社会效益。

24. 丛生竹资源开发及笋用林高效经营技术

针对以往我国竹林培育多聚焦在毛竹等散生型竹种,对众多丛生

竹资源（约 200 余种）没有有效开发的现实状况，围绕竹浆造纸原料林基地建设缺乏耐寒、高产竹种，及如何提升笋用丛生竹经营效益等难题，开展了系统的研究与技术推广。在浙江温州创建了国内第一个以耐寒竹种选育为目标的丛生竹种质资源库；选育了丛生竹良种——大木竹贡后种源，其产量和耐寒性高、纤维佳，适于作为造纸原料，竹壁厚，单位面积产量高于现主栽竹种毛竹 2 倍，能替代作为竹板材原料；以绿竹笋用林为代表，系统研究并提出了以散生状培育、短周期更新、促进早期发笋和设施栽培等创新内容的笋用丛生竹培育技术体系，填补了国内空白。

第二章 竹笋加工技术

25. 竹笋可持续生长技术

(1) 采笋抓关键点, 根据竹笋生长和退笋规律, 可以在出笋初期和末期集中采笋, 盛期以留养母竹为主。(2) 未及时采收的竹笋将长成新竹, 导致竹林立竹度增大, 影响来年产量, 因此应该在事后进行结构调整, 做到立竹度科学、年龄结构合理、空间分布均匀。

26. 春笋采收作业技术

春笋一般以笋尖出土 15 厘米左右时采挖, 质量好, 产量高, 经济收入高。春笋已裸露地表, 只需适当挖去笋基部一些泥土, 即可挖起。正常情况下, 春笋除出笋盛期中、末选留养竹之外, 均应及时全部采收, 一般出笋早期 3-5 天挖一次, 出笋盛期则 1-2 天挖一次, 笋后期 2-3 天挖一次。适当调整采笋频率和单次采笋强度。

27. 笋用林不能及时收获的处理技术

由于未及时采笋形成新竹, 会直接导致竹林立竹度增大, 从而影响笋用林来年产量, 因此应该及时对笋用林进行结构调整, 采伐老竹、病竹, 同时采伐生长不良和过密的新竹, 做到立竹空间分布均匀, 年龄结构合理, 以保证科学的竹林密度。

28. 毛竹春笋不能及时采收的应对技术

毛竹春笋生长阶段可以分为初期、盛期和末期 3 个阶段。初期笋数量较少，养分充足，退笋率低；盛期笋数量最多，健壮肥大、成竹率高；末期笋因养分争夺，退笋率高。建议采挖末期春笋，有条件的区域，可对初期笋和盛期笋进行疏伐；笋期结束后应及时伐除竹林中老、弱、病竹，疏伐密度过大区域的部分竹株，保障竹林科学密度和均匀度。

29. 林下杂灌清理技术

笋用林下杂灌不及时清理，会降低春笋产量，对品质也会产生一定影响，同时影响春笋采收。应尽可能在春笋出土前，清除杂灌，以保证春笋的产量和质量，创造良好的春笋采收环境。清除的杂灌，粗大的灌木可移出竹林，小灌木和杂草可留在林内做绿肥补充林地养分。

30. 施肥作业降低笋用林损失的技术

竹林施肥的时间、次数及施肥量要根据竹种生物学特性及培育目标而确定。按笋用林施肥要求，在春施催笋肥、夏施换叶肥、冬施孕笋肥的基础上，在鞭笋挖掘季节（6 月中旬-10 月上旬）还可施“发鞭肥”。种植之前，需在穴内施入基肥，每穴可施放有效肥 10-20kg，或复合肥 0.5-1.0kg，基肥施入后要覆盖一层表土拌匀。种植时将母竹放入穴中，母竹鞭根与穴长方向平行放置，使根舒展，深度以竹蔸根盘表面低于穴面 3-5cm 左右为宜，先覆盖表土，后填心土，分层填土、踏实，使鞭根与土壤紧密结合，踩踏时后注意不要太用力，以免

损伤鞭根。栽后天晴应浇定根水，再覆盖松土至高出地面 5-10cm，表面盖上茅草，然后用支架支撑固定母竹秆，防止风吹摇动，影响成活。

31. 改善毛竹笋用竹林土壤条件的技术

笋用林应维持土壤疏松、地下空间充裕、肥料充足，以利于竹鞭生长和孕笋。一是在疫后开展劈山、除草作业，二是秋冬季进行深翻松土，挖除老竹鞭、竹蔸和消除土中石块，增加土壤孔隙度，提高林地保水、保温和透气能力，促进竹鞭生长，保障来年林分产量。

32. 笋用林病虫害管理技术

加强病虫害防控通过开沟排水使竹鞭和竹笋处于通风透气的条件，改善林地环境，减少发笋成竹期病虫害的发生。可用 40%的拌种双可湿性粉剂喷洒土壤消毒，防治竹笋腐病。对于竹笋夜蛾、竹螟、竹蝇和竹象等虫害，应该及早挖除退笋，消灭笋内若虫。在竹螟、竹笋夜蛾等成虫羽化高峰期，可用黑光灯诱杀成虫。

33. 绿竹林丰产培育期的应对技术

扒土、晒目、施肥等重要经营措施如出现延迟，各项管理工作滞后会对今年产量产生不利影响，可适当缩短扒土晒目时间，如果来不及施肥，可结合采笋进行施肥。

34. 笋期结束后覆盖物的处理技术

春笋自然出笋结束后，移去覆盖物，收集上层的部分砻糠，下半

年覆盖时再用，同时结合林地垦复将已腐烂的稻草翻入土中。若此时还未能及时恢复产能，则采取分散、轮流的方式进行。同时，分区域收集覆盖物，拉大人员间的距离，提高单人收集面积和收集效率。

35. 覆盖笋采收不及时的应对技术

毛竹林覆盖在 2019 年 11 月中下旬已完成，1 月中旬已有少量竹笋产出。对于覆盖面积较大的地区，可采取轮流挖笋的方式进行，相邻地块的农户尽量不在同一天挖笋，农户可自行商议挖笋间隔天数（2-3 天），分散、轮流挖笋。挖笋时建议将地块内所有竹笋全部挖取，避免遗漏的竹笋在下次挖笋前出土，影响品质。同时，挖笋时注意将竹笋整体挖取，勿伤竹鞭，对箨叶没有露水或失去光泽的退笋要及时打掉。

36. 覆盖毛竹林施肥技术

覆盖毛竹林一年施肥 4 次，分别为：笋穴肥、笋后肥、孕笋肥和覆盖肥。具体施肥方法：（1）笋穴肥：挖笋时，在笋穴内施复合肥每穴约 25 克，注意不要使肥料直接接触竹鞭，避免灼伤竹鞭；（2）笋后肥：6 月份，在春笋结束后到入梅前，结合林地垦复，沟施或撒施经腐熟的畜肥，翻入土中，每亩施肥 2000 公斤；（3）孕笋肥：9 月，每亩撒施复合肥 100 公斤；（4）覆盖肥：11-12 月覆盖前，待林地浇透水后，每亩施未经腐熟的畜肥（最好是羊粪或鸡粪）2500-3000 公斤和复合肥 50 公斤。

37. 覆盖毛竹笋用林水分管理技术

若久晴无雨，土壤干燥，笋芽膨大受抑，此时应浇水灌溉，浇水量以浇透为宜。若雨水过多，林地易积水，要事先开好排水沟进行排水，以免引起烂鞭。

38. 覆盖竹林温度控制技术

一般覆盖后，竹农会在覆盖林地插入温度计，实时监测温度，覆盖温度应保持在 18℃左右为宜。温度低时，可增加砻糠来保温；温度高时，可减少部分砻糠来降温。

39. 下半年的覆盖材料的选择技术

覆盖材料一般为稻草、竹叶、麦壳、砻糠等。如出现覆盖材料供应紧张，可以提早采购，并保持材料的干燥。另外，上半年覆盖结束收集的部分砻糠，可供下半年覆盖用。

40. 毛竹笋用林示范基地建设技术

以桂东北地区笋用毛竹林扶贫示范基地建设为例：一是科学选址，基地选址应遵循交通便利、靠近水源、坡度较缓的竹林（坡度小于 25 度）；二是合理密度，竹林立竹密度在 11 月至翌年 1 月结合伐竹逐步将密度控制在 140-160 株/亩，胸径 9-10 厘米，年龄结构为 I: II: III=1: 1: 1；三是提高早出冬笋产量，具体经营措施参照《毛竹笋早出培育技术规程》（DB34 /T 2114-2014）和《毛竹笋用林栽培技术规程》DB33/T 333-2014。

