

快速干燥技术在烧结砖二次码烧工艺中的应用

老梁（贵安新区）科技有限公司 梁嘉琪 张小飞 韩志国

摘要 在烧结砖二次码烧生产工艺过程中，快速干燥技术和快速干燥设备的发展使传统的二次码烧生产工艺发生了很大的变化，其特征是干燥技术的重心从过去的切码运转向到干燥装置，换句话说就是自动化的切码运系统不再是二次码烧的主导地位，取而代之的是各种形式的干燥室和干燥装置。

关键词 快速干燥 二次码烧 生产工艺

1、前言

“快速干燥”是当今二次码烧生产工艺中的关键技术，是二次码烧生产工艺的核心，快速干燥技术的发展是衡量二次码烧技术的重要标志。快速干燥的特点是干燥过程用时很短，一般干燥周期仅为4小时左右，与我们传统的干燥方式相比，生产周期缩短，大大提高了生产效率。

快速干燥（Rapid drying）的发展对传统的上下架切码运系统产生极大的影响，使二次码烧更加简单和完善。例如法国原赛力克（CERIC）公司的“安卓”快干窑系统、德国凯乐（KELLER）内循环隧道式快速干燥技术以及法国克莱亚（CLEIA）公司的平面循环快干窑系统等，都是快速干燥中的优秀案例。

我国烧结墙体材料行业对快速干燥技术的研究比较迟缓，存在“重上下架系统、轻快速干燥研究”的现象，以至于有关快速干燥的装

备、技术与快速发展的形势相脱节，成为二次码烧发展的瓶颈。

2、我国二次码烧干燥技术发展过程

2.1 自然晾晒的自然干燥

“自然干燥”方法是砖瓦行业最古老的生产工艺，追溯陶瓷的发展过程已经有 5000 多年的历史，直到现在，我国许多地方还能看到自然晾晒砖坯的砖厂还在采用自然干燥的方式从事生产。从经济发达的珠三角地区，到边远山区的大西南，以及西部遥远的戈壁滩，都能看到自然干燥的砖厂在生产。

“自然干燥”虽然古老，但却是一种真真切切的利用自然能源——太阳能、风能的干燥方法，因此也是烧结砖瓦干燥能耗最低的一种方法。但是，“自然干燥”方法的干燥周期很长，在南方多雨的地区，干燥周期往往需要长达一周以上的时间，这不仅要占用很大的面积作为晾晒场，而且耗费大量的人力资源来搬运这些砖坯，费工费时，天气的变化对干燥周期影响非常大，“靠天吃饭”是这种干燥方式的最大特点。所以，这种方法被淘汰也是历史的必然。



图 1 晾晒砖坯的自然干燥坯场

2.2 小断面隧道式干燥室人工干燥

有资料说，小断面隧道干燥室最早是在上世纪 50 年代初从前苏联引进的。70 年代，原国家建委在河南商丘召开会议，推广北京南湖渠砖厂搞出来的小断面隧道式干燥室，以后这种简单易行的干燥方

法在国内大力发展起来，迄今为止小干燥室已经走过了 60 多年的历史，至今依然在很多砖厂发挥着重要的作用，为我国砖瓦行业发展作出了巨大的贡献。但是隧道式小断面干燥室存在难以自动化、需要大量的人力资源和烟气排放难以治理等弊端，所以也被更加先进的干燥工艺替代了。

