

生物质燃料利用与我国古代农业的生态循环发展——以宋代为中心

柴国生

(中国政法大学, 北京102249)

摘要：生物质燃料利用与我国古代农业发展互为促进、相互依存。传统农业不断发展，产出了丰富的燃料品类和巨量的资源赋存。较好满足了古代农业生产与社会生产、生活、军事等领域对燃料资源“类”与“量”的需求。农业产出的生物质燃料，直接或间接应用于种植业的垦荒耕种、农产品储藏加工、草木病虫害防治以及养殖业的畜禽保暖、疫病防治等生产环节，成为诸多环节不可或缺的生产资料。售卖秸秆、草木、干粪等燃料商品成为耕牧樵渔民的重要副业，以及获取生产生活资料、缴纳赋税所需资金的重要来源；朝廷灾荒救济中的燃料买卖则成为官民互利的有效赈济措施。长期实践中，农业生产与燃料利用实现了“产出资源—充分利用—生产发展”的科学合理的良性循环生态发展，保障了古代农业发展与社会进步，减少了燃料采伐对自然生态的扰动，也为后世留下了值得研究承继的珍贵遗存。

生物质燃料利用与我国古代农业发展有着互为促进、密不可分的依存关系。农业起源的“刀耕火种”、“火耕水耨”，火就起着不可或缺的作用。传统农业不断发展过程中，生物质燃料作为重要的生产资料在种植、养殖业的诸多生产环节得到科学合理利用，对农业发展起到了重要的促进和保障作用。农业不断发展，种植作物和草木、养殖动物种类的不断增多，产生了愈来愈多可供利用的燃料品类，形成了包括薪炭、秸秆、草类、兽骨、粪便、油脂、蜡等品类丰富的生物质燃料体系；传统精耕细作水平的不断提高，单位面积耕地的秸秆等产量也随之增加，农业产出可供利用的燃料资源量也不断增加，为古代社会发展提供较为充裕的燃料资源赋存。古代燃料的商品化，使得农业产出的燃料资源成为能够售卖的商品；燃料贸易繁荣发展，耕牧樵渔民能够售卖燃料获取购买生产生活资料、缴纳赋税所需资金，朝廷与百姓在灾荒救济中的燃料贸易实现了“官不伤财，民且蒙利”的重要赈济作用，为农业发展提供了资金获取途径，也为灾民赈济提供了有效措施。长期的生产生活实践中，生物质燃料利用与农业发展形成互为依存与促进的关系，实现资源产出与利用的良性循环的生态发展，这不仅是我国传统农业生产的重要创举与发展的核心所在，也是古代农业发展和社会进步的重要保障，值得深入挖掘研究。

目前仅见少数研究对此有所论及，如王星光等讨论生物质燃料在手工业生产、日常生活、军事等领域的利用，赵九洲等在对燃料利用与华北地区丝织业兴衰、役畜饲养结构变化等问题的探讨中有所论及，但是对于农业燃料产出及其在农业生产与社会发展中的利用，尤其是对二者关系，笔者视野所及未见有系统梳理和全面研究。因此，从包括大田耕作、园艺、草木种植等种植业，以及蚕桑、畜牧业和渔业等的养殖业的广义农业，以宋代为中心对生物质燃料利用与我国古代农业发展及其相关问题进行探研，不当之处，敬请指正。

一、农业产出的多样且巨量燃料资源较好满足了社会需求

生物质燃料根据用途不同，可分为热源燃料和光源燃料。古代农业生产产出的特性各异、品类多样的燃料，较好满足了社会生产、生活、军事等领域对不同特性燃料的需求。其中，薪柴、秸秆、炭、草、兽骨、干粪等主要用作热源燃料，油脂、蜡则主要用作光源燃料，也常混用于军事等领域。

(一)种植业产出的多样燃料品类及其利用

作物种植产生的秸秆、糠秕等农业废弃物，以及非作物类草木的叶秆根等为古代社会发展提供了较天然草木更为丰富的热源燃料品类。油料作物的籽粒、部分草木的果实及其加工而成的油脂则为古代照明、军事等领域提供了丰富的燃料品类。

(1)作物种植产出的燃料品类及其利用

农作物的秸秆、糠秕等废弃物作为燃料使用应是与农业共生发展的。农业废弃物因种类众多、产量巨大、易于获取、方便燃用等特点，成为古代广泛使用的重要燃料。我国古代种植的农作物种类几乎包括了现代农业种植的全部作物。如宋末元初的综合性农书《农桑辑要》中记载的大田作物就有谷、稗、粱、秫、黍、糜、稻、麻、棉、豆、麦、青稞、苜蓿等20多种。如此丰富的作物种植产出的特性各异、品类多样的秸秆、糠秕，为社会发展各个领域利用提供了可选择的燃料品类。

在长期实践中，我国先民根据燃料各自的特性在社会发展诸多领域进行了科学合理且充分地利用。作物秸秆在日常

炊事、取暖中普遍使用,如王洋《和张文潜输麦行寄滁守魏彦成》诗载:“田家煮麦烧秸忙,一笑相煎何太迫”;陆游《杂赋》诗曰:“地炉夜热麻秸暖,瓦甃晨烹豆粥香”;范成大《南塘冬夜倡和》诗载:“燃萁烘暖夜窗幽,时有新诗趣倡酬”;《夷坚乙志·董染工》载:“乡里洪源董氏子,家本染工,独好罗取飞禽,得而破其脑,串以竹,归则焚稻秆丛茆,炳其毛羽净尽,乃持货之”;《大宋宣和遗事》载,宣和七年三月十六日“上皇方得与少帝相见,侍御人取茅及黍穰作焰,与二帝同坐”。糠秕因火势缓“能使药力匀遍也”,常用作炼制丹药、煎熬汤药等,如《云笈七签·七返灵砂论》“第二返宝砂篇”载:“于糠火中烧三七日,然后白炭武火烧三日”。秸秆也用于照明,如冯时行《友人惠酒殊佳用清光滑辣四字为韵以谢》载:“酒檣对鱼篮,照路燃藁秸”;宋人钱易《南部新书·癸》载:“蜀葵秸作火把,猛雨不灭”;《宋史·汪应辰传》载:“(汪应辰)家贫无膏油,每拾薪苏以继晷”;反映出古人根据不同特性对燃料的合理利用。

