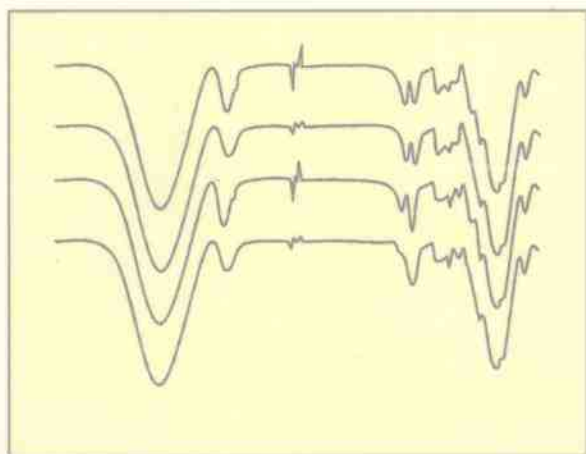


麦秆纤维特性及 纤维板工艺的研究

东北林业大学出版社基金资助出版

艾 军 著 陆仁书 审



东北林业大学出版社

麦秆纤维特性及 纤维板工艺的研究

艾 军 著
陆仁书 审

东北林业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

麦秆纤维特性及纤维板工艺的研究/艾军著. —哈尔滨:东北林业大学出版社, 2002. 6

ISBN 7-81076-353-9

I. 麦... II. 艾... III. ①麦—植物纤维—纤维性能—研究
②纤维板—生产工艺 IV. TS653.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 053712 号

责任编辑:袁俊琦

封面设计:金 钊



NEFUP

麦秆纤维特性及纤维板工艺的研究

Maigan Xianwei Texing Ji Xianweiban

Gongyi De Yanjiu

艾 军 著 陆仁书 审

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

哈尔滨工大印刷厂印刷

开本 850×1 168 1/32 印张 4.125 字数 103 千字

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-353-9

S·338 定价:16.00 元

序

我国森林资源,尤以可采资源大幅度减少,寻找更合理的资源代替木材是十分必要的。我国农业每年产生各类秸秆数量庞大,约为6.5亿吨。稻草和麦秆约占秸秆量的1/3。因此,利用稻草和麦秆代替木材成为研究的热门。利用秸秆代替木材的看法国内外差异都很大,一种看法认为“好得很”,利用了秸秆、保护了森林、保护了环境、又可持续发展。另一种看法认为“行不通”,因为秸秆收集、保存困难,生产成本高,性能不如木材原料。这种看法尤其在北美有一定市场。因为那里人口少、森林多。就是这样,也不断能听到抗议伐木的呼声。其实,木材是一种优良的材料,人们很喜爱木材,木材做的房屋和各种制品对人的健康有益,这是人所共知的事实。但更重要的是:客观存在是判断事物的基础,我国人口众多,森林资源贫乏,在全世界我国森林覆盖率和人均拥有森林面积都排在120位之后。

用农作物秸秆代替部分木材,在中国是势在必行,还有什么要犹豫的呢?这是中国的国情,别人的情况,我们要认真地了解,我们自己的事,只要是真的利国利民,看准了就坚决地干。这就是我们研究利用秸秆生产代替木材的刨花板、中密度纤维板的动力。

用稻草和麦秆制造中密度纤维板我们已获得了国家发明专利(ZL 991129067 以醛类胶作为胶粘剂的麦秆稻草中密度纤维板及制造方法),在吉林市吉林造纸厂和洪雅县东力亚中密度纤维板厂在生产线上进行过中试。现在正在筹建麦秆稻草中密度纤维板厂。

艾军同志的这本书是她在系统研究稻草、麦秆中密度纤维板

制造工艺的基础上,用现代科研手段,研究了在不同条件分离纤维过程中,麦秆纤维的化学组成和主要成分的变化,麦秆纤维的表面性能,以及麦秆的表面性质和氧在麦秆横截面上的不同分布状态。通过化学分析及中密度纤维板的性能研究,确定麦秆在热磨前的预热处理条件。还进一步用表面改性方法,提高麦秆纤维表面活性,为扩大麦秆综合利用提供理论基础。

研究结果,解答了为什么用脲醛胶胶合麦秆成片状的碎料板,物理力学性能很难达到标准,而麦秆制成纤维,就能用脲醛胶胶合成麦秆中密度纤维板的道理。从化学性质上研究清楚了片状碎料和纤维之间的区别。