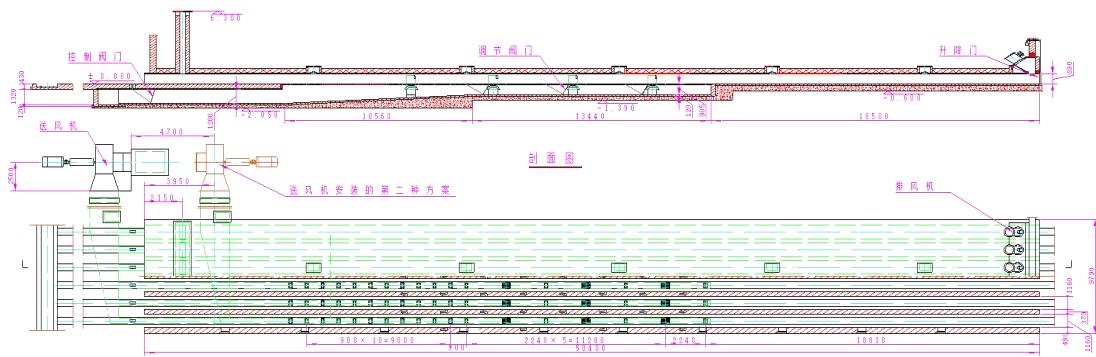


图 2 小断面隧道式干燥室示意图

2.3 干燥车与托板连为一体的“上下架”系统

80年代中期，我国在安徽省肥西县引进了一条西班牙的“机械化直通道轮窑”生产线，其中就有一套以干燥车为运载工具的上下架切码运系统，托板与干燥车就是连在一起的。1987年根据原国家建材局安排，由西安墙体材料设计研究院与振华4506工厂（贵阳建新机械厂前身）对其消化吸收，然后第一套上下架系统在哈尔滨第一砖厂进行调试（1990年）。从此，开创了中国砖瓦行业拥有自己的上下架系统的新纪元。

不过，当时这套“翻版消化”的上下架系统生产能力仅为3000万块（折标砖）/年，到了2000年，贵州省建材科研设计院与贵阳建

新机械厂合作，将年产量提升到6000万块，紧接着再通过进一步技术革新和优化设计，通过加大隧道式干燥室的结构尺寸等措施，进一步把年产量提升到1.2亿块。从此，从呼伦贝尔草原的海拉尔到青藏高原上的拉萨，从长三角和珠三角、到西北黄土高原，都能见到干燥车与托板连为一体的干燥系统影子，甚至还出口到马来西亚、俄罗斯、哈萨克斯坦等国家。干燥车与托板连为一体的“上下架”系统进入一个鼎盛时期。

不过好景不长，随着时间的推移，干燥车与托板连为一体的上下架系统自身存在的问题也逐渐凸显出来。随着更为先进的托盘与干燥车分离的新型干燥技术的引进和推广，由连体干燥车组成的上下架系统渐渐失去了优势。



图3 干燥车与托板连为一体的“上下架”系统

2.4 托板与干燥车分离的“外循环”与“内循环”系统

托板与干燥车分离是二次码烧上下架系统划时代的进步，也是二次码烧干燥工艺发展的必然。因为烧结砖生产线的规模越来越大，年产1.2亿的生产规模已经成为常态化，过于繁琐的上下架系统已经难以适应新的形势变化，一种更加简洁、过程更加简单的新系统成为发展的趋势。而在这种情况下，连体干燥车组成的上下架系统显得捉襟见肘、不能适应发展的需要。

有趣的是，托板与干燥车分离的方式也同样走过一段不平凡的发展过程，最初干燥车是在干燥室外面循环的，之后才进化到干燥车在干燥室内循环，也就是被行业内人士划分为“体外循环”和“体内循环”两种干燥车运行方式。虽然只是一字之差，但效果却大相径庭。它们之间的主要区别是：“体外循环”——干燥车跑出干燥室之外，在外面循环；“体内循环”——干燥车永远在干燥室里面循环，只有托板在外面循环。显然前者需要较多的切码运设备，系统比较复杂，而后者系统简单、效率很高。目前欧洲主流的著名公司均采用“体内循环”这种方式。