丰富多样的草本油料作物的籽粒及加工而成的油脂是古代主要的光源燃料。我国主要的油料作物,如芝麻、花生、棉籽、红花、蔓菁、乌药、大麻、大豆、油菜、苍耳、苏子、蓖麻等几乎都得到了种植,成为古代重要的照明、制烛、助燃原料。《齐民要术》中已有较多关于油料作物种植、油脂制取与使用的记载,如《种麻子第九》载:“凡五谷地畔近道者,宜种胡麻、麻子以遮之。收此二实,足供美烛之费也”;《荏、蓼第二十六》载:“收(荏)子压取油,可以为烛”;《种红蓝花》载:“一顷收子二百斛,与麻子同价,既任车脂,亦堪为烛”。宋人庄绰对当时利用油脂的特性、用途与地域分布做了较全面描述,《鸡肋编》载:“油通四方,可食与然(燃)者。惟胡麻为上,俗呼芝麻。炒焦压榨,才得生油,膏车则滑,钻针乃涩也。而河东食大麻油,气臭,与荏子皆堪作雨衣。陕西又食杏仁、红蓝花子、蔓菁子油,亦以作灯。山东亦以苍耳子作油,此当治风有益。又有旁毗子油,其根即乌药,村落人家以作膏火,其烟尤臭,故城市罕用。乌柏子油如脂,可灌烛,广南皆用,处、务州亦有”。历代典籍尤其是农书、医书中多有此类记载。如《四民月令》载:“苴麻子黑,又实而重,捣治作烛”。《证类本草》卷27《菘》载:“菜中有菘,其子可作油”。《本草纲目》记载,红花子油“可为车脂及烛”,油菜籽“炒过榨油,黄色,燃灯甚明”。《救荒本草》卷96《苍耳草》记载用苍耳子“熬油点灯”。油脂之外,甚至瓠瓣等也被用作照明燃料,《齐民要术·种瓠第十五》记载:“破以为瓠,其瓣,以作烛致明”。足见古人对燃料利用的充分与智慧。

(2)非作物草木栽植产出的燃料品类及其利用

非作物草木种植同样产生了品类众多的热源燃料。其中,林木种植是古代薪、炭的重要来源。《诗经》已有桑薪、柞薪等的记载,《小雅·车辖》:“陟彼高冈,析其柞薪”;《小雅·白华》:“樵彼桑薪,印烘于堪”。春秋时期,先民已经掌握种植林木循环采伐获取燃料的生态模式。《齐民要术》引《陶朱公术》:“种柳千树则足柴。十年之后,髡一树,得一载;岁髡二百树,五年一周”。《齐民要术》中对种植林木循环采伐利用有更系统的记载,如《种柞第五十》:“柞:十年,中椽,可杂用。柴在外。斫去寻生,料理还复”;《种谷楮第四十八》:“(楮)三年一斫。其柴足以供燃”;《种楸第五十》载:“楸既无子,两亩一行,一行百二十树,五行合六百树。十年后,一树千钱,柴在外”。这些都是古人在林木种植与燃料利用方面的智慧结晶。树叶也被用作燃料。《新唐书·柳璨传》:“(柳璨)昼采薪给费,夜然叶照书”。各类草本植物在生产、生活中都有很好利用。如不同燃料在食物烹制中的选用,“桑柴火:煮物食之,主益人。稗柴不宜作食。稻穗火:烹煮饭食。安人神魂,到五脏六腑。麦穗火:煮饭食,主消渴、润喉、利小便。松柴火:煮饭,壮筋骨。煮茶不宜。栎柴火:煮猪肉食之,不动风,煮鸡、鸭、鹅、鱼腥等物,烂。茅柴火:炊煮饮食,主明目、解毒。芦火、竹火:宜煎一切滋补药。炭火:宜烹茶,味美而不油”。不同燃料在药物熬制中的选用古人也有很好总结:“火用陈芦、枯竹,取其不强,不损药力也。桑柴火取其能助药力,桴炭取其力慢,栎炭取其力紧”。反映出古人在燃料选用方面的智慧。

手工业生产中同样根据燃料特性而选用合适的燃料。芦苇、茅草等燃烧快、火势大,常用于盐业生产。《云间志·物产》记:“有资于生民日用者,煮水成盐,殖芦为薪”。《宋史·食货志》载:“盖以斥鹵弥望,可以供煎烹,芦苇阜繁,可以备燔燎”。陆游《晚登横溪阁》诗注曰:“荣(州)多盐井,秋冬收薪茅最急”。蒿等较芦、茅等热值高常用作烧窑燃料。《宋会要·食货》载:“岁赋蒿数十万围,以供窑务及染院所用”。竹炭则作为冶铁燃料。“善煨人炼好铁,若欲穷其精理,当用竹炭”。陆游《老学庵笔记》载:“邛州出铁,烹炼利于竹炭,皆用牛车载以入城,予亲见之”。根据资源的地域分布,燃料利用呈现明显的地域特点,如“江南柴灶,闽楚竹炉,所需不啻什百也”。至唐宋我国大体形成了“北方多石炭,南方多木炭,而蜀又有竹炭”^①的燃料利用格局。

油桐、乌桕、核桃、油茶等的果实及其加工而成的油脂,是古代重要的照明燃料。如郭子横《洞冥记》:“蠙细枣,笮(榨)之有膏,膏可燃灯”。《齐民要术·种栗第三十八》引《诗义疏》:“藜,栗属。或从木。有两种:其一种,枝茎如木蓼,膏烛又美。其枝茎生樵,燕烛,明而无烟”。宋庄绰《鸡肋编》载:“江湖少胡麻,多以桐油为灯”。《居家必用事类全集·灯火备用》载,“皂角花、黄花地丁、松花、槐花”用于制作“万里烛”,“槐花、松脂”用于制作“耐点蜡烛”。松柏等可燃树脂也用作照明燃料。梁克家《淳熙三山志·松》:“(松)树既老,愚民多穴取其松明以烧,以至枯折”。

