

水泥立窑烧成

许 永 善

中国建筑工程出版社

水泥立窑烧成

许永善

中国建筑工业出版社

本书系由青年看火工许永善根据工人师傅们的看火经验，并参考有关书籍编写的。内容除介绍立窑的生产工艺、构造和附属设备外，着重总结立窑看火经验。作者努力以辩证唯物主义观点，阐述立窑烧制水泥熟料的基本原理和操作技术。

本书可供立窑水泥厂看火工人、技术人员以及有关学校师生阅读参考。

水 泥 立 窑 烧 成

许 永 善

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：4 5/8 插页：1 字数：103千字

1977年9月第一版 1977年9月第一次印刷

印数：1—6,430 册 定价：0.32 元

统一书号：15040·3399

毛主席语录

红与专、政治与业务的关系，是两个对立物的统一。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。

要把一个落后的农业的中国改变成为一个先进的工业化的中国，我们面前的工作是很艰苦的，我们的经验是很不够的。因此，必须善于学习。

出版者的话

立窑煅烧水泥熟料，原料、燃料、设备等物质条件是重要的因素，但不是决定的因素，决定的因素是人不是物。

《水泥立窑烧成》一书作者青年看火工许永善，从怕烧窑到爱烧窑，从不会看火到掌握看火规律，这一生动事实说明：要烧好窑，首先要靠人，靠用马列主义、毛泽东思想武装起来的广大革命工人。

许永善同志从小喜欢雕雕刻刻，进湖南省东江水泥厂时想做一名木模工，当他被分配到立窑上看火时，就觉得当看火工又热又脏又累，低人一等，干起活来无精打采。领导看出了他的心事，热忱地找他谈心，要他联系实际学习毛主席的光辉著作《为人民服务》。毛主席关于“我们一切工作干部，不论职位高低，都是人民的勤务员，我们所做的一切，都是为人民服务”的教导，张思德的光辉形象给他极大的鼓舞。他想：张思德同志是一个忠实为人民服务的共产党员，党叫烧炭就烧炭，我却把烧窑看火视为“低人一等”的工作，这不是一种旧的观念在自己头脑里作怪吗？经过党的教育，老师傅的帮助，他逐渐地爱上了窑，爱上了看火工作。有一次，窑上加油器油箱失火，严重危及电机的安全，这时他眼前闪现铁人王进喜的高大形象，激励他毫不犹豫地脱下身上的棉袄，往水中浸湿，冒着熊熊的烈火，把电机用棉袄包住，操起灭火筒猛扑火焰。在大家的努力奋战下，火扑灭了，国家财产保住了。虽然他的衣服被烧坏，头发被烧焦，

但心里却觉得很幸福。

伟大领袖毛主席说：“社会主义制度的建立给我们开辟了一条到达理想境界的道路，而理想境界的实现还要靠我们的辛勤劳动。”通过反复学习和领会毛主席这一教导，他进一步懂得了自己的工作同巩固无产阶级专政，实现共产主义的伟大事业的关系，共产主义必然要代替资本主义，但共产主义不会从天而降，要靠人们的坚定的信仰，顽强的斗争，辛勤的劳动来实现。

他进厂一年后，机械化立窑建成了。一天，他第一次在窑上独立操作，谁知八小时忙下来，窑里结了个大“瘤子”，造成停产。他心里非常难过，感到当一个看火工光有为人民服务的干劲还不行，必须有为人民服务的本领和科学态度，必须为革命学好技术，掌握看火规律。

从这天起，为了摸索看火规律，他每天做操作笔记，把看火的新情况、新体会、新问题一一记下来，不断地研究，并在技术人员的辅导下，自学了高中、大学的一些理工课程和有关水泥生产的科技图书。为了消灭窑内结瘤现象，他每天和工人们看烟气，探火层，琢磨形成窑结瘤的规律，有所发现就记下来，在化验人员的密切配合下，对各种瘤块作了一百八十多次解剖和观察。为了掌握窑里烟气的颜色和上升情况与火层的关系，半年功夫测试了五千多个数据，并绘出了试火钎烧红颜色的图谱，来表示窑内温度。