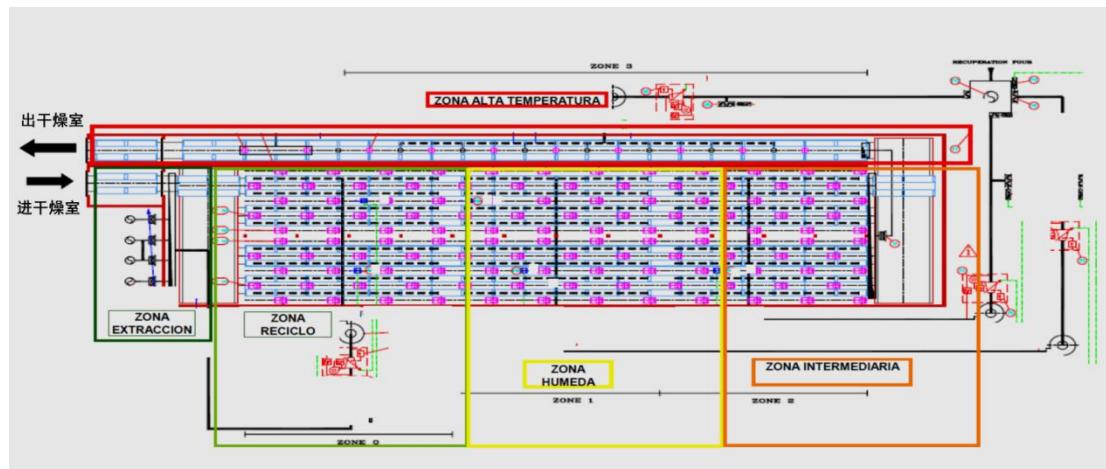


图 4 欧洲某公司的内循环隧道干燥室系统图

2.5 指状叉车与室式干燥室结合的上下架系统

贵州院是国内最早把室式干燥室与指状叉车的二次码烧系统用于实战的（2002 年），灵感来源于兄弟行业水泥混凝土 PC 砖的养护室，随后成功地用于江苏丹阳贝斯特的烧结空心砖生产线上。在此基础上，老梁科技公司又引入欧洲荷兰艾斯塔拉（INSTALAT）公司的汉斯干燥窑循环风技术，使室式干燥室得到大力的推广应用。

以“指状叉车”作为砖坯运载工具是一个全新的系统，最大的优点是没有干燥车，比起“连体干燥车”的上下架系统前进了一大步，没有复杂的干燥车运转系统，从而使切码运系统进得到大大的简化。

汉斯室式干燥室是采用内部循环送风方式的间歇式干燥设备，它可以做到每一条道的干燥制度都是独立的，这是隧道式干燥室望尘莫及的。它的干燥制度是建立在时间函数方向上的，干燥制度是随时间而变化的（隧道式干燥室的干燥制度是随长度而变化的）。汉斯干燥室可以依据原料、品种、含水率的变化而量身定制干燥制度。适应品种多样、原料复杂和技术要求严格的生产线，特别适合烧结清水砖、空心砌块和烧结空心板材的干燥。汉斯干室式燥室突出优点就是效率高和造价低，所以在欧洲的荷兰这种海拔很低的地方大行其道，有其一定的道理。

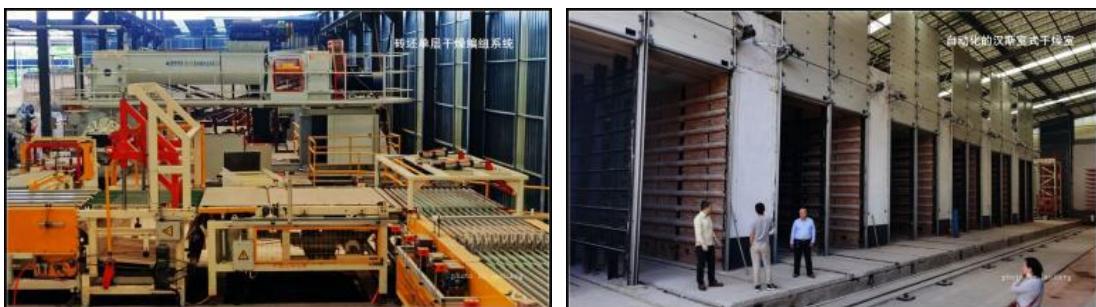


图 5 重庆金鳌建材公司的汉斯干燥室系统

2.6 几种干燥室的对比

以上我们介绍了当下常见的五种干燥方式，它们各有千秋和特长，除了必须淘汰的以外，完全说哪一种绝对的好似乎也不对，现在我们来做一个简单的比较，捋一捋它们各自的特长和短板（见表 1），以便对各种干燥方式有一个深入的了解。