(二) 养殖业产出的燃料品类及其利用

养殖业的副产品干粪、兽骨等是古代草木之外重要的热源燃料，动物蜡、油脂等则是重要的光源燃料。

动物干粪在社会生产、生活诸多领域得到普遍利用。如《齐民要术》记载，干粪“燃之不烟，势类好炭。若能多收，常用作食，既无灰尘，又不失火，胜于草远矣”。日常生活中多有使用。古人“常以正月、二月预收干牛羊矢煎乳”。《宋史·洪皓传》也载：“尝大雪薪尽，以马矢然火煨面食之”。宋释宝昙《送隐上人还玉峰》记：“家有如山牛粪火，为君煨栗劝加餐”。释智愚《无补侍者游方》记载：“有无探讨归来日，粪火堆边话短长”。药物熬制，“温养用糠及马屎、牛屎者，取其缓而能使药力匀遍也”。《云笈七签》卷74“杏金丹方”载：“内汁釜中，熬以糠火并蚕砂火，火四五Et药成，其色如金状”。合适的干粪也用于驱虫治病。如《太平御览》卷372((人事部十三·髀股)记载：“司徒颜奋女苦风，一髀偏枯。农犊民为穿地作坑，取鸡矢、荆叶燃之，令烟，内胫坑中，视虫出，长尺，头尾赤，病愈。”兽骨在特殊情况下也用作燃料，如南宋徐梦莘《三朝北盟会编》载：“太原被围二百五十余日，外城已失月余，城中乏薪，乃毁屋取木、燃骨充爨”，反映出干粪、兽骨在社会生活中的普遍使用。

作为光源燃料，古代利用的动物油脂几乎涵盖了全部家养畜禽，以及常见的水、陆野生动物，种类极为丰富。唐代孙思邈《备急千金要方》记载的动物油脂，就有猪、驴、牛、羊、狗、鸭、鹅、鸡等十余种家养畜禽；以及熊、豹、野猪、麋、鹿、鱼类、鳖、雁等多种野生动物。动物油脂通常被制成脂烛或直接燃灯用于照明。如《本草纲目》中《灯火》载：“鱼油、禽兽油”“所点燃的灯火，都对眼睛有害”，多用于贫困之家。《烛烬》记载了我国古代主要的四种蜡烛，“蜜蜡烛、虫蜡烛、柏油烛、牛脂烛”。动植物油脂在照明中也被混用，如《洞冥记》：“(汉武帝)既耽于灵怪，尝得丹豹之髓，白凤之膏，磨青锡为屑，以淳苏油和之，照于神坛，夜暴雨光不灭”；《齐民要术·杂说第三十》：“作假蜡烛法：蒲熟时，多收蒲台。融羊牛脂，灌于蒲台中。融蜡灌之。足得供事”。然而，并不是所有油脂都适合燃用照明。如《备急千金方·熊肉》载：“熊及猪二种脂，不可作灯，其烟气人人目，失明，不能远视”。但猪油却是制作墨的好原料，《天工开物·墨》载：“凡墨烧烟凝质而为之。取桐油、清油、猪油烟为者，居十之一”。反映出古人对动物油脂特性认识之深入与利用之充分。

动物蜡有蜂蜡和虫白蜡，是油脂外古代制作蜡烛照明的上好燃料。蜂蜡制烛用于照明早于虫白蜡，《西京杂记》卷4《闽越蜜》记载：“闽越王献高帝石蜜五斛，蜜烛二百枚”；《旧唐书·柳公权传》曰：“每浴堂召对，继烛见跋，语犹未尽，不欲取烛，宫人以蜡泪揉纸继之”。虫白蜡记载见于宋代，南宋周密《癸辛杂识续集·白蜡》：“江浙之地，每以芒种前，以黄草布作小囊，贮(白蜡)虫子十余枚，遍挂之树间。至五月，则每一子出虫数百，细若蚁蟻，遗白粪于枝梗间，此即白蜡，则不复见矣。至八月中，始剥而取之，用沸汤煎之，即成蜡矣(其法与煎黄蜡同)。

其利甚博，与育蚕之利相上下。白蜡之价，常比黄蜡高数倍也”。《本草纲目》卷39“虫白蜡”条：“唐宋以前，浇烛、人药所用白蜡，皆蜜蜡也。此虫白蜡，则自元以来，人始知之，今则为日用物矣”。“自元以来”显然有误，但虫白蜡广泛使用则是史实。油脂良好的助燃特性，多与草木、干粪等混燃，用于军事信号传递、火攻、防御等。如《墨子》，“守城之法”：“樵薪有积，菅茅有积，藿苇有积，木有积，炭有积，沙有积，松柏有积，蓬艾有积，麻脂有积”；《魏书·满宠传》载：“(满宠)募壮士数十人，折松为炬，灌以麻油，从上风放火”；《新唐书·马浑传》：“城前与防城使侯仲庄揣云梁所道，掘大隧，积马矢及薪然之”；《皇宋通鉴长编纪事本末·王均之变》：“咸平三年九月戊寅，官军焚其敌楼，贼气始夺，乃筑月城自固。高继勋白转运使马亮，愿得秸秆、油轨，乃合众执长戟、巨斧，秉炬以进，悉焚之”。对于古代烽火用燃料、信号传递方法，《太白阴经·烽燧台篇》有详细记载：“明烽燧于高山，四望险绝处置。麻组、火钻、火箭、蒿艾、狼粪、牛粪。每夜，平安举一火，闻警举二火，见烟尘举三火，见贼烧柴笼”，反映出不同燃料在军事领域的合理利用。

(三) 农业产出的巨量燃料资源保障了社会发展对燃料资源量的需求

对古代农业产出的生物质燃料资源量与社会发展的燃料消耗量进行量化测算分析，不仅能够清晰了解农业种植业、养殖业的燃料资源产出状况，也能加深其对社会发展作用的认识。限于篇幅，以下以宋代为例，对农业产出的燃料资源量与社会消耗总量进行测算对比。