41. 春笋储藏技术

春笋储藏主要有沙藏法、封藏法、盐水保鲜法、冷藏处理、蒸制法等。推荐成本较低简易的沙藏法，技术要点：取废旧木箱或硬纸板箱，底部铺 7-10 厘米湿沙，以不粘手为宜，选完整无损的竹笋，笋尖朝上排列在箱中，将湿沙倒入笋体空隙并拍实，上面覆盖湿沙 7-10 厘米，打紧压实。箱子体积大时也可多层排放，置低湿阴暗无光无风处。此法可贮存 1-2 个月，最长 2-3 个月。

42. 竹笋现代加工技术

“十三五”期间，为针对竹笋加工产业中竹笋利用率低产品单一，生产规模化程度低、精加工高附加值产品少、产品食用不安全等问题，通过对竹笋加工产业链中竹笋速冻保鲜技术、竹笋高 pH 值保鲜技术、竹笋粉制造技术、竹笋饲料或肥料利用技术、竹笋营养学和安全生产技术等关键技术有机集成和创新研究，建立竹笋营养学和安全性评价体系，构建一套全笋分级利用规模化环保无公害生产技术体系，建立速冻笋、高 pH 值保鲜笋、竹笋粉和竹笋饲料或肥料规模生产线 4 条，年产各类竹笋产品 5000 吨。

43. 竹笋贮藏与加工关键技术

(1) 采用生物技术手段揭示了竹笋木质化及冷害发生机理，阐明了细胞程序性死亡相关类 Caspase 3 蛋白和活性氧在竹笋木质化机制中的关键作用，首创基于限速靶点调控的精准保鲜理论，针对性开

发了热激、臭氧及 UV-C 光处理等绿色精准保鲜技术，提高竹笋的可食利用率，冷害发生率降低了 20% 以上，解决了鲜食竹笋物流保鲜和加工用笋原料贮藏的产业瓶颈。(2) 竹笋中三萜、氨基酸肽等功能性成分，发现了以木栓酮、羽扇豆烯酮及其同系物为主的五环三萜类化合物混合物(EZR2002)具有抗自由基、抗氧化、抗肿瘤、降血压等等健康益处，发现了竹笋氨基酸肽类提取物对动物毛发的促生长作用。(3) 改进了传统竹笋加工产品在腌制、发酵和煮制等生产环节的关键工艺，缩短了生产周期。

44. 鲜笋的市场营销技术

(1) 发挥合作社和林业站的联络作用，与超市和市场做好链接；(2) 不能及时售卖的鲜笋，可冷藏或晒制成笋干，另行销售；(3) 建议对竹笋运输开通“绿色通道”，由当地林业主管部门对接供需双方，保障市场供给。

45. 笋干制作技术

笋干是经人工筛选-蒸煮-腌制-干燥、以盐为保鲜剂而成的笋产品。具体步骤是：原竹笋挑选分级→切端→剥壳→切条→水煮→烘干或者风干→检验→成品。笋干制作原料选择很关键，选择鲜嫩、长短适宜、无污染、无病虫害的鲜竹笋为原料，将剥好的竹笋洗干净后切片，放盐蒸煮，干燥后密封保存。

第三章 竹材线性加工技术

46. 竹材细胞壁力学表征技术

在木材微薄片零距拉伸技术、单根植物短纤维微拉伸技术和植物细胞壁纳米压痕技术等方面研制了相应的设备，并在木竹材科学和木质材料等领域开展一系列创新应用，构建了从组织、细胞至纳米尺度完整的力学表征技术体系。研发构建的表征技术体系，在多个领域开展了系列创新应用研究。完成了包括木、竹、藤、麻、棕榈等 20 余种植物纤维力学性能的系统测试，构建了目前国际上最丰富的植物纤维细胞壁力学性能数据库；首次定量揭示了纤维素、半纤维素、木质素三大组分对细胞壁力学的不同贡献；通过实验方法学创新，揭示了含水率对木竹纤维细胞壁不同力学性能的影响规律，从细胞水平揭示了木竹材料宏观力学性能对含水率响应的差异性机理；基于纤维力学提出了竹材纤维利用的新观点，揭示了竹子多尺度非均质结构强韧机制；在木材改性、木材胶合、植物纤维复合材料界面等领域也开展了大量的研究工作。促进了我国木竹材科学研究，特别是力学研究从宏观到组织、细胞，乃至纳米尺度的根本性转变，对仿细胞壁先进材料、高性能植物纤维复合材料、制浆造纸、纺织材料等相关领域也具有重要参考价值。

47. 刨切微薄竹生产技术与应用

本项目以竹材为原料，在国内外首次成功地研制了刨切微薄竹及

系列产品，开创了竹材加工利用新领域，是竹材精深加工的新技术。主要技术创新为：（1）发明了制备湿竹方材的干-湿复合胶合工艺，成功地解决了竹方材水煮软化时，竹节和大量的抗水性胶层严重阻碍水、热传导，导致软化时间过长、无法实现刨切微薄竹工业化生产的技术难题；（2）研发了耐湿、耐温和有柔韧性的胶粘剂，解决了制造刨切微薄竹专用胶粘剂的技术难题；（3）首创竹板脉动式加压浸注技术，竹板增湿速度比常压浸渍法提高了近百倍；（4）改进了现有木材刨切机及刨切技术参数，解决了刨切时微薄竹背面裂隙多、啃丝起毛严重等技术难题；（5）研发了经济实用型微薄竹指形接长机。本项发明成果已在浙江、江苏等地的 7 家企业推广应用，近三年产生直接经济效益 2.4 亿元，出口创汇 2806.1 万美元。产品广泛用于人造板、家具、装饰装修等领域，如建造了西班牙马德里机场的天花板、意大利王储休息室的护墙板等国际知名的大型工程。该发明的实施，延伸了竹材加工产业链，使我国竹产品向高附加值方向迈进了一大步，有力地推动了竹材加工的科技进步，对缓解木材供需紧张矛盾，节约森林资源和保护生态环境均具有重大意义。

48. 竹质装配式房屋的设计与建造技术及应用

本技术充分发挥竹质工程材料良好的舒适性、美观性与功能性，综合环保效果显著，符合国家可持续绿色发展与低碳循环经济的产业政策，可为广大临时露宿人员提供休息、办公及淋浴提供较高质量的独立空间场所和功能。

以轻钢为框架结构、竹束单板层积复合材料(BLVL)为围护结构,通过模数化设计、功能化预制、模块化装配等技术的集成与创新,采用工厂预制、现场组装的方式,快速组装加工成墙体、地面、屋顶等标准构件,并通过金属连接件合理连接,建成可重复拆装的框架式房屋(或竹质集装箱房屋)。房屋空间单元可设计成:门厅模块、展厅模块、会议主模块、茶水间模块与办公休息模块等,各模块单元之间可自由组合;该技术具有建造速度快、施工能耗低、装配灵活、功能化设置等特点。

竹质装配式(集装箱)房屋可满足日常办公、会议、展示与休闲的需要,作为非永久性的景区住房、医务人员休息用房、野外作业用房、军队营房、自然灾害临时用房等。

49. 建筑结构用竹型材制造技术及应用

本技术利用竹材制备建筑结构用竹质型材构件,对节约木材和缓解木材的供需矛盾具有重要意义;同时与木质建筑结构构件相比,竹质工程材料强度和密度一般较高,而弹性模量相当,因此,通过合理的结构和截面尺寸设计,可以制备出强度高、用料少、重量轻、建造快的竹质型材构件。

建筑用竹质型材构件和墙板是以竹质材料为主要承载单元,通过结构和截面设计,而制备的不同形状的构件,并且以竹集成材和竹材定向刨花板为翼缘和腹板材料,根据材料尺寸和强度等级,设计并制

备不同截面尺寸、不同高度和不同结构形式的梁和柱，通过构件的快速连接和装配，建造符合应急要求的建筑形式。

50. 建筑与交通用竹纤维复合材料轻量化增值制造技术

本技术瞄准我国绿色建筑材料和交通领域的轻量化增值发展需求，经过 10 余年联合攻关，开展增均减重等关键技术研发，在科学理论研究、创新技术开发和产业化应用等方面取得重大突破。针对竹纤维材性特点，系统构建了 28 个竹种的不同尺寸竹纤维物理-力学性能关联数据库，创新研发出竹材多级帚化-均密整张化-质量评价一体化技术、竹木复合结构快速筛选与优化技术、竹质装配式建筑模块化组装连接技术，纳米碳酸钙晶粒改性竹纤维/塑料界面增强技术、竹纤维连续无纺气流铺装成毡及深度模压技术，以及四大类 9 种新产品。目前，已建成竹纤维及其复合材料生产线 22 条、完成竹质装配式/集成建筑 25 栋、推广示范竹质道路护栏 100 公里、年生产竹木复合集装箱底板 20 万立方米、销售专门成套设备 100 余台。项目创新的竹纤维复合材料轻量化增值制造技术，实现了竹材从低端应用领域向装配式建筑、交通轻量化制造等高端领域转变。