表 1 几种常见干燥方式的简单对比

干燥方式名称	工作状态	适应产品	备注
自然干燥	人工搬运、劳动效率低下、靠天吃饭。	适应各种规格	占地面积大、但能耗低。
小断面隧道式干燥室	干燥效率低、难以自动化	不适应高空洞率的薄壁空心砖和砌块	合格率低
干燥车与托板连为一体的上下架系统	隧道式单层连续干燥	适应品种规格相对较少的生产线	产量较低、设备损耗大。
隧道式外循环干燥室	隧道式单层连续干燥，干燥车在外部循环	空心制品、清水砖	设备多、投资大，产量较低
隧道式内循环干燥室	隧道式单层连续干燥，干燥车在干燥室内部循环，托盘外部循环	空心制品、清水砖	设备较少、投资较少。
汉斯室式干燥室	间歇式干燥，指状叉车与托盘结合，没有干燥车。	高档清水砖、空心砖、烧结板材	系统简单产量高、投资少
链板式/辊式干燥室	连续式单层干燥，没有上下架系统。	烧结墙板、薄壁陶板、空心砖、清水砖	产量高、投资少

3、当前快速干燥室的形式

3.1 汉斯室式干燥室

荷兰的软泥制砖技术是世界有名的，可以处置含沙量在 40%左右的河道、湖泊淤泥，并且在含水率 30%的情况下实现软泥脱模生产。采用荷兰 De Boer Machines Nederland B.V (德宝公司) 特有的软泥脱模技术，可以处置含水率很高的特殊原料，特别是处理含水率高、含沙量较大、颗粒级配集中在某一区域的河道淤泥、污水处理厂污泥等特殊情况很有独到之处。把这些原本很难处理的“原料”经过一系列加工和德宝脱模机械成型加工以后，生产出世界著名的“荷兰砖”——各种道路砖、装饰砖、透水砖，达到资源化处置建筑垃圾、污水厂污泥、自来水厂污泥、通沟污泥的目的。

与软泥制砖和高含水率脱模制砖相配套的干燥方法就是“二次码

烧”生产工艺，无论是软泥脱模成型或者是双极真空挤出成型，均采用隧道式干燥室和室式干燥室两种干燥方式，但室式干燥室在荷兰最为普遍，且都实现了智能化的计算机控制，生产过程自动化程度非常高。

荷兰 INSTALAT 公司设计的室式干燥室与我国“指状叉车与托盘”配套的室式干燥室非常近似，具有异曲同工之妙。在学习荷兰 INSTALAT 公司先进技术基础上，我们推出了更为先进的“汉斯室式干燥室”，采用先进的循环送风和扰流技术，大大提高了干燥的效率。使室式干燥室不仅适应空心制品的干燥，而且更适合高档清水砖的干燥需要。

值得注意的是，荷兰的室式干燥室已经不在采用传统的托板为运载工具，而是采用更为简单的托条，这一进步值得我们借鉴和学习。



图 6 荷兰的汉斯室式干燥室

3.2 平面内循环快速干燥室

平面内循环快速干燥室不同于传统的隧道式干燥室，最大的特点是是没有繁琐和复杂的上下架系统，干燥效率大大提高。它依然采用干燥车为载体，但此干燥车非彼干燥车，干燥车只在干燥室内部循环，干燥系统大大简化。

平面内循环快速干燥室采用独特的平流送风的循环方式，内部的循环风机不仅有效提高热能的循环利用，而且其扰动方式有效的解决

了热介质温度分层的难题。所以干燥速度非常快，当干燥孔洞率大于40%的空心砌块时，最快干燥速度仅为2小时。这种干燥室同样也是采用托条（而不是托板）作为砖坯的运载工具。

