

(64)出国参观考察报告之 70

英国丹麦水泥和水泥制品工厂 参 观 报 告

(内部资料·注意保存)

中华人民共和国科学技术委员会情报局編印

一九六四年五月

說 明

我有关部門曾派范希朋、何欧里、刘公誠、李济元四位同志赴英国、丹麦參觀訪問。參觀小組曾于1963年10月至12月先后參觀了丹麦建筑展覽会、英国国际建筑展覽会和水泥、玻璃陶瓷方面的一些工厂和研究单位，并于回国后編写了參觀报告。这些报告在付印之前，又經建工部建筑材料研究院技术情报室进行了整理和加工。

为了滿足各单位的需要，将全部报告分水泥及玻璃陶瓷两部分印发有关部門参考。

目 录

一 英国波特兰水泥联合制造公司伟斯勃来厂(Associated Portland Cement Manufacturing Co. Westbury)参观记要.....	(1)
二 英国水泥机械制造公司参观记要.....	(3)
三 英国 IGI 比林汉姆分公司石膏制造硫酸和水泥情况.....	(4)
四 丹麦斯密芝公司 (F. L. Smith & Co.) 及其水泥设备.....	(7)
五 丹麦阿尔堡波特兰水泥公司参观记要.....	(12)
六 丹麦卡斯特拉普混凝土研究所及西兰制件厂参观记要.....	(17)
七 丹麦佩特沙勃混凝土机械制造厂参观记要 (Pedershaab Maskinfabrik A/S).....	(18)
八 丹麦麦尔姆斯脱雷姆建筑工程公司 (P. E. Malmstrøm) 概况.....	(20)
九 英国煤灰陶粒工厂参观记要.....	(21)
十 丹麦费斯貝克陶粒厂(A/S Fiskback Betonklinkerfabrik)参观记要.....	(25)
十一 丹麦、英国石棉水泥制品工业参观记要.....	(27)
十二 丹麦法克斯石灰制造厂(Faxe Kalkbrud A/S) 参观记要.....	(39)
十三 丹麦、英国灰砂砖厂参观记要.....	(41)
十四 英国建筑研究所 (Building Research Station) 参观记要.....	(43)

英国丹麦水泥和水泥制品

参观报告

建筑材料参观小组

一 英国波特兰水泥联合制造公司伟斯勃来厂 (Associated Portland Cement Manufacturing Co. Westbury)

参观记要

(一) 工厂概况

该厂系波特兰水泥联合制造公司与維克斯-阿姆斯特朗 (Vickers-Armstrong) 公司共同设计的。主要设备磨磨为阿姆斯特朗公司产品。该厂于 1961 年 10 月开始投产。据称, 由于机械上的原因, 运转尚未完全正常。

该厂为湿法生产。石灰石—白垩土来源距厂约 3 公里。页岩取自厂附近(50 米以内)。一台窑, 日产 850 吨熟料。目前, 生产三种水泥——普通水泥, 快硬水泥及砌筑水泥。全厂职工 167 人, 其中生产工人 90 名, 其余为行政人员及散装水泥卡车司机。生产出来的水泥用火车及汽车外运。散装水泥约占 35%。散装水泥卡车 35 辆, 系厂自有。每辆卡车的装载量约 16 吨, 为卧式直筒罐。

(二) 生产流程

白垩土矿质地较硬, 用 $2\frac{1}{2}$ 吨的罐土机开掘, 倒入卡车, 然后, 运到设在矿上的淘泥池。淘泥机系两级式, 第一级用一个较大的淘浆机, 第二级用两个较小的淘浆机, 再经弧形筛进入生料磨, 出磨料浆用往复式泵打至厂部, 储存于一个大料浆池中, 再由此料浆池打入淘泥机。另一方面粘土亦由罐土机挖掘, 由汽车装运至皮带机上的一个料斗, 由皮带机送至上述淘泥机。淘泥机也是两级式, 第一级较大, 第二级较小。白垩土与粘土在淘泥机混合后(淘泥机中不再加水)被送至四个直筒式料浆柜, 配好的料浆再送至三个大料浆储存池。

生料浆(水分 42%)由储浆池被泵送至窑。出窑熟料经由二次通过的 Fuller 型冷却机冷却后, 由拖链及挂斗送入 4 个密闭的圆筒料仓。

窑用的燃料为煤屑, 由料仓一端的下料口落入皮带机, 经由挂斗送至煤斗, 再入煤磨。进窑一次风通过冷却机由鼓风机送入煤磨下部, 再从煤磨上部与煤粉一起送进入窑。

与 4 个圆筒料仓并列的还有两个圆筒料仓, 一个储存石膏, 另一个储存石灰石(砌筑水泥用的)。6 个料仓底下各装有下列料口, 料子分别落入称量皮带机, 再经由一个总的皮带机

送入水泥磨。出磨水泥则由 Fuller 泵送入水泥庫。水泥庫有 6 个，4 个为鋼筋混凝土圓筒庫，两个为鋼板制的方形庫，后者用于散裝水泥。包装机用 12 嘴的 Fluxo 包装机，每小时包裝 120 吨。装好的水泥落入皮带机，再分三路皮带机直接裝載卡車上。

(三) 各个車間和机组的特点

1. 生料的制备

該厂制备生料的特点是：将石灰組分的白堊土原料先磨制成浆，然后再加入粘土，陶洗成生料浆。設置了很多淘浆設備和儲浆池，儲浆柜（共計白堊白淘浆机 3 个，生料淘浆机 2 个，生料浆柜 4 个，窖用料浆池 3 个），土建費用很大。看来白堊土原料质地不太好，一方面粘性太大，水分降不下来（入窖料浆水分高达 42%）；另一方面含有硬質杂质，虽然沒有看到两厂白堊土原料的化学和矿物成分的数据。本人认为，丹麦的卡尔斯特爾普厂的生料制备工艺流程比較紧凑，虽然在机械装备上多設置了一个回轉混料器，但省去了为数很多、土建費用不小的淘浆和儲浆設備。估計韦斯勃来厂沒有把粘土加入生料磨与白堊土一起粉碎，这就不易保証生料浆成分均匀，会給熟料燒成带来困难，該厂生料制备工艺的后半部（指兩級淘泥机）看来很不合理。

2. 燒成車間的特点

(1) 入窖料浆采用外形上比較简单的流速計型的喂料裝置喂料。喂料量通过磁場調节，但与窖速不联鎖。

(2) 窖設有 7 挡傾圈，其中 4 挡設有双推力輪，并用油压机构控制窖的竄动。窖的預热帶裝置是鏈条，废气經過約 2—3 米长的降尘室后，由排风机吹进收尘器，再入烟囱。收尘器非常特殊，并行 2 排，每排 3 个电收尘器。据陪同参观的 A. F. MacGillioray 介紹，收尘器是波特兰水泥联合制造公司自己設計的。他們认为，多室收尘器的优点是便于逐個維修，不致影响窖的運轉。回收飞灰因影响入窖料浆的粘度，故全部废弃。（按丹麦的卡尔斯特爾普厂采用窖中喂入收尘，故避免了发生对料浆粘度的影响）。

