

追寻最早的制炭者，探索颠覆性的造炭术

校亮¹，袁国栋¹

(1. 肇庆学院广东省环境健康与资源利用重点实验室，环境与化学工程学院，肇庆 526061)

1. 揭神秘面纱，开四月冰河

生物质炭，一种“神秘”的物质：固态、富碳、蓬松状多孔物质；一套“体面”的定义：由生物质在缺氧条件下经高温裂解过程生成的孔状固体物质，有较大的比表面积、较多的含氧活性基团及一些植物营养元素；一把“万能钥匙”：其不仅具有改善土壤性质、提升肥力、减轻土壤污染等农艺和生态功能，也是增加土壤碳汇、减少 N₂O 和 CH₄ 等温室气体排放的技术选项之一。那么这么好的材料，为什么得不到推广应用？

(农民) 瞎玩意儿，我们**用不起**这么高大上的科技产品！（接地气地回答）

(学者) 哦。（科技工作者懂了：农民不懂得它是啥？还嫌它贵）

(学者) 生物质炭就是木炭。（尝试着接地气地引导式地交流）

(农民) 咦？（农民有点茫然）

(学者) 就是你们**吃烧烤用的木炭**。

(农民) 哎...，我以为是啥东西呢？不就是烂木炭嘛！农民都会造！

(学者) 啊？谁教你们的？在哪造？我们得高温、限氧炉中造，不简单呢！

(农民) 回去问你老祖宗去！哪家不在田里造？！

农民说了，老祖宗在田里就可以造木炭（生物质炭）了。这可得好好学习学习，认真追溯一下炭的历史，说不定能收获意想不到的惊喜呢！

2. 要知山中事，乡间问老农

提起“炭”，耳熟能详间不禁会想起白居易的《卖炭翁》：满面尘灰烟火色，两鬓苍苍十指黑。其实，关于炭史，中国古代早有记载：东汉许慎《说文》言，炭，烧木留性，寒月供燃火取暖者，不烟不焰，可贵也；《周礼·地官》云，炭

物之征令，以时入之，以权量受之，以共邦之用。武侠电视剧《乌龙闯情关》中汉宣帝刘病己也曾被封为柴炭司司长，掌管宫廷炊事取暖用的炭供给。

那么，古人烧炭有何用？因炭品易燃、耐烧、洁净、无烟、高热值且易贮存，所以其不仅用于古代宫廷的炊事取暖，也成了极好的冶炼燃料。《周礼·天官冢宰》载，凡寝中之事，扫除，执烛，共炉炭。《天工开物》有曰，炉中炽铁用炭，煤炭居十七，木炭居十三。凡山林无煤处，锻工先择坚硬条木烧成火墨，其炎更烈于煤。可见，炭是古代宫廷炊事取暖和金属冶炼必不可少的物质能源。

问题来了……。皇宫贵族、王公大臣，佳丽三千、门客百余，成千上万府邸均需要用炭。可是，需求量这么可观的炭，由何人烧制，又是怎样制成呢？《卖炭翁》诗中有记，伐薪烧炭南山中。满面尘灰烟火色，两鬓苍苍十指黑（图1）。解开了何人于何处烧炭之谜，并形象刻画了制炭者的工作环境。白居易诗云，日暮半炉爇炭火，夜深一盏纱笼烛。准确交代了制炭时间及“炉中制炭”的方法。沿袭古人的制炭方法，中国关中平原一带盛产烟花爆竹的地区，传承着宋代人用在军事上制造火药的方法：一硝二磺三木炭。其中所需的炭，是当地人用土槽或着土窑填埋的方法制成的。当然，土槽或土窑“闷炭”的方式是我国多数地区农民烧制木炭（生物质炭）的常规土法，更是现阶段通常采用的限氧、高温热裂解技术制备生物质炭的技术雏形。那么，问题又来了。古代人的制炭技术又是跟着谁学到的呢？会不会有更古老的造炭术？



