

秸秆资源化利用及秸秆建筑建造研究

●赵之昆 谢 慧*



[摘要] 本研究针对我国秸秆资源化利用的技术需求与环境影响进行系统分析。河南省周口地区作为我国麦秸秆的主要产区,周口地区普遍采用燃烧方式处理秸秆,引发环境变差与资源浪费问题。本文主要以该地区为样本,评估秸秆资源化利用的关键技术路径,包括有机质还田、生物质气化、秸秆复合板材制造、微生物降解及作为牲畜饲料的利用,并分析了各技术路径的挑战与限制因素。同时,本文着重进行了利用秸秆建造住宅的探索,提出采用秸秆材料作为墙体材料的建造方法,并进行性能测试。测试结果表明,在周口地区利用秸秆建造农村住宅,是推进农业废弃物资源化利用的新的技术方向,既保护环境,又保护麦田、减少碳排放。

[关键词] 农业废弃物资源化利用;秸秆建筑;低碳节能;环境保护

秸秆指农作物成熟收获果实后的茎、秆、叶等,如麦、稻和玉米的茎、秆。秸秆做为农业废弃物,本质上是可利用、可再生的资源,周口地区是国家级农业废弃物循环再利用示范区,本文选取该地区为样本讨论秸秆资源化利用。

Q 周口地区秸秆资源化利用需求与现状

目前的实际情况是,周口当地农民多以燃烧来解决,成为当地雾霾天气的主要来源。露天燃烧秸秆产生的烟雾,含有 CO 、 CO_2 、 SO_2 等气体,直接导致空气中总悬浮颗粒数量增加,有害健康甚至阻碍民航、铁路的正常运行。由于燃烧秸秆严重危害环境,当地管理部门多年来均采取严厉的“禁烧”措施。秸秆资源化利用的主要方式有:有机质还田、生物质气化、秸秆复合板材、微生物降解、牲畜饲料等。

(1)有机质还田:有机质还田是利用秸秆中的有机物质,在土壤中经过微生物分解、发酵后转化为有机肥料,改善土壤结构,增加提高土壤肥力。存在的问题是,秸秆内病虫害会向下代传导;同时,秸秆腐烂缓慢,导致出苗率下降。(2)生物质气化:生物质气化指生物质在气化介质参与下产生氧化产生可燃气体。秸秆点燃后,与气化介质(空气、水蒸气等)发生反应,生成 CO 、 CH_4 、 H_2 等。在周口,秸秆被用做沼气池内的原料,气化生成可燃气体。制约秸秆气化的主要问题有:生物质直接燃烧过程中会产生大量烟和焦油;为处理焦油和烟气体,需用大量水作介质;秸秆气化得到的气体热值是天然气的 $1/17 \sim 1/7$,热值偏低。

(2)秸秆复合板:秸秆复合板是将秸秆纤维与树脂等粘结剂混和,经辗磨、高压、模压处理,加压制作不同密度的纤维板材,具有强度高、保温隔热、隔音等特点。如以硅酸盐水泥为基料,秸秆为增强填充料,用无机胶黏剂,通过热压,可制成水泥秸秆复合板。水泥秸秆复合板成本低,保温、隔音性能优于纯水泥板,但由于使用秸秆量不大,对秸秆消耗不起决定作用。

(3)微生物降解:在一定温湿度下,将畜禽粪便与秸秆混合,经微生物降解,生成腐质丰富的类土壤物质,用作肥料并改良土壤。但麦秸秆纤维长且硬,而周口地区年平均气温 15°C 左右,年降雨量 800 毫米,微生物活性不高,与江南地区相比,秸秆的降解和转化效率较低,目前微生物降解未能大面积推广。

(4)牲畜饲料:用秸秆做牲畜饲料的方法主要有物理和化学两类。物理方法是改变秸秆的物理形态(长度和硬度),提高秸秆消化率;化学方法是改变秸秆的化学成分,使之易于吸收。能值与粗蛋白含量是评价饲料营养价值最基本的两项指标,粗蛋白含量维持在 $12\% \sim 14\%$ 。在东北地区主要用水稻及青玉米秸秆当作牲畜饲料。因麦秸秆与青玉米及水稻秸秆不同,质地过硬不易消化。特别是磷含量不足,达不到耕牛对能量的需求。

Q 利用秸秆建造住宅的探索

周口地区新建农村住宅(农宅)一般为 $2 \sim 3$ 层,钢筋混凝土框架结构,外围护结构的填充物基本是粘土砖。粘土砖制作中,制砖、堆放、存储各环节都需要平整的场地,在

周口,就只能是麦田;而粘土砖的原料只能取自有粘土的地方——可耕种土地。所以,烧制粘土砖“烧”掉了大量麦田。同时,制砖过程中产生大量烟气、污水等污染物,危害环境。我们在周口农村的实地调查表明,所到之处,当地建造农村住宅的主要建筑材料仍然包括大量的粘土砖。而大力推动秸秆资源化综合利用是河南产麦区尤其是周口地区农业废弃物高值化利用的有效途径。2010年以来,我们对于在农村宜居住宅建设中,采用绿色节能技术及设计,选择新型节能技术和绿色建材,低碳环保进行了积极探索。

