

“燃料荒”还是“燃料危机”:再论宋代燃料安全问题

——兼与赵九洲商榷

柴国生

(中原工学院 知识产权学院,河南 郑州 450007)

【摘要】宋代“传统燃料危机”说等燃料利用问题学界给予了较多关注,但也存在争议。在已有研究的基础上,围绕被作为宋代发生“传统燃料危机”的民伐桑枣为薪、煤炭推广利用、开封和个别手工业区燃料事件等四个方面的表征,对燃料安全问题相关方面进行深入分析可知,宋代农业产生的作物秸秆等燃料资源基本能够满足社会发展特别是百姓日用所需,加上仍然丰富的森林植被,薪炭等燃料资源总体充裕;“民伐桑枣为薪”且屡禁不止是百姓迫于赋役为“易钱”而非“自用”的不得已行为,并不普遍且影响有限;开封和个别手工业区出现的燃料安全事件是受限于燃料特性、运输能力等因素造成“供给难足”而引发的短时性的“燃料荒”,而非“资源枯竭”导致的“燃料危机”;煤炭作为古代唯一能够规模替代薪炭的优质燃料,得到推广利用是多种因素综合作用的历史必然,不宜将其原因简单归结为薪炭等燃料资源的枯竭。

【关键词】宋代;燃料;煤炭;能源;燃料危机

【中图分类号】S-09;K207 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1000-4459(2019)01-0106-14

Fuel Shortage Or Fuel Crisis: Further Discussion on Cruel Safety in Song Dynasty

——Furthermore Deliberate With Mr Zhao Jiuzhou

CHAI Guo-sheng

(Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007)

Abstract: Traditional fuel crisis in Song dynasty receives great attention among academic circles, but it is still in dispute. Based on previous research, grouping around four aspects of characterization of traditional fuel crisis in Song dynasty, lumbering mulberry and jujube tree as firewood, the promotion and utilization of coal, fuel events in Kaifeng and certain handcraft areas, this paper analyzes related aspects on cruel safety. Thus it may be known, fuel resources in Song dynasty such as crop straw ultimately met common people's daily necessities, and resource of forest and firewood was sufficient then. The reason for the failure in the prohibition of lumbering mulberry and jujube tree as firewood was that common people paid taxes and it was non-self use and it had only limited effect. The cruel safety events in Kaifeng and certain handcraft areas was the short-time fuel shortage because of insufficient fuel supply not fuel crisis caused by resource depletion. Coal was the only effective fuel which can replace firewood, and popularization and utilization of coal was historic trend. It can't be simply summed up as fuel resource exhaustion.

Key words: Song Dynasty; fuel; coal; energy; fuel crisis

【收稿日期】2019-02-21

【作者简介】柴国生(1980-),男,历史学博士,中原工学院知识产权学院副教授,主要从事能源史和能源技术创新、发展战略与知识产权保护等方面研究。

能源是社会发展的基础。宋代作为我国封建社会发展高峰,且因较多相关史料记载,煤炭推广、燃料安全等能源利用的相关问题得到了国内外学者的广泛关注和深入研究。其中,“传统燃料危机”说自20世纪50年代日本学者宫崎市定首次提出后,逐渐得到国内外部分学者的认同并产生了较大影响^①。然而,此说也存在一定的认识不足和争议。梳理相关史料,结合已有研究来看,四个方面通常被作为宋代“传统燃料危机”的重要表征,其中民伐桑枣等林木为薪且屡禁不止是原因表征之一,也被认为是薪炭等生物质燃料资源枯竭的重要表征;而开封、个别手工业区出现的燃料安全问题,以及煤炭推广利用是结果。按照这样的因果关系简单推导,加之今人基于当前能源利用状况先入为主的经验性判断,极易得出“传统燃料危机”的结论,这也正是宋代“传统燃料危机”被部分认同的重要原因。

对此,笔者与导师王星光先生2013年在《宋代传统燃料危机质疑》(下称“2013文”)一文对宋代燃料利用有关情况进行了重新评判,认为并未发生传统燃料资源枯竭导致的“燃料危机”,史载开封、个别手工业区的燃料安全事件是因供给不足导致的短时性的“燃料荒”^②。限于篇幅,当时未能对相关问题的原因做深入分析和交代。2018年赵九洲博士在《宋代传统燃料危机新论——与王星光、柴国生商榷》(下称“赵文”)中对笔者2013文中的一些观点进行了商榷,认为“宋代华北的燃料资源已然十分紧张”,“局部的燃料危机却已相当严重”,并提出了一些启发性的观点^③。但总体而言,赵文是对古代华北地区燃料利用的总论,关于宋代燃料相关问题的论述不够深入,文中涉及的较多问题仍有深入研讨的必要。鉴于此,本文围绕“传统燃料危机”四个方面的表征,对宋代燃料安全是因“供给难足”造成的“燃料荒”还是“资源枯竭”导致“燃料危机”等相关问题进行再讨论,以期对古代特别是宋代燃料利用相关情况及其作用认识的深化有所裨益。

一、宋代“民伐桑枣为薪”屡禁不止是否因燃料资源匮乏

宋代“民伐桑枣为薪”的记载很多,官方也屡禁不止,相关史料在已有研究和笔者2013文中已大量引述,此不赘述。然而,对这些史料稍加分析即可发现,已有研究忽略了一个关键的共性问题,即“民伐桑枣为薪”几乎全部为“易钱”而非自用。生存作为人类最基本的需求,如果宋代出现燃料资源匮乏甚至枯竭的严重问题,百姓砍伐桑枣恐怕要优先自用,而非“易钱”。相反,如果仅依此认为百姓不缺薪乏柴,也不足为证。那么,出现这种状况的原因究竟是什么?这不仅值得研究,其原因也是客观认识宋代燃料资源状况与燃料危机发生与否的关键。

(一)宋代生物质燃料资源赋存状况

当前,“民伐桑枣为薪”的原因多被认为是薪炭资源的匮乏或枯竭。基于此,首先来看一下宋代生物质燃料资源的赋存状况。古代薪炭等生物质燃料的获取主要有两个途径,一是农业种养殖的废弃

① 20世纪50年代,日本学者宫崎市定首次提出“燃料革命”和“燃料危机”说(《宋代的煤与铁》,载《宫崎市定论文选集》上卷,商务印书馆1963年版,第179页。该文原载《东方学》第十三辑,1957年3月)。60年代,美国学者罗伯特·哈特威尔再次认为宋代中国出现了燃料危机,发生“燃料革命”(杨品泉摘译:《北宋时期中国煤铁工业的革命》,《中国史研究动态》1981年第5期。原载《亚洲研究杂志》1962年2月号)。80年代至90年代,中国学者许惠民先生连续撰文对宋代的燃料危机与用煤情况进行了较深入研究(《北宋时期煤炭的开发利用》,《中国史研究》1987年第2期;《北宋时期开封的燃料问题——宋代能源问题研究之二》,《云南社会科学》1988年第6期;《南宋时期煤炭的开发利用——兼对两宋煤炭开采的总结》,《云南社会科学》1994年第6期)。王曾瑜在《中国古代的煤、石油和天然气》(《文史知识》2010年第1期)中也指出:石炭利用的扩展,是与森林资源的萎缩相平行的。

② 王星光、柴国生:《宋代传统燃料危机质疑》,《中国史研究》2013年第4期。

③ 赵九洲:《宋代传统燃料危机新论——与王星光、柴国生商榷》,《中国农史》2018年第6期。

物,即秸秆、糠秕、人工林木、动物粪便等。二是天然草木。就农业废弃物的资源赋存量,根据粮食产量、作物结构、耕地面积等,按照作物的草谷比(草谷比=亩均农作物秸秆的发生量÷亩均作物产量)可计算出一定耕地面积的作物秸秆产量,这是计算秸秆产量的科学且简便的方法。关于相关计算方法,笔者在《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》中有详细论述,此不赘述。^①以下仍采取此方法对宋代的农业秸秆类燃料资源状况进行测算。