(3) 煤磨采用德制輥环磨(Ring and Roller 型)。

(4) 熟料冷却机采用美国設計的、二次通过的 Fuller 型。从現場观察，它比丹麦卡尔斯特爾普厂的史密芝公司制造的 Folax 冷却机好，出料顏色比較均匀，沒有紅粒子。

(5) 熟料中碎也采用錘式破碎机。

总的看来，燒成車間的可取之点是：采用了輥环型煤磨和 Fuller 型冷却机，以及采用油压机构調整窖的上下竄动。由于料浆水分高，飞灰弃去，所以煤耗（24.3%，1700 千卡/公斤）与料耗（1.67）均很高，此外，入窖料浆不与窖速联鎖，看来也是設計上的缺陷。

3. 水泥磨

是四仓长磨。第四仓采用外壳淋水冷却，沒有裝置电耳，喂料机采用联鎖 Richardson 称量机。超高硬水泥的比面积为 4000 厘米²/克(勃代)。

4. 劳动生产率为每人每周 45 吨（从开采原料至包裝的运输工人）。

5. 初步評价

(1) 工厂設計不够理想，主要是生料制备部分，此外熟料儲存庫容量太小，影响周轉。

(2) 主机窖磨設計比較陈旧，窖灰沒有利用。

二 英国水泥机械制造公司参观記要

(一) 英国爱得加·爱伦 (Edgar Allen) 水泥机械制造公司

該公司曾經制造过的最大的窑日产 900 吨，直径为 13 呎。他們认为，日产能力大于 600 吨的窑往往因为产生偏轉而不能长期安全运转，因此与其装一个大窑，不如装几个小些的窑更好些。該公司強調指出，安全运转是最为經濟的事。他們制作过的最大磨子是 $\phi 9'6'' \times 55'$ ，2000HP，一般采用周边传动的双驱动装置 (Double Drive 用 Girth)，但也有用中心传动的。該公司指出，如果买主需要，也可以設計制造大些的窑。

他們主张采用长窑，也主要因为設計上簡單可靠，认为德式的旋风預热器維修困难，影响安全运转。

窑的热交换，干法窑采用揚料器 (Lifters)，湿法窑采用鏈条，但又說預热器的設計也在研究中，一般來說干法窑的热耗为 1500 大卡/公斤熟料，湿法厂为 1200—1250 大卡/公斤熟料。

該公司向埃及提出的报价单是以湿法生产为主，但也有半湿法，半干法和干法的建議，

湿法：料浆水分 38—39%

半湿法：料浆水分 28—29% (加亚硫酸酒精废液等稀释剂)

半干法：料浆水分 10% (需要成球，用余热器)

干法：

关于窑的自动化装置，該公司认为，用人工操作更可靠，不过应有帮助看火工的指示仪表。以 600 吨窑为例，二挡滾輪設有挡輪，一个为单的，另一个为双的，并用油压控制装置控制，要使窑体在每个班上下窜动二次，以保証滾輪，輪帶均匀磨耗。

窑的冷却机有三种，一般提供圓筒冷却机和多筒式冷却机 (Recuperators)，但也采用 Fuller 型冷却机。該厂制造 Fuller 公司的部分部件。

干法厂的生料攪拌采用 Fuller 公司設計 (扇形法，高压和低压)，由康斯坦丁 (Constantine) 厂提供设备。

該厂主要自己設計制造的設備为破碎机，淘泥机、窑、磨等主要設備，也制造料浆泵。

据告，該厂于 1955 年曾向英帝国化学公司 (ICI) 維德納斯 (Widnes) 厂 (用无水石膏同时制造水泥和硫酸) 提供大部分水泥制造方面的設備。

据大概估計，日产 620 吨工厂的全部机电設備約需 750,000 美元，交貨从定貨之日八个月开始，13 个月内可完成交貨。全厂生产工人从矿山至包装，少則 60—70 人，多則 110 人，現具体設計而有所不同。

据了解，英国在水泥机械制造方面比較落后，保守，实力方面也不及西德和丹麦。

(二) 英国維克斯·阿姆斯特朗水泥机械制造公司 (Vickers Armstrong)

1. 該公司設計和生产的水泥机械設備

設計和供应成套設備，包括新厂和旧厂改建。窑、磨、破碎机等主要設備均由該厂自己設計的。某些設備使用外国設計圖紙。

(1) 窖的特点:

湿法窖采用維克斯 Desiccater型預热装置。窖的扩大胴体部分, 装置带鏈条的涡形管。据称, 这种热交换装置, 只适用于塑性原料, 非塑料原料則用鏈条的热交换器。装有 Desiccater 的窖热耗为 1450—1500 千卡/公斤, 标准煤耗 20% (标准煤 7000 千卡/公斤)。窖的冷却机該公司自己設計的有迴轉筒和多筒式冷却机 (Recuperater) 两种, 用后一种冷却机一般出料温度为 80°C。該公司也制造美国的 Fuller 型炉篦子冷却机, 据称多筒式 (Recuperater) 冷却机的特点为料层比較均匀。該公司設計的也是长型窖, 制造的最大窖为 $\phi 4.1 \times 4.5 \times 140$ 米, 日产 1000 吨。曾为苏联設計的最大窖为 $\phi 5.8 \times 5.4 \times 170$ 米, 日产 2500 吨, 但苏联未向他們訂购。窖的看火还需要靠目力, 不能自动化。

干法窖所用的預热器为在放大带装置多筒式的喂料装置, 热耗为 950 千卡/公斤熟料。但据称这种干法窖的預热装置将为另一种新的設計所替代, 1964 年可能提供。

(2) 磨机的特点:

一般采用一級粉磨設計, 原料磨一般采用閉流循环, 湿法原料磨采用荷兰設計的一种弧形篩 (Sieve Bend) 的分級机。水泥磨則用开流或閉流循环。磨子也有电耳装置, 但磨子运转尚不能达到自动化。已制造的最大磨子为 1800 馬力, 設計但未制造的为 3000 馬力。传动采用中心传动和周边传动二种。

(3) 其他:

干法厂的生料攪拌和袋式收尘器也采用 Fuller 公司設計; 磨子喂料采用 Richardson 型自动重量喂料机。

2. 使用該公司设备的水泥厂

(1) 湿法厂: 波特兰水泥联合制造公司 (APCM) 公司 Westbury 厂离伦敦 150 公里, 1962 年投入生产。維克斯·阿姆斯特朗提供窖磨设备。一台窖产量 800 吨/天, 据称因原料关系未用 Desiccater 型預热装置, 而用鏈条带。