(1) 农作物种植产生的燃料量

作物秸秆的产量，与粮食产量间存在一定的比例关系，称为草谷比，其公式为：

草谷比=亩均农作物秸秆的发生量÷亩均作物产量

表 1 主要农作物的草谷比

作物种类	草谷比	变化范围
小麦	1.30	±0.24
豆类	1.6	/
谷子	1.4	±0.44
水稻	0.95	/
棉花	5.0	±2.46
油菜	2.7	±0.57

说明：内容摘自毕于运：《秸秆资源评价与利用研究》，博士学位论文，中国农业科学院农业资源与农业区划研究所，2010年，第88页。

因而，一定耕地面积农作物所产秸秆量与草谷比成正相关关系，其公式为：

秸秆的资源量=（各作物产量×作物草谷比）

也就是说，一个地区或国家作物秸秆每年可用作燃料的资源量，在一定时期农业生产力水平相对稳定的情况下，主要取决于耕地面积的大小与种植农作物的种类。

表 2 各种生物质燃料折合标准煤参考系数(单位：千克标准煤/千克)

能源种类	折标系数
稻秆	0.429
麦秆	0.5
杂草	0.471
树叶	0.5
大豆、棉花秆	0.543
薪柴	0.571
牛粪	0.471
羊、驴、马、骡类粪便	0.529

说明：内容摘自国家统计局工业交通统计司、国家发展改革委员会能源司编：《中国能源统计年鉴—2004》，中国统计出版社，2005年，第301页。

至宋代，除了玉米、花生等少数后世引种的作物外，种植的农作物几乎涵盖现代农业种植的全部作物。由于精耕细作技术与复种指数的提高，宋代的秸秆产量也随粮食产量的提高而增加。如赵蕃《归途马上二首》诗曰：“禾场皆桌秸，茅屋半蒿菜”。《郊居晚行呈章令四首》诗云：“早禾打谷归高廩，桌秸堆场尚若云”。此外，宋代较高草谷比的棉花、大豆等得到推广种植。如棉花种植，宋人方勺《泊宅编》载：“闽广多种木绵，树高七八尺，叶如柞，结实如大菱而色青，秋深即开，露白绵茸然”。高秆作物广泛种植，不仅增加了秸秆产出，也提高了农作物的平均草谷比。因此，以主要粮食小麦、水稻草谷比的最小平均值1为基准，对古代的秸秆产量进行测算，是较实际情况更严格的。折合标准煤系数同样取小麦与水稻的平均值0.465(即1吨秸秆合0.465吨标准煤)。对于宋代的秸秆产量，考虑到粮食亩产量地域区间差别较大，取平均产量3石/亩，合今278斤/亩；按照7.2亿亩垦田面积进行测算，每年的秸秆产量折合标准煤为0.468亿吨，足见燃料资源产出量之巨。

古代的油料作物的普遍栽植，产生了丰富的可供制取油脂的资源赋存。宋代芝麻广泛种植，白玉蟾《常山道中》诗曰：“既雨山色晴转佳，望洋雪色脂麻花”。白色的芝麻花一眼望去如海洋一般，足见种植面积之大。宋代大豆的种植，《宋史·食货志》载：“诏江南、两浙、荆湖、岭南、福建诸州长吏，劝民益种诸谷，民乏粟、麦、黍、豆种者，于淮北州郡给之”。反映出种植范围之广。麻也得到大面积种植，如《淳熙三山志·麻》记载：“麻，诸邑有之，绩其皮为布。连江以北皆温之于溪旁”。油菜同样普遍种植，刘禹锡《再游玄都观》诗载：“百亩庭中半是苔，桃花净尽菜花开。”杨万里《宿新市徐公店》诗曰：“儿童急走追黄蝶，飞入菜花无处寻。”紫苏、蓖麻等都有大面积推广种植。如宋代罗愿《尔雅翼》也载：“江东以荏子为油。北土以大麻为油。”油料作物的广泛种植，为油脂的制取与利用赋存了丰富的资源。

(2)非作物类草木栽植产生的燃料赋存

人工林木的种植，为历代朝廷和百姓的普遍重视，形成包括经济林、护堤林、边防林、同林、行道林、坟茔林木和薪柴林在内的庞大的人工林系统。对于宋代的人工林类型、种植、规模等的研究已有较多成果，此不赘述。需要指出的是，庞大规模的人工林木除了加固堤防、美化环境等作用外，也产生了大量的薪柴。如柯芝《耳耳》载：“园桑推为薪，桃李亦半残”；《宋史·富弼传》也载：“河朔大水，民流就食。山林陂泽之利可资以生者，听流民擅取”。此外，竹子、芦苇等草本植物的种植也有很大的赋存量。竹子的种植，仅宋人梁克家《三山志·竹》就记载有慈竹、斑竹、鹤膝竹、箭竹、苦竹等十余种竹子及其生长特性。《皇宋通鉴长编纪事本末·圣德》记载，咸平四年以前，每年“婺州竹同虚收孳生竹四十亿六千一百五十一万”。可见竹子产出量是非常大的。芦苇的种植也很普遍，如《宋史·赵范传》：“有淮则有江，无淮则长江以北，港汊芦苇之处，敌人皆可潜师以济，江面数千里，何从而防哉”；宋白玉蟾《渔舟次二首》诗：“柿叶翻黄枫叶红，一江涨起芦花风。”南宋初年浙西、江东、淮东等地的芦场就有二百八十余万亩。此外，蒿等也有大量产出。《文献通考·田赋》：“至道末岁收蒿二百六十八万余围。天禧末所收蒿减一百万余围”。非作物类草木种植产出的燃料资源量虽难量化，但从上述记载不难看出其产量之大。