图1 诗中卖炭翁形象

3. 源自何处来，问道大自然

其实，**大自然才是最早的制炭者！**我们知道，自然条件下生物质常以枯枝落叶、根系及分泌物的形式将有机质及其包含的矿质元素和能量输入土壤；偶尔，生物质经雷电诱发可发生自燃，以灰分（矿质元素）形式进入土壤；自燃过程中若遇下雨熄火，就会形成生物质炭，产生“野火烧不尽、春风吹又生”的效果。大自然无疑在提示着我们，自然状态下，有薪柴、水和火就可以制炭了，无须将原料烘干、粉碎等，也无须经过漫长的高温热裂解过程。

其实，我们的老祖宗已经实践过了，翻阅经典这才启发了我们。《天工开物》记载：炉中炽铁用炭，煤炭居十七，木炭居十三。凡山林无煤处，**锻工先择坚硬条木烧成火墨**，其炎更烈于煤。简单说：炼铁若无煤，找炭来帮忙，炭从何处来，条木烧火墨。这不，条木烧成火墨就是炭了。现已很难考证锻工如何点墨成炭，但这一过程应该没涉及木柴的粉碎、锻工也不便花额外的时间在山林中创造限氧的条件，事实证明，炭就是烧成了。秘密之所在，大自然创造。我们将其总结为：制炭是水与火的艺术！整点新时代的白话文方便大家进一步理解水火成炭的故事——科学源于生活！

为方便理解，现列举生活中的小现象加以辅助说明。小时候在家里蒸馒头，家人会将一些硬柴填入灶内。期间多遇这种情况，馒头熟了，柴还没着完。这时家人会将未烧完的柴火用火钳夹出，舀上一瓢水浇灭，附着在柴火表面的龟裂状、蓬松态、焦黑色物质就是生物质炭奥！这不，有薪柴、水和火不就可以生成生物质炭了么，这或许才是最早的造炭术！

4. 借知往鉴今，践开拓创新

知往鉴今，我们知道自然条件下有薪柴、水和火就可以制炭了。其实从科学角度是不难理解的：自然条件下引火点燃薪柴，薪柴适燃后会折断跌落，若适时喷水雾即可生成生物质炭；其中，每枝小的薪柴就相当于一个微型限氧炉，表面与空气接触部分类似于炉壁，内部木质相当于炉内薪柴，所以，有薪柴、水和火，在田间曝氧条件下就能生成生物质炭，它的成炭过程即为生物质在曝氧条件下的“自限氧”高温热裂解过程。

基于上述思想，我们对“限氧高温热裂解成炭技术”进行了实践和创新，逐步尝试和验证了采用水-火联动技术在田间限氧、通氧以及曝氧制炭的可行性，并采用颠覆性的“水-火联动”曝氧炭化技术实现了秸秆、树枝等农林废弃物在田间快速成炭的方法。最终证明仅需要生物质、水和火就可以生成生物质炭，其成本仅需 200 元/吨；并将这一简单、易行的方法教会了多地农民来制备生物质炭。基于研究，我们进一步探寻到了获得优质炭品（碳含量>60%）的较佳淋水时间，以及根据需求炭品淋什么样的“水”、怎样淋“水”的方法。这里的“水”，不是韩国的神仙水，但可以取得神仙水的效果，关键是便宜！这项技术突破了传统高温热

裂解技术需要建立工厂和炭炉来制备生物质炭的局限，规避了原材料和炭产品的运输费用、省去了仓储成本、不需要昂贵的设备，极大地降低了成本，制炭效率大幅提升且再不受场地限制（农民每人每天可生产炭 3 吨）。技术的生命力在于经济有效、可转化为生产力，评价其是否可行的方法是实践，让读者和用户在实践中去评判他。我们的技术能够让农民在自己的地里用自家的秸秆以易学的技术制备出生物质炭，用于当地农业生产（已在黄河三角洲盐渍土上实践并实现了减肥增效目标），以实现提升地力、减轻污染等国家战略目标，也可将生物质炭产品外销，变废为宝（已外销至多省），增加农村就业、提高农民收入，在绿水青山与金山银山之间架起桥梁，在新时代下践行科技服务乡村振兴战略！

本篇科普文成稿于 2018 年 4 月，曾参与土壤和农业可持续发展国家重点实验室科普论文参选，也在土壤家微信公众平台上刊发报道！