宋代农业秸秆的整体情况,按照宋代 7.2 亿亩耕地^②和粮食平均产量 3 石/亩(合今 278 斤/亩)^③,年秸秆总产量折合标准煤为 0.468 亿吨。按照 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^④,可满足约 1.422 亿人的燃料需求,大于宋代人口高峰期 1 亿左右的人口总量^⑤。也就是说如果农作物秸秆全部收集作为燃料能够满足宋代社会发展所需的燃料量。作物秸秆之外,宋代以及古代还有人工林木、各种草柴、退材劳薪、动物粪便等较为丰富的燃料赋存可供利用^⑥。农业种养殖之外,宋代的天然森林覆盖率为 27%~33%^⑦,也有较大的赋存量。因而,相对社会发展需要,宋代综合可合理利用的生物质燃料资源总量是较为充裕的。

宋代开封府界、河北路等北方五路的秸秆等燃料资源赋存也较充裕。方田法的推行,清丈出北方五路的垦田数为 2.484 亿亩^⑧。宋官尺标准合今 31.4 厘米^⑨,宋亩合今亩系数约为 0.887,北方五路的垦田数合今 2.205 亿亩,亩均粮食产量约合今 178 斤^⑩,年产生秸秆量约 0.091 亿吨标准煤,能够满足 0.277 亿人生产生活使用。同一时期北方五路的册载户数为 4874980 户^⑪,按照通常户均 5 人计,共 0.244 亿人。北方五路秸秆产量能满足的人数是同时期册载总人数的 1.14 倍。

对于赵文中认为“燃料资源日渐紧张是毫无疑问的”的河北路基本状况,《元丰九域志》卷 2 载,河北路元丰年间有 1090782 户^⑫,按照户均 5 人,共 0.055 亿人;同时期册载垦田数为 0.27 亿亩^⑬。北宋

① 秸秆资源产出量 = Σ (作物亩均产量 × 草谷比)。具体计算方法参见柴国生:《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》,《中国农史》2018 年第 4 期。

② 漆侠:《宋代经济史》,中华书局,2009 年,第 59 页。

③ 王通明:《“北宋人口一亿说”新考》,《云南师范大学哲学社会科学学报》1992 年第 4 期。

④ 中华人民共和国国家计划委交通能源司:《中国节能》,中国电力出版社,1997 年,第 99 页。关于我国古代人均能源消耗,龚胜生先生在《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 4.5 口人,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。

⑤ 柴国生:《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》,《中国农史》2018 年第 4 期。

⑥ 柴国生:《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》,《中国农史》2018 年第 4 期。

⑦ 樊宝敏、董源:《中国历代森林覆盖率的探讨》,《北京林业大学学报》2001 年第 4 期。

⑧ [元]脱脱等:《宋史》卷 174《食货上二》,中华书局,1977 年,第 4201 页。

⑨ 丘光明等编:《科学技术史·度量衡卷》,科学出版社,2001 年,第 370 页。

⑩ 王通明:《“北宋人口一亿说”新考》,《云南师范大学哲学社会科学学报》1992 年第 4 期。

⑪ 据《元丰九域志》各卷所载数据。参见漆侠:《宋代经济史》,中华书局,2009 年,第 67 页。

⑫ 参见漆侠:《宋代经济史》,中华书局,2009 年,第 67 页。

⑬ [元]马端临:《文献通考》卷 4《田赋考四·历代田赋之制》,中华书局,1986 年。

存在大量隐田是学界共识。北方五路元丰年间册载的垦田数为 1.189 亿亩,方田法的推行共清丈出隐田 1.296 亿亩,北方五路的垦田隐匿比,即清丈出的实际垦田数与册载垦田数的比值为 2.09。以此比例,河北路的实际垦田数应为 0.563 亿亩,合今 0.5 亿亩,亩均粮食产量约今 178 斤^①,年产出秸秆量约为 0.021 亿吨标准煤,能够满足 0.063 亿人使用,这是同时期河北路人口的 1.15 倍,与北方五路情况基本一致。

包括河北路的北方五路的秸秆产量,仅是取主要粮食的草谷比为 1 的情况,如果考虑到宋代棉花等高秆作物推广种植,以及部分耕地作为人工林木种植每年的合理采伐,实际能够获取的燃料量应远大于测算总量。总体而言,包括河北路在内的宋代北方地区,农业生产所产生燃料资源量能够较好满足社会发展特别是百姓日常使用,这正是“民伐桑枣为薪”为“易钱”而非自用的根本原因。

(二)“民伐桑枣为薪”为何屡禁不止

宋代农业产生的秸秆等燃料资源能够满足百姓日常使用,“民伐桑枣为薪”为何仍屡禁不止?赵文提出了市场需求,但未能分析其原因,不免遗憾。笔者认为,市场需求仅是其一,屡禁不止的原因共有三个方面。

一是赋役所迫。薪炭作为宋代两税门类之一,有不同征收等次,“薪之品三,曰:木柴、蒿柴、草柴”^②。两税每年对各等次薪炭都有征收,如至道末年租税岁收“刍茭三千万围,蒿二百六十八万围,薪二十八万束,炭五十万秤”^③。“天禧末……木炭、薪、蒿三千余万斤束”^④。两税之外,百姓还要缴纳名目繁多的役钱,而卖薪柴是古代百姓售粮“易钱”充徭役之外不多的选择之一。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”^⑤。因而,对于华北等平原地区天然林木资源不够丰富的情况下,加之宋代“近市山山皆有主”^⑥的山林私有化状况,百姓砍伐桑枣售卖“易钱”缴纳赋役就成为不得已的行为,这也正是“民伐桑枣为薪”屡禁不止的重要原因之一。此外,宋代过重的赋役科配,不仅逼迫百姓伐桑枣卖做薪柴,甚至不得以“杀牛卖肉”、“拆屋卖薪”来缴纳赋役。如《宋史·李先传》载:“楚有民迫于输赋,杀牛鬻之。”^⑦《皇宋通鉴长编纪事本末·常平仓》也载:“凶年则屠牛卖肉,伐桑卖薪,以输钱于官。”^⑧反映出百姓砍伐桑枣为“易钱”而非自用的原因正是为赋役所迫。荒灾之年甚至出现百姓“伐桑易粟”而“不能售”的现象。如《宋史·杨告传》载:“属部岁饥,……民伐桑易粟,不能售,告命高其估以给酒,官民获济者甚众。”^⑨可见古代百姓生存之不易。

二是燃料特性。秸秆等农业废弃物因燃烧快、不持久等特点适用于日常生活的炊事、取暖等,但无法满足对热值要求更高、燃烧持久稳定的高耗能的冶金等手工业生产的使用。相对秸秆,桑枣等林木不仅热值高,市场上更易售卖且售价更高,也能够满足手工业生产需要。这在华北平原等天然林木资

① 王通明:《“北宋人口一亿说”新考》,《云南师范大学哲学社会科学学报》1992 年第 4 期。

② [元]马端临:《文献通考》卷 4《田赋考四》考五七,中华书局,1986 年。

③ [宋]李焘:《续资治通鉴长编》卷 42,太宗至道三年十二月戊午,中华书局,1985 年,第 902 页。

④ [宋]李焘:《续资治通鉴长编》卷 97,真宗天禧五年十二月戊子,中华书局,1985 年,第 2259 页。

⑤ [宋]张方平:《乐全集》卷 25《论免役钱札子》,《四库全书珍本初集》,(上海)商务印书馆,民国二十四年(1935),集部别集类,第 74 集,第 28 页。

⑥ [宋]朱继芳:《和颜长官百咏·负薪其七》,北京大学古文献研究所:《全宋诗》卷 3278,北京大学出版社,1998 年,第 39058 页。

⑦ [元]脱脱等:《宋史》卷 333《李先传》,中华书局,1977 年,第 10698 页。

⑧ [宋]杨仲良:《皇宋通鉴长编纪事本末》卷 110,《续修四库全书》,上海古籍出版社,2002 年,史部,第 387 册,第 258 页。

⑨ [元]脱脱等:《宋史》卷 304《杨告传》,中华书局,1977 年,第 10073 页。

源不够充裕的地区,百姓为“易钱”砍伐桑枣等人工林就成为重要选择,也因其相对集中且为百姓的私产而更易被砍伐。另一方面,蚕桑丝织业作为封建社会的重要经济门类和税源,历代在屡颁禁伐令但仍有不断砍伐的状况,自然得到朝廷和官员的重视,这正是“民伐桑枣为薪”较多被记载的原因之一。