(3) 养殖业产生的生物质燃料资源赋存

动物干粪、动物油脂、动物蜡等产出状况与养殖业密切相关。由于耕战需要，历代均重视畜牧业的发展，官私牲畜饲养数量巨大。宋代监牧饲养的马匹曾一度达到20多万。宋太宗雍熙元年七月，“遣枢密都承旨杨首一等诣并、代等州，部所徙山后诸州降民至河南府、许汝等州，徙者凡八千二百三十六户，及牛羊驼马四十余万头”。康定元年(1040)十二月，朝廷“诏开封府、京东西、河东路括驴5万，以备西讨”。反映出当时养殖业之繁盛。马、牛、驴、骡等都是大食量的草食动物，每天能够产生几斤至几十斤不等的粪肥。动物粪便的实际赋存状况，相关史料也可窥知一二。如宋江休复《醴泉笔录》记：“夏守恩太尉作殿帅，旧例，诸营马粪钱，分纳诸帅”。《归田录》也载：“群牧司领内外坊监使副判官，比他司俸人最优，又岁收粪整钱颇多，以充公用。故京师谓之语曰：‘三班吃香，群牧吃粪’也。”罗大经《鹤林玉露》记载：“(杨)存中乾没军中粪钱十余万”。反映出宋代可供利用的动物粪便赋存量是非常之大的，大规模的畜禽养殖，可获取的动物油脂赋存量自然非常丰富。

动物蜡的赋存量也是非常大的。蜂蜡在古代是土贡之物，从贡赋相关记载中，不难看出其产地之广、产量之大。据《新唐书·地理志》不完全统计，唐代产蜡的州有50个，产蜡的州郡达到全部州郡的14%强，可见蜂蜡产地之广泛。宋朝征收到的蜡贡，至道末的岁赋有“逾十万数”，“黄蜡三十余万斤”。《容斋三笔·国家府库》也载，至道三年收“黄蜡三十万斤。自后多寡不常，然大略具此”。虫白蜡在“四川、湖广、滇南、闽岭、吴越、东南诸郡皆有之，以川、滇、衡、永产者为盛”，可见分布之广。这些仅是史料记载的数量，记载之外的产出量应远大于记载之量。

(四) 农业产出的燃料量与社会消耗量比较

对社会燃料消耗总量的测算，通过人均燃料消耗量与总人口数进行计算是较简单且合理可行的。在整个封建社会，生产生活方式未有根本性变革，也就是说人均燃料消耗也相对稳定。关于我国古代人均能源消耗，龚胜生在《唐长安城薪炭供销的初步研究》一文中提出了平均每人年耗柴0.5吨的观点，并指出这个数字为从低估算值。在《元明清时期北京城燃料供销系统研究》一文中，龚先生仍然采用这个数字。0.5吨薪柴折合标准煤为0.286吨。据调查，解放前的苏、湖、嘉、杭地区的农民平均每户有4.515人，每天平均烧稻草15斤，一年烧5400斤，合人均年烧稻草1217斤，折合标准煤0.26吨。这两个数字比较接近，但0.26吨标准煤仅是农民的人均生活用能量，而非人均综合能源消耗量。考虑到我国古代社会生产、生活的基本状况与上世纪七八十年代农村实际状况相似，取1980年我国农村人均能耗(即人均综合能源消费量)0.329吨标准煤(中国人均能耗从1978年到2007年由0.5吨标准煤上升到2吨标准煤)，应该接近并稍高于古代人均能耗的实际情况。因此，采用这一标准估算古代燃料年总消耗量，应是较为科学且严格的。

据此标准，根据学界较多认为宋代人口高峰1亿左右的人口总数，宋代年最大燃料消耗量为0.329亿吨标准煤左右，小于每年0.468亿吨标准煤的秸秆产量。按照这一标准，0.468亿吨标准煤的秸秆产量可满足约1.422亿人的燃料需求，远大于人口高峰期1亿左右的总量。作物种植产出的燃料，加上非作物类草木种植与养殖业产出的燃料量，宋代农业每年产出的燃料资源称为巨量是不为过的。巨量的燃料资源产出，及其在社会发展中的充分合理利用，不仅为社会发展提供了充裕的燃料赋存，较好满足社会发展的燃料需求，也反映出古代燃料利用对农业发展密切的依附关系。

需要指出的是，在古代生物质燃料总构成中，随着天然草木资源不断采伐逐渐减少，农业产生燃料量的占比则不断增加，生物质燃料利用对农业的依存度也不断提高，农业在社会发展中的燃料供给作用也不断增强。这是古代生物质燃料利用的基本趋势。

二、生物质燃料在古代农业发展中得到充分利用

农业生产产出的大量燃料，通过直接或间接途径应用于农业生产，在种植业、养殖业诸多环节得到充分利用，成为不可或缺的生产资料；燃料贸易则为古代农业持续发展提供了间接保障。

(一) 生物质燃料在农业诸多生产环节的合理充分作用

(1) 种植业中的生物质燃料利用

首先，垦荒耕种。火、燃料的使用与农业发展有着密不可分的关系，在田地垦荒耕种整治等农业较多生产环节中都发挥着独特、不可替代的重要作用。通过火烧清除地表植被，达到开荒、增加地力的双重目的，不仅在早期开荒、耕种的刀耕火种、火耕水耨中得到利用，也成为古代农业垦荒的重要方式。《齐民要术》中对此有很好总结，《耕田第一》载：“凡开荒山泽田，皆七月芟艾之，草干即放火，至春而开，根朽省功。根枯茎朽，以火烧之。人地尽矣”。这种垦荒方式不仅古代农业生产中有普遍利用，甚至在近现代的偏远地区的耕作中也不难觅其踪影。此外，火烧治田也是古代常用之法。《齐民要术》记载了多种作物种植前后火烧治田的方法。《水稻第十一》载：“北土高原，本无陂泽。二月，冰解地干，烧而耕之，仍即下水”；“欲稼菜地，先剃其草，草干，烧之，至此月，大雨流潦，畜于其中，则草不复生，地美可稼也”；《种苜蓿第二十九》载：“每至正月，烧去枯叶”。火烧治田不仅能增加地力，也可起到除草、增产等作用。