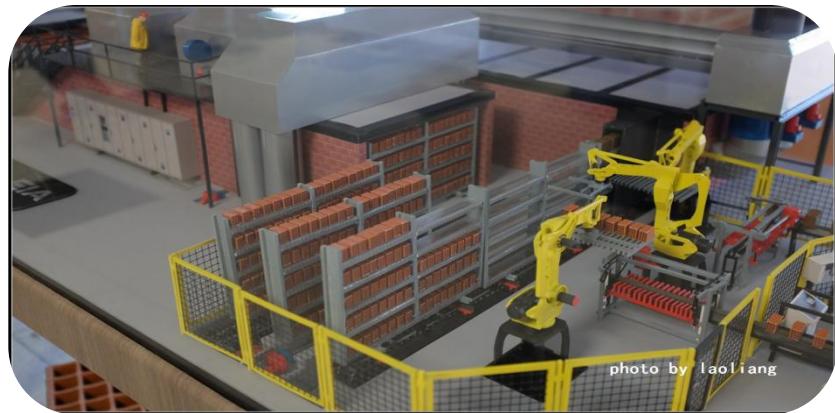


图7 平面内循环快速干燥室

3.3 内循环隧道式快速干燥室

内循环隧道式干燥室最突出的特点是干燥车只在干燥室内循环，只有托盘在外部循环，因此整个系统就变得十分简洁，这种干燥方式不仅是欧洲主流的干燥系统，也是我国目前最先进的干燥系统。图8是我们设计的重庆某工程实例。从图中可以看出，送风系统在干燥室的左侧，而排潮系统在干燥室的右侧，砖坯的进出都集中在干燥室中部同一位置。这套系统简单而明快，干燥效率很高，成为目前二次码烧中干燥高孔洞率的空心砖的首选干燥方式。

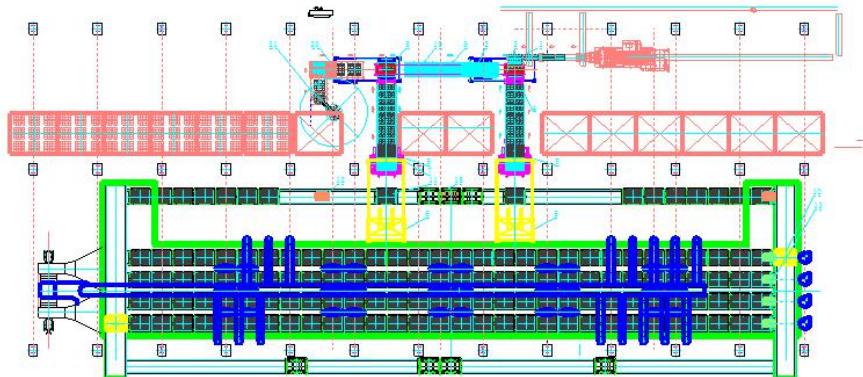


图 8 内循环隧道式干燥室系统平面布置图

3.4 其他快速干燥系统

除了前面介绍的“室式干燥室”、“平面内循环快速干燥室”和“内循环隧道式干燥室”三种方式以外，现在国内一些机械制造公司还开发出“链板式二次码烧快速干燥窑”、“单层链式快速干燥室”和“多层次辊式快速干燥室”等新型干燥设备。这些干燥设备各具特色，留意一下发现他们都有一个共同的特点：淘汰了传统的、繁琐的“自动化上下架”系统。



图 9 其它形式的快速干燥系统
(左-链板式干燥窑、中-链式墙板干燥机、右-多层次辊式干燥窑)

4、最新技术的应用

4.1 单层快速干燥/焙烧系统

单层快速干燥/焙烧系统是当前最新的技术，主要适用于烧结保温砌块和各种烧结大型墙板，这个系统要么是立体循环的，要么是平面循环的。完全颠覆了我们砖瓦行业常见的“窑车”、“码垛”、“编组”

等基本的概念，由垂直切割机和输送皮带组成切和运，再利用机器人动态抓取的功能，完美的实现自动化码坯的全过程，不仅工艺更加简洁，而且投资更加节省。

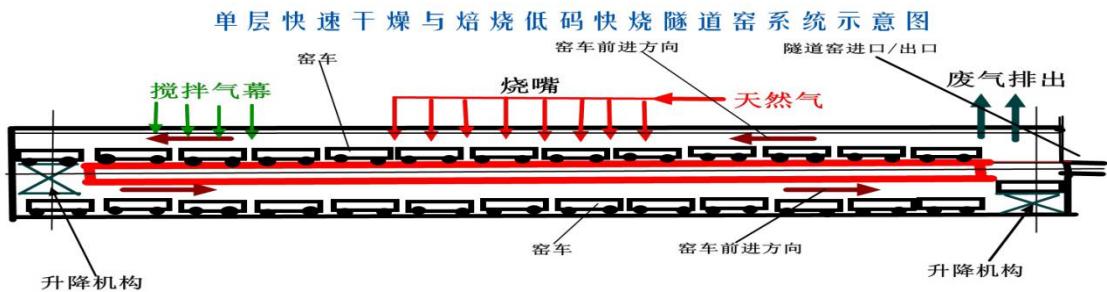


图 10 单层快速干燥与焙烧系统

4.2 襄阳誉德 GYL2001 型隧道式快速干燥室

这是贵州院与襄阳誉德公司合作开发的一种新型快速干燥设备（见图 11），运用于砖坯的快速干燥，它以隧道窑的余热为热源，采用底送风上排潮的送风方式，结合内部循环风流、扰流风机循环扰动等措施，从而实现对砖坯快速干燥的目的。