(2) 干法厂: 波特兰水泥联合制造公司 Plymouth 厂建于 1959 年 (离伦敦 500 公里), 窖日产 600—700 吨, 窖和水泥磨系維克斯·阿姆斯特朗提供, 原料磨和窖的旋风預热器系西德洪堡 (Humboldt) 厂提供。

三 英国 ICI 比林汉姆分公司石膏制造硫

酸和水泥情况

茲将英国帝国化学公司 (ICI) 用无水石膏制造硫酸和水泥的情况介紹如下。

(一) 原 料

(1) 无水石膏: 在矿石厂地下 800 呎深处, 用竖井将矿石提升至地面, 日产 2000 吨, 其中一半用以制造硫酸和水泥, 另一半用以制造硫酸銨。

(2) 焦炭: 用本厂的焦炭渣。

(3) 砂: 取自提茲河 (Tees R.)。

(4) 煤灰: 本厂鍋炉。

(二) 生 产 工 艺

无水石膏从吊車庫直接送入儲藏庫；砂、焦炭和煤灰分別在两个圓筒臥式干燥器中干燥（砂单独用一个干燥机，焦炭和煤灰合用一个干燥机，但分別干燥），然后，分別进入儲藏庫。各儲藏庫底下均有自动磅秤。在車間現場观察到的重量配料比是：

无水石膏	2×256 磅
焦 炭	56 磅
煤 灰	75 磅
砂	71 磅

以上原料經磅量后落入皮带机，送入多室管磨。管磨有两台（FLS）。經手摸感觸細度約 10%（4900 孔篩）。出磨混合料通过流槽提升机，送入 6 个立式圓筒庫，入庫时逐一加入，取用时，同时抽 5 个庫，由庫底流槽經提升机送到客頂上的一个儲料器內，由螺旋输送机經分隔輪式喂料机送入客中。儲料器有溢流装置，溢流回入提升机。上述 6 个混合料庫均装有控制閥。閥門大小取决于提升机負荷电流。与六个混合庫并行的还有一个客回灰庫。部分客灰与混合料在庫底流槽摻合后进入客中。据說，混合料儲存庫原設計有多孔板攪拌装置，因实际上未能起翻騰(boil)物料的作用，反而容易造成大孔道，現已废弃不用，仍沿用一般吹入少量空气的方法。为保証入客混合料的均匀性，主要是采取 5 个庫同时放料。旋轉式分隔輪的轉速由客头看火工控制。客的尺寸为 $\phi 14' \times 11' \times 365'$ ，亦是两头大，中間小，燃料用煤粉。煤粉为英国阿尔弗雷德·赫尔贝尔特(Alfred Herbert)产的。碾磨机（外觀象是一个鼓风机，体积很小，估計直径約 $\phi 700-800$ 毫米）的日产量为 70 吨，燃烧带温度为 $1400-1450^{\circ}\text{C}$ ，窑尾温度約为 600°C ，窑尾烟室的温度約 580°C 。主要通过調整煤粉加入量来控制客內气氛。出烟室气体中的 $\text{SO}_2=8\%$ ， $\text{CO}_2=14\%$ ， $\text{O}_2=0$ ， $\text{CO}=0$ （窑尾烟室側部通入空气）。窑冷却机为多筒式。粉磨煤的碾磨机一边烘干，一边磨細，从客头吸取一次空气。窑燃烧带用鎂銘砖，一般寿命为一年。窑为維克斯-阿姆斯特朗(Vickers-Armstrong)厂产品，传动用达維德·布朗(David Brown)液压传动設備。現場观察的窑轉速为每轉 71 秒。通过客內的气体流量为 $38,500 \text{ 米}^3/\text{小时}$ 。

出烟室气体被抽风机依次送入冷却塔、靜电收尘室和干燥塔。在冷却塔中气体被冷却至 40°C ，干燥塔中用硫酸为干燥剂。在干燥塔中另通入二次空气，离鼓风机的气体温度升高至 80°C 左右， SO_2 含量减少为 7% 左右。气体从鼓风机进入热交换器后被加热至 410°C ，再进入轉化室。用 V_2O_5 作为触媒剂（帝国化学公司，寿命約 8 年）。热交换器和轉化室都为多級式。轉变为 SO_3 的气体（6—7% SO_3 ）被送入硫酸吸收器，未轉化的 SO_2 約为 0.3%，再被送入洗气器，与氨水作用制成 NH_4HSO_3 。

硫酸可以制成发烟硫酸（100% H_2SO_4 ），但多数制成 96% H_2SO_4 。

全厂共有 3 台窑，这里只介紹一下 1955 年新建的新厂（一台窑）。新厂每年生产水泥和硫酸各 80,000 吨，旧厂的两台窑共生产 90,000 吨熟料和硫酸。制成的熟料由架空索道运至同属于必林汉姆分公司的另一个水泥厂磨制成水泥。

全厂从儲存原料至制成熟料每班運轉工人不过 4 人（不包括原料开采和化驗人員），此外硫酸厂每班只有一个工人看管控制盘。

化驗室沒有人讲解，我們看到一台紅外線光譜吸收仪。据說，与奥氏仪併用，每 2 小时檢驗一次窑尾 CO 与 O_2 ，每次檢驗需要 20 分钟。

(三) 生产关键问题

曾向該厂提出了用无水石膏制造水泥与用碳酸鈣制造水泥在生产控制与化驗室控制上有无区别的問題, 据說, 主要在于: ①原料本身以及混合料的均匀性。至于原料的物理化学特性, 則不是主要問題, 主要在于原料的成分必需均齐; ②看火工的作用在于維持窑內气氛为中性, 即既非氧化性, 亦非还原性, 这是最关键部分, 否則熟料中会含有 CaSO_4 或 CaS , 这些都会影响熟料质量。看火工的水平要求較高; ③在仪表控制方面比普通窑多一个, 窑尾温度与窑尾烟室的温度差, 温度差必須保持恒温。如果窑尾气体还剩余 CO , 那末烟室温度就会上升, 反之如有过剩 O_2 , 則温度降低。为此設有連接煤磨的继电装置, 以便随着温度来調节煤粉加入量; ④一般維持窑速一定, 調节入窑物料量。

熟料的化学成分 CaO 含量較高, 我們在制造 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 所得副产品 CaCO_3 来制造水泥的工厂, 了解到当天熟料的矿物組成为: $\text{C}_3\text{S}=70.4\%$ 、 $\text{C}_2\text{S}=8.3$ 、 $\text{C}_3\text{A}=9.67$ 、 $\text{C}_4\text{AF}=6.96$ 、 $f\text{CaO}=1.2\%$, 这种熟料与用 CaCO_3 制造的熟料混合后, 再磨制水泥。看来就硫酸-水泥厂本身来说, 調整熟料矿物組成的伸縮性比較小。