在生产中，他每天挤出一两小时学习马列著作和毛主席著作，坚持写学习日记，用马列主义、毛泽东思想指导实践。当“四人帮”把为革命学技术诬蔑为“白专道路”时，他反复学习毛主席关于“红与专、政治与业务的关系，是两个对立物的统一”的教导，一次又一次地学习列宁的教导：

要建设共产主义，就必须掌握技术，掌握科学，并为更广大的群众运用它们。面对“四人帮”刮起的妖风迷雾，他仍然坚持学习技术，努力用唯物辩证法研究生产中的问题。一次，偶然用大风操作，却意外地把偏火调好了。这一收获使他懂得了偶然性和必然性是辩证统一的。透过偶然现象，把握必然规律，经过多次实践和分析，取得了大风操作能使偏火处风火旺盛的结论。

许永善同志知道个人的实践范围是有限的。因此，他在看火中遇到疑难问题，就向本厂和兄弟厂有经验的老师傅请教。几年来，他发出四百多封请教信，得到了全国各地工人、干部、技术人员的热情帮助。他还利用进厂三年后第一个探亲假的时间，到兄弟厂窑上学习。就这样，他从四面八方，不仅学到了烧窑看火的技术，更重要的是学到了高尚的共产主义风格，看到了无产阶级文化大革命给全国人民带来的新的精神面貌。

几年来，他记下了大约百万字的看火操作笔记，在开始写《机械化立窑看火操作》文章时信心不足，有畏难情绪，经过领导和群众的热情鼓励，于是他利用业余时间编写和刻印了《操作技术汇集》、《立窑煅烧看火入门》等资料，并在此基础上，参考有关书籍，把师傅们在操作中积累的经验加以系统化，编写了此书。现将此书正式出版，供立窑水泥厂看火工人、技术人员阅读参考。

中国建筑工业出版社编辑部

一九七七年三月

前 言

立窑，是煨烧水泥熟料的一种热工设备。要烧好窑，首先要靠人，靠马列主义、毛泽东思想武装起来的广大革命工人。的确，原材料、设备等物质条件是重要的因素，但是这些东西靠人们去掌握它、使用它。因此，要更好地驾驭立窑，操作者必须政治挂帅，明确为革命看火，认真学习马列主义、毛泽东思想，学会掌握和运用唯物辩证法，同时在实践中不断地总结经验。

唯物辩证法告诉我们，立窑烧成也同人们认识其它客观事物一样，总是从实践到认识，又从认识到实践，循环往复，以至无穷。而每一次循环往复，人的认识又比较地提高了一步。毛主席教导我们：“入门既不难，深造也是办得到的，只要有心，只要善于学习罢了。”（《中国革命战争的战略问题》）只要有决心和信心，又善于虚心体察情况，勇于实践，善于实践，就能由“自在之物”向“为我之物”不断飞跃，就能从“必然王国”不断地走向“自由王国”。

三大革命运动实践的领域极其广阔，而个人的实践范围总是有限的。我是个青年看火工，在党组织的关怀下，承建筑材料科学研究院水泥研究所以及天津、大同、^①焦作、新乡、鄂城、衡阳、广州等水泥厂和本厂的工人师傅、技术人员的满腔热忱的支持和指导，使我这个握惯钢钎的青年工人能拿起笔杆子写书。自己努力把师傅们在操作中积累的经验加以系统化，提高到理论上来认识。初稿写成后，又蒙首都