51. 展平竹与速生材正交复合板制造技术

CLBT 构件可工厂预制，现场“搭建”建筑，组装快、施工噪音低、能源消耗和温室气体排放低。此外，CLBT 原材料为木材和竹材，拥有良好的抗震、保温隔热和隔声性能。CLBT 的宽度一般为 0.6 m、

1.2 m、2.4 m 和 3.0 m，长度最大可达 18 m，厚度可达 508 mm。长度方向根据需求者的不同要求还可以通过机械连接和胶连接等方式进行延伸。此项技术充分发挥国产人工林木材、竹材的资源优势，践行“自立自主，自我强国”的指导思想，按照“实木原态、低胶粘剂、适宜成本”的产业发展思路，实现了“适材适用、劣材优用、小材大用、优劣互补”的材料制造理念。同时 CLBT 作为竹木复合材料，既具有竹材、木材原有的特性，又克服了竹材和木材的不足，可为竹材和速生林木材的工业化利用、建立国产商品材体系开辟新的途径。正交胶合竹木（CLBT），具有轻便性以及良好的结构性能，能够作为墙板、楼板和屋顶板被应用于建造中高层民用和非民用建筑，如临时医院、隔离房屋等。

52. 竹材仓储技术

仓储在产品流通中占有重要地位，是连接收购、销售、加工的中间环节，在调节供需、平抑市场、保持产品品质、提高企业经济效益等方面有重要作用。对于竹产品而言，竹材仓储有利于完善竹产业链条，帮助竹企业降低生产成本，提高市场竞争力，具有多重优势。

竹子的材质生长可以分为增进期、稳定期和下降期[8]，竹子的采伐年龄应该在竹材材质的稳定期，一般是三度（5年生）以下留养，四度（6-7年生）抽砍，五度（8-9年生）填空，七度以上的毛竹不保留。即“存三（度）去四（度）不留七（度）”。如果竹林连续几个周期没有采伐，竹子枯死，枯杆萌生大量的萌蘖，影响竹林健康。

实施竹材仓储，将未及时利用的适龄竹材采伐下来进行存储，保障后续应用。这一措施让竹林采伐按周期顺利进行，持续保持竹林健康。

53. 竹材定向刨花板生产技术

以充分利用和发挥竹材优良力学性能，为木结构建筑提供优质板材为目的的对竹大片/定向刨花板(BWB/OSBB)生产工艺和成套设备的研究开发和应用结果表明：BWB/OBB可以实现不同规模的工业化生产，并具竹种和竹秆部位适应性强、原竹利用率高、工艺技术和设备简单可靠且无污染、生产成本低、产品规格和质量可控可调、产品性能显著优于同类木质人造板、生产规模和生产技术水平可灵活选择、可形成机械化、连续化生产线、技术经济指标良好的特点，是多竹地区转化竹资源为社会、经济和生态效益的良好途径之一。

54. 冷却塔竹材淋水层加工技术

竹材具有换热性能高、耐腐、无毒、抗老化等优点，是工业冷却塔填料优质属性。冷却塔在寒冷地区使用时，由于冷热交变应力作用会造成大面积塑料填料脆裂，影响工厂正常运行；而竹材的抗寒耐热性能良好，有更广泛的应用价值。为使竹材在冷却领域得到更好的发展，还需做好以下三个方面：（1）提升制作竹材填料的机械化水平，降低劳动力成本；（2）对竹材填料进行相应的物理或化学处理：保障竹材填料在长期使用中的冷却效果；（3）开发其他小径级竹材和竹质结构板材用于冷却填料，实现竹资源的多元化利用。

55. 胶合竹的设计和制造技术

以我国丰富的竹材资源为原料，以成熟的胶合木技术为基础，建立规格化、连续化、工程化的胶合竹设计和制造技术，使胶合竹在建筑和桥梁结构中推广应用。本项目属于基础研究类项目，其关键技术体现在三个方面：一是竹条的密度和模量的分级，源于毛竹材料性能差异大，如不采用分级方法，难以制成性能稳定的胶合竹；二是竹材水分传递的方向性，端部易于发生干缩损伤，采用封端方法，可保持胶合竹内部含水率低，且不受环境的影响；三是短竹条经阶梯错缝，可制成连续的竹层板。利用成熟的木层板分级，根据胶合木的设计和制造方法，形成完整的胶合竹的设计和制造技术。

56. 竹质工程材料制造技术

本技术包含三部分：（1）建立了竹质结构材设计的理论模型，发明了无甲醛环保型竹质集成材制造技术，开发出高频胶合竹木复合轻质结构材料制造技术，首创大跨度高强度结构材制造技术。（2）发明了竹筒高温加压软化、密齿卡盘旋切技术，发明竹单板尼龙-金属网带干燥技术，集成纵向齿形接长、无纺布强化等多项技术。（3）独创竹炭吸附功能材料低温催化自粘合成型技术，可燃性气体循环利用技术，突破竹炭纳米孔隙结构定向调控技术，纳米二氧化钛乳液水分散技术及其与竹炭负载技术。该技术不仅带动了我国竹产业的高速发展，而且为山区竹农开拓了致富途径，同时也为进一步推动世界竹资源可持续利用、显著提高我国竹产业国际地位做出了巨大的贡献。

57. 竹木复合结构技术的创新与应用

本项目在国内外率先构建了竹木复合结构理论体系，提出竹木复合结构的“等应力设计”准则。针对依靠进口的热带硬木制作的集装箱底板、大径级原木加工的客货车车厢底板、进口高强覆膜清水混凝土模板及各种珍贵木材加工而成的室内地板，开展了各种竹木复合结构的设计、产品试制及应用推广。至 2011 年底，课题组先后在南方竹材主产区建设多家工厂，近三年累计生产竹木复合集装箱底板 30 余万 m³，高强覆膜竹木复合混凝土模板 7 万余 m³，各类车厢底板 4 万余 m³，家用竹木复合地板 60 万余 m³，累计销售收入 23 亿多元。

58. 竹材及其人造板环保高效防腐防霉技术

针对户外用竹材及其人造板霉变腐朽问题，解决了竹材难渗透、防霉剂易流失、防霉处理劣化胶合强度和尺寸稳定性等难题，开发出一系列的经济、高效、环保的竹材及其人造板防护处理技术，取得了 3 项理论和技术创新：（1）揭示了竹材生物降解激励，分离鉴定出危害竹材的主要霉菌和变色菌作为标准测试菌株列入国家标准 GB/T 18261-2012，揭示了竹子霉变腐朽发生规律、侵染通道和影响因素，为竹材防护奠定了理论基础；（2）针对竹材主要霉变真菌创制出新型低毒环保、高效稳定的防霉剂，药剂固着率提高 80-90%，突破国内外防霉防变色剂抑菌范围较窄、在木竹材中不固着及多用于暂时保护的局限；采用信封处理技术，真空加压处理 6 米长的超长竹地板，处理工艺渐变，成本低，产品不开胶不变形，定期维护时，在户外长期

使用基本不发生变色菌的危害，达到国外的环保及质量要求；（3）优化了竹材满细胞法真空加压防腐处理工艺，克服了长竹筒材多节阻断的处理难题，处理效率提高 30 倍，处理效果好，6 米长竹筒材全部贯透；以防腐竹条制造出的强耐腐竹地板，不仅物理力学性能超过标准要求，而且户外使用寿命提高 5 倍以上。

59. 竹材密实化制造技术及应用

“超级竹子”是一种简便且经济高效的自上而下的方法，以制备具有高达 1 GPa 抗拉强度和 400 MPa 抗弯强度的质轻而坚固的块状致密竹。他们通过部分除去木质素和半纤维素，然后热压，使竹致密化。长的取向纤维素微纤丝具有显着增加的氢键，并在致密的竹结构中大大减少了结构缺陷，这有助于其较高的机械拉伸强度，弯曲强度和韧性。致密竹子中木质纤维素的低密度导致了比强度达到 $777 \text{ MPa} \cdot \text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ ，这明显高于其他报道的竹子材料和大多数结构材料（例如，天然聚合物，塑料，钢和合金）。这种强度大但重量轻的竹子有潜力成为一种高性能、可再生和可持续的工程材料，应用于在传统上由不可再生的结构化合物主导的领域，如塑料、碳纤维、玻璃纤维、混凝土和金属。