此外, 由于受厂方時間安排的限制, 硫酸制造部分沒来得及参观。据与用 FeS (硫鉄矿) 制造硫酸的工厂完全相同, 是标准設計的。

关于材料平衡数据, 我們看到該公司在参观前送来的 Dr. Bedwell 所写的文章(1952年)。据說与目前情况相同。Dr. Bedwell 指出, 用无水石膏制硫酸的设备投資較大*, 除非沒有硫磺資源缺乏, 否則就不宜采用。此外, 因设备投資大, 产量不宜过小。就英国情况来说, 年产量应不小于 50,000 吨。

(四) 用沉淀碳酸鈣制造水泥的工厂

比邻汉姆分公司是英帝国化学公司最大的一个部分。其主要产品为硫酸銨、磷肥、氮肥及白堊硝(Nitro-Chalk) $(\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3)$ 。有两个水泥厂, 一个是上述用无水石膏作原料同时制造硫酸和水泥, 另一个工厂則利用制造硫酸銨的副产品 CaCO_3 ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$) 作原料的制造厂。該厂是在 1932 年建成的, 两台窑尺寸为 $\phi 9' \times 277'$, 日产 500 吨。

原料除碳酸鈣外用粘土和砂。砂先在球磨中磨成浆 (<100 微米), 然后在淘泥机与沉淀的碳酸鈣和粘土一起攪拌混合。碳酸鈣中 CaO 含量为 49%, 水分 25% 左右, SO_3 含量有些跳动, 少則 2—3%, 多則 8—10%, 要求不能 $>6\%$, 平均为 4% 左右。为此, 烧成温度較高 (1450°C), 否則剩余硫化物与硫酸物都会影响熟料质量。制成熟料的硫化物含量为 0.01% (硫酸厂制成的熟料为 0.05%)。

由于生料浆水分 $>40\%$ 时会发生沉淀, 所以用料浆过滤器过滤后的水分为 30%。

两台窑都是采用多筒冷却机, 煤磨也用阿尔弗雷德·赫耳貝尔特制造的 Attritor 磨。

水泥磨有五台, 于 1954 年装了 FLS 的錘式喂料机和内部水冷却装置。据說, 内部水冷却可以更有效地防止水泥发生急凝, 对提高产量作用不显著。生产普通水泥与快硬水泥两种。快硬水泥的比表面积为 4000 厘米²/克, 普通水泥为 3000 厘米²/克。第三仓采用 Nihard 小圓柱体作为研磨介质。据說, 磨耗很小, 运转三年沒有补充。小鋼球消耗量原为 2 磅/吨,

* 詳細叙述从略, 參見資料。

現已降至 <1 磅/吨。

如前所述，在这两个厂里是把制造硫酸厂所得的熟料与本厂的熟料掺合一起，磨制成水泥。两种熟料及磨成水泥的矿物组成（当天记录的）如下：

	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
硫酸厂	70.4	8.3	9.67	6.96
碳酸钙厂	51.5	20.7	13.91	6.96
平均	54.4	16.6	11.53	6.96

制成的水泥一半是散装的。包装机为 FLS 十二咀的回轉式包装机。

窑衬用耐火砖（烧成带）。70% 高铝硅的寿命为一年，Mg- C_2 砖为 3 年。

该厂认为，用副产品 $CaSO_3$ 制水泥最重要的是控制 Ca 及 S。为此，最近计划安装 X 荧光光谱分析仪来控制配料。据估计，以后配料可以不必采用高低钙料浆缸的方法。从淘泥机出来的料浆就可以符合配料要求。

結語：

1. 用无水石膏制造水泥，在设备上与普通水泥没有很大差别。关键在于用窑尾温差控制气氛，制造硫酸部分与用硫铁矿作原料情况相同。

2. 由于 $CaSO_4$ 分解温度高，同样尺寸的窑产量大为降低。

3. 窑用砖（燃烧带）必须是碱质的 MgO 砖或 Cr-Mg 砖，否则侵蚀很大。

四 丹麦斯密芝公司及其水泥设备

(F. L. Smith & Co.)

丹麦斯密芝公司在本世纪的二十年代就以水泥机械制造厂驰名全球，也为我国水泥界所熟知。解放前除为西村、四川、江南三个水泥厂设计并售给全套设备外，亦曾向启新、上海等厂供应过窑磨及辅助设备。解放后，1959 年有关部门曾为山东水泥厂向斯密芝公司订购了日产熟料 1800 吨（二台窑）的全套设备。

我们在丹麦期间参观了该公司有关部门，并与其有关技术人员进行了座谈。现就了解情况介绍如下。

(一) 斯密芝公司概况

斯密芝公司创立于 1882 年，并以其创办人 F. L. Smidth 的名字命名。最初的专业是制造砖瓦，以后应用其制造砖瓦的经验进而转入水泥工业。1888 年在瑞典建造了第一座水泥厂，继而在丹麦北部阿尔堡 (Aalborg) 地方为阿尔堡水泥公司 (Rördal) 厂安装了长 18 米、生产能力为 30 吨的窑两台。1898 年在丹麦首都哥本哈根毗邻，现斯密芝公司所在地建立了一个专门制造水泥设备的机械厂，从此斯密芝公司奠定了从事水泥设备的研究、设计、制造、安装，并同时经营水泥生产的一个全能性行业的基础。哥本哈根总公司现有职工 1000 人，包括工程设计人员 600 人。其机械制造厂则有职工 1250 人，95% 业务是对外出口。此外在美、英、法、西德、西班牙、印度、巴西、意大利、日本等 9 个国家设有设备制造厂（美国和西德）或营业机构，在国内外还有为数不少的承制该公司设计的转包工厂。据截至 1957 年的

統計，該公司設計製造的設備出售至 73 個國家，1000 多個工廠，包括窯 1250 台（其中用於製造水泥 1000 台），磨 5000 台，1957 年以前的 30 年內其售出窯的總生產能力達 8000 萬噸，相當於 1957 年世界水泥總產量的 40% 左右。在水泥生產方面，它也擁有很大投資，丹麥全國有 5 個水泥廠，其中 4 個屬於它有重大投資的阿爾堡水泥公司 (Alborg Portland Cement Fabrik A/S)。在英國、瑞典、挪威、葡萄牙、拉丁美洲等國家的水泥廠都有投資。看來，斯密芝公司在國外水泥工業方面擁有一定實力。