水泥工业学校作了认真地审阅。因此，《水泥立窑烧成》这个小册子是群众智慧的结晶。

限于水平，难免有谬误，请读者批评指正。

湖南省东江水泥厂

立窑看火工 许永善

目 录

第一章 概述.....	1
第一节 立窑生产水泥的工艺流程.....	2
第二节 烧制水泥熟料的原料及生料制备.....	4
第三节 立窑用燃料.....	7
第二章 立窑的构造	9
第一节 立窑的形状和规格.....	9
第二节 普通立窑的构造.....	11
第三节 机械化立窑的构造.....	17
第四节 砌窑材料及窑体砌筑.....	32
第五节 鼓风机和送风方式.....	34
第六节 立窑生产的工艺计算.....	45
第三章 立窑的附属设备	50
第一节 生料贮仓及搅拌装置.....	50
第二节 成球机.....	51
第三节 煤料配合装置.....	58
第四章 立窑烧制水泥熟料的原理	63
第一节 熟料的矿物组成和化学成分.....	63
第二节 立窑内物料的煅烧过程.....	69
第三节 立窑的热工原理.....	76
第四节 立窑煅烧工艺.....	86
第五章 立窑的操作	90
第一节 热工仪表及看火操作用具.....	90
第二节 烘窑和点火	101
第三节 操作方法	104
第四节 煅烧时的正常操作	107
第五节 不正常情况的处理	119

第一章 概 述

水泥生产，包括生料制备、入窑煅烧、熟料粉磨等环节。按煅烧设备的不同，水泥生产方法可分为横向的回转窑生产和竖向的立窑生产两种。

早在19世纪初，人类就开始用立窑煅烧水泥熟料了，最初生产水泥是将生料制成块晒干，与燃料一起从窑顶装入窑内，由窑的底部自然吸风入窑，约经6~7天才能将一窑生料全部烧成熟料，然后由窑内扒出。这种间歇式立窑的整个生产过程都是人工操作的，窑的产量和熟料的质量都低。

“人类社会的生产活动，是一步又一步地由低级向高级发展”（《实践论》），随着熟料烧成技术的提高，间歇式立窑逐步发展为连续作业的阶梯式立窑，然后又发展成结构与现在的立窑相仿的圆筒式立窑；并由一层料一层煤的煅烧方法，逐步改成将生料与碎煤屑混拌成球送入窑内煅烧的方法，同时采用机械鼓风或机械排风的方法加强通风。

然而，“**客观现实世界的变化运动永远没有完结**”（《实践论》），19世纪末，水泥工业出现了回转窑，人们对回转窑生产优质水泥熟料的认识，又转过来促进了立窑的发展与提高。立窑的结构不断改进，采用了机械连续加料、连续卸料装置；煅烧技术不断提高，产量迅速增加，熟料质量也相应地提高。与回转窑比较，立窑生产水泥还具有钢材省、投资小、收效快、煤耗低、对燃料要求不高等优点。可是，有一种形而上学的观点认为立窑要淘汰，这是不符合水泥工业发

展的客观规律。“事物都是一分为二的”。立窑确实存在着与它的优点相对立的许多缺点，其中最突出的就是断面通风不均匀，煅烧不均匀。但是我们不能被这些缺点所难住。现在通过采用差热煅烧、黑生料法、包壳料球法、升高中心风管等生产技术后，立窑的弱点逐步得到克服，显示出强大的生命力。

伟大领袖毛主席制定的鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线和一整套“两条腿走路”的方针，为立窑的发展开辟了广阔的前途。目前立窑生产水泥在我国水泥工业中占有相当大的比重。因此，如何不断地改进立窑的生产工艺，逐步取得回转窑的优点，使它在原有的基础上不断提高。这不仅是提高立窑生产水平的问题，而且还可以使立窑继续发展，为水泥生产技术的发展带来一个新的飞跃。

第一节 立窑生产水泥的工艺流程

立窑生产水泥，一般将磨细的生料与燃料按比例混合，送到成球机中，加水制成料球，然后从立窑的上部加入窑内进行煅烧。

生产水泥的原料，要经过破碎和粉磨。立窑厂采用的破碎设备，多系颚式破碎机和锤式破碎机；生料及水泥的粉磨设备，采用球磨机或管磨机；将生料煅烧成熟料的立窑，有普通立窑和机械化立窑。

上述这些生产水泥的主要设备一般用螺旋输送机、提升机、皮带机等连接起来，构成水泥生产工艺线（图1-1）。水泥生产的特点是连续性强，各个工序之间是密切联系的，所以在工艺布置上，要求合乎它们之间的内在联系，各加工