三是市场需求。宋代商品经济的高度发展,需要大量优于秸秆的薪炭等燃料资源,来保障社会发展特别是手工业生产所需。宋代手工业所需燃料多通过赋税科配或“官给钱市薪”等获得。如太平兴国初“(臧丙)通判大宁监,官课民煮井为盐,丙职兼总其事。先是,官给钱市薪,吏多侵牟,至岁课不充,……丙至,召井户面付以钱,既而市薪积山,岁盐致有羨数”^①。还有如宋“饶州官市薪炭不能给”^②。“嘉、邛以率买铁炭为扰”^③。“官给钱市薪”,就成为市场需求的重要驱动。此外,城镇商品经济的繁荣发展,对燃料售卖是另一方面的促进。如北宋“京城浩穰,乡庄人户般载到柴草入城货卖,不少多被在京官、私牙人出城接买”^④。繁荣发展的商品经济,百姓“易钱”的需要,促进了宋代燃料经济的繁荣发展,这是“民伐桑枣为薪”屡禁不止的又一原因。而赋役所迫、“易钱”需要则是历代砍伐桑枣难禁的重要原因之一。

(三)“民伐桑枣为薪”屡禁不止影响几何

“民伐桑枣为薪”屡禁不止,且有较多的史料记载,造成的影响如何?对此已有研究关注不多。蚕桑是丝织业发展的根本,宋代“民伐桑枣为薪”若如史料记载般严重,应对丝织业的发展产生一定影响。因而,从丝织业的发展状况能够较好反映出“民伐桑枣为薪”的实际影响。我们不妨以被认为“难得薪柴”、“燃料危机”最为严重且不乏史料记载的河北路为例,对相关情况进行分析。

河北路的丝织业发展状况,赵文指出:“北宋时期,华北丝织业极为发达,以河北路为例,河北东路比河北西路更为兴盛。史料载有各地缴纳赋税中丝织品品种和数额,将河北东、西两路合计,则有绫7315匹,在诸路中位列第一;……可见,北宋时期华北地区的丝织业又有发展,与南方地区相比并不逊色。”(第104页)从发展状况来看,“民伐桑枣为薪”应未对丝织业发展产生多大的影响。这种状况与从“民伐桑枣为薪”相关史料表象理解所反映的应有状况是不相符的。

然而,对宋代“民伐桑枣为薪”的实际影响,从章惇和司马光关于役法兴废的奏折争论来看,史料记载中不免有出于政治等目的夸大影响的虚妄之词^⑤。元祐元年(1086)二月,司马光连上两道奏折要求朝廷废除免役法,恢复差役法。先言免役法问题太多,“民情不便”,上户“今年年出钱无有休息,或所出钱多于往日充役陪备之费”;而在后一道奏折中又言:“免役钱虽于下户困苦而上户优便,行之已近二十年,人情习熟,一旦变更,不能不怀异同。”司马光还试图利用社会舆论,谎称“臣民封事言民间疾苦,所降出者约数十章,无有不言免役之害,足知其为天下之公患无疑”。然而,章惇在奏折中指出其“旬日之间,两入札子,而所言上户利害正相反”^⑥,并曰:“看详臣民封事降出者,言免役不便者固多,然其间言免役之法为便者,亦自不少。但司马光以其所言异己,不为签出,盖非人人皆言免役为害,事理分明”。对于司马光奏折中所述“下户出免役钱,驱迫贫民,剥肤椎髓,弱者转死沟壑,强者聚为盗贼,及言民间求钱纳官,至于拆屋、伐桑以卖薪,杀牛以卖肉”的情状,章惇直言“其言太过”,“下人户诚是不愿纳,然自行法以来十五余年,未闻民间因纳免役钱有如此事。访闻中间西事军兴,科率及科买军器、物料、牛皮、筋角,极为骚扰。民间往往杀牛取皮、筋角纳官,并田产、牛具,伐桑、柘,毁屋以应副军期,

① [元]脱脱等:《宋史》卷276《臧丙传》,中华书局,1977年,第9398页。

② [宋]江少虞:《宋朝事实类苑》卷21《诸监炉铸钱》,上海古籍出版社,1981年,第246页。

③ [元]脱脱等:《宋史》卷180《食货志》,中华书局,1977年,第4382页。

④ [清]徐松辑:《宋会要辑稿》食货37之12,中华书局,1957年,第5454页。

⑤ 参见漆侠:《宋代经济史》,中华书局,2009年,第483-484页。

⑥ [宋]李焘:《续资治通鉴长编》卷367,元祐元年丙寅,中华书局,1985年,第8822页。章惇奏疏见《宋会要辑稿》食货13之7-13。

即非役法所致。大抵光所论事,亦多过当”^①。对待役法兴废如此大事,一向以“忠直至诚”标榜的司马光为官僚大地主利益,竟不顾家国命运、罔顾事实,“至如此反复”草率行事,足见以其为首的保守派捏造事实诋毁新法的不遗余力,也反映出元祐党争之烈。而从二人的辩论看,“屠牛卖肉,伐桑卖薪”确有此状,但非普遍现象。而宋代相关史料特别是正史记载多集中于这一时期且与役法有关,这就很好说明了史载状况严重而丝织业仍繁荣发展的历史矛盾的真实原因。

二、北宋开封燃料安全事件频发的原因

北宋开封有 15 个年份出现燃料安全事件,其中致人畜大量冻死的恶性事件有 8 个年份,频度之高、影响之重为历代都城之最。因而,开封的燃料安全事件多被作为宋代传统燃料危机爆发的重要表征。与之相关的史料笔者在 2013 年文和《北宋开封雪灾与社会应对》^②中有详细列举。对于开封燃料安全事件频发的原因,赵文认为“极端气候下的情形恰恰暴露了开封城燃料供应本就存在严重不足”(第 104 页)。供给不足通常有两种可能,一是资源匮乏导致无足够燃料供给,二是运力不足导致供给无法满足需求。笔者在 2013 年文中认为开封的燃料安全事件是生物质燃料与社会不断发展呈现出的不适应性造成的短时性的“燃料荒”。那么开封的燃料安全问题究竟是运力不足造成的“供给难足”引发的“燃料荒”,还是“资源枯竭”引发的“燃料危机”,不妨围绕这两个方面进行探究。

(一) 开封生态状况与燃料“资源枯竭”与否

生物质燃料的获取与生态环境有着密切联系。北宋开封的生态状况一定程度上能够反映燃料资源赋存状况。如果开封及其周边长期处于资源匮乏甚至枯竭的状况下,官民必然大肆砍伐能够获取的林木资源作为燃料。如靖康年间开封遇极端异常严寒天气,又遭金兵围困,城内“廩薪日缺,人既艰食”^③,朝廷先后诏令“军民樵采万岁山竹木”^④、“许民毁折万岁山屋宇为薪”^⑤,以缓解燃料短缺,应对内外危局。这虽是极端状况下采取的不得已方法,但如果长期处于资源匮乏状态,薪炭大量采伐必然对生态造成相应破坏。

然而,从生态环境方面的已有研究来看,宋代开封乃至主要薪炭供给地黄河中游的森林植被与生态环境总体是良好的。首先,开封及其周边的情况,“12 世纪以前的绝大部分时间里,开封的生态环境处于良性循环状态,其标志在于:气候总体上温湿多雨、水系发达、湖泽众多、地形略显起伏、土壤和植被条件较好,城市建设、规划以及环境卫生管理卓有成效等。”^⑥其次,就黄河中游而言,史念海先生指出,“这一时代(明清时期)是黄河中游森林受到摧毁性破坏的时代。严格地说,这种摧毁性的破坏是从明代中叶开始的。”^⑦明代中叶与反映黄河流域森林植被状况重要指标的黄河输沙量的变化是一致的。根据历史时期黄河三角洲的发育情况计算出黄河输沙量:公元 1194 年之前,造陆速率是每年 2.55 平方千米;1194~1578 年,为 5.16 平方千米;1578~1854 年,为 24.24 平方千米;1855~1947 年,为 24.56 平方千米^⑧。这些研究很好说明了包括开封地区在内的黄河中下游地区宋代的生态环境总体良好,北