斯密芝公司設計製造的設備還有生產石棉水泥板、石棉水泥管和陶粒的機械，其與意大利發明人馬格南尼 (Magnani) “合作”設計製造生產的石棉板、瓦、管的設備，具有工藝簡單而且可以利用短纖維的優點。斯密芝公司是丹麥四大資本集團之一，在紙袋、石灰、磚瓦、窗玻璃、煉鐵、機器、混凝土制品以及土木工程和運輸方面也有不同比重的投資。

(二) 斯密芝公司的直屬機械廠及試驗室

機械廠占地 115,000 米²，其生產車間的面積為 45,000 米²，設有冶煉、翻砂、冷作、電焊車床、磨床、銑床、卷板機等設備。全廠有工人 1100 人，技術行政人員 125 人。機器廠附設技工訓練學校，有學生 100 多人，學習期限三年，招生多數為中等學校畢業生。

試驗室主要為新廠工藝設計服務，新廠的原料必須先經化學分析並通過工藝生產的試驗及產品質量的檢驗，其目的在於確定工廠的生產工藝和設備設計，並提供保證技術經濟指標，如煤耗，電耗，小時產量等。為此，試驗室設有工藝試驗、化學分析室和物理試驗室。

工藝試驗室是一個大房間，估計面積約 200 米²。破碎、粉磨和燒成各工段不成一個連續生產綫，各機是單獨設置。破碎設備有約 300×400 毫米的白磨機和外徑約 400 毫米的盤磨機各一台。共有約 600×600 毫米球磨機 8 台，各球磨裝入一種尺寸的鋼彈，經破碎的物料先放在裝有大鋼球的磨中粉磨，粉磨一定時間後，倒出進行篩析，然後放入裝較小鋼球的球磨中再進行粉磨，這樣依次粉磨約 3 次，每次破碎和粉磨均分別進行篩析，以便測定原料或熟料的破碎性和易磨性。

窯有約 $\phi 0.5 \times 3$ 米和約 $\phi 0.6 \times 0.8$ 米各 2 台，前者為連續加料式，後者為不連續加料式。不連續窯每次燒 6—7 小時（溫度 1400℃），燃料都用煤氣。燒成熟料除進行化學分析外，進行反光顯微鏡的岩相觀察，並直接放大映射在牆上的銀幕上。試生產品做抗拉和抗压試驗，抗拉試驗採用 8 字型模子 (RILEM 方法)，另外做成混凝土作耐压強度試驗。

化學分析方面所見到的比較精密的儀器有測定鉀鈉的火焰光度計。據稱每天可做 25—50 個試樣，測定水泥白度的 Beckmaun 分光光度計（美國制）。據說用此儀器的測定結果：一般白水泥的白度為 84—85%，特殊優質的為 89%，此外有該廠試驗室自己設計的快速計算配料的電子儀 (Analyze Computator) 一台，其它看到的還有量熱計、炭素分析儀、硅炭棒電爐等比較一般的設備。據觀察估計，試驗室的全部工作人員不超過 20 名。

(三) 斯密芝公司水泥設備的特點

斯密芝公司設計並製造成套水泥機械裝備（礦山開采設備除外），包括破碎機、淘泥機、球磨、迴轉窯、熱料冷卻機、包裝機、收塵器、物料輸送設備等。這些機械裝備都有該公司的獨特設計。現就主要設備——窯磨方面的情況介紹如下：

1. 迴轉窯

(1) 窑中的余热装置:

斯密芝设计的窑不论湿法或干法,大都属于长型窑。湿法窑从窑喂料开始有料浆余热器、链条带和隔窗等三级的热交换装置。干法窑内则只装隔窗板。湿法窑的热耗为1200—1240大卡/公斤(料浆水分37%),干法窑的热耗为1000大卡/公斤。料浆预热器是装有热交换垫物的多仓装置。其主要作用在于降低煤耗。由于其兼具收尘的作用,因而装有料浆预热器的窑可相应地减小收尘设备。这种预热器与我国水泥厂的料浆预热器(德国Miag公司产品)不同,它是臥式的,而且构成窑胴体的一部分。链条的挂法有各种不同的设计,以适应原料、料浆水分和气体、湿度等各种情况。湿法窑的隔仓板位于链条带下端,把窑的截面隔为6个仓。小型窑(120吨),则隔为4个仓,隔仓板的设计具有扬料的作用和增加热传导面积。隔仓板是用耐热合金制成,进入隔仓的气体温度不能超过670°C,因此改造旧窑时,如欲加装隔仓,必须考虑胴体的长度,另外窑内的热交换装置也决定于工厂对产量和节约热耗要求之间的权衡。我国1959年向斯密芝公司所订购的窑,只有料浆预热器和链条,而没有隔仓装置。据说,当初作出这样的决定,是为了要求产量高的缘故。于1958年建成的卡尔斯特拉普水泥厂,因所用白垩土原料含有大量燧石,料浆硅率较高,但由于迴轉窑装有三级热交换装置,产量从原设计能力的400吨提高至目前的500吨时,其热耗也不过1300大卡/公斤(料浆粉=35%),而山东水泥厂的保证热耗则为1350大卡/公斤。据称装有隔仓的干法窑可以节约热耗10—15%。

(2) 带旋风预热器的窑:

斯密芝也设计装在窑外的旋风预热器,但是二级式的。据称,战后曾供应美国5台,澳大利亚一台,印度一台,热耗均为800—850大卡/公斤,但在维护方面不如长窑好,而且钾钠与氯化物不易挥发,在一定程度上影响熟料的质量,为此不主张向我们推荐,并推说没有现成样本,也没有给我们该方面的资料。

(3) 窑中喂料:

窑中喂灰已成为斯密芝公司新型窑的定型设计(该公司在1947年已有专利)。喂灰口位置设在隔仓下端。由于采用窑中喂灰,因掺入窑灰引起窑尾的结圈问题,已获全部解决。至于窑灰是否能全部或部分回收,则决定于窑灰中碱和氯化物的含量。

(4) 窑的自动化:

到目前为止斯密芝设计的窑还不具有自动调节二次风的装置,窑的操作仍旧不能摆脱看火工。他们认为,窑比磨子复杂,烧成带的温度不易测准,不能完全排除入窑生料的波动,这是迴轉窑操作进一步自动化的最大障碍。关于用电视机遥控操作的问题,认为当并列有几个窑时,有了电视机只需一个看火工掌握就可以了,但仍旧不如直接观察好,并说他们在西班牙某工厂装了电视机后,使用结果并不满意。

(5) 熟料冷却机:

斯密芝公司设计的大型窑。自1947年由多筒式冷却机(Unax cooler)改为炉篦子冷却机,牌号为Folax,工作原理与美国Allis Chalmers和Fuller公司的产品大致相同,但其炉篦子有两级阶梯式,一次通过空气。据称,其最近的产品也设计有二次通过的,并称与Fullre冷却机一样,都使用耐热钢,但斯密芝公司设计的耐热钢部分要多些,也更为耐久些。