秸秆具有优良的物理特性,是一种可回收、可再生、可循环利用的建筑材料。秸秆材料在中原地区易获取,建造成本低,保温性能优越,有助于减少建筑碳排放。建筑业每年排放超过1.2亿吨二氧化碳,是能源转型的主要参与者。为此,欧盟制定了建筑业使用低碳材料的严格能源消耗标准,而小麦等秸秆则是优秀生物基材料。将秸秆粉碎后作为骨料,加入胶凝材料压制后可成型“秸秆砌块”,作为外围护结构填充材料的基本单元;“秸秆砌块”相互组合并与结构(构造)柱、板连接后,成为“秸秆墙体”,进而建造农村住宅外围护结构,实现农业废弃物资源化利用。

(一)采用秸秆材料作为墙体材料的理论依据

根据热力学第二定律,当材料两侧表面存在温差时,温度差的存在将产生热的流动(热流),热流的传导方向从材料高温侧指向低温侧。不同的材料导热流的能力不同,称为材料的导热性能。导热性能好的材料,在单位时间内通过材料的热流量多,反之亦然。

稳定传热条件下,穿过材料的热流量与材料导热系数、材料两侧表面温差及传热面积成正比,与材料厚度成反比。

导热系数为在单位温差、单位时间、单位厚度及单位面积上传导的热流量。材料导热系数 λ 越高,材料的导热性能越好,但隔热性能越差;反之亦然。材料密度与材料的导热性能之间存在紧密联系,对导热系数具有显著影响。单位时间内,决定热流通过材料的多少由材料的微观结构决定。密度大的材料孔隙少,热量在材料内部传递时遇到的阻碍少,通过材料的热流多;密度小的材料孔隙多,会阻碍热量的传递,导致通过材料的热流减少。在秸秆砌块和混凝土砌块相同的传热面积和温度梯度条件下,密度大的混凝土砌块的导热系数高于秸秆砌块。

(二)采用秸秆材料作为墙体材料的建造

(1)秸秆墙体要求: a. 稳定性要求,具有承受自身重量的能力;具有抵抗一定风荷载及地震变形作用的能力;具有防止墙体自身开裂的能力。 b. 隔热性要求:在秸秆墙体中冷桥的存在,将导致秸秆墙体热工性能显著变差。 c. 抗震性要求:秸秆墙体的连接方式应满足抗震设防要求,不可用单一粘性连接方式。 d. 抗结露要求:要在墙体室内侧表面涂贴

隔蒸汽材料,抵抗室内空气中水蒸汽分压力的侵入,防止墙体内结露。秸秆墙体还须考虑外部雨水侵蚀问题,在外侧需设置防水层并基本符合现有农村建造习惯

(2)秸秆墙体设计:秸秆砌块是秸秆墙体的主要组成部分,秸秆墙体共9层。墙体防结露设计与分析:根据墙体内部结露的充分必要条件,将材质密实、水蒸汽渗透系数小的材料贴在秸秆墙体的室内一侧,使得水蒸气“难进”;将导热系数小但水蒸汽渗透系数大的材料布置于秸秆墙体的室外一侧,使得水蒸气“易出”。从外部向内部依次是外侧面层,外侧防裂加固层,防水层,秸秆隔热层,隔蒸汽层,防火层,水、电管线,内侧防裂加固层,内侧面层。

(3)秸秆墙体构造:进行墙体设计时,可准确的把秸秆砌块在秸秆墙体中如何排列组合并将位置标明,采用主规格的秸秆墙体砌块尽量减少现场切割秸秆砌块,提高工效,减少浪费。秸秆墙体纵向采用错缝连接,错缝长度影响秸秆墙体中砌块从上往下的内力传递和分布,为保证砌块内应力传递均匀,秸秆砌块间竖向错缝搭接长度不应小于秸秆砌块长度的1/3;秸秆墙体竖向间采用上下错缝,解决了竖向连接问题,但水平方向仍存在通缝问题。砌块与砌块之间存在水平缝隙,不利于秸秆墙体的强度和整体稳定,纵向连接采用榫卯接口,在秸秆墙体的水平通缝中避免产生冷桥。榫卯形成错缝的咬合形式,堵塞了水平通缝,阻碍了空气水平方向的交换,避免产生冷桥,同时秸秆砌块之间接触面积加大,增加摩擦力和秸秆墙体的稳定。互连构造,考虑到自身承重,为加强秸秆墙体的整体稳定性,在秸秆砌块的内外两侧所挂钢丝网(防开裂加固层)的基础上,秸秆墙体需要视情况在砌块的两个防裂加固层的四角间加若干拉筋,使秸秆墙体砌块之间更加地紧密连接。