① [宋]李焘:《续资治通鉴长编》卷 367,元祐元年丙寅,中华书局,1985 年,第 8828 页。

② 柴国生:《北宋开封雪灾与社会应对》,《中州学刊》2015 年第 9 期。

③ [宋]徐梦莘:《三朝北盟会编》卷 77,上海古籍出版社,1987 年,第 581 页。

④ [宋]徐梦莘:《三朝北盟会编》卷 72,上海古籍出版社,1987 年,第 547 页。

⑤ [宋]徐梦莘:《三朝北盟会编》卷 73,上海古籍出版社,1987 年,第 552 页。

⑥ 程遂营:《唐宋开封生态环境研究》,中国社会科学出版社,2002 年,“导论”,第 3 页。

⑦ 史念海:《历史时期黄河中游的森林》,《河山集》二集,三联书店,1981 年,第 279 页。

⑧ 吴祥定:《历史时期黄河流域环境变迁与水沙变化》,气象出版社,1994 年,第 120 页。

方地区仍有较为丰富的森林资源的基本状况。

此外,开封的燃料赋存状况,也非如赵文所言“燃料蓄积量几乎为零,燃料资源极为匮乏”(第101页),而是种植有规模庞大的林木资源。如开封周边“斥卤”之地,广植柳、榆、槐、椿、杏等树^①。开封街道、河渠、河堤两侧也遍植林木,“城里牙道,各植榆柳成荫”^②。御街两侧御沟广植的杨柳“习习春风佛柳条,御沟春水冰已消”^③。“护龙河,阔十余丈,壕之内,皆植杨柳”^④,形成方圆五十里的环形绿化带。此外,城内数量繁多的官私园林也广植草木。皇家园苑宫城四周“夹道宫槐鼠耳长,碧檐千步对飞廊”^⑤。宫城内“翠木交阴覆两檐”^⑥。后苑“林木蔽荫如胜。……高竹崇桧,已森然蓊郁”^⑦。四园苑中的琼林苑“大门牙道,皆古松怪柏。两傍有石榴园、樱桃园之类……不可悉数”^⑧。玉津园也广植榆、椿、柳等,蔚然成林。《清明上河图》也反映出开封草木广布、尤为繁盛的景况。广植的草木为开封提供了规模可观的燃料赋存。

(二)开封燃料“供给难足”原因再讨论

古代城市燃料自给能力通常有限。随着城市人口和规模的不断发展,燃料供需矛盾会逐渐凸显。薪炭等传统燃料热值低、体大质轻、不易大量储运与远距离运输的特性,决定了古代以人力、畜力等为动力的交通运输条件下,城市能够获取的薪粮等物资的供给量受限于水陆交通运输条件。当所需物资量大于城市交通运输条件所能承受的运载力时,供需矛盾就会出现。随着开封不断发展,“京邑之大,生齿繁众,薪、炭之用,民所甚急”^⑨,就成为北宋中后期开封冬春时节燃料供需的基本状况。

首先,东京的交通状况制约了燃料供给。开封的薪粮等大宗物资“仰给漕运”,主要河流都承担着燃料运输任务。如“惠民、石塘、广济、黄、御、蔡河押薪炭”^⑩;“泗水上供绵、木炭及燕山丝之类”^⑪。汴水最为开封所倚重,“岁漕江、淮、湖、浙米数百万,及运东南之产,百物重宝,不可胜计;又下西山之薪炭,内外仰给焉”^⑫。但是,在元丰二年(1079)引洛入汴前,“汴口岁开闭,修堤防,通漕才二百余日”^⑬。每年冬季至来年春季黄河枯水期,要“发京羨辅郡三十余县夫,岁一浚”^⑭,重新开挖引黄入汴的河口,至清明节完工重新引黄入汴,汴水方再通航。冬春时节恰是燃料需求高峰,汴水停运清淤,自然极大限制了燃料运输能力。另一方面,开封的主要薪炭供给地“西山”(黄河流域的秦岭、太行山等山区),距开封有数百里之遥;煤炭供给地怀州(今沁阳)距开封也有100多公里的距离,都超出了“百里不贩樵”^⑮的燃料贩运适宜距离,增加了供给难度。

其次,生物质燃料特性制约了运输能力。受限于生物质燃料特性和有限交通运输能力,导致开封燃料需求旺盛的冬春时节供给宋初即处于脆弱的平衡状态。如开宝三年(970)陈从信谏曰:“三司欲籍

① 周宝珠:《北宋东京的园林与绿化》,《河南师大学报(社会科学版)》1983年第1期。

② 邓之诚:《东京梦华录注》卷1,中华书局,1982年,第1页。

③ [宋]王安石:《王文公文集》卷76,上海人民出版社,1974年,第811页。

④ 邓之诚:《东京梦华录注》卷1,中华书局,1982年,第1页。

⑤ 胡道静:《梦溪笔谈校证》卷224,上海人民出版社,2011年,第2600页。

⑥ [宋]王安石:《王文公文集》卷76,上海人民出版社,1974年,第809页。

⑦ [宋]王明清:《挥麈录·后录》卷1,中华书局,1961年,第276页。

⑧ 邓之诚:《东京梦华录注》卷7,中华书局,1982年,第192页。

⑨ [清]徐松辑:《宋会要辑稿》职官27之22,中华书局,1957年,第2947页。

⑩ [宋]李焘:《续资治通鉴长编》卷95,真宗天禧四年三月戊寅,中华书局,1985年,第2186页。

⑪ [清]徐松辑:《宋会要辑稿》刑法2之97,中华书局,1957年,第6544页。

⑫ [元]脱脱等:《宋史》卷93,中华书局,1977年,第2316-2317页。

⑬ [元]脱脱等:《宋史》卷94,中华书局,1977年,第2328页。

⑭ 胡道静:《梦溪笔谈校证》卷25,上海人民出版社,2011年,第795页。

⑮ [汉]司马迁:《史记》卷129,中华书局,1963年,第3271页。

民舟,若不许,则无以责办,许之,则冬中京师薪炭殆绝矣。”^①不仅开封,生物质燃料特性导致的供需矛盾也是唐代以降长江以北历代都城发展中普遍面临的问题。唐代中后期的长安因“薪炭不给”^②,出现“苦樵薪乏”^③的状况。元代都城北京“人烟百万,薪刍负担不便”^④。明代北京“经常缺乏薪火”^⑤。清代都城北京也因燃料供给紧张,致“煤价日贵”^⑥。道光末李光庭也言“(煤)价倍于昔”^⑦。对于人口至百万左右的古代城市,薪炭等物资的巨大需求与有限运力之间的矛盾,成为制约发展的重要瓶颈。这正是生物质燃料与社会发展不适应性的表现。忽略了这一根本因素,对宋代开封等城市显现的燃料安全事件,就容易从表象得出是因森林资源匮乏导致的燃料供给不足。