这是本书对麦秆纤维的综合利用,尤其是用脲醛胶制造麦秆中密度纤维板提供了很有价值的最先进、可靠的资料。该书从理论到实际都作了详细的描述,是秸秆利用的研究者、生产厂家的技术人员、相关专业的大学生、研究生的必读之书。

陆仁书

2002年6月3日

目 录

1 绪论	(1)
1.1 木材工业资源概况	(1)
1.2 麦秆纤维资源及综合利用现状	(7)
1.2.1 农作物秸秆资源及利用	(8)
1.2.2 农作物秸秆用途的资源分析	(9)
1.3 麦秆纤维复合材料	(10)
1.3.1 麦秆纤维复合材料用基体树脂	(10)
1.3.2 树脂基麦秆纤维复合材料	(10)
1.3.3 麦秆纤维增强水泥复合材料	(13)
1.3.4 麦秆纤维增强石膏复合材料	(14)
1.4 麦秆纤维复合材料的研究现状及其应用前景	(14)
1.4.1 研究现状	(14)
1.4.2 应用前景	(16)
1.5 麦秆纤维板的研究内容和意义	(19)
2 麦秆纤维原料特性及表面改性方法	(21)
2.1 麦秆纤维原料的生物构造	(21)
2.1.1 麦秆纤维原料的组织结构	(21)
2.1.2 麦秆纤维原料的超微结构	(23)
2.1.3 麦秆纤维原料的纤维特征	(25)
2.2 麦秆纤维原料的物理特性	(26)
2.2.1 麦秆的纤维长度	(26)
2.2.2 麦秆的细胞壁厚及胞腔直径	(28)
2.3 麦秆纤维原料的化学特性	(29)

2.3.1	化学成分在纤维细胞组织中的分布	(29)
2.3.2	麦秆纤维原料主要化学组成的结构特征	(30)
2.4	麦秆纤维原料表面处理方法	(34)
2.4.1	界面的化学反应	(35)
2.4.2	接枝反应	(36)
2.4.3	plasma 处理	(38)
2.4.4	射线反应	(39)
3	麦秆纤维本体性能和表面性能研究	(40)
3.1	麦秆纤维的分离过程	(41)
3.2	麦秆纤维本体性能	(44)
3.2.1	麦秆纤维化学成分分析方法	(44)
3.2.2	麦秆纤维本体化学成分分析	(46)
3.2.3	麦秆纤维主要成分结构表征	(49)
3.2.4	麦秆纤维的热解	(54)
3.3	麦秆纤维表面性能	(56)
3.3.1	麦秆片表面元素及官能团分析	(56)
3.3.2	麦秆纤维表面元素及官能团分析	(58)
3.4	本章小结	(61)
4	麦秆纤维改性技术研究	(65)
4.1	麦秆纤维化学接枝改性	(65)
4.1.1	麦秆纤维化学接枝的设计	(66)
4.1.2	不同引发剂麦秆纤维化学接枝改性	(69)
4.1.3	麦秆纤维接枝反应历程	(75)
4.2	麦秆纤维表面 plasma 处理	(80)
4.2.1	plasma 中的活性成分	(80)
4.2.2	不同处理参数下麦秆纤维表面 plasma 处理	(82)
4.2.3	plasma 处理的麦秆纤维表面官能团分析及表征	(84)
4.2.4	麦秆纤维表面与空气 plasma 反应历程	(87)
4.3	本章小结	(88)

5 脲醛树脂麦秆纤维板工艺与性能研究	(90)
5.1 麦秆纤维板用脲醛树脂固化反应动力学	(91)
5.1.1 固化剂加入量对脲醛树脂固化反应的影响	(91)
5.1.2 脲醛树脂固化反应动力学及反应活化能	(94)
5.2 脲醛树脂麦秆纤维板工艺参数的研究	(99)
5.2.1 试验方法及检验标准	(99)
5.2.2 试验主要工艺参数的确定	(100)
5.2.3 主要工艺参数对麦秆纤维板性能的影响	(104)
5.3 本章小结	(120)
参考文献.....	(122)