GYL2001 型隧道式快速干燥室采用了与众不同的热气介质平流动方式，有 60% 热气介质在内部循环流动，大大提高了干燥的效率，并且节约能源。不仅如此，我们还采用一种特殊的轴流式扰流风机解决干燥室内温度分层分难题，淘汰了效率低下的旋风筒。设立在进车端的独立进车室，可以排除进出干燥车对干燥制度的干扰和影响。此外，在干燥室外设计了独特的余热保温静停室，保证入窑砖坯处于“热乎乎”的状态，砖坯温度与隧道窑内部温度保持一致。

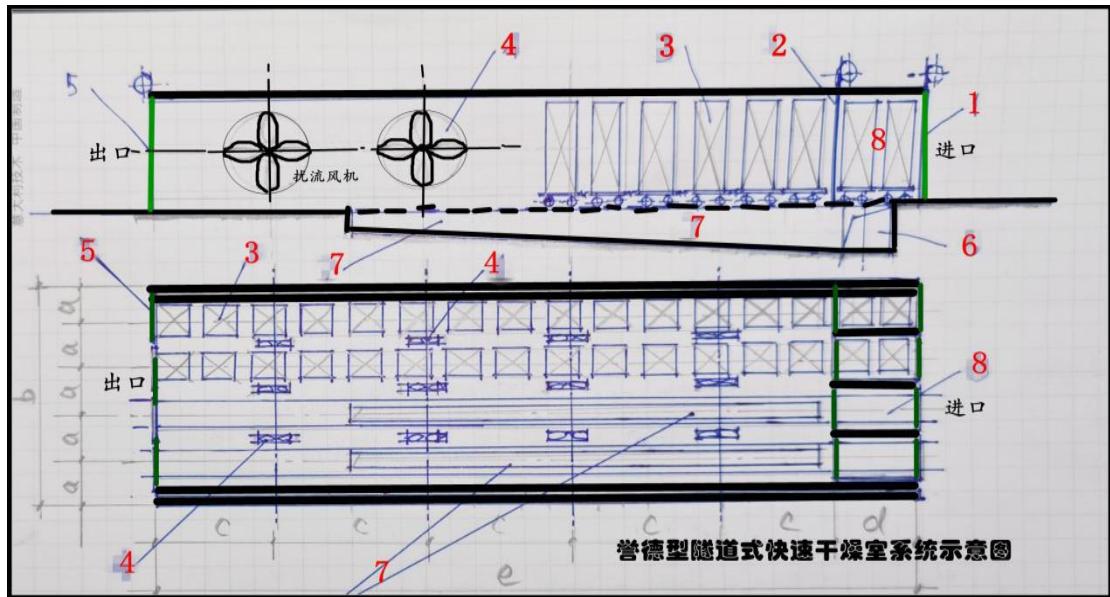


图 11 襄阳誉德 GYL2021 型隧道式快速干燥室

5、结束语

综上所述，二次码烧干燥工艺的发展趋势是一个由繁到简的变化过程，二次码烧不是越来越复杂，而是过程越来越简单，效率越来越高，不久的将来，传统的上下架系统必然要被淘汰。而且快速干燥室将成为二次码烧发展的核心，一个由干燥室为主体的新型二次码烧系统，必然取代以上下架为主体的落后系统。

由于种种原因，我国二次码烧干燥工艺中，确实存在重上下架、轻干燥室的问题，对快速干燥室的研究投入非常不足，同时交流的渠道也不通畅。我们迫切希望行业协会牵头，汇集分散的科研力量，互相交流与探讨，研究和开发更加适合中国国情的新型干燥技术和装备，为行业的发展做出积极的贡献。