生物质燃料灰烬作为肥料还田，是燃料间接利用于农业生产最为重要的方式。生物质燃料灰，几乎包含了植物生长需要的所有微量元素，而且来源广泛、成本低廉、养分齐全、肥效明显，是粪肥等之外的古代农业能够获取的最为重要的肥料之一，在种植业广泛使用。如宋周南《千金村》诗载：“种豆燃萁地力劳，更将菜甲压稀膏”；《齐民要术·蔓菁第十八》也载：“若无故墟粪者，以灰为粪，令厚一寸；灰多则燥不生也”。在上个世纪六七十年代我国广大农村依然保留着收储草木灰肥料的传统。即使今天草木灰依然被作为有机农业的重要肥料。农业生产产出的巨量燃料，燃烧后产生的燃料灰作为肥料还田，以增加地力提高产量，进而产出更多的燃料资源，这种良性的生态循环发展，成为古代农业持续发展和生物质燃料巨量产出的重要保障。

其次，粮食的储藏、加工等。粮食的收储、窖藏、加工等环节与燃料利用也有着密不可分的关系。做粮仓需要烧制，《鸡肋编》载：“陕西地既高寒，又土纹皆竖，官仓积谷，皆不以物藉。虽小麦最为难久，至二十年无一粒蛀者。民家只就田中作窖，开地如井口，深三四尺，下量蓄谷多寡，四围展之。土若金色，更无砂石，以火烧过，绞草短钉于四壁，盛谷多至数千石，愈久亦佳”。粮食的储藏等环节燃料同样起雕切麦：倒刈，薄布，顺风放火；火既着，即以扫帚扑灭，仍打之。如此者，经夏虫不生”；《蔓菁第十八》载：“蒸干芜菁根法：系甑带，以干牛粪燃火，竟夜蒸之”。农副产品加工燃料同样不可或缺。如宋代福州炒茶，“官焙有紧慢火候，慢火养数十日，故官茶色多紫。民间无力养火，故茶虽好而色亦青黑”。甚至用来检验种子的好坏，《齐民要术·种韭第二十二》：“若市上买韭子，宜试之：以铜铛盛水，于火上微煮韭子，须臾芽生者好；芽不生者，是囊郁矣”，反映出燃料在诸多环节中的广泛利用。

第三，病虫害防治。农业病虫害的防治，燃料同样起着独特作用。《齐民要术》多有记载，如《种瓜第十四》：“治瓜笼法：旦起，露未解，以杖举瓜蔓，散灰于根下。后一两日，复以土培其根，则迥无虫矣”；《种枣第三十三》：“凡五果及桑，正月一日鸡鸣时，把火遍照其下，则无虫灾”；《种梅杏第三十六》载：“作乌梅欲令不蠹法：浓烧糠，以汤沃之，取汁，以梅投中，使泽”。此外，燃料利用对果树霜冻的防治也有独特作用，《栽树第三十二》：“凡五果，花盛时遭霜，则无子。常预于园中，往往贮恶草、生粪。天雨新晴，北风寒切，是夜必霜，此时放火作煨，少得烟气，则免于霜矣”。油脂也是治虫必需的生产资料，如宋代《识小录·护兰说》：“兰最忌生虱(叶上细点是也)，用菜油一碗于水中搅令极匀，煎数十沸，更于烈日中晒，以洒叶上，虱尽落如神”。然而，生物质燃料利用对作物种植也并非百益无害。如《汜胜之书》：“自然者，烧黍稷则害瓠”；《淮南万毕术》：“烧穰杀瓠，物自然也”。反映出古人对燃料的充分合理利用。

第四，林木种植。树木的育苗、栽植、嫁接、移栽等与燃料也密不可分。如《齐民要术》的《插梨第三十七》：“种者，梨熟时，全埋之。至冬叶落，附地刈杀之，以炭火烧头。二年即结子”；“凡远道取梨枝者，下根即烧三四寸，亦可行数百里犹生”。《种榆、白杨第四十六》：“(榆)种者，宜于园地北畔，秋耕令熟，至春榆荚落时，收取，漫散，明年正月初，附地芟杀，以草覆上，放火烧之。不烧则长迟也”。《种柳第五十》：“种柳：正月、二月中，取弱柳枝，大如臂，长一尺半，烧下头二三寸，埋之令没，常足水以浇之”；《种谷楮第四十八》：“楮宜涧谷间种之。每岁正月，常放火烧之。自有干叶在地，足得火燃。不烧则不滋茂也”；《安石榴第四十一》：“栽石榴法：三月初，取枝大如手大指者，斩令长一尺半，八九枝共为一窠，烧下头二寸。不烧则漏汁矣”；《种李第三十五》：“嫁李法：以煮寒食醴酪火括著树枝间，亦良。树多者，故多束枝，以取火焉”；《陈鹑农书·收蚕种之法篇第二》记载用糠秕火作温室以培育桑苗，“次治明密之室，不可漏风，以糠火温之，如春三月。然后置种其中，以无灰白纸藉之，斯出齐矣”。此外，木材防腐处理火同样不可或缺，《齐民要术·伐木第五十五》：“凡伐木

, 凡非时之木, 水沤一月, 或火焰取干, 虫皆不生”, 反映出古人高超精湛的农林生产技艺。

(2) 养殖业中的生物质燃料利用

养殖业中的畜禽保暖、疫病防治, 燃料也起着重要作用。幼畜保暖, 《齐民要术·养羊第五十七》:“(羊)寒月生者, 须燃火于其边。夜不燃火, 必致冻死”。促蚕快速生长, 宋庄绰《鸡肋篇》:“南人养蚕室中, 以炽火逼之, 欲其早老而省食, 此其丝细弱, 不逮于北方也”。畜禽疫病的防治, “治马黑汗方: 取燥马屎置瓦上, 以人头乱发覆之, 火烧马屎及发, 令烟出, 着马鼻上熏之, 使烟入马鼻中, 须臾即差也”; “治马疥方: 烧柏脂涂之, 良”。治羊疥方: “烧葵根为灰。煮醋淀, 热涂之, 以灰厚傅”。燃料不当利用则对养殖业产生危害作用, 如《齐民要术·养鸡第五十九》:“燃柳柴, 杀鸡雏: 小者死, 大者盲。此亦烧穰杀瓠之流, 其理难悉”。这些都是古人实践经验的总结, 即使今天仍不乏实用价值。