60. 竹地板制造技术及应用

竹地板是一种用于住宅，宾馆和写字间等的高级装潢材料，主要用地装饰地面。竹地板主要制作材料是竹子，采用粘胶剂，施以高温

高压而成。经过脱去糖份，脂，淀粉肪，蛋白质等特殊无害处理后的竹材，具有超强的防虫蛀功能。地板无毒，牢固稳定，不开胶，不变形。竹材还有节能环保的作用，能有效地去除空气对人体有害成分，改善家庭的空气；竹地板具有保持温度，冬暖夏凉等特性，使用竹地板可以减少风湿、关节炎、心脏病等病症的发生，避免过敏性气喘症、消除疲劳等众多功能。竹地板还具有吸音、隔音、降低音压使居室环境更悠静；竹材地板在理论上的使用寿命可达 20 年左右。所以在木材严重短缺的背景下，竹地板的价廉质优将成为地板业的主导。

61. 竹家居的生产制造技术

竹家居产业如沐春风，竹家具很多人见过，除了竹椅，竹凉席，还有竹地板，竹茶几，藤沙发，餐厅家具等等。因为以前工艺水平比较低，竹子除了烧火之外，很少有其他用途，随着近几年高科技的出现，竹子华丽变身，用途也越来越广，涉及服装，家居，食品，建筑等等。尤其板材经过深度炭化后，加工成的竹家具恒久不变色，更能加强吸附室内有害气体的作用。凭借竹文化的丰富内涵，使竹家居高雅的内在涵养和高雅的人文品位，逐渐受到大众的青睐，尤其是越来越多的年轻人对竹制品情有独钟。竹节错落有致，美观大方竹子融化成家具，展现出淡雅的温暖，冬天带来温暖，夏天带来凉爽。

62. 竹质集装箱底板制造技术

竹质集装箱底板制造技术是集装箱底板产业发展的科技创新，为

行业发展发挥了重要作用。最初使用克隆木（Keuring）和阿必东（Apitong）等热带阔叶材制造集装箱底板，但随着集装箱用量的持续增长，以及树木过度采伐导致热带雨林的生态环境破坏加剧，东南亚各国相继制定了限伐政策，给集装箱底板生产企业带来了原料危机。我国竹类资源丰富，竹林面积、蓄积量、竹材产量均居世界之首。我国还是世界上人工林面积最大的国家，面积 8003 万公顷，蓄积量 33088 亿 m^3 。

用竹材与速生林木材制备集装箱底板，可以有效地发挥竹材和木材各自的优良特性，能够获得既降低成本，又保证产品内在和外观质量的双重效果。为中国和世界竹材和速生林木材的工业化利用开辟新的途径。

63. 竹键盘等电子产品制造技术

竹制键盘的制作工艺要求精湛，经过对竹子改性热压、竹板平叠压制按键、雕刻机雕刻涂饰、与导电膜拼装等四十多道工序，最终实现键盘的框架、底板、按键以天然竹质材料替代传统塑料键盘。竹键盘敲击声小，天然恒温，能避免静电，利于延长键盘电子部件的使用寿命。并且延伸出竹鼠标、竹音响等电子产品。实现以竹代塑，自主创新，以 3 项国家发明专利和 4 项实用新型专利改写了键盘生产以塑料为原料的历史。

64. 竹炭板制造技术

竹炭板是以竹炭纤维或以竹炭纤维为主制造的板材，生产竹炭板的竹炭是一种多孔性的含炭物质，具有高度发达的孔隙构造。竹炭的多孔结构为其提供了大量的表面积，能与气体(杂质)充分接触，从而赋予了竹炭所特有的吸附性能，使其非常容易达到吸收收集杂质的目的。广泛引用于各类装修用材，大幅度降低甲醛等有害物质，引领家居健康环保新业态。

65. 圆竹标准材加工技术

圆竹是原竹中形圆而中空有节的竹材秆茎，由竹节和节间两部分构成。从构造上看，圆竹具有中空壁薄的天然筒体结构，外侧组织致密、质地坚韧，内侧组织疏松、质地脆弱。从物理性质上看，具有强度高、韧性好的优良力学性能，外侧的比重和力学强度大于内侧；且其导热隔热性能优越，吸湿、吸热性能也优于木材。从外观上看，表面光滑，色泽美观。

根据圆竹利用企业的要求，制定相应的规格尺寸、强度韧性、环境认证等标准，根据标准在竹产地组织相关企业进行业化、规模化生产。与传统方式相比，圆竹标准材的推广应用解决竹材产地受限、运输困难、运费较高等一系列不利因素，有利于圆竹利用企业提高效率、降低成本、减少产品加工的废弃物处理。进一步推动竹材下山，扩大竹材供应，降低成本。

第四章 竹材编织加工技术

66. 竹缠绕复合管道制造技术

竹材具有天然、可再生、纵向拉伸性能高、柔韧性好等特点。竹缠绕复合管是以竹材为基体材料，以热固性树脂为胶黏剂，采用缠绕工艺制成的管。由于竹缠绕复合管是生物基管道，需要从原材料选择、成品检验等多个环节做好质量控制。为提升竹缠绕复合管产品性能品质、增强产业创新能力、促进产业可持续发展。竹缠绕复合管的应用实施具有以下重要意义：一是有利于发挥我国竹材资源优势，提高竹材资源的利用效率。二是促进竹缠绕复合管企业采用先进技术，改进生产工艺，对生产过程进行质量管控，提高竹缠绕复合管产品质量。三是有利于规范竹缠绕复合管生产行业，为产品质量监督提供依据。四有利于促进管道行业向绿色低碳方向发展，在节能减排、固碳储碳等方面具有重要意义。

67. 竹缠绕复合管廊制造技术

竹缠绕城市综合管廊每段最大直径 3 米，长 12 米，重 10 吨左右，施工时仅需 2 台 25 吨的吊车，一天最快可以安装 120 米，安装速度是传统管廊的 10 倍。采用芯片、传感器和激光测距仪等在线检测技术，实时监测管廊的受热、形变状况，智能化程度国内领先。

竹缠绕城市综合管廊的重量是传统混凝土管廊的十分之一，极大的降低了安装难度，缩短了施工周期，与传统的材料和工艺相比，它

的综合成本大约降低了 10%到 30%，而且使用寿命长，绿色低碳。

发展竹缠绕复合材料产业将进一步推动我国生态文明建设，促进“资源节约型、环境友好型”的经济发展模式，有利于优化农村产业结构，增加农民经济收入，对实施乡村振兴，助力精准扶贫具有重要的现实意义。

68. 传统竹编工艺技术

传统竹编工艺有着悠久的历史，富含着中华民族劳动人民辛勤劳作的结晶，竹编工艺品分为细丝工艺品和粗丝竹编工艺品。2008 年 6 月 7 日，竹编经国务院批准列入第二批国家级非物质文化遗产名录。竹编工序首先是破蔑，再经过染色、碳化、防蛀虫、编织、装提手等诸多工艺，最终成品。在传统技艺街区展出了不同风格的竹编作品，既有历史悠久，技艺高超的青神竹编，又有将现代流行时尚与中国传统文化工艺相结合的刘氏竹编，博采众长。品种纷繁，有瓷胎竹编花瓶、竹编茶具、咖啡具、酒具、文具、竹编平面画等。

69. 平面竹编技术

平面竹编是单面化，平整化的编织形式，编织一般是自下向上、自左往右进行的。以平面为底，在固定底部后，以竹篾相互交织编织。编织技法的种类繁多，不过始终都离不开“挑、压”这两点基本动作。纵向为经，横向为纬。通过经纬篾相互挑压的交织便可形成图案或造型，熟练后也可适当加入诸如穿、插、绕、弹、贴等动作。生活中常见的有竹扇、竹编画等，市场群体基数大。

70. 立体竹编技术

立体竹编采用经纬编法，以木胎、布胎和竹编胎作为内膜，用细竹丝围绕从而塑造好形状。讲究外轮廓整体美与装饰局部美相融合，整体上展示外轮廓线的起伏变化，内在讲究装饰纹饰的精雕细琢。摆脱了传统竹编的实用性限制和传统审美的束缚，取得了更多形式上的自由。立体竹编的制作通常要经过：泥塑、拓出母模、翻模成型、打磨抛光、劈蔑、编织、染色等 7 个环节。大量应用于室内装饰及摆件等，可用于办公室、会客室及展览馆等场景。