斯密芝公司迄今设计的最大的窑为 $\phi 5.25 \times 5.0 \times 5.25 \times 20.5$ 米,日产量达1800吨。据告,该公司为日本某水泥厂设计的这样的窑已有三台,于1964年1月投入生产。

2. 磨子

(1) 磨子的自动化——喂料的自动控制。

喂料的自动控制，也就是磨子运转的自动化，是通过装置吊式喂料机 (Pendant Feeder)、挂斗电流控制仪和电耳来实现的。吊式喂料机是一种喂料皮带的、转速能随着物料容重发生改变而自动调节的重量喂料机。在物料密度或粒度发生变动的情况下，单位时间内的喂料量可保持固定不变 (见图 1)。A 为进入磨子的斜槽，B 是校称重量的管槽 (借转动挡板位置)， V_{a1} 和 V_{a2} 是两个变动装置，M 为电动机，G 为减速器，指示针表明喂入量。

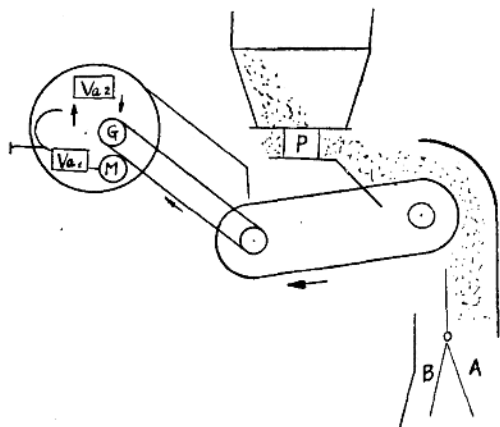


图 1

首先用喂料机旁的把手或控制板上的遥控器调节放磨的喂料量，当因物料密度或粒度，亦即皮带上的输送重量发生变动而使喂料带改变其原来的倾斜角时，变动装置 V_{a2} 就会使皮带转速发生相应的改变，保持喂料量固定不变。所有入磨的物料都装有同样的喂料机，这就可以保持物料的重量配比固定不变。至于磨子喂料总量的自动控制，在正常的情况下，是通过连接出料挂斗的电表 (电源负荷) 和喂料机变动装置 V_{a1} 来调节的，也就是说另一个调整喂料皮带转速的变动装置 V_{a1} 是受制于挂斗的负荷，但当第一仓发生满仓时，电耳给喂料器总门发出信号，使各个喂料机同时中止喂料，此时 V_{a1} 与提升机的线路就被自动切断。此外喂料机不但有表示瞬间喂料量的指示表，而且装有连续记录的仪表。

看磨工的操纵室装有指示车间全部运转情况的照明流程图和电钮的控制盘，磨子的运转可说已是完全自动化了。

(2) 磨内水冷却。

江南水泥厂的斯密芝水泥磨，最后的第三仓磨壳是采用淋水冷却的，新设计的磨子都已改为向最后一仓喷雾冷却，喷水量控制在使磨内温度保持 $110-120^{\circ}\text{C}$ ，采取磨内喷水的方法除可更有效地防止钢球的粘附和二水石膏的脱水外，还能保护磨壳和保持车间整洁。

(3) 磨子的传动。

较大的磨子都用“对称”减速的中心传动代替了小牙轮带大牙轮的边侧传动。1957 年制造的最大减速器为 2500 马力。现在已经能制造 4000—5000 马力的减速器。据称，日产 2000 吨的水泥厂现在已有可能设计使用单机生产，即一台生料磨、一台窑和一台水泥磨。

(4) 风扫磨与半风扫磨。

斯密芝的风扫磨有两种，一种是全风扫磨，一种为半风扫磨，都是同时烘干和细磨物料的磨子。

全风扫磨适用于易磨、细度要求不高或产量不大的物料。这种磨机可用作煤磨及产量不大的原料磨 (干磨)；半风扫磨则适用于细度要求较高和难磨的物料，可作为水泥磨或产量较大的干法原料磨。

(5) 开路循环和闭路循环。

我们在 Karlstrup 和 Rördal 水泥厂看到的水泥磨车间都设计成开路和闭路循环操作两用

的。磨普通水泥（細度为 Blain 2,800 厘米²/克）时，采用开路循环。磨快硬水泥（4000—5000 厘米²/克）时，則采用閉路循环。据称，这样的灵活設計可以节省电力的消耗。

(6) 磨子的收尘器，

新設計磨的收尘器都用电收尘器代替了袋式收尘器。

3. 其它

(1) 熟料的破碎，

斯密芝公司設計的熟料破碎机都采用錘式破碎机，其作用不是人們通常所理解的中碎，而是去除过大尺寸（>25 毫米）的大块。他們认为，在球磨第一仓磨 <25 毫米的物料，功用較好，并說在美国广泛采用的錐形中碎机（出料較細，<10 毫米）揚尘太大。

(2) 联合堆場，

斯密芝工程师认为，采用圓筒儲料庫虽然可以防止揚尘，但基本投資太大。他們通常采用的設計方案仍旧是使用吊車的联合堆場（Stock pile），从底部抽取料子。

(3) 干法厂生料的空气攪拌，

他們认为，除非出磨的生料成分由于采用的原料无法保証消除很大的波动，一般无需采取特殊的空气攪拌装置。比較切实有效的方法是，将几个不同料浆深度的料庫（假定是 4 个庫，則各有 $\frac{1}{4}$ ， $\frac{3}{4}$ ， $\frac{1}{2}$ 和 $\frac{1}{4}$ 滿），同时放出或者最好将一个滿装的庫借助少量压缩空气在瞬間內傾出，并倒入一个輸送入窑的大庫。并认为这两种方法都可足够保証进窑料子的均匀性。

4. 对斯密芝公司及其水泥生产设备的印象

通过參觀以及和斯密芝工程师的談話，我們对該公司設計的水泥設備有以下印象：

(1) 斯密芝公司不仅是一个單純的水泥机械制造厂，而且是一个設備的研究及設計工程公司。估計它以公司名义出售的机器中，其直属机械厂仅承担其中的部分制造，比重不小的部分是由国内外其它机器制造厂承造的。由于該公司对国内外水泥厂有直接投資，甚至委派工程师担任厂长等重要职务，因此它在水泥生产工艺方面也积累了經驗。这种从設備的研究、設計、安装直到生产管理一竿子插到底的經營方式，无疑对产品設計的改进和革新都起着重要作用。

(2) 斯密芝公司的水泥設備在設計思想上着重于运输的可靠性和生产工艺的簡化，如主张采用长窑和多仓磨。其干法长窑虽然在热耗方面不及立波尔窑或装有旋风預热器的窑，但具有运输可靠和維護容易的优点。