第三,雨雪、战争等不可抗因素打破供需平衡是引发燃料安全事件的直接原因。雨雪、战争等是造成古代薪粮运输不畅的最普遍且不可抗因素。如方回曰:“雪没无行路,……如金议炭薪。”^⑧绍兴三十一年(1161)十月金人攻滁州,“时时以铁骑数百人出没于城下,以掠取寻粮采薪者,故城中之人皆不能出,而粮薪日以罄竭矣”^⑨。通常情况下,开封水陆运输,加上常平仓和入冬前官民的燃料储备,基本上能够保障燃料供需平衡。然而,一旦遭遇雨雪天气、战争等导致燃料供给不畅或中断,就必然打破供需平衡,出现“严冬雨雪,市无束薪”^⑩的状况,引发燃料安全事件。北宋时期我国气候开始由第三个温暖期向寒冷期过渡,“960-1100年的140年间,北宋处在我国第三个温暖期,但1001-1100年的100年间则存在着小寒冷期的气候波动,而1101-1127年间,则进入了我国第三个寒冷期”^⑪。自咸平四年(1001)开封开始频繁出现的异常大雪严寒天气,一方面加剧了燃料需求和供需矛盾;另一方面又造成水陆燃料供给中断,打破供需平衡,造成“供给难足”引发短时的“燃料荒”,以致出现大中祥符五年(1012)至嘉祐四年(1059)40余年间6次出现致大量贫民冻饿而死的恶性事件。

(三)煤炭推广利用及其对开封燃料“供给难足”的缓解

改变古代城市燃料“供给难足”的状况,根本的办法:一是提升运力,二是增加供给。而在当时一定水陆运输条件下,优质燃料替代就成为增加城市燃料供给的根本办法。煤炭作为古代薪炭之外,唯一能够规模化采用且热值高、密度大、易储运的燃料,替代薪炭就成为历史必然。此外,同体积的煤炭与薪炭的理论热值比为1.659^⑫,即同一交通工具运输煤炭理论上相当于输送了1.659倍的薪炭。实际

① [元]脱脱等:《宋史》卷276,中华书局,1977年,第9405页。

② [后晋]刘昫等:《旧唐书》卷11,中华书局,1975年,第284页。

③ [宋]欧阳修等:《新唐书》卷145,中华书局,1975年,第4721页。

④ [元]权衡:《庚申外史》,学海类编本。

⑤ [意]利玛窦等:《利玛窦中国札记》,何高济等译,广西师范大学出版社,2001年,第233页。

⑥ [清]赵翼:《檐曝杂记》,中华书局,1982年,第131页。

⑦ [清]李光庭:《乡言解颐》卷5,中华书局,1982年,第107页。

⑧ 北京大学古文献研究所:《全宋诗》,北京大学出版社,1998年,第41684页。

⑨ [宋]徐梦莘:《三朝北盟会编》卷136,上海古籍出版社,1987年,第989页。

⑩ [宋]董煟:《救荒活民书》卷3,中华书局,1985年,第51页。

⑪ 张全明:《论北宋开封地区的气候变迁及其特点》,《史学月刊》2007年第1期。

⑫ 同样体积煤柴热值比的计算:假设有长 a ,宽 b ,高 c ,体积为 $V=abc$ 的长方体容器,用两个同样大小的容器,一个放入薪柴,一个放入煤炭,直至放满。为计算方便,假定薪柴每根上下一样粗,各根的粗细、长短也均匀一致,平放入长方体内。木柴半径 r ,长度 l ,这样单根木材的体积为 $V_{单}=r^2l$,容器能够存放的木柴根数 y 就是 $y=(a/2r) \times (c/2r) \times (c/l)$,而长方体内能够存放木材的实际体积为 $V_{实}=V_{单}y$ 。这样就可以计算出同样大小的长方体内存放煤炭与木材的体积比 $x=V/V_{实}$ 。计算可知, $x=1.273$,即在同样大小的容器内的煤柴体积比为一个恒定值。有了体积比,就可以根据煤、柴的密度计算出其质量比。通常状况下,大多数木材的气干密度约为 $0.3 \sim 0.9g/cm^3$ 。煤的散密度一般为 $0.5 \sim 0.75g/cm^3$ 。我们都取中间值进行测算,即木材的密度为 $0.6g/cm^3$,煤的密度为 $0.625g/cm^3$ 。因而,同样大小容器内煤与柴的质量比为 $m=1.326$ 。折标系数,薪柴是 0.571 ,原煤是 0.714 。这样,同样体积的煤柴折合标准煤的比 $n=1.659$,即同样体积大小的煤柴的热值比为 1.659 。

上,由于薪柴等粗细不均且存在一定的弯曲,以及传统炉灶燃煤热效率通常要高于薪柴等因素,同体积的实际热值比应大于2。也就是说,同一运载工具的运煤量在实际利用中产生的能效,是运载薪柴量的2倍还要多。对于城市或手工业生产区有限的交通运输条件,以煤代薪就成为宋代以及封建社会中后期应对燃料供需矛盾的必然选择。

开封应对燃料安全问题采取的措施及成效也很好说明了“供给难足”是主要原因。北宋朝廷采取了解决燃料供给的诸多措施中,两项最为关键,一是引洛入汴,增加供给时间。元丰二年引洛入汴成功^①,改变了之前汴水仅有八九个月的运输时间,以致“四时行流不绝。遇冬有冻,即督沿河官吏,伐冰通流。……永不闭塞”^②。畅通了开封最主要的燃料运输通道,延长了通航时间,大大增加了燃料供给量。二是增加煤炭供给,优化燃料结构。煤炭“熙宁间初到京师”^③,至宣和二年(1120)开封已设有“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,抽买石炭场,丰济石炭场,城东新置炭场”^④。煤炭已成为北宋中后期开封的重要燃料。相对燃煤前以薪炭等为主的燃料结构,大量燃用煤炭相当于增加了数倍的薪炭供给。此外,宋朝廷还采取了减免燃料贸易税收,设立常平仓,广植草木、循环利用,增加燃料的储备与供给等措施,取得了良好成效。

良好成效从两项关键措施对应的时间点及其前后大雪严寒天气的不同影响有很好反映。开封出现大雪严寒天气致人畜冻死的恶性燃料安全事件(靖康年间因有战争影响除外)集中发生于熙宁前的大中祥符五年(1012)至嘉祐四年(1059)间。然而,自元祐二年(1087)至政和七年(1117)期间,尽管出现了“大雪连月”、“大雨雪连十余日不止”的极端大雪严寒天气,甚至出现“飞鸟多死”的状况,却未见致人冻死的相关记载,足见增加供给在应对开封冬春时节燃料供需矛盾,减轻灾害影响方面的良好成效,同时也说明了引发开封燃料安全事件是雨雪、战争等造成的“供给难足”,而非“资源枯竭”,其实质是燃料换代落后于城市发展,以生物质燃料为基础的燃料结构与城市发展不适应性的体现。

三、宋代手工业发展相关燃料问题

宋代手工业繁荣发展。赵文围绕蚕桑丝织业、冶铁业、陶瓷业对宋代华北手工业发展与燃料相关问题进行了论述。对于发展成就,赵文指出,“丝织业极为发达”;“冶铁业在宋代大放光芒”;“陶瓷业也发展至巅峰状态,定窑与磁州窑名满天下。”(第104-106页)这是史实。赵文同时指出,“蚕桑丝织业、冶铁业、陶瓷业等手工业生产部门均需消耗大量燃料,也都在宋代都发展到了巅峰状态,但宋以后都急剧没落。看似宋代手工业一片繁荣,实则都显现了强弩之末的疲态,传统燃料资源匮乏而煤炭又不能很好适应生产需求,显然是宋代手工业难以长久维持巅峰状态的重要原因。”(第106页)冶铁、陶瓷是高耗能手工业,繁荣发展需要足够燃料支撑,丝织业发展也需要大量燃料消耗。但从赵文赞誉有加的华北手工业发展来看,似乎并未受到“燃料危机”的影响。对于宋代特别是华北手工业燃料利用问题不妨也从这三个门类加以探究。

(一)宋以后蚕桑丝织业急剧没落的原因

对于华北蚕桑丝织业的发展,赵文指出,“金元以后,华北地区的丝织业急剧衰落,丝织业在整个经济结构中所占的比重微乎其微,……这样的变化过程中,燃料扮演的角色也极为重要。”(第104页)蚕桑丝织业发展自然需要消耗大量燃料,但对于华北地区丝织业在宋以后衰落的原因,“靖康南渡”这