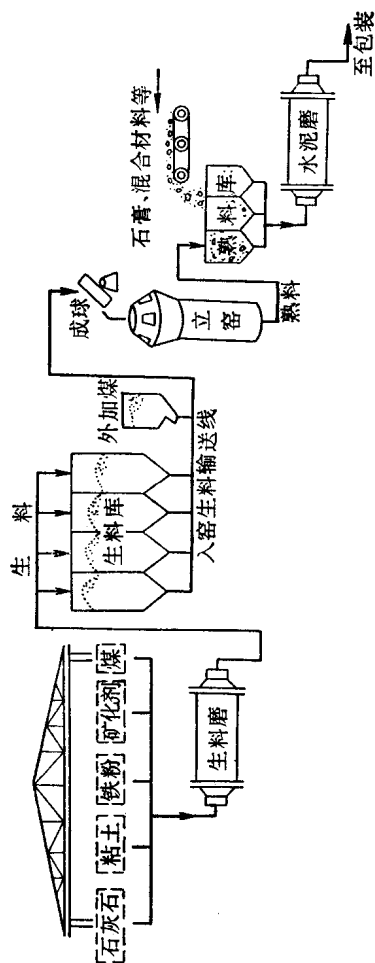


图 1-1 立窑生产水泥的工艺流程

物料能由上一道工序通畅地转到下一道工序，避免和减少物料运输的迂回和交叉现象。布置要紧凑，尽量减少工厂的占地面积，缩短运输距离，减少运输设备。并且要求留有发展和逐步改进的余地。

第二节 烧制水泥熟料的原料及生料制备

一、原料的种类及选择

(一) 石灰质原料

石灰质原料的主要成分为碳酸钙，是水泥熟料中氧化钙成分的主要来源。常用的有石灰石、泥灰岩、白垩，其它还有大理石、方解石、贝壳类等。除了这些天然原料外，还有一些含有大量氧化钙的各种工业废渣、废料，如：化工厂的电石渣、糖厂的糖滤泥等。石灰质原料的共同特性是在 1000°C 高温下煅烧都生成石灰。稀盐酸(HCl)滴在这些原料上，都有起泡现象。

对石灰质原料的一般技术要求如下：

1. 氧化钙含量不低于45% (即碳酸钙含量在80%以上)，最好高于48%；
2. 氧化镁含量不超过3%；
3. 燧石平均含量不超过4%，或燧石质二氧化硅的含量低于3%；
4. 三氧化硅、氧化钾、氧化钠等含量在与粘土配合使用时，应保证在水泥熟料中的允许含量内 (即 SO_3 含量不超过3%； $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 含量不超过1%)。

石灰石中的氧化钙含量低，粘土成分及其它杂质就高，对配料影响较大。当氧化钙含量小于48%，而粘土硅酸率正

常时，应注意石灰石的硅酸率是否适当，不然会造成配料困难。

（二）粘土质原料

粘土质原料是水泥熟料中酸性成分（主要为二氧化硅、三氧化二铝、三氧化二铁）的主要来源，有粘土、黄土、页岩、河泥等，使用最广泛的是粘土。选择粘土质原料，希望粘土的硅酸率要合适，塑性要好，含碱量要低。根据粘土质原料资源及目前立窑厂的生产情况，对粘土质原料的一般技术要求如下：