二次大战以后，該公司在窑磨及輔助設備方面作了較多的改进，如长窑的热交换装置、窑中喂料、熟料冷却机等。磨机方面的重大改进是喂料的自动控制、管磨第三、四仓的噴雾冷却，在湿法生料磨采用料浆粘度計来自动控制料浆水分等。

(3) 在提高单机生产能力方面已达到相当高的水平。如上所述，現在斯密芝公司已能供应单机生产的能力达 1800—2000 吨的全套設備。

(4) 在干法生产厂和破碎机方面似乎还不如西德的设计，在窑的自动控制方面也似乎落后于美国。我們曾在丹麦的一家石灰制造厂（斯密芝有投資）看到他們采用西德制造的冲击式破碎机。此外，从它产品样本中提供的統計表也可看出，近年来在破碎机銷售量方面的增长速度也不及窑磨和包装机的增长速度快。

五 丹麦阿尔堡波特兰水泥公司参观記要

(一) 勒达尔 (Rørdal) 水泥厂

勒达尔水泥厂位于丹麦北部阿尔堡市，該厂系斯密芝为阿尔堡波特兰水泥公司在丹麦建設的第一个水泥厂，也是阿尔堡水泥公司最大的一个厂。自 1888 年建厂以来，已有 75 年。丹麦全国現有水泥厂 5 个，包装站 3 个，除一个水泥厂系“合作社”所有外，其余均为阿尔堡水泥公司所有。

我們主要参观了該厂扩充筹建的采石设备。該厂灰石的来源是离軌石車間約一公里的白堊土(Chalk)矿，新装的采石设备系西德制造。該机象联合采煤机一样，带有鏈石耙、挂車、皮帶机的巨型履帶移动式装备，由 300 馬力电动机带动。鏈石能力每小时达 360 米³，折合一千吨左右。鏈石机皮帶上的白堊土被輸送至可以在鉄軌上移动的另一个运输皮帶，直达破碎車間，計划两班每周操作 5 天，可供全厂每天生产 3000 吨熟料，全部采石場（不計爆破）每班只需三人操作。現在使用的鏈石设备則采用普通的电鏈机，灰石的运输采用小型鉄軌和卡車。每班操作人員为 33 人。

由于白堊土含水分較高，該厂采用湿法生产，粘土矿离厂 3 公里，由深达 7 米的湖中挖取，經就地用专設的分离机去除砂粒后，泵送入厂（粘土开采部分未参观），粘土用量为 25%。現有 7 台磨，3 台大磨，每台产量为 600 吨，7 台磨合計产量每天为 2500 吨。水泥磨有 5 台，3 台为开路循环，二台为閉路循环。3 台大磨为 1400 馬力。現在筹建的扩充部分包括日生产能力 1000—1200 吨的 $5 \times 4.75 \times 5 \times 162$ 米迴轉磨一台及閉路循环的 3400 馬力的水泥磨一台，将于 1965 年投入生产。

有一台日产 600 吨的大磨，采用 Folax 型（斯密芝产品）炉篦子冷却机，我們看到炉篦子上的料层不太均匀，部分出冷却机的料子冷却得比較好，可用手摸，部分料子則还是紅热的，水泥磨与卡尔斯特拉普厂所見者相同，也是采取磨內水冷却及沒有中央控制盘的自动装置。此外，还看到出磨水泥的冷却机，冷却水泥的温度为 65°C。

生产水泥的品种有普通、快硬、特快硬、低热、白水泥、有色水泥、抗硫酸盐水泥、抗海水水泥、火山灰质水泥及 Семрехо（一种牆面涂料）等 10 个品种。抗硫酸盐水泥的配料加石英砂提高硅率，加矿砂降低 C_3A ，熟料中鉀鈉含量也較低（0.3%）；海水水泥加 10% Molar Brick，后者是砖厂生产的隔热砖废料，具有火山灰性能。

据說，抗碱水泥在奥尔堡（Aalborg）市的另一个 Dania 水泥厂生产，熟料具有硅率高（3.3）及不含 C_3A 的特点， C_2S 含量为 60—65%， C_4AF 为 8—9%，外加硅藻土。

在化驗室，我們看到的特殊设备是瑞士 Amster Schaffmann Schwartz 厂制造的自动凝結時間測定仪和測定水泥細度的風篩仪，后者共有 6 个，測定一个試样的時間为 15 分钟。快硬水泥規定大于 25 微米的顆粒，不得超过 25%，据称相当美国 Blain 法比面积 3500 厘米²/克。化驗室每班設值班人員三人，白班分析人員 8 人，其它物理試驗等 6 人，共 23 人。

全厂职工人数共約 700 名。

(二) 卡尔斯特拉普厂

丹麦全国共有水泥厂 5 个,其中属于丹麦水泥托拉斯阿尔堡波特兰水泥公司的共有 4 个,卡尔斯特拉普是最新建成的一个厂。第二次世界大战以后,丹麦国内的水泥消费量显著增加。平均每人消费量 1938 年为 111 公斤;1946 年为 105 公斤;1958 年为 202 公斤;1963 年估计为 250 公斤。他们采取的增产方针是首先扩建原有工厂,同时在主要销售区增设储运站或包装站。迄至 1955 年,原有工厂的生产设备已经调整平衡,于是新建厂就被提到议事日程上来了。离丹麦首都哥本哈根市 30 公里的卡尔斯特拉普厂(以下简称卡厂)遂于 1956 年开始筹建,1958 年建成。卡厂目前生产普通和快硬两种水泥,合计年产量约 15 万吨,主要运销哥本哈根市以外的西兰岛(Sjælland)地区。哥本哈根市耗用的水泥主要由早先设在市内的储运站供应,储运站的水泥则运自设在求兰岛(Jylland)北部 Aalborg 和 Mariager 等海口的水泥厂。