① [元]脱脱等:《宋史》卷94,中华书局,1977年,第2329页。

② [元]脱脱等:《宋史》卷94,中华书局,1977年,第2334页。

③ [宋]朱弁:《曲洧旧闻》,中华书局,2002年,第137页。

④ [清]徐松辑:《宋会要辑稿》职官56之48,中华书局,1957年,第3649页。

一重要历史事件及其深远影响不能被忽略。

靖康之难,金军掠走徽、钦二帝,北宋灭亡,“中原涂炭”^①,北方陷入长时期的战乱,伴随“高宗南渡,民之从者如归市”^②,“中原之民翕然来归,扶老携幼相属于道”^③,“渡江之民,溢于道路”^④。北方居民大规模南迁,形成了我国历史上第三次人口南迁高潮。短短几年,黄河流域已是人去屋空,荒草萋萋。宋人庄绰建炎元年(1127)秋“自穰下由许昌以趋宋城,几千里无复鸡犬”^⑤。到南宋后期,北方移民南迁总数约500万人^⑥。“靖康南渡”导致的直接后果,一是经济中心南移完成,二是政治中心由南北并重渐至北移,黄河中下游地区自此失去了封建社会中前期长期位于政治经济中心的地位。元代由于不平等的民族政策,明清时期趋干旱的气候等因素影响,北方地区的农业、手工业生产未能再恢复至宋代高峰的状况。这应是金元之后,华北丝织业迅速衰落且未能再度繁荣的主要原因。

另一方面,从燃料角度看,北宋之后华北地区人口减少,有利于森林植被的恢复,能够提供更多的燃料,促进丝织业更加繁荣发展。但其仍然衰落,将其主要原因归结于燃料影响,实非合理原因,也不足为证。

(二)冶铁业燃料利用方式再认识

北宋冶铁业繁荣发展,河北路“磁州武安县固镇冶务,元额一百八十一万四千二百六十一斤,(元丰)元年收一百九十七万一千一斤。邢州棋村冶,元额一百七十一万六千四百一十三斤,(元丰)元年收二百一十七万三千二百一斤”^⑦。赵文估算,此两个冶务所上交的铁重量“元丰元年更占去了全国的75.386%。”“以宋代的原额来计算,若两地冶铁全部用木炭,则每年至少需采伐灌木11.545平方千米或16.856平方千米,数字之大令人咋舌。显然华北地区的植被状况不足以支撑长期用木炭冶炼钢铁的生产方式。所以宋代即开始大量用煤炼铁。”(第105页)对于这样的数字,如果将其按年简单累加,北宋160余年仅此两处冶所消耗的森林就近2700平方公里,相当于今磁县面积的2倍多,今河北省域面积的1.43%,着实不小。但是,如果考虑到古代手工业生产实际和森林植被生长规律,满足生产需要的森林面积未必如此惊人。

古代冶铁业生产,由交通运输、生物质燃料特性、生产成本等条件决定,包括冶铁业在内的高耗能手工业与燃料产地存在依存关系,燃料通常以生产地为中心向四周采造。如果薪炭的采造、运输费用超出手工业生产所能承受的范围时,往往就会造成停产甚至废弃。这种状况至迟在汉代的手工业生产中已有所反映。如《盐铁论·禁耕》已指出:“盐冶之处,大傲皆依山川,近铁炭,其势咸远而作剧。”^⑧后世亦然。宋仁宗时韩琦也曾奏言:“相州利城军铁冶,四十年前,铁矿兴发,山林在近,易得矿炭,差衙前二人岁纳课铁一十五万斤。自后采伐,山林渐远,所费浸大,输纳不前,后虽增衙前六人,亦败家业者相继。”^⑨至清代亦如此,屈大均曰:“产铁之山,有林木方可开炉,山苟童然,虽多铁亦无所用,此铁山之所以不易得也。”^⑩采矿与燃料资源的依存关系限定了燃料采伐的有限范围。

① [宋]朱熹:《晦庵先生朱文公文集》卷83《跋吕仁甫诸公帖》,上海书店,1989年,第1162页。

② [元]脱脱等:《宋史》卷178《食货志》,中华书局,1977年,第4340页。

③ [元]脱脱等:《宋史》卷390《周淙传》,中华书局,1977年,第11958页。

④ [清]徐松辑:《宋会要辑稿》食货59之21,中华书局,1957年,第5849页。

⑤ [宋]庄绰:《鸡肋编》卷上,中华书局,1983年,第21页。

⑥ 葛剑雄编,吴松弟著:《中国移民史(第四卷)》,福建人民出版社,1997年,第415页。

⑦ [清]徐松辑:《宋会要辑稿》食货33之13(第137册),中华书局,1957年,第5380页。

⑧ 王利器校注:《盐铁论校注》卷1《禁耕第五》,中华书局,1997年,第68页。

⑨ [宋]韩琦:《韩魏公集》卷13,《丛书集成初编》,商务印书馆,1936年,第2365册,第202页。

⑩ [清]屈大均:《广东新语》卷15《货语·铁》,中华书局,1985年,第408页。

对此,古代先民亦有解决之法,即草木轮伐、休产和产地迁移。《齐民要术·序》载:“一年之计,莫如树谷;十年之计,莫如树木”,这是古人总结出的草木种植的基本规律。至宋代,林木循环轮伐利用的思想已被普遍接受。如《世范》载:“桑、果、竹、木之属,春时种植……一二十年之间,所谓材木不可胜用。”^①宋代手工业生产一定程度上遵循了草木轮伐利用的规律,通常通过迁移生产地或休产来恢复林木资源。如“嘉、邛以率买铁炭为扰,自嘉祐四年(1059)停铸十年,以休民力”^②。“停铸十年”恰是“十年树木”的基本周期。因而,按照十年轮伐,固镇和棋村两冶所理论上最大仅需 168.56 平方公里的林地即可满足可持续生产,这仅是今磁县面积的 16.6%,而且也满足了古谚“百里不贩樵”的燃料运输适宜距离。

另外,北宋河北路的三处主要冶所,磁州、相州、邢州均位于太行山脉和华北平原的交汇处,境内由山区、丘陵逐步过渡至平原。今磁县自西向东阶梯排列的山区、丘陵、平原约各占三分之一,山区面积约为 338 平方公里,这是两冶所十年循环采伐所需森林面积 168.56 平方公里的 2 倍稍多。而北宋的太行山脉仍有大量茂密的森林。宋绍圣元年(1094)苏轼“过临城、内丘,天气忽晴彻,西望太行,草木可数,冈峦北走,崖谷秀杰”^③。宣和六年(1124)许亢宗经榆关,“登高回望,东自碣石,西彻五台,幽州之地沃野千里。……山之南,地则五谷百果,良材美木无所不有”^④。反映出至北宋末年太行山脉特别是河北路山区仍有较为丰富的森林存在。吕温卿熙宁十年(1077)所言:“(河北)东路出丝绵绢绢,西路饶材木铁炭。”^⑤恰是河北路实际的地貌与资源状况。

宋代手工业实际生产中,通常会栽植树木来增加燃料资源量,但随生产规模的扩大,加之未必真正遵循轮伐利用,往往出现一定范围内资源难以满足生产需要的状况,甚至造成局部过度采伐。如宋代陵州盐业生产,“管内仁寿等四县,……二十三年已前,本州岛止有官井数处,所销柴茆若不甚费,……至今已及数百井,故栽种林木不能供得公私采斫,以至山谷童秃”^⑥。但是,当一产地周边一定范围内过度采伐难以维持生产时,通常通过生产地迁移来保障区域手工业持续生产。如宋“饶州置永平监铸钱,岁六万贯”,后因“官市薪炭不能给鼓铸,分于池州置永宁监,建州置永丰监”^⑦。“施州旧亦铸钱万缗,南平军数千缗,……施州钱,绍兴三十年,以铁炭艰难,减为七千;南平军,以矿苗少,亦减为千缗”^⑧。此外,如湖南自唐代至北宋中期的重要产铁地道州为潭州取代^⑨。产地迁移、减产、休产等自然是受限于薪炭采伐距离的不得已行为,但这样不仅能够维持手工业的持续生产与发展,也能够使过度采伐区的森林植被得到恢复,为手工业发展提供更多的燃料资源,这也是森林植被未遭到毁灭性的砍伐的重要原因之一。