1 绪 论

1.1 木材工业资源概况

随着原始农业的出现,人类逐渐学会了驯化野生动物和植物,使食物来源得到了保障。随着早期农业的发展,尤其是刀耕火种的农业技术的应用,人类为开垦耕地而大量砍伐、焚烧森林,森林不再被视为人类栖息地和食物来源,相反却被视为“荒地”。在漫长的农业文明时期,人口数量相对较少,人类生产力水平也相对较低,人类干预自然、破坏森林相对来说是局部的、暂时的,还没有超过森林生态系统的负荷量,在一地毁灭森林还可以在另外的地方找到其他森林。人类利用森林是无偿的、随意的,并认为森林资源是“取之不尽、用之不竭”的,砍伐森林便成为天经地义的事,加之历代战争、狩猎等大量地破坏森林,常常导致环境恶化,生态平衡破坏。这种破坏的结果使许多哺育人类光辉历史文明的沃野变成荒芜不毛之地,世界许多文明古国不乏这样的先例,这些都是由于人类缺乏对森林的正确认识,过度利用森林而产生的必然结果。

自 14~16 世纪文艺复兴以来,特别是 17~18 世纪,英、法资产阶级革命以来的工业文明时代,人与自然的关系,出现一种相互打架的矛盾的局面。人从宗教桎梏中解放出来,个人以独立的身份出现了,促进科技事业的兴起,推动了工业的发展,挖掘自然界的潜力,迸发出巨大的新生产力,这是历史进步的表现。

但是人们任意地索取自然资源,造成资源的枯竭;工厂林立,烟雾迷漫,污水横流,严重污染着大气、水质与土壤,这一切现象的综合效应又危及了许多生物的生长,也危及到人类自身的健康与生命,这是历史进步中所造成的负面影响。这就构成了人类无情地讨伐自然,自然反过来更无情地惩罚人类的混战时代;近代资本主义工业的发展使森林遭受到毁灭性的破坏。由于资本主义工业的发展,对木材的需求急剧增加,为了满足需要,对森林进行掠夺式的采伐,可利用的森林资源随着时间的推移,越来越少。

现在人类进入了工业社会转化为信息社会或知识社会的科技文明时代,人类在反思人与自然的关系,既不能盲从于自然,也不能从自然界独立出来,又无情地损害自然,而应该自觉地去探索、认识人与自然相互协调发展关系中的客观规律。人类已从农业文明初期的盲从走向了现在的自觉去服从自然界的规律的科技文明时代。具体表现在:人们在研究如何才能在自觉维护大自然生态平衡的前提下,去追求人口的数量和质量,使人与自然环境达到一种协调的比例关系。

据联合国粮农组织最新统计,1995年世界森林面积为34.54亿 hm^2 ,其中发达国家为14.93亿 hm^2 ,发展中国家为19.61亿 hm^2 。在1990~1995年期间,世界森林面积减少5630万 hm^2 (其中发展中国家减少6510万 hm^2 ,发达国家增加880万 hm^2)。发展中国家天然林破坏较为严重,在1980~1990年期间减少1550万 hm^2 ,1990~1995年期间减少1370万 hm^2 。特别是亚洲、非洲和中、南美洲热带森林破坏严重,过去曾经大量出口木材的非洲国家已经变为进口国,北美和原苏联作为世界最重要的针叶材供应地,其2/3的森林资源面临数量和质量的下降,而且采伐的经济性和对未来环境可能造成的影响增加了对利用这些资源可行性的疑问。在美国和加拿大,特别是在西部,反对采伐森林的压力正在增加。预计,这些地区未来天然林的采伐量将会减

少。亚洲，特别是东南亚，面临热带森林利用与环境保护相冲突的问题。进一步利用亚马孙流域森林也存在同样的问题，采伐量将会下降，而不是上升。非洲和世界其他地区森林采伐量的增加将是有限的。

森林，是衡量一个国家、一个民族文明程度的重要标尺。

中国现在的森林覆盖率为 16.55%，比新中国成立初期的 8% 有所提高，但与世界平均约 30% 的森林覆盖率相比较，还有很大的差距。在世界上，无论是森林覆盖率还是人均拥有森林面积数，我国都排名在 120 名之后，是一个典型的少林国家，与文明大国的地位很不相称，严重影响着社会、经济的可持续发展，同时还是自然灾害频繁的主要根源。