卡厂原料用白垩土、石灰石、粘土和发电厂粉煤灰。白垩土本身可以水洗,但含有硬质石灰石和燧石(这大概是没有更早地在哥本哈根市设厂的原因)。原石的平均水分为 15—20%,燧石的含量亦为 15—20%。所用粘土则是白垩土矿的覆盖土,含有大量砂子。因二种主要原料的含硅量均较高,故除需在后续原料制备工艺过程中加工部分去除燧石和砂子外,再掺用电厂煤灰以降低硅率(S.M.)。三种原料的消耗比率为石灰石 80%,粘土 15%,粉煤灰 5%。石灰石开采面高约 20 米。两排钻孔,一次爆破。虽然从工厂上望可以看到开采面夹有 3—5 米厚的黑色燧石层,但燧石是与白垩土一起全部运送入厂的,在矿山上不进行选矿。矿山上设有电钻机和 3 米³电铲各两台。石灰石和粘土由装运量为 18 吨的卡车运送入厂,每天耗用的原石和粘土为 1200—1300 吨。矿石用斯密芝公司设计的带齿的单滚式破碎机。这种破碎机适用于处理含硬质石块的粘着性物料。滚子上装有头部为含铬合金钢的锤子 60 个,据告,锤子每星期需轮换 1/4 即 15 个。破碎机的最大进料尺寸为 1000×1000×400 毫米,出料尺寸为 100—150 毫米,产量为 250 吨/小时,估计滚子尺寸约为 $\phi 800 \times 1500$ 毫米。破碎后的石灰石经联合仓被送至卧式淘洗筒(Washing drum)。在淘制成浆的同时去除了燧石,然后送入生料磨中与泥浆和粉煤灰一起进一步细磨成生料浆。

粘土由装运卡车直接倒入淘泥机。按照原设计淘泥机池底设有可开启的两个孔,用以排除乱石。经厂方改进在淘泥池的一边设一陷阱,乱石得以随时排除,节约了人工。关于淘泥车间值得提一下的装置还有用以控制水分的带有自动记录装置的粘度计和自动取样器。因粘土中含有大量砂子,为此卡厂专门装置了一套洗砂设备(图 2)。从淘泥机出来

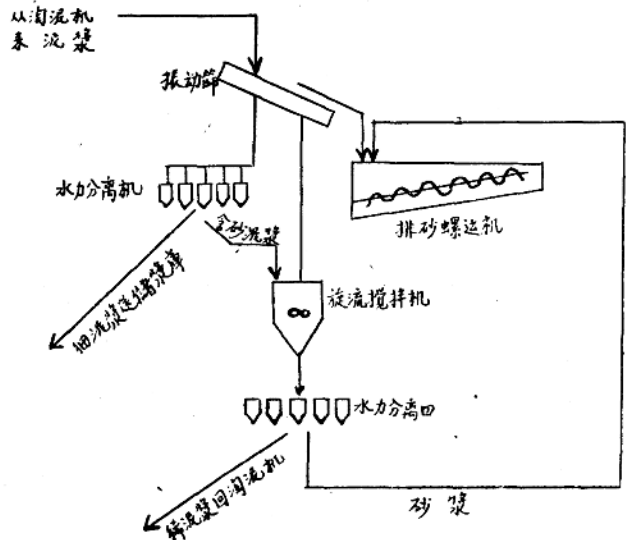


图 2 洗砂车间流程图

的泥漿用离心泵先打到振動篩。通過篩子的泥漿被送入一組 10 個并聯的水力旋流器 (Hydrocyclone)，經過分離的淨泥漿用來制備生料，含砂泥漿則通過旋流攪拌機 (Turbo-mixer) 沖洗後進入第二組 5 個并聯的水力旋流器。稀泥漿被送回淘泥池。分離的粗砂則經傾斜的螺旋輸送機排出。水力旋流器的直徑估計為 300 毫米左右。全套設備的產量為 50 噸/小時。

生料磨為多倉磨，700 馬力，用對稱式齒輪 (Symetro-Gear) 傳動。料漿水分為 35%，亦用粘度計控制，小時產量為 70 噸。

該廠有配漿櫃 4 個，儲漿池一個，配漿櫃的容量每個為 500 米³，儲漿池容量為 3350 米³。

窯為長旋窯，尺寸為 3.45/3.15/3.45×130 米，帶有多筒式冷卻機，窯內自進料端開始依次裝有料漿過濾預熱器、鍊條和格子式熱交換器。燃料為重燃料油 (Bunker C)，熱耗 1,300 大卡/公斤熟料，料耗為 1.55 (對原料而言則為 1.8)。窯的設計產量為 400 噸/日，目前已達 500 噸/日。據告，在產量較低的情況下，熱耗還可以降低。窯尾有并聯的电收塵器兩座，平時兩座并用，修理時則輪流使用一座，回灰採用窯中喂料，喂料口位於格子式熱交換器出口處。

水泥磨亦為多倉磨，1250 馬力，亦用“對稱式齒輪”傳動。熟料和石膏用斯密芝擺式喂料機 (Pendan weigh feeder) 喂入。喂料受制於出料掛斗的電流負荷和裝在第一倉處的電耳。擺式喂料機具有保證喂料比準確的特點。在料的比重或粒度發生變動時能作相應地自動調節。水泥磨的另一個特點是在第三倉裝有噴霧的水冷卻裝置，含塵水氣經电收塵器排出，回收的水泥則被送至水泥磨的出料掛斗，噴水量控制得使第三倉的溫度保持在 100—130°C 之間，比起外殼水冷卻來，磨內水冷卻的優點是可以保護磨殼，同時可以更有效地防止鋼球的粘附和石膏的脫水。生產普通水泥時採用開流，小時產量為 40 噸；生產快硬水泥時則用選粉機閉流循環，小時產量為 30 噸。據告，普通水泥與快硬水泥化學成分相同，但後者細度較細，達 3500 厘米²/克，而普通水泥則為 2300 厘米²/克左右。

磨成的水泥用空氣輸送泵輸送至兩個水泥庫，庫的總容量為 5000 噸。裝運散裝水泥的卡車可以直接開至水泥庫底下。包裝機為 12 咀環轉式，袋裝水泥從包裝經運輸皮帶裝入卡車。

在化驗室看到溫度自動控制的養護水槽和用以例行細度控制的风篩器。據告，比普通的篩析法或 Blain 透氣法更為靈敏，例行質量控制的檢驗每天為數 1000 個左右，全分析次數為石灰石每月一次，粘土每周一次，料漿每天一次，熟料每周一次。開工以來，不曾發生質量事故，化驗室全部職工不過 7 人。

(三) 幾 點 體 會

1. 卡爾斯特拉普廠是一個設備較新穎的近代化工廠，各個機部都採用了斯密芝公司的新設計和新技術，如料漿粘度計，磨子的對稱式傳動，齒輪擺式喂料機，電耳，水泥磨的磨內水冷卻和窯中的預熱器和窯中喂灰等。

2. 自動化的程度和勞動生產率比較高；如窯、磨、包裝車間等均設有集中控制盤，入磨喂料的自動控制裝置和自動取樣器等。目前全廠工人包括礦山和包裝部分共 100 人，職工包括化驗室共 30 人，以全年生產 15 萬噸計算，平均每人每年生產 6150 噸，據告，如增添一窯產量加倍，工人只需增加 50%，職員可不增加，現在夜班全廠只有工人 5 名，包括看火工一名，看料漿一名，磨子車間 2 名，聯合吊車庫一名，我們在工廠參觀時確實很少看到工