71. 竹编产品市场营销技术

竹编产品样式上受到传统的束缚，功能上欠缺对现代生活方式的深入研究导致应用狭隘，产品延续着传统特征，满足不了市场的个性化和多样性需求。因此，竹编产品在功能、种类的创新势在必行。家居生活类及家居装饰类的竹编产品需求是今后市场的大趋势。以市场为导向，转变竹编产品生产方向，调整供给侧结构增强获利能力。具体营销包括：（1）渠道销售：与大型家具商城和装饰品分销企业合作，拓宽市场经营面；（2）电商平台销售：利用互联网电子商务模式，开通线上营销；（3）展会销售：利用影响力较大的展会、交易会等机会，打造商业品牌，跨界营销。

72. 竹编机械改造升级技术

竹编流程主要有采竹、开片、分蔑、染色、编织等阶段。传统的

竹编机械包括开片机、分丝机、劈蔑机等，各环节处于割裂的半机械化水平。推进智能化竹编机械设备，融合开片、分蔑、编织三个环节，以按照给定图片把竹丝编织成所需长度、宽度的各种图案，一人即可完成操作，机械磨损量低、安全可靠。与传统手工编织相比，智能竹丝竹编机能够快速缩短生产时间，极大的提高了生产效率。从图案选择来看，传统手工编织的图案比较单一，都是一些固定的样式。而智能竹丝竹编机可以编织出五花八门的图案，生动清晰，线条明快。以规模化、优质化普及到普通消费者，提速竹编产业发展。

73. 竹编自动化设备研发

实现竹编自动化，首先要思考：（1）竹编产品标准化：竹编智能化生产的基础是竹编单元规格化、标准化。目前的竹编产品，尺寸较粗的竹丝约为 10-15mm，较细的竹丝约为 0.2-0.3mm，单元尺寸不一，很难大规模生产、复制，无法形成大的文化产业集团。标准化生产是指将竹编单元分级分等，规范编织单元的经纬密度、编织线间距、线条宽度等，方便后期参数化设计与建模。（2）提高竹编设计水平：竹编图案一般采用经纬交织，被压的竹丝为“经线”，编织的竹丝为“纬线”，属于数学中的几何学问题。通过提炼工艺参数，对几何构成规则进行解析，结合数字化工具，就可以对竹篾进行智能化设计与编织。目前，竹编设计软件主要有 CAD、Grasshopper、Rhino 软件等（3）产品加工智能化：竹编流程主要有采竹、开片、分蔑、染色、编织等阶段。其中，编织是研究人员一直致力于机械化的重要环节。西南交通大学

的杜鹏基于数字图像处理算法，提出一种智能竹丝编织机控制系统，使竹编图案更加多样化，提升编织效率。有企业生产出数控智能机械化精细竹丝制作以及机械化智能编织机器，打破了传统的手工编织，实现了竹编自动化，目前已投产使用。

竹编产业的发展需要实现传统技艺与现代化数字技术的有机结合，使竹编产业规模化、标准化、智能化，保留竹编文化使命，提升竹编实用价值和经济价值，拓展应用市场，使传统技艺适应现代社会，走向新型发展道路。

第五章 全竹理化利用技术

74. 竹醋液消毒液系列产品制备技术

竹醋液是竹材加工剩余物热解得到的副产品，主要成分为有机酸、酚类、酮类、醛类和醇类等，具有抑菌等多种活性。竹醋液消毒剂产品以竹醋液为主要原料，与化学消毒剂复配，可有效减少化学消毒剂用量。其技术指标如下：化学消毒剂 10-30%、乳化剂 5-10%、分散剂 1%、抗冻剂 5%、稳定剂 5-10%，竹醋 40-60%、水为余量。

本技术成功解决了竹醋液影响化学消毒剂稳定性问题，在减少化学消毒剂用量的情况下，应用效果与常用化学消毒剂相当，可以替代化学消毒剂在各种场所的使用。本技术采用竹醋为主要成分，有效降低化学消毒剂的用量，安全性突出，市场需求量大，应用前景广阔。

75. 精致竹醋液加工技术

竹醋液是竹材及竹材加工剩余物干馏、炭化产生的烟气经冷凝、冷却，并分离焦油后得到的具有烟熏味的酸性液体，即为粗竹醋液；精制竹醋液是粗竹醋液经密闭静置陈化至少 6 个月，待其自然分层后除去沉淀焦油、轻油及可视悬浮物后得到的红棕色或橙黄色澄清液体。外观呈红棕色、棕黄色、澄清、无可见悬浮物，长期存储有少量沉淀。

将竹材破碎后制成竹片，放入土窑或机械窑中烧成竹炭，炭化过程中产生的烟在 80℃-150℃的温度下进行冷却从而采集到粗制竹醋液。然后将粗制竹醋液静置 6 个月，粗制竹醋液会分成 3 层，最上层

为油膜，中层为竹醋液，下层为竹焦油，去除最上层的油膜，收集中层的竹醋液即为精制竹醋液。

76. 竹醋叶面肥料的生产技术

竹醋液呈酸性，将低浓度的竹醋液应用于农作物和草坪中则会促进其芽和根的成长，进一步利用竹醋液与氨基酸混合，可为植物提供生长所需营养，具有易于植物吸收，促进植物根系生长，提高植物抗性的效果。竹醋叶面肥料按照氨基酸水溶性肥料 NY1429-2010 标准执行，主要营养元素含量包括，氨基酸 g/L $\geq$ 100.0、有机质% $\geq$ 12.0、水不溶物% $\leq$ 5.0、总酸% $\geq$ 3.0、pH: 4.0-7.0、微量元素含量 (g/L) $\geq$ 20。竹醋液可与氨基酸混合使用，实现促进植物生长的目的，可应用于温室大棚以及大田的植物肥料供应。

77. 竹醋农药增效剂生产技术

农药使用后，受阳光照射等自然因素影响，使农药有效成分发生降解，从而增加了施药次数，造成环境污染等问题，在农药制剂中添加光稳定剂是减缓农药光解的有效方法。因此，研发了竹醋液农药增效技术。该技术通过竹醋液与化学农药或植物源农药的复合使用，即实现了农药持效作用，又解决了竹醋液资源高值化利用的问题。

技术要点 (1) 竹醋液稀释后（约为 100-400 倍）与农药混合后喷洒。(2) 与农药配比使用时应酌情减少农药的使用量。尤以与植物源农药相配比，效果更佳。不能与石硫合剂等碱性农药混合用。(3) 要

严格按照稀释配比的比例使用，并摇匀后使用，以免产生沉淀、堵塞喷管或喷施效果不佳。(4)喷施时应注意天气状况，以无风无雨晴朗的天气为佳。(5)喷施时间一般以上午9点前或下午4点后喷施，以雾状喷施效果最好。喷施时应做到均匀喷撒整个叶面和叶背。如喷后下雨，应重新喷施。不宜在夏季中午强光高温时使用。

78. 竹源生物乙醇的高效制备技术

竹源生物乙醇技术是以竹材及其加工剩余物为原料制备乙醇，由该技术得到的乙醇经精馏提纯后，可用做燃料和消毒液。基本原理是以竹材及其加工剩余物为原料，粉碎成竹碎料后，再经药剂预处理、纤维素酶水解成葡萄糖，最后经乙醇发酵和精馏后得到乙醇，从竹材到乙醇的收率为10%左右。实验室试验已经成功。

目前市场上乙醇的主要来源为粮食（淀粉）发酵和乙烯直接水化制备，消耗大量的粮食和石油等化石能源。竹源乙醇技术不与民争粮，不消耗化石能源产品，是绿色可持续低碳的生产技术。我国乙醇（酒精）总产能达到1500万吨/年左右，竹源生物乙醇可以作为乙醇供应的后备力量，作为防控医用酒精、酒精消毒液。另外，还可保障防控车用乙醇汽油调配所需的生物燃料乙醇供应。

79. 竹叶黄酮提取技术

竹叶黄酮以高山野生淡竹叶为原料的一种植物类黄酮制剂，其功能因子是黄酮糖苷，并以唐安黄酮为主。所谓黄酮糖苷，是指黄酮木

核的某些位置上链接了糖基所形成的化合物，它分为碳苷黄酮和氧苷黄酮两种，所谓碳苷黄酮，是指其中的糖基是通过-C-C-键与黄酮母核相连。且具有结构稳定，不易被降解；能深入病灶部位，直接发挥疗效；亲水性增强，有利于药品、食品、化妆品等的开发等功效。