由于森林植被的破坏，我国水土流失日趋严重。全国水土流失面积已达 367 万 km^2 ，占到国土面积的 38%，其中水力侵蚀面积为 179 万 km^2 ，风力侵蚀面积为 188 万 km^2 ，直接经济损失每年在 100 亿元以上。因水土流失而荒漠化的速率还在急剧提高，在 20 世纪 50~70 年代，荒漠化的面积每年为 1 560 km^2 ，至 80 年代每年为 2 100 km^2 ，90 年代上升至每年为 2 460 km^2 ，有 4 亿人口笼罩在荒漠化的阴影之中。虽然我国人均消费水平很低，但随着经济的发展，人民生活水平的提高，木材及木制品的消费总量日趋增加。据悉，1999 年我国商品材消费量为 1.43 亿 m^3 ，与 1981 年的 7 560 万 m^3 相比将近翻了一番，年递增约 4%。木材消耗主要集中在三个行业：建筑及装修业、家具制造业和造纸业。其中，建筑及装修业消耗 3 000 万 m^3 ，占 20.8%；家具业消耗 2 400 万 m^3 ，占 16.7%；造纸业（含进口纸及纸浆等）消耗 5 250 万 m^3 ，占 37.2%；农业用材为 2 000 万 m^3 ，占 13.9%；工业及其他用材为 1 650 万 m^3 ，占 11.5%。

目前，我国人造板、纸浆、纸及纸板（含非木浆）消费量已居世界第二位；原木消费量（包括商品农民日用材和销售用材），居世界第三位，我国国内生产的 8 000 万 m^3 木材已远远不能满

足需求。预计到 2010 年,我国木材市场消费量将达 2.4 亿 m^3 ,比 1999 年增加 9 900 万 m^3 ,增长 70%。其中,建筑及装修业预计消耗 6 350 万 m^3 ,增长 111%;家具业预计消耗 4 400 万 m^3 ,增长 100%;造纸业(含进口纸及纸浆等)预计消耗 9 100 万 m^3 ,基本持平;农业用材预计消耗 2 500 万 m^3 ,增长 25%;工业及其他用材预计消耗 2 050 万 m^3 ,增长 24%。总之,我国国内生产的木材,无论是数量还是质量都远远满足不了需求。

据有关专家预测,到 2010 年,我国木材供需缺口达 3 800 万 m^3 。天然林资源保护工程实施后,木材供需缺口总量将扩大到 5 900 万 m^3 。短缺的主要是珍贵树种材和大径材,而重点地区天然林恰恰是这些方面的主要供给源,减少了天然林采伐量,必然会加剧木材供需的结构性矛盾。

现代社会在满足工业的飞速发展的同时,又要满足极度膨胀的人口的生活需求,因此面临着资源逐步枯竭和环境污染的严重形势,这些问题将是人类发展的最大障碍。人类一方面创造物质文明,从地球上提取资源制造材料,再把材料加工成生产和生活用的各种物件,使我们的社会高速进步。另一方面则将地球上的各种资源以能量和材料的形式不断地、无节制地消耗,以致出现资源日益短缺的局面;而且还把大量使用过的废弃物质排放到环境中造成污染,形成恶性循环。因此,从人类可持续发展的前提来看,从材料的设计和制造开始就应考虑如何使材料充分发挥潜力,提高其使用寿命和价值,充分利用废弃物,以节约资源和减少污染。

对于可持续发展,1987 年世界环境委员会下这样一个定义:“在不损害子孙后代满足他们自己需要的能力前提下,满足当代人的需要而进行的经济发展。”这个概念在 1992 年 6 月巴西里约热内卢联合国环境与发展大会上被一致接受。在我国将可持续发展的概念系统化,可持续发展是把当代人类赖以生存的地球及局部区域看成是有自然—社会—经济—文化等多因素组成的复合系

统，他们之间既相互联系，又相互制约。认为一个可持续发展的社会，有赖于资源持续供给能力；有赖于其生产、生活、生态功能协调；有赖于自然资源系统的自然调节能力和社会经济自组织、自调节能力；有赖于社会的宏观调控能力、部门之间的协调能力及民众的监督与参与意识。其中，任何一方功能的削弱或增强都会影响其他组分，以及持续发展的进程。