对于赵文中指出煤炭的大量使用导致了钢铁品质的严重下降,并引用黄维等人测定陝西宋代铁钱有的含硫量高达 1.94% 为证。(第 105 页)然而,黄维等人在同文中也指出,“用煤炼铁和用木炭炼铁都是同时存在的”。“北宋铁钱硫含量的分布规律表明,当时陝西部分地区已用煤炼铁无疑,但这不是普遍的”^⑩。此外,黄维等人还对陝西、山西、四川等更大地区出土的宋代铁钱含硫量进行测定分析并指

① [宋]袁采:《世范》,岳麓书社,2002 年,第 5859 页。

② [元]脱脱等:《宋史》卷 180《食货志》,中华书局,1977 年,第 4382 页。

③ [宋]苏轼:《临城道中作·序》,北京大学古文献研究所:《全宋诗》,北京大学出版社,1998 年,第 9495 页。

④ [宋]确庵、耐庵编:《靖康稗史笺证》卷 1,中华书局,1988 年,第 16-17 页。

⑤ [宋]杨仲良:《皇宋通鉴长编纪事本末》卷 77《州县废复》,《续修四库全书》,上海古籍出版社,2002 年,第 386 册,第 646 页。

⑥ [宋]文同:《丹渊集》卷 34《奏为乞免陵井纳柴状》,四部丛刊本,第 11 页。

⑦ [宋]杨亿:《杨文公谈苑》,上海古籍出版社,1993 年,第 69 页。

⑧ [宋]李心传撰,徐规点校:《建炎以来朝野杂记》卷 16,中华书局,2006 年,第 359 页。

⑨ 尚平:《宋代长江中游地区的冶铁业》,《湖北师范学院学报(哲学社会科学版)》2012 第 6 期。

⑩ 黄维,等:《从陝西出土铁钱的硫含量看北宋用煤炼铁》,《〈内蒙古金融研究〉钱币文集(第八辑)》,2006 年。

出,宋代“陕西、山西、四川三个地区用煤炼铁一直都不是普遍的。由于山西和陕西的煤炭资源是全国最为集中的,可以推测,宋代全国用煤炼铁也不是普遍的”^①。也有学者指出,宋代冶铸业的燃料构成,木炭一直是冶铸业的主要燃料,占到燃料结构的70%以上^②。通过轮伐、生产地迁移等生产方式,加之宋代仍然丰富的森林资源,为冶铁业的繁荣发展提供了较为充裕的燃料支撑,这也正是宋代冶铁业煤炭利用不够普遍的情况下仍能够繁荣发展的重要原因。如果忽视了森林生长规律和古代冶铁业的生产方式,而将每年需采伐的森林面积简单累加,即便河北路全部为森林,恐怕也难以支撑三处主要冶所北宋160余年的繁荣发展。

(三)燃料替代对陶瓷业发展的影响

宋代陶瓷业燃料已有部分地区使用煤炭,这是史实。然而,对于华北兴盛的陶瓷业宋代以后衰落的原因,赵文认为“用煤炭烧制瓷器时,釉中的诸多物质都可能与二氧化硫反应,进而产生许多在用柴烧制过程中不可能出现或较少出现的化学物质,进而影响到最终成品瓷器的外观与质地,使得工艺水平大打折扣。”(第106页)煤中的硫化物确实可能对瓷器的釉色产生影响,但不足以影响区域陶瓷行业的兴废。笔者2018年12月曾到钧瓷产地禹州市神垕镇调研行业发展状况,目前钧瓷烧制有柴窑、煤窑、气窑和电窑,其中煤窑为主体,柴窑现在已极少。烧制工艺变化不大,影响钧瓷釉色的关键是釉料配方和烧成制度。至于煤炭中的硫质,通常通过合理的烧成制度,即科学控制烧成升温曲线将其随尾气从烟囱逸出。此外,河南禹州神垕镇发现有北宋煤矿遗址^③,据当地人反映,废弃的宋代窑址中有大量烧过的煤灰存在,可见用煤烧窑应是史实。

用煤烧窑在宋代应已被很好地掌握。燃煤烧窑不仅要“引起窑炉结构、窑具使用等一系列的变化,而且在完成这一转变的过程中,还要逐步掌握用煤烧窑的一套技艺”^④。王家广先生指出:“烧煤比柴火焰短,局部发热量大,灰属酸性,易结焦;在控制火焰方面,用煤比用柴困难得多。”“(800多年前)耀瓷在控制火焰这一问题上是有办法的,足见耀瓷烧造技术高。”^⑤通过控制烧成升温曲线使得硫化物自煤炭析出后随尾气逸出,多凭实际经验,古人完全能够通过反复实验很好掌握。而且,宋代北方的“馒头窑”多已改用煤作燃料^⑥。这应是宋代掌握用煤烧窑的相应技术的很好反映。

此外,瓷器通常可分为观赏瓷和日用瓷。相较而言,日用瓷的产量要远大于观赏瓷,也是陶瓷业主要的燃料消耗者。赵文指出,宋代磁州窑“为北方最大的民窑,以生产白地黑彩瓷器著称,所烧瓷器多供下层民众使用。”(第106页)对百姓日用瓷,不同燃料烧制对釉色、质地不大的影响,应不足以影响到行业的兴废。从燃料资源来看,磁州有丰富的煤炭资源,以优质焦煤和动力煤驰名中外的六河沟煤矿就位于此。丰富的煤炭资源能够满足磁州窑生产所需,但仍如赵文所述至元代“大不如初”,其原因主要归结于薪炭等资源紧张自然不足为证。

总之,宋代个别地区高耗能手工业繁荣发展,确实出现了局部燃料资源难以满足需求的状况,但主要是因手工业生产与区域燃料资源的依存关系,以及生产运输成本等因素限制了燃料采造距离导致的“供给难足”,局部燃料资源紧张并不影响宋代燃料资源总体充裕的基本状况。对于宋以后华北手工业迅速衰落的原因,与朝代更迭、经济政治人口中心迁移、社会需求等诸多因素不无关系,不宜将主

① 黄维,李延祥,等:《川陕晋出土宋代铁钱硫含量与用煤炼铁研究》,《中国钱币》2005年第4期。

② 参阅蓝勇、黄权生:《燃料换代历史与森林分布变迁——以近两千年长江上游为时空背景》,《中国历史地理论丛》2007年第2期。

③ 安廷瑞:《河南禹县神垕镇北宋煤矿遗址的发现》,《考古》1989年第8期。

④ 祁守华:《关于古代用煤烧窑》,《河北陶瓷》1985年第3期。

⑤ 王家广:《耀州瓷、窑分析研究》,《考古》1962年第6期。

⑥ 叶喆民:《中国陶瓷史纲要》,轻工业出版社,1989年,第176页。

要原因简单归结为森林资源枯竭或煤炭替代导致产品质量的下降。

四、宋代煤炭利用进步与燃料安全问题

煤炭利用至宋代取得长足进步,也推动了古代燃料结构的变迁,形成了封建社会中后期“北方多石炭,南方多木炭”^①的基本能源格局。煤炭利用的进步,燃料结构的变迁,多被作为宋代燃料资源枯竭的表征。赵文也指出“煤炭取代薪柴的现象,此为传统燃料资源已经极为紧张的重要表征”,(第109页)这是值得商榷的。一方面,宋代薪炭等生物质燃料资源,能够满足社会发展需要,不仅未对手工业和经济社会发展造成多大影响,而且支撑了其繁荣发展。另一方面,能源发展史表明,能源结构的历次转变,是基于新的能源技术;新能源的开发利用,主导因素是技术的进步,而不是能源资源的枯竭^②。这与相关研究多认为宋代煤炭推广利用、燃料结构变迁是因薪炭等燃料资源枯竭而迫使“以煤代薪”的经验性判断是不相符的。其原因是忽略了宋代推动煤炭推广利用的诸多因素。除上文已述及的燃料特性导致薪炭与社会发展的不适应性因素外,另外几方面原因也值得关注。