将新鲜竹叶自然风干后，粉碎成 60~80 目的竹叶粉。加入 8~10 倍的 75%食用乙醇在提取罐中浸泡，加热至 50C°并不断搅动，提取 1h；提取液采用 100 目过滤网过滤，收集滤过液；滤渣用 5-8 倍 75%食用乙醇重复提取 1 次，提取 1h。过滤，合并滤液，加热蒸发乙醇和水，得到竹叶黄酮提取物浸膏。在提取物浸膏中，加入 15-20 倍的蒸馏水，加入 10%体积的石油醚萃取，静置分层，弃去石油醚层，水相再用同量石油醚萃取 1 次，然后加热至 60C°，保持 30min，去除微量石油醚，再采用 200 目过滤网过滤，得出滤过液；蒸发除去水分，得到竹叶黄酮粉末。

80. 竹粘胶纤维系列医用纺织品制造技术

竹粘胶纤维是以天然竹纤维素为原料，经碱化、老化、磺化等化学工序制成可溶性竹浆粕，再溶于稀碱液制成粘胶纺丝液，经湿法纺丝而制成。它具有与其他粘胶纤维相似的优良纺织性能，且相对于以棉短绒、木材为原料加工的粘胶纤维具有经济上的优势。竹粘胶纤维不仅可纺性好，还保持了竹纤维原有的天然特性，具有吸湿透气、干爽舒适、绿色环保等优点。

以竹材为原料加工纺织纱线用的纤维，主要包括竹粘胶纤维和竹原纤维。竹粘胶纤维为原料制造的面料耐磨性好，强力高，已成功应用于内衣、外衣和床上用品等产品。利用竹粘胶纤维为原料制造的纺织品具有弹性好、无毒性、无过敏性、无致癌性，在消毒时无物理或化学变化等特性，还可用于纱布、医生工作服、病号服、床单、被罩、手术巾等医用纺织品。

81. 竹浆纤维及其制品加工关键技术和产业化应用

本技术突破竹浆粕甲纤含量提升、灰份含量降低、白度稳定控制以及反应性能提升等关键技术瓶颈，开发助剂增效预水解和蒸煮、低/高温两段处理等系列技术，制备出高品质竹浆粕；并研发专用二次浸渍、干法黄化、高效溶解以及白度稳定控制等技术，制备高质量竹浆纤维，研制出细旦、阻燃等差别化竹浆纤维。针对竹浆纤维易断裂、易产生有害毛羽、纱线结构过软等问题，开发出适用于竹浆纤维专用纺纱关键工艺技术、紧密纺技术以及喷气涡流纺技术。同时，还研制出平行打纬装置等关键装置，开发混纺交织物一浴一步法短流程染色技术方法以及竹浆纤维系列功能整理技术，不仅确保了低强竹浆纱线的高效织造，还提高了产品的同色性和色牢度，赋予竹浆纤维产品抗皱、硬挺、抗紫外等功能。随着竹浆纤维系列产品的开发，顺利实现了竹浆纤维在服装和家纺领域的产业化应用。

82. 竹纤维制备关键技术

以竹材为原料，创新竹材蒸煮漂白和竹纤维复合技术，建立了高得率、低污染、低能耗制浆漂白生产线，创建拥有自主知识产权国内唯一产业化竹 Lyocell 纤维生产线，开发出竹浆、竹溶解浆纤维及其环保型纺织材料、低定量包装材料和多功能墙体装饰材料，主要技术包括：1) 发明了竹材添加蒸煮助剂的硫酸盐法间歇置换蒸煮技术和蒸煮同步留硅制浆方法，攻克了竹材蒸煮脱木质素率低、碳水化合物降解严重、碱回收硅干扰、能耗大等难题，竹浆硬度降低 18%以上，黑液硅去除率 60%以上。创建了氧脱木素过程自由基测量和控制方法，探明了三聚磷酸钠促进木质素脱除和减少碳水化合物降解机制，攻克传统氧脱木质素率 50%难以超越问题。集成间歇置换蒸煮和无元素氯漂白技术，开发出高得率、低能耗、低污染竹浆纤维，得率提高 9.7%，蒸汽用量降低 50%。2) 率先提出蒸汽处理因子概念，建立蒸汽预水解去除聚戊糖预测数学模型，破解常规剧烈因子很难预测聚戊糖溶出规律和传统溶解浆水预水解酸性废水量大难题。创建蒸汽预水解硫酸盐法间歇蒸煮漂白、无预水解硫酸盐法连续蒸煮漂白制备溶解浆技术体系。3) 以竹溶解浆纤维为原料，率先研制出回收率 97%以上 NMMO 溶剂回收技术，打破国外 NMMO 溶剂法再生纤维纺丝技术垄断局面，开发出竹 Lyocell 纤维及其混纺纱线和针织面料，纤维干断裂强度大于 4.2cN/dtex，湿断裂强度大于 2.9cN/dtex，性能优于竹粘胶，达到国外同类产品标准，市场占有率 80%以上。4) 率先建立评价浆料抄造性能理论模型，解决竹浆替代木浆后不适应抄造低定量包装材料

难题。开发出竹浆纤维低定量绿色包装材料 12g/m^2 超薄薄页包装纸和 17g/m^2 拷贝纸，分别达到国标优等品和一等品要求，市场占有率 50% 以上。主持制订了薄页包装纸国家标准。5) 研发出胶囊型淀粉包覆碳酸钙填料、壳聚糖/苯扎氯铵载药微球和宽光域响应二氧化钛光催化剂，开发出高强度、抗菌防霉、光催化降甲醛的竹浆纤维基壁纸墙体装饰材料，达纸基壁纸国标 (QB/T4034-2010) 要求，甲醛净化效率达 82% 以上，防霉级别达 I 级标准。

83. 高性能竹基纤维复合材料制造技术

该技术使竹材的一次利用率从 50% 提高到 90-95%，单元制备效率提高 5 倍，施胶量降低 15-25%，成型效率提高 12-17%，能耗降低 15%；开发的高性能竹基纤维复合材料产品性能达到：静曲强度 364MPa (国标 $\geq 110\text{MPa}$)，防腐等级从稍耐腐级 (III 级) 提高到强耐腐级 (I 级)，28h 循环吸水厚度膨胀率低至 0.6% (国标 $< 5\%$)，甲醛释放量降至 0.1mg/L (国标 E0 级 $< 0.5\text{mg/L}$)，游离酚释放量降至 $28\mu\text{g/m}^3$ 。该技术资源利用率高，产品附加值高，在风电能源、园林景观、装潢装饰材料、建筑等领域得到了突破和规模化生产，应用前景广阔，具有良好的发展潜力，对节约森林资源、农民增收和保护生态环境具有重大意义。

84. 竹纤餐具系列产品生产技术

利用竹纤维拉伸强度高、性状好等优势，以竹材为原料，通过制

浆、成型、模压和干燥等纸浆模塑工艺，或通过微薄竹制备、模压、成型和干燥等人造板模压工艺，突破竹纤维环保制取技术、模压成型一体化连续加工生产线设计、制品可控降解技术和功能性改良等关键难题，实现竹纤维餐具等制品加工与制备，其产品满足国家食品安全、纸浆模塑餐具等相关标准指标要求。最终，以绿色环保产品——竹纤维餐具代替“白色污染”产品——一次性塑料餐具，从而适应目前国家的环保要求，是社会进步的必然趋势，亦使“限塑”变“禁塑”成为可能和容易。

此技术充分利用了中国特色的竹材资源，减少了木浆的进口，缓解了一次性餐具等纸制品的原料紧张局势，为林产工业提供助力。除了作为工程材料原料外，将竹材开发制备成塑料替代品不仅可以大大缓解全球塑料污染问题，也具有巨大的经济效益和社会效益。

85. 竹材吸管系列产品制造技术

目前传统的竹吸管制备工艺是利用径级较小的竹种主干或者大径级竹种的枝丫材制备，通过截断、直径分类、内壁打磨、高温处理、消毒处理等步骤制得天然竹竿状吸管。

这种工艺对竹竿或主枝的天然形态依赖性很高，很难实现标准化和高效机械化生产。为了解决这一缺点，新一代竹吸管制备主要利用毛竹或其他有一定壁厚的竹种，通过截断、剖分、拉丝成圆柱状竹棒、干燥处理、定长、打磨、固定、钻孔、消毒处理等步骤制得竹吸管，