(4)秸秆墙体与梁、柱结构的连接:过梁连接构造,秸秆墙体砌块主要是用于框架下填充外墙,秸秆墙体应与梁、柱、底板牢固地连接。秸秆砌块与砌块之间基于“断桥连接”方式,采用柔性材料填缝;秸秆墙体与梁、柱结构间的连接,采用在梁、柱植入若干经过防锈蚀处理的钢筋,在用秸秆砌块“砌墙”(实质是连接)时,将上述钢筋插入秸秆砌块(秸秆砌块是柔性材料,插入容易)。

(5)秸秆坡屋面设计:周口地区冬冷夏热,坡屋面材料要求导热系数小、隔热好、重量轻,技术要求如下:秸秆坡屋面的防水等级为一级防水。阻止雨雪渗漏:构造防水,用防水材料铺满整个屋面,有足够的坡度及搭接长度;排除屋面雨雪:利用屋面坡度和适当的构造措施,排水路线简捷、防堵。根据规范,排水坡度 $\geq 10\%$ 。材料本身或经过构造复合后具有阻止火势蔓延的性能,同时材料尽量轻质。满足建筑节能设计标准要求,尽可能降低屋面的传热损失。前已测定,秸秆屋面砌块的导热系数为

0.085W/(m·k)。秸秆屋面砌块机械性能包括两项,抗压强度及抗折强度:a.抗压强度:秸秆屋面砌块经20天放置后,其变形小于5%,经测定,秸秆屋面砌块抗压强度为75.6KPa。

(6)秸秆墙体实验性建造:从秸秆砌块的制作到秸秆墙体的实验性建造的整个过程中,除了砌块制作过程中粉碎机、搅拌机的少量用电外,均采用纯手工操作。

(三)秸秆墙体性能测试

(1)耐火性能测试:耐火性指标:①燃烧性能:秸秆裸体砌块在整个燃烧过程中,有否自燃。②耐火极限:3小时燃烧中,秸秆砌块+防火卷材是否垮塌。③隔热性能:在耐火测试过程中秸秆墙体室外侧的墙面(背火面)温度是否高于204℃。d.环保性能:秸秆试件在燃烧过程中有无浓烟及刺激性气体析出。

(2)防水性能测试:秸秆墙体防水性能测试的目的是在最不利情况(24小时内降雨量为特大暴雨)下,验证连续的雨水天气对秸秆墙体的浸湿程度。降雨量模拟与计算:①根据特大暴雨的降水(250mm)24小时落在淋水实验面积的水量,计算出特大暴雨在淋水实验面积上的,记录淋水测试用水总量,计算出单位喷水量;②测量淋水测试用水落在淋水实验面积的水量,得出淋水测试用水在淋水实验面积上的单位喷水量;③单位喷水量/单位降水量,计算出秸秆墙体试件可承受的雨水浸湿的天数。

(四)采用秸秆材料作为墙体材料的碳排放对比

传统的粘土砖制作需燃烧耗煤,由此而产生碳排放。我们以碳排放量进行对比,揭示秸秆采用秸秆制造农村住宅和粘土砖烧制过程对环境的影响。经测试,秸秆墙体比较粘土砖墙体,可减少二氧化碳排放量85.67Kg。

Q 结束语

在周口农村,秸秆被当作农业废弃物,主要处理办法是“燃烧”,而这种处理方法成为环境变差、“雾霾”天气的主要成因和碳排放的重要源头;人们现已认识到,秸秆是潜在的巨量资源并对其进行了多方面的利用探索,但目前还没有发现行之有效的秸秆处理技术;农宅的大规模兴建,外围护结构需要大量填充材料,目前使用的填充材料基本都是粘土砖;秸秆具有优良的物理特性,是一种可回收、可再生、可循环利用的建筑材料。在周口地区利用秸秆建造农村住宅,是推进农业废弃物资源化利用,既保护环境,又保护麦田、减少碳排放的新的技术方向和有益探索。

参考文献

- [1]刘鸿.周口市秸秆焚烧污染现状和对策[J].统计与管理,2013(02):79-80.
- [2]杨永.秸秆在建筑中的利用现状[J].河南农业,2016(20):122.
- [3]李贺,郭海滨,魏雅冬.农作物秸秆及食用菌菌渣等农业废弃物资源化利用现状分析[J].现代农业研究,2022,28(05):17-19.
- [4]肖力光,丁艳波.秸秆建筑材料的应用及研究进展[J].应用化工,2021,50(04):1142-1146.

作者简介:

赵之昆(1987—),男,汉族,吉林长春人,硕士,工程师,深圳市南山区建筑工务署,研究方向:建筑学。

通讯作者:

谢慧(1994—),女,汉族,湖南岳阳人,硕士,工程师,中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司,研究方向:风景园林规划与设计。