森林资源作为全球变化最有影响的陆地生态系统组成部分，具有涵养水源、保持水土、防风固沙、改良土壤、调节气候和净化空气等多种功能，同时为人类提供不可替代的木材及产品资源，因此它的可持续发展对人类社会的可持续发展有着重大的意义。要保护森林，又要保证发展，即做到社会的可持续发展，需寻找各种各样的代木材料。在诸多代木材料中，最受人们欢迎同时与木材性能极为相近的材料是一年生植物纤维或农作物秸秆。我国农作物秸秆产出的大部分仍然作为农户的炊事、取暖燃料。但是，随着农村经济的发展，农民收入的增加，以及商品能源获得的难易程度都成为他们转向使用商品能源的契机与动力。在较为接近商品能源产区的农村地区或富裕的农村地区，商品能源（如：煤、液化石油气等）已成为其主要的炊事用能。以传统方式利用的秸秆首先成为被替代对象，致使被弃于地头田间直接燃烧的秸秆量逐年增大，许多地区废弃秸秆量已占总秸秆量的 60% 以上，既危害环境，又浪费资源。

从目前来看，人类面临的主要问题是资源短缺。随着社会进步带来的工业极大发展和人口极度膨胀所造成的环境严重恶化等情况都将给复合材料的发展，尤其是利用未充分开发的地球资源——农作物秸秆复合材料提供了极好的机遇，并且开发“第二森林”资源——农作物秸秆（麦秆、稻草等）等材料替代木材生产适合各种用途的植物纤维复合材料，既可以减少森林的砍伐，保护生态环境，又充分利用了废弃物，还可在一定程度上减少由于废弃物的处理而造成的环境污染。秸秆作为工业原料在国内的开

发利用虽起步较晚,但由于其资源丰富、价格低廉,且经济效益显著,目前已成为极具潜力的发展领域。秸秆可以作为多种工业原料来代替木材,而且将有很好的应用前景。表 1.1 为 2000 年秸秆资源分布地区及其可获得量。

表 1.1 2000 年秸秆资源分布及其可获得量

地 区	秸秆总产量/ 万 t	造肥还田及 收集损失量/ 万 t	作为饲料量/ 万 t	作为造纸 原料量/ 万 t	可用作资源量/ 万 t
全国	64 793.3	9 718.8	17 744.7	2 100	35 229.8
山东	7 666.2	1 149.9	2 001.1	108.2	4 407.0
江苏	3 862.2	579.3	160.0	59.2	3 063.7
安徽	3 265.0	189.8	1 132.4	45.9	1 597.0
浙江	1 203.0	180.5	81.2	50.8	890.5
江西	1 456.4	218.5	620.7	52.9	564.3
福建	771.4	115.7	206.0	109.4	340.3
上海	251.7	378.0	11.1	2.7	200.0
河南	6 113.8	917.1	2 024.2	377.6	2 794.9
湖北	2 847.3	427.1	661.2	69.6	1 689.4
湖南	2 281.8	342.3	695.1	113.8	1 130.6
广东	1 564.7	234.7	761.4	118.3	450.4
广西	1 694.0	254.1	1 287.1	36.1	116.7
海南	248.5	37.3	200.6	1.6	9.1
黑龙江	4 157.5	623.6	825.9	70.8	2 637.2
吉林	3 672.0	550.8	620.5	92.8	2 407.9
辽宁	2 235.1	335.3	487.0	94.3	1 318.5
河北	4 787.8	718.2	935.4	179.3	2 954.9
内蒙古	1 878.8	281.8	—	23.1	1 573.9
山西	1 492.9	223.9	406.4	106.6	756.0
北京	519.0	77.9	22.8	1.5	416.9
天津	383.1	57.5	35.8	15.3	274.5

续表 1.1

地 区	秸秆总产量/ 万 t	造肥还田及 收集损失量/ 万 t	作为饲料量/ 万 t	作为造纸 原料量/ 万 t	可用作资源量/ 万 t
四川	4 855.1	728.3	1 801.9	161.8	2 163.2
西 云南	1 651.6	247.7	1 269.3	26.6	108.0
南 贵州	1 263.1	189.5	1 048.5	7.5	17.6
西藏	113.6	17.0	—	—	96.6
新疆	1 627.7	244.2	—	20.0	1 363.5
西 陕西	1 489.0	223.4	449.1	129.8	686.9
北 宁夏	347.2	52.1	—	13.7	271.4
甘肃	867.5	130.1	—	10.3	129.2
青海	225.2	33.8	—	0.6	190.8