该方法不仅可以制备不同尺寸的竹吸管，还可以标准化、规格化、机械化高效生产，而且产品无毒无害，可降解，对环境没有污染。

86. 竹纸生产技术

从晋代开始，竹子被发现可作为造纸原料使用。竹材纤维形态介于针叶木材纤维与阔叶木材纤维之间，竹浆性能介于针叶木浆与阔叶木浆之间。以竹材为原料可以生产出纸浆，且有两处创新。一是开发竹浆的同时产出溶解浆；另一个是开发出了竹浆赛莱尔短纤维纺织材料，取代生产过程污染严重的传统黏胶纤维生产工艺。在木材紧缺的大环境下，竹纸将成为竹产业的主力军，其产品类型不仅有生活用纸，而且延伸至纸质包装、一次性餐具及吸管等，这些“以竹代塑”、“竹木并举”竹制品作为绿色产品将带来无限商机。预计 2025 年，我国竹浆产量可以达到年产 2500 万吨。

87. 混合浆高得率造纸技术

混合浆高得率造纸技术揭示了竹、木片药液渗透与均质软化、纤维低温定向解离、高效漂白等机理和基础理论问题；针对我国速生混合材料性特征，创制了变压浸渍软化、节能磨浆、纸浆清洁漂白和生产废水处理回用等系列产业化关键技术；创制了多级差速揉搓变压浸渍、功能分区高能效磨浆、双功效软化漂白和高效废水处理等核心装备。积极开展了创新技术的产业化应用和推广工作，设计建成混合材高得率制浆生产线 16 条，升级改造进口高得率浆生产线 32 条，技术

成果覆盖我国高得率制浆产能的 70%以上。高得率制浆技术和装备的自主化打破了核心技术与装备被国外长期垄断的局面，实现了低质原料高值化利用的目标，整体提升了我国高得率制浆技术和装备水平，推动造纸产业向资源节约、环境友好、产品结构合理的可持续发展方式转变，产生了显著经济、社会和生态效益。

88. 净化室内空气的建筑构件制造技术

该技术采用中间层位于外夹层和内夹层之间，中间层上间隔距离密布有活性炭过滤块，活性炭过滤块两端面透过外夹层和内夹层与室内空气相通的结构设计，可用于制备建筑构件，适用于各种建筑，可以制成隔板、封墙板、屏风、门、窗直接过滤净化室内空气；也可通过门的启闭使活性炭过滤块吸附空气中的有害物质，达到净化的目的。从控制和降低污染物排放量，实现对室内空气的净化。

该技术基于竹活性炭净化功能，利用室内空气对流通通过活性炭过滤块，吸附空气中有害物质以净化室内空气，效果显著，大幅度增加了活性炭与空气接触面积，活性炭净化空气量大，同时具有结构简单，设计合理，无能源损耗，制作使用成本低等特点。

89. 圆竹负离子空气净化技术

当前我国大气污染状况依然十分严重，呼吸道疾病患者有不同程度增加。负离子被认为是对人体有益的“空气维生素”，竹子是一种生长速度极快(3-5 年即可成熟)、物理力学性能优良、合理采伐可永

续利用的天然生物质材料，也是一种具有中国文化特色的绿色资源。通过合理的设计连接将二者有机结合，形成功能与装饰为一体的生物质材料空气净化，将有利于提高竹材的科技含量与附加值，减少白色污染的同时给人以健康和美的享受。

本技术利用圆竹材天然的壳体结构，负离子发生器、静音涡轮风扇、发光二极管等电器装置集成封装于竹筒腔内，发挥了圆竹的天然结构特色和负离子净化效果，集空气净化功能与装饰性为一体，综合环保效果显著。

基本原理是通过竹筒下方及竹隔底部开设进气孔、竹筒上节开设出气槽，形成空气循环通道；利用静音涡轮风扇将碳纤维毛刷尖端电晕的负离子源源不断地从竹筒内部均匀吹出至室内，通过正、负离子的吸引、碰撞作用，使空气中微米级的烟尘、粉尘、飘尘、PM2.5等带正电的微尘凝并团聚后沉降落地，起到空气净化与除尘的效果。

圆竹负离子空气净化器采用天然环保的竹材为壳体，并可在竹壳上个性化设计图案和文字，用于会议办公、家居厨房、汽车内部等空间的空气净化。

90. 竹酒生产技术

竹酒的酿造工艺，其特征就在于，所需原料包括：毛竹、高粱、小麦、玉米和纤维素酶；包括以下步骤：原料的处理、提炼混合浆、入坛发酵、制酒。本发明最大程度的保留了原料中的营养物质，降低了活性成分的流失，提高了原料的利用率，将毛竹洗净、打浆后进行纤

纤维素酶处理,充分提高毛竹的利用效率,使成品竹酒的酒体色泽稳定、浓郁馥香、口感绵柔、营养均衡,且具有竹香浓郁、营养物质、含量丰富、口感好等特点的竹酒的酿造工艺。

91. 竹茶生产技术

竹茶以竹叶、竹笋壳、竹芯为原料,采用制茶工艺,包括以下步骤:揉捏、将原材料茶叶人工进行揉捏;自然发酵、将茶叶置于透气的竹编容器中,并于自然温度下发酵使茶叶发酵度达到 80-85%;拣选、将茶叶每颗都通过拣选分离出来,并放置于阴凉通风处 8-10 小时,至茶叶散出清香;焙干、将茶叶装入特制的竹筒中,再将竹筒放置于炭火上烘焙一定时间;和匀、将茶叶从容器中取出后人工将其抖散乱,并重复焙干与本步骤 8-9 次,每次间隔 24 小时;退火、将茶叶分拣使茶叶颗颗分离,放置于密封容器内 4-5 天进行退火;装罐、将茶叶装入特制的竹筒罐后密封。中国的竹茶文化渗透着国人的精神,贯穿中国的历史,流传至今深受大众的喜爱,现存及潜在市场巨大。竹茶将成为竹产业重点发展方向。

92. 竹饮料生产技术

竹汁是竹子中所含的汁液,中国早在古代就有砍竹分段烤取竹汁的方法,用于清热、解毒、镇咳、祛痰。中外科学家研究表明,竹汁含有多多种珍贵的微量元素,如硅、锌、硒、锗、铁等;含丰富维生素及多糖,能活化人体细胞,促进人体的新陈代谢,调节人体机能平衡,保持人体健康,具有保健理疗作用。日本科学家从竹汁中分离出来的

三种性成份分别具有治疗习惯性便秘、止血消痔及降血压、去头晕等功效。明朝大医药学家李时称其为“神水”。“竹福牌”竹汁饮料系采用国家农业部高级工程师王贞良最新发明专利，在不砍竹林、不破坏竹子使用价值的前提下，对一棵竹子提取汁液，再运用最新现代化工工艺精制而成，含有新鲜竹子特有的清香和有效成份，清饮一口，沁人心脾、令人有回归大自然之感。中国广西贵港市龙腾竹汁饮料厂生产的新产品系列有：纯天然汁、竹汁马蹄饮、竹汁矿泉等产品。

93. 竹炭加工技术

竹炭是竹子在隔绝氧气或限制空气的条件下通过高温炭化而得到的固体产品。在生产竹炭的过程中还能得到副产品竹醋液，是目前竹材化学加工领域中利用率最高、附加值最大的“黑”科技产品之一。竹炭作为燃料用炭具有广阔的市场前景，是工业和民用的优良的燃料，可广泛应用在发电、烧烤、供热，茶道等领域。

竹炭具有木炭不具有的微观结构和多种性能，竹材的微管束、薄壁细胞、导管形成的竹炭微观空隙结构，类似并接近于由五元环和六元环所形成的富勒炭和碳纳米管结构；项目研究揭示了竹炭产生远红外、释放负离子及屏酸效应的作用机制，科学地阐明了竹炭作为环保和保健产品的机制，为竹炭系列产品的开发提供了理论依据；先后研制了机械化竹炭生产设备。揭示了炭化温度与竹炭的比表面积、得率及各项理化性能的关系并应用于生产；指导企业开发了以竹炭竹醋液为原料的 300 多个品种的产品、制定空气净化用竹炭的国家标准，规

范竹炭生产企业的产品质量标准，为产品开发和正确引导消费提供了依据，先后开发了包括吸附净化系列、纳米改性竹炭系列、竹炭纤维系列、竹炭基复合系列、竹炭工艺品系列、竹炭护肤洗涤用品系列、竹炭保健系列等 7 个系列的 300 多种产品。

94. 竹炭市场应用技术

竹炭是竹材加工领域中利用率最高、附加值最大的细分领域。竹炭质地坚硬，结构疏松多孔，具有很强的吸附能力，具有净化空气、消除异味、吸湿防霉、抑菌驱虫等特点。竹炭市场应用广阔，市场应用领域十分广泛，主要可应用于以下领域：