(二) 燃料贸易对农业发展的重要保障

能源利用和社会发展史表明, 社会发展对燃料需求的不断增加, 促进燃料产销成为重要的社会经济门类, 且对社会发展的作用不断增强。对于古代农业发展, 燃料贸易是百姓的重要副业和资金来源, 也是有效的灾害赈济手段, 为农业发展提供了重要保障。

燃料商品化使得农业产出的燃料资源成为可供售卖的重要商品。先秦时期燃料贸易已经出现, 初时主要目的即为“农夫”售卖燃料获取生产生活资料。如《管子·轻重甲》:“今北泽烧, 莫之续, 则是农夫得居装而卖其薪莩, 一束十倍”。随着社会对不同燃料需求的增多, 农业产出的燃料品类基本都成为可供交易商品。油脂不晚于秦汉成为商品, 《汉书·食货志》载:“翁伯以贩脂而倾县邑”。魏晋已有关于种植林木采伐售卖的记载。如《齐民要术·种柳第五十》记载,“(杨柳)三岁成椽。三十亩六万四千八百根。百树得柴一载, 合柴六百四十八载。载直钱一百文, 柴合收钱六万四千八百文”。从《齐民要术》中关于榆、杨、柳、柞等多种树木种植与不同薪柴价格的记载, 不难看出当时种植树木获取木材和燃料进行售卖的行为已非常普遍。蜡烛作为商品的记载见于隋代, 《隋书·五行志》载:“(齐后主)妃后穷困, 至以卖烛为业。”唐宋时期, 农业产出的各类燃料基本都有作为商品售卖的记载。如《广异记》卷41《閩州莫徭》载:“閩州莫徭以樵采为事, 常于江边刈芦”;《梦粱录·诸色杂货》载:“其巷陌街市, 常有使漆修旧人, 挑担卖油、竹柴、等物”;《夷坚志》记载新安人吴十郎, “以织草履自给, 渐至卖油。才数岁, 资业顿起, 殆且巨万”。灯芯、火寸等燃料制品也成为商品, 如《南楚新闻·芋羹》载:“座客有戏之曰:‘卖灯心者’”;《清异录·火寸》也载:“引火奴, 如今虽有货者, 易名‘火寸’”。动物粪便也是可供售卖的商品, 如《鸡肋·到彦之初担粪》记载:“南史到彦之, 初以担粪自给, 后以功至南豫州刺史”;《续世说·言语》载:“少府监裴匪舒善营利, 奏卖苑中马粪, 岁得钱二十万缗”。甚至“粪灰”也成为商品, 如《梦粱录·铰钉》载南宋临安有专业的“打炭塹”“劈柴”“黄牛粪灰”售卖等, “每一事率数十人, 各专藉以为衣食之地, 皆他处之所无也”, 足见燃料商品的多样。

遍布城镇乡村的市场的形成, 便利了百姓的燃料售卖。不晚于宋代, 城镇中已形成较多专门的燃料市场。如北宋东京黄河沿岸设置有“河南第一至第十石炭场, 河北第一至第十石炭场, 京西软炭场”。南宋临安的“柴场”等。城镇还出现了因燃料市场或管理结构而命名的地名。如东京朱雀门向东有“麦秸巷”“草场街”; 显宁寺南有“炭场巷”, 地涌佛寺北有“草场巷”, 十方静因院附近有“油醋巷”南宋临江城与燃料有关的地名也有多处, 如“麻秸巷”、“炭桥”、“柴垛桥”、“油醋局桥”、“草料场”及“油车巷”等。钱塘江一带有“柴垛桥”。甚至还出现了专门的燃料集散城镇。如宋代泰州商税务之一柴墟镇, 仅熙宁十年柴墟务的商税收入就达“一千五百九十九贯四百七十七文”, 反映出燃料贸易的繁荣及规模之大。城镇之外, 村有村市, 近山有山市, 海有海市, 临江河还有河市、江市等, 这些都是燃料售卖市场, 如《感春三首》载:“近郭樵渔成野市, 远村箫鼓隔溪桥”; 张耒《壬午正月望夜赴临汝宿襄城古驿县有古寺家人辈夜往焚香襄城古邑也》诗曰:“齐安江上渔樵市, 渔夫樵妇来相仍”; 《书寺中所见四首》诗载:“江市樵苏早散, 山家灯火常昏”; 李嘉祐《登楚州城望驿路十余里山村竹林相次交映》诗曰:“草市多樵客, 渔家足水禽”。遍布城镇乡村的燃料市场, 为百姓的燃料售卖提供了市场基础。

燃料贸易为耕牧渔渔民提供了获取生产生活资料所需资金的重要途径。如刘某《句》诗曰:“轮税地全无菽麦, 人城人半是渔樵”; 王禹偁《樱桃》记载:“升筵参李柰, 入市附樵薪”; 杜甫《负薪行》诗载:“十犹八九负薪归, 卖薪得钱应供给”; 《宋会要·食货》载:“京城浩穰, 乡庄人户般载到柴草人城货卖”; 陆游《扁舟皆到门》记载:“樵苏晨入市, 盐酪夕还舍”; 方回《灵隐寺行呈伏虎岩》也载:“山客贸薪充日粮”; 张耒《感春六首》载:“负薪入市得百钱, 归守妻儿烹斗粟”; 宋《杨文公谈苑·武行德》载, 太原榆次人武行德“负薪自给, 里人号为一谷柴”; 《宋史·朱泰传》记载, 朱泰“家贫, 鬻薪养母, 常适数十里外易甘旨以奉母”; 《夷坚志》载:“黄州市民渠生, 货油为业, 人呼曰渠油”; 反映出售卖燃料成为耕牧渔民重要的副业和获取生产生活所需资金的重要途径。以致妇孺老幼都加入燃料售卖队伍, 如穆修《秋浦会遇》记载:“旆妇收菘米, 村娃货竹薪”; 梅尧臣《送洪秘丞知