1.2 麦秆纤维资源及综合利用现状

非木材植物纤维按照来源、可用性以及纤维的特性，主要分为三类：

①农作物秸秆和农产品工业废料，包括麦秆、稻草和蔗渣等；

②天然生长植物，包括竹子、芦苇、西班牙草和印度草等；

③栽培的纤维作物，包括黄麻、苧麻、真大麻、亚麻及其废弃物等。

按非木材植物纤维的性质来分，可分为四类：

①竹类：包括毛竹、慈竹、白夹竹、楠竹等；

②禾草类：如麦秆、稻草、芦苇、甘蔗渣、高粱秆、玉米秆、棉秆、麻秆等；

③韧皮类：如亚麻、黄麻、大麻、棉秆皮、桑皮等；

④籽毛类：如棉花、棉短绒等。

麦秆纤维属一年生禾草类非木材植物纤维——农作物秸秆。

1.2.1 农作物秸秆资源及利用

从20世纪80年代开始,中国农业呈稳步发展的态势。在“八五”期间,虽然面临着耕地面积逐步减少和各种自然灾害侵扰,中国粮食产量依然保持增长。根据2000年粮食产量,经简单计算,秸秆产量2000年为6.48亿t,用于造纸原料的秸秆量为2100万t;用于牲畜饲料的秸秆量与1995年相近,约为1.78亿t;此外,造肥还田和收集损失约为9720万t。这样,在2000年,可以作为生物质能原料的秸秆资源为3.519亿t,各地区具体数量如表1.1所示。其中,可用作资源量最大的前十个省份及其资源量大小顺序如表1.2所示。

表 1.2 2000 年秸秆资源可获得量前 10 名排序

省 份	排 序	可用作资源量/万 t
山东	1	4 407.0
河南	2	3 063.7
河北	3	2 954.9
江苏	4	2 794.9
黑龙江	5	2 637.2
吉林	6	2 407.9
四川	7	2 163.2
湖北	8	1 689.4
安徽	9	1 597.0
内蒙古	10	1 573.9

到2010年,中国粮食产量将为5.6亿t,根据估算,秸秆总量约为7.26亿t;除去造纸的2800万t秸秆和作为饲料或饲料原料的2.13亿t秸秆,造肥还田及收集损失为1.089亿t;可作为资源加以利用的秸秆总量为3.761亿t。

1.2.2 农作物秸秆用途的资源分析

由于农民生活水平的提高,用能方式的转变,近年来各地均出现了农民将农作物秸秆废弃于田间地头,直接燃烧,污染环境,有些地方甚至造成了机场或公路关闭的严重事件,妨碍了正常的社会经济活动,影响极大。因此,农作物秸秆的综合利用是当今亟待解决的问题。

表 1.3 秸秆用途比较数据表明,秸秆作为燃料利用的比例与经济发展水平相关,经济发展水平高的地区秸秆作为燃料利用的比例较低,秸秆废弃的比例也相应较高。如浙江省,秸秆作为燃料的比例为 23.3%,为三省中最低;秸秆废弃比例较高,达到 53%。

1995 年我国农作物秸秆产量为 6.04 亿 t,其中造肥还田加上收集损失约占 15%,秸秆可获得量为 5.134 亿 t。

根据以上所述,农作物秸秆的用途大致可分为三个方面:

- ①作为工业原料,主要用于工业造纸,约占农作物秸秆总产量的 2.3%;
- ②作为畜牧饲料,约占农作物秸秆总产量的 24.0%;
- ③除去以上两类用途,剩余部分都可作为其他用途的潜在资源,约占秸秆总产量的 58.7%,为 3.551 亿 t 左右。

表 1.3 1995 年三省农作物秸秆用途比较分析

用 途	浙江	山东	四川
造纸原料/%	3.0	1	2.4
饲料/%	5.7	22	31.4
造肥还田及收集损失/%	15	15	15
可用作资源/%	76.3	62	51.2
其中:实际作为燃料/%	23.3	34	41.2
废弃于田间地头/%	53	27	10
总计	100	100	100