（1）用于农业：竹炭作为有机肥和微生物在土壤中的载体，可以提高土壤活力，所以人们把它作为很好的土壤改良剂；（2）用于化学制品：竹炭可用作活性炭的原料，因为茎部微孔的特殊结构，具有很强的吸附能力，活化后功能更加突出。炭的比表面积越大吸附性能越好。木炭一般在几十平方米每克，竹炭是 200~500 平方米每克，竹子活性炭可以达到一千多平米每克；（3）用于医药保健：竹炭制成的枕头和垫子可以舒缓神经，放松背部，控制打鼾。竹炭还具有除臭、除湿、杀菌等功能；（4）用于环保领域：竹炭可用于净水器，屏蔽电磁波，吸收有毒气体。如果用竹炭代替石棉刨花板和塑料板，室内的大部分有毒物质就可以被吸收。如果用竹炭做香烟的过滤嘴，95%的尼古丁和其他有毒物质会被过滤掉。（5）用于制成多种复合材料：如手工艺品、饲料添加剂、高容量可充电蓄电池等。

95. 竹炭和竹纤维一次性口罩应用技术

“KN95 竹炭口罩”使用的滤芯是熔喷布的升级版——熔喷夹炭布，中间夹有活性炭，它可以灭活病毒，新型冠状病毒的尺寸很小，只有 60~140 纳米，病毒无法独立存在，其传播载体主要包括分泌物和打喷嚏时的飞沫（大小为 5000 纳米左右）。病毒一旦脱离了飞沫中的水分就不能继续存活。作为分子筛和过滤器，竹炭口罩中的活性炭微孔孔径一般只有 2~4 纳米，不仅可以阻隔病毒，还可以强力吸附飞沫中的水分，进而达到灭活病毒的效果。

96. 竹材的桐油热处理技术

桐油热处理是改善竹材耐久性的有效途径。竹材在桐油热处理过程中，桐油首先沿径向维管束渗透到竹材中，然后通过竹材细胞壁上的纹孔逐渐向周围扩散。经桐油热处理后，桐油可相对均匀地分布在竹材细胞中。桐油热处理对竹材的化学成分、纤维素结晶结构和竹材性质具有显著性影响。经桐油热处理后非晶态碳水化合物（如半纤维素）的降解导致竹材中亲水基团的含量的减少。经桐油热处理后，在竹材表面和竹材细胞腔内形成的油膜可以降低水分和霉菌对竹材的影响。桐油热处理不仅可以增强竹材的疏水性能，提升竹材的尺寸稳定性，同时可以改善竹材的防霉性能。尽管 180℃ 以上的桐油热处理会降低竹材的断裂韧性，但当桐油热处理温度不超过 200℃ 时，竹材仍然可以保持良好的力学性质，竹材的 MOE 和 MOR 并未显著下降。桐油热处理作为一种经济、环保的改性技术，帮助竹材应用于更多场景。

97. 竹基生物质固体燃料制备技术

将压缩成型技术、低温焙烧技术和耦合燃烧技术集成应用于生物质能源领域，攻克了竹材难成型的技术瓶颈，在揭示了竹材压缩成型机理的基础上，开发出低能耗竹基颗粒燃料制备技术；利用低温焙烧技术改善了竹材的燃烧特性，解决了竹材与煤炭耦合燃烧不稳定的难题，实现了竹/煤高效耦合燃烧。针对竹子强度高、韧性好、硬度大的特性，在竹基生物质颗粒燃料制备方面提出独特的新方法和新工艺，开发出竹基生物质颗粒燃料复配技术，制备出满足美国颗粒燃料协会《民用/商用生物质颗粒燃料》和德国标准《木质颗粒燃料》(DIN51731)的生物质颗粒燃料产品，明显改善竹基生物质颗粒燃料的物理力学性能和燃烧性能，显著降低了竹基生物质颗粒燃料的能耗。针对竹材含水率和挥发份含量高、能量密度低的问题，研发出竹材低温焙烧技术，攻克了竹材与煤炭物理力学性能差异所导致其混合燃烧过程不稳定的难题，建立了混合燃烧的等温和非等温动力学模型，揭示了燃烧过程中碳、氮、硫的转化和迁徙机理，阐明了燃烧过程中的协同作用机制，为竹基生物质固体燃料的燃烧发电提供了关键基础数据。

98. 竹机制棒成型和连续炭化关键技术与装备

生物质能源的开发和利用是缓解我国能源危机和环境破坏的有效途径之一。竹材是我国生物质能源开发的重要潜在资源，而竹机生物炭是目前市场上最具商业化竞争力的竹材剩余物资源化利用产品。创新开发出竹木混合机制棒低能高效制备关键技术和竹基生物炭绿

色生产关键技术与装备，解决竹机制炭生产过程中的环境污染问题，实现了热能的高效利用，降低了竹/木混合机制棒（碳）的生产能耗。在分子水平上揭示了竹机制棒的压缩成型机理，阐明了其难成型、高能耗的本质，提出了自然软化处理技术，开发出高效合金钢锤片粉碎机和螺杆后卸式高密度制棒机，解决了成型过程的能耗高以及压缩机的磨损大的难题。针对传统竹基生物炭生产效率低和环境污染严重的问题，利用 TG、TG-FTIR、PY-MS 方法定量系统表征了竹/木材热解过程中固、气、液体产物的特性和热解机理，揭示了竹/木混合热解过程中的协同作用；根据竹材的热解特性，提出了干燥-焙烧-碳化三阶段的升温模式，通过调控各个阶段的热解温度和进料速度，实现了竹炭的连续化、标准化生产。对热解气体和液体提出了多级冷凝、分级利用的创新思路，开发出低进高出筒体、旋风分离、水冷分离和喷淋水处理四级气-液分离、净化、集中收集方案，收集的液体（醋液和焦油）可进一步开发竹醋液创新产品；研发出可燃气体二次高温燃烧与热能循环利用关键技术，开发出低能高效滚筒气流式连续烘干机，将热能用于机制棒生产过程中的原料干燥，实现了热能的高效利用和烟气的清洁排放。

99. 竹胎漆器技术

竹胎漆器技术，以竹材为载体，以大漆作为装饰和保护材料，将大漆工艺与传统竹胎相结合，不仅是提高了对竹材的开发，更是对传统文化的传承与发展，形成了独具特色的竹胎漆器文化。而漆器的制

造过程却繁琐冗杂，这其中最为重要的工序就是大漆的上漆工艺。大漆作为一种不同于现代装饰所用的涂饰漆，利用采自成熟漆树上的生漆氧化提炼后变成熟漆，再经过刮涂、打磨和繁复的擦涂工序，从而完成整套工艺流程；最终得到的漆器质感丰富细腻，视觉上柔和美观，色泽明暗浓淡相结合，并与不同成色纹理的胎骨相呼应，可呈现出千姿百态的褶皱肌理，让大漆艺术成为一种独一无二与不可复刻的工艺品与艺术文化传承的重要载体。

作为竹胎漆器的载体，竹材具有良好的韧性，不易收缩变形，编织纹样精美且易于制作；同时竹材光泽感强，根据不同竹类呈现出的色彩丰富多样，加工工艺简单，切面光洁且价格低廉；同时，以竹材为原材料制作的产品具有很高的实用价值和审美情趣；竹制编织品通常为青色和黄色交织表现，给人一种干净、清雅的感觉。同时，竹材独特的材料特征带给人浓郁的自然气息，运用在产品设计上能够带给人们较为温馨的情感体验。另一方面，随着世界范围内木材资源日渐匮乏，越来越多的国家开始探索用竹材代替木材来缓解原材料问题。近年来我国材料行业已经充分意识到竹材制品具有广阔的发展前景，不断开展的竹材料与竹制品的研究，能有效缓解我国木质材料市场的空缺。同时“以竹代木”也成为国内外木竹产业的发展方向，例如日本、加拿大等国家已经走在前列。因此，将竹材为胎体结合大漆工艺的应用，极大的丰富了漆器市场和消费者对精致生活品质具有很高的实用和经济价值。

100. 竹材加工产业园建设运营技术要点

竹资源主要分布在老少边穷地区，如何充分利用好这些资源，需要引入现代化运营模式。目前竹材主要应用于农业、工艺品、建筑业、造纸、竹炭加工等传统领域应用上，其加工水平有限，产品附加值不高，没有形成产业规模。竹资源丰富地区应当利用当地的原料优势，开发打造集约化、产业化、多元化的高科技竹材加工产业园，从原料采集、展平、拉丝、制造竹地板和竹人造板再到成品的竹家具、竹工艺品、竹饮料、竹服饰等系列产品，各环节产生的废料送入竹炭厂，共用水、电、气、信息、销售等平台，形成全产业链、循环利用氛围。竹材加工产业园将成为竹产业降低成本，优化结构，提升效益的必由之路，前景广阔。