首先,人类对优质能源的不断探求。早在二里头文化时期,先民已能区分并倾向于使用发热量较高的栎木作为薪柴^③。商周时期已成功制取木炭,获得了优于薪柴的燃料。不晚于汉代煤炭已应用于冶铁等领域^④。三国时期天然气已应用于盐业生产。如蜀汉临邛县(今四川邛崃县)“取井火煮之,一斛水得五斗盐”。木炭、煤炭等优质能源利用,都是森林资源丰富的时期。焦炭炼制的宋代,也是煤炭较大范围推广的开始。这些优质能源的开发,是在长期实践中基于其性能的科学认识,逐步开发进而利用于社会发展的。木炭烧制是古人在长期实践中,发现炭化的木柴更优的特性,进而探索并掌握烧制技术的。以此为基础,进而逐步烧制竹炭、炼制焦炭。煤炭则是发现“夜则火光,昼日但烟”^⑤的自燃现象,进而推广利用的。这是古人认识、开发、利用优质燃料的基本规律。

其次,煤炭规模化采用技术的进步。利用煤炭的前提和关键取决于对煤炭各方面性能认识的广度和深度^⑥。宋代对煤炭性能认识更为深入,已认识到煤中的硫等物质。如“丰城、平乡二县皆产石炭……有火而无焰,作硫磺气”^⑦。此外,煤炭采用技术也趋于完善。煤炭的勘查,元丰年间苏轼在徐州派人勘查煤矿并开采用于冶金^⑧。煤炭的采掘,河南鹤壁宋代古煤矿遗址的发掘^⑨,反映了采煤技术渐趋系统和完善^⑩。炼焦技术,反映出宋代煤炭燃用技术的高超水平。更趋成熟和完善的采用技术,为宋代煤炭推广利用奠定了前提和提供了保障。

① [宋]陆游:《老学庵笔记》(唐宋史料笔记丛刊)卷1,中华书局,1997年,第12页。

② 《能源百科全书》编辑委员会、中国大百科全书出版社编辑部:《能源百科全书·能源》,中国大百科全书出版社,1997年,第6页。

③ 王树芝、王增林:《二里头遗址出土木炭碎块的研究》,《中原文物》2007年第3期。

④ 参见赵国璧:《河南巩县铁生沟汉代冶铁遗址的发掘》,《考古》1960年第5期;《中国冶金史》编写组:《河南汉代冶铁技术初探》,《考古学报》1978年第1期。

⑤ [北魏]酈道元撰,陈桥驿校证:《水经注校证》卷2,中华书局,2007年,第39页。

⑥ 吴晓煜:《中国古代煤炭科学技术的主要成就(下)》,《中国矿业大学学报(社会科学版)》2008年第3期。

⑦ [宋]谢维新:《古今合璧事类备要外集》卷55《产炭山间》,《四库全书·类书类》(第941册),上海古籍出版社,1987年,第725页。

⑧ 苏轼《石炭》诗题解云:“彭城旧无石炭。元丰元年十二月始遣人访获于州之西南白土镇之北,冶铁作兵,犀利胜常云。”

⑨ 河南省文化局文物工作队:《河南鹤壁市古煤矿遗址调查报告》,《考古》1960年第3期。

⑩ 吴晓煜:《中国古代煤炭科学技术的主要成就(上)》,《中国矿业大学学报(社会科学版)》2007年第12期。

第三,宋代趋冷气候的促进。宋初气候趋于寒冷,特别在10世纪60年代、11世纪70年代、12世纪10年代等时段曾数度出现的罕见低温^①,仅开封因雪灾导致的燃料安全事件就有15次之多^②。如天禧元年(1017)十二月“京师大雪,苦寒,人多冻死,路有僵尸”^③。嘉祐元年(1056)正月“大雨雪,泥途尽冰。都民寒饿,死者甚众”^④。如此寒冬,加剧了城市燃料供需矛盾,而薪炭与社会发展的不适应性,就使得恰补薪炭不足的煤炭推广利用更为迫切。

第四,煤炭更高经济性的推动。就有效热值与售价而言,宋代煤炭具有更高的经济性。如熙宁七年(1074)京师东窑务“出卖石炭,每秤定价六十文”^⑤。宋制每秤15斤,每斤4文。这是所见宋代唯一关于煤炭价格的史料^⑥。宋中后期木炭较煤炭要贵。大中祥符五年(1012)十二月,开封“三司出炭四十万,减市直之半以济贫民。……京城鬻炭者每秤钱二百”^⑦。每秤100文,每斤6.6文。南宋淳熙年间都昌县烧炭“每斤直钱五文至六文止”^⑧。煤炭成为商品且较高的经济性,有利于推动煤炭更大范围利用。但是煤炭贸易也容易被垄断,形成“煤炭唯上富家灶,柴草仅给贫户炊”的状况。如元符元年(1098)开封冬“市中石炭价高,冬寒细民不给”^⑨。一定程度上反映出“柴消”不必然“煤长”,这也正是古代广大农村地区煤炭难以得到普及利用,薪炭占据基础地位的主要原因之一。宋代煤炭在产地周边一定范围内推广利用,燃料结构变迁,是诸多因素综合作用使然,并非薪炭等燃料资源枯竭的推动。

综上,能源安全是社会发展的重要保障。对于宋代乃至古代的燃料安全问题及其原因的认识,如果忽略了薪炭等传统生物质燃料热值低、密度小、不易大量且长距离储运等特性,以及古代有限的运力和生产运输成本等因素,就容易从“民伐桑枣为薪”等相关史料表象得出因森林资源匮乏甚至枯竭引发“传统燃料危机”的不客观认识。而综合多方面因素不难发现,就资源量而言,宋代生物质燃料资源总体是充裕的,从“民伐桑枣为薪”目的为“易钱”而非自用,及其对丝织业发展无甚影响,冶铁业、陶瓷业繁荣发展,以及黄河中下游地区良好的生态状况等来看,被认为燃料资源匮乏的黄河中下游地区特别是河北路的燃料资源是能够满足社会发展需要的。北宋都城开封、个别手工业区的燃料安全事件,是因多种因素造成“供给难足”引发的阶段性或短时的“燃料荒”,而非“资源枯竭”导致的“燃料危机”。煤炭的推广利用,恰是在有限运力情况下,增加燃料供给以缓解“供给难足”的尝试。从开封燃料安全应对情况来看,成效明显。对于华北地区手工业北宋之后快速衰落的原因,与朝代更替、经济政治人口中心迁移、社会发展需求等诸多因素是密不可分的,不宜过分夸大燃料的作用。宋代的燃料安全问题,其实质在于生物质燃料与社会持续发展呈现出的不适应性,这恰是驱动优质能源开发、推广煤炭利用、促进燃料结构变迁的重要动力。而煤炭利用的不断进步,丰富了古代优质燃料品类和资源量,但受限于资源南北、区域分布的不均衡及有限运力,利用范围基本局限于有限产地周边一定范围内,其作用应客观评判,不易过分夸大。

① 参见葛全胜等著:《中国历朝气候变化》,科学出版社,2011年,第9-10章。

② 王星光、柴国生:《宋代传统燃料危机质疑》,《中国史研究》2013年第4期。

③ [元]脱脱等:《宋史》卷62《五行一下》,中华书局,1977年,第1342页。

④ [元]脱脱等:《宋史》卷62《五行一下》,中华书局,1977年,第1342页。

⑤ [清]徐松辑:《宋会要辑稿》食货55之21,中华书局,1957年,第5758页。

⑥ 参阅程民生:《宋代物价研究》,人民出版社,2008年,第537页。

⑦ [宋]李焘:《续资治通鉴长编》卷79,大中祥符五年十二月己巳,中华书局,1985年,第1807页。

⑧ [宋]朱熹:《朱熹集》卷20《论木炭利害札子》,四川教育出版社,1996年,第826-827页。

⑨ [宋]李焘:《续资治通鉴长编》卷504,哲宗,元符元年十一月己未,中华书局,1985年,第12002页。