1. 二氧化硅含量：58~68%；三氧化二铝含量：14~21%；三氧化二铁含量：5~9%。

2. 硅酸率最好在2.5~3.5，铝氧率在1.5~3.5之间，若高于或低于以上范围，一般要增加校正原料的种类。

3. 氧化镁含量应小于3%，碱含量应小于4%，三氧化硫含量应小于1%。

4. 粘土中的碎石、砾石、钙质结核（粒径大于3毫米）的总和最好小于3%。

5. 粘土在900孔/厘米²筛上的筛余（粒径大于0.2毫米的粗砂）最好小于5%，4900孔/厘米²筛上的筛余（粒径大于0.088毫米的粗砂）最好小于10%。

6. 塑性指数大于13。

在水泥工业蓬勃发展的形势下，目前不少厂利用工业废渣作为粘土质原料，如煤矸石、粉煤灰及炉渣等，在生产中已取得良好的效果。

（三）辅助原料

用石灰质原料和粘土质原料，往往还不能获得成分适当的生料，为了满足熟料成分的要求与改善烧成条件，需要外

加一至两种含三氧化二铁、三氧化二铝或二氧化硅高的原料综合配料。通常称这种辅助原料为校正原料，常用的有含三氧化二铁高的铁矿石、硫酸渣(含铁量最好能达到60~70%)；含三氧化二铝高的矾土；含二氧化硅高的砂子或砂岩，其含砂量大，对粉磨、成球和煅烧均有影响，只宜少量采用，要求其氧化硅含量达70~90%，或硅酸率大于4。

以上是制备硅酸盐水泥生料用的原料的一般要求，在实际生产中往往有些原料有缺陷，但是通过配料，各种原料相互弥补，只要总的化学成分符合煅烧水泥熟料的要求即可。

为了加速熟料矿物的形成，提高熟料的产量与质量，往往使用能促进煅烧的少量外加剂。这种外加剂，叫做矿化剂。矿化剂的种类很多，最常用的是萤石，其掺加量以生料重量的0.3~0.5%为宜。其它如氟石膏、磷石膏、铜矿渣、铅矿渣等，也可用作矿化剂。

二、对生料的工艺要求

选择好的原料，经过破碎、烘干，配合后研磨制成生料。生料的成分与制备质量是稳定立窑煅烧制度、保证熟料质量的先决条件。为此，生料必须符合下述的工艺要求。

1. 生料成分要适宜、均匀、稳定：根据所要求的熟料成分（或各率值），并考虑到各种原料的成分、立窑的构造、煅烧技术、操作水平以及燃料的情况等因素，制备成分适宜的生料。此外还必须保持生料成分的均匀稳定，使生料中氧化钙、二氧化硅、三氧化二铁、三氧化二铝四种氧化物的含量波动不大，而后将其成球入窑煅烧。

2. 生料的细度要适当：生料磨得细，在窑内煅烧时各氧化物之间的化学反应就快，有助于熟料矿物的形成。但是，磨得太细时，生料磨的产量低、电耗大。在选择生料细度

时，应本着优质、高产、低消耗的原则，一般控制在10%左右（4900孔/厘米²筛筛余）。

如果原料中含有害杂质（燧石、石英砂）或氧化镁含量较高，生料饱和比偏高，则生料的细度应比通常情况下细一些，以利于生料煅烧。

第三节 立 窑 用 燃 料

水泥熟料全靠燃料的热能煅烧而成。因此，燃料是决定熟料产质量的重要因素之一。目前，我国立窑用燃料主要是无烟煤，也有用焦炭末和烟煤的。

烟煤、无烟煤和焦炭末，这三种燃料的热值，一般都在5000千卡/公斤燃料以上，其区分就在于燃料中的挥发分多少。一般挥发分在10%以上的，称之为烟煤；挥发分在6~10%之内，称之为无烟煤；焦炭的挥发分接近于零，但是焦炭末的挥发分略为高些，可达到3~4%。

立窑烧制水泥熟料时，由于燃料直接和物料接触，当煤进入预烧带正好遇到低温（200~600℃）和缺氧气氛，挥发分馏时，周围氧气稀少，并处在燃烧和生料分解出的CO₂包围之中，加之立窑采用高压鼓风，所以挥发分高的煤，往往挥发分还未燃烧就随废气进入烟囱，增加了热损失。可见在立窑上采用无烟煤较为适宜。如果用烟煤，最好是将烟煤、无烟煤或焦炭末搭配使用，控制挥发分的含量。全部用烟煤时，可采用暗火深烧等措施降低热耗。

立窑用煤的发热量最好在5000千卡/公斤燃料以上，固定炭在60%以上，挥发分在10%以下，灰分不宜超过30%。但是，我们在选择立窑用煤时，应尽可能地利用地方煤源，