大宁监》诗载：“妇人樵人市，官井货专盐”；陆游《野人舍小饮》诗曰：“沙上人争渡，街头妇卖薪”。甚至“士”阶层也卖薪自给，如苏轼《和陶拟古九首》诗载：“负薪人城市，笑我儒衣冠”。百姓不仅走村串巷售卖燃料，甚至售卖至深夜。如许月卿《归涂》诗载：“衔芦雁起潇湘暮，卖炭人行烟火村”；包何《江上田家》诗曰：“市井谁相识，渔樵夜始归”，反映出燃料售卖的普遍，以及在耕牧樵渔民生活中不可或缺的重要性。

燃料贸易也是普通百姓“易钱”纳赋税、充徭役的重要方式。如宋代的“州县之役，若身充、若雇佣，率三分其费而二分出于薪粒”。为缴纳赋税甚至砍伐桑枣等经济林木售卖。庆历三年，范仲淹曾在奏折中说：“贫弱之民困于赋敛，岁伐桑枣，鬻而为薪”；苏辙《闭居五咏其四买宅》诗载：“田家伐榆枣，赋役输缗钱”；《大宋宣和遗事》也载，熙宁七年官府“督取(青苗钱)甚急，往往鞭挞人民取足，至有伐叶为薪以易钱货”。荒灾之年砍伐桑枣售卖就更成为不得已的方法，如李若水《伐桑叹》诗曰：“村家爱桑如爱儿，问尔伐此将何为。几年年荒欠官债，卖薪输赋免鞭笞”；《皇宋通鉴长编纪事本末·常平仓》载：“凶年则屠牛卖肉，伐桑卖薪，以输钱于官”；《续资治通鉴长编》载：“募法之行且六年，初年民始大骇，既而伐桑枣，卖田宅，鬻牛畜。比年稍荒歉处，民流散多矣”。尽管如此，百姓生活却是“桑林伐尽枣林空，卖得柴钱饭不充”。足见燃料售卖成为灾荒之中普通百姓维持生存的重要途径，反映出其在农业发展中的重要作用。

燃料贸易还是荒灾之年国家赈济百姓且官民互利的重要措施。如《宋史·李绎传》记载：“岁旱，绎为酒务，市民薪草溢常数，饿者皆以樵采自给，得不死，官人亦数倍”。这种官府购买燃料的赈济方式，使得贫民“樵采自给”“得不死”，维护了社会稳定，且官府“人亦数倍”，增加了生产所需的燃料供给与储备，反映出燃料贸易的独特作用。这种方式在古代灾害中多被采用。如《新唐书·刘斐传》载：“今京师屯兵多，樵贵帛贱，若伐街苑树为薪，以易布帛，岁数十万可致。”《宋史·李夔传》载，李夔“摄绵州”时，“岁侵，出义仓谷贱糶之，而以钱贷下户，又听民以茅秸易米，作粥及褚衣，亲衣食之，活十万人”；宋王辟之《渑水燕谈录·才识》载：“明道末，天下蝗旱。

(知通州吴遵路)使民采薪刍，官为收买，以其直余官米。至冬，大雪寒，即以元价易薪刍与民，官不伤财，民且蒙利”。《宋史·杨告传》也记载：“(杨告)除京西转运副使。属部岁饥，所至发公廩，又募富室出粟赈之。民伐桑易粟，不能售，告命高其估以给酒，官民获济者甚众”。耕牧樵渔民是古代农业与社会发展的基础，通过赈济使灾害中的百姓得以活命，不仅保障了农业发展，也维持了以农为本的社会的稳定，反映出燃料贸易在农业与社会发展中独特且重要的作用。

综上所述，我国古代种植业、养殖业的发展，产出了秸秆、糠秕、薪柴、干粪、兽骨、油脂、蜡等丰富多样的燃料品类，以及巨量可供利用的燃料资源。古人根据燃料的不同特性，将各类燃料合理利用于社会生产、日常生活、军事等不同领域，较好满足了社会发展对多样燃料品类的需求。农业产出的燃料资源量，通过作物草谷比进行合理估算，宋代仅秸秆产出量就能够满足人口高峰1亿左右人口的燃料消耗，加上非作物种植、动物养殖产出的数量庞大的燃料资源，为社会发展提供了较为充裕可供利用的燃料赋存，较好满足了社会发展的燃料需求。需要指出的是，随着古代农业精耕细作水平的提高与作物产量的增加，相关生物质燃料资源量也随之增加。但是，受限于古代有限的交通运输水平，特别是部分区域燃料产出量与消耗量的不平衡增长，导致供需矛盾在人口密集的都城与高耗能手工业产区逐渐显现，北宋东京甚至出现因寒冻致人畜死亡的恶性事件，但区域供需矛盾并不影响燃料供给总体充裕的基本状况。

农业生产产出的巨量资源，部分直接应用于种植业的垦荒耕种、农产品储藏加工、草木栽植与病虫害防治，以及养殖业的幼畜保暖、畜禽疫病防治等诸多环节，成为农业生产不可或缺的生产资料；剩余燃料资源则被作为燃料燃烧后以燃料灰的形式，或者作为饲料饲养畜禽以粪肥的形式回归农业生产，以增加地力、提高产出。这种农业生产产出燃料资源，资源直接或间接利用于农业生产，进而促进农产品与燃料资源产出提高的发展模式，实现了资源产出、利用与生产发展的良性循环，也最大限度减少了获取燃料对自然资源的采伐，较好保护了生态环境。此外，古代燃料贸易的繁荣发展，使售卖秸秆、草木、干粪等燃料商品成为耕牧樵渔民的重要副业，以及获取生产生活资料、缴纳赋税所需资金的重要途径；朝廷与百姓在灾荒中的燃料买卖，不仅成为独特且有效的赈济措施，也较好实现了“官不伤财，民且蒙利”的赈济成效，使得灾民能够得到有效救济，维持了以农为本的社会的稳定，也保障了农业发展。长期的生产生活实践中，生物质燃料利用与农业发展形成的密不可分、互为促进的依存关系，以及科学合理的良性循环生态发展，为古代农业发展和社会进步提供了重要保障，也为后人留下了珍贵遗存，深入研究挖掘、认真承继创新，能够为当代农业绿色发展、能源循环利用提供了宝贵借鉴和有益启示。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/190381.html>