

# 技術革新資料

---

---

441.2  
4444

上海科学技术出版社

1959

土木建筑

# 技术革新资料

上海科学技术出版社出版



## 磚拱屋面施工小結

上海市第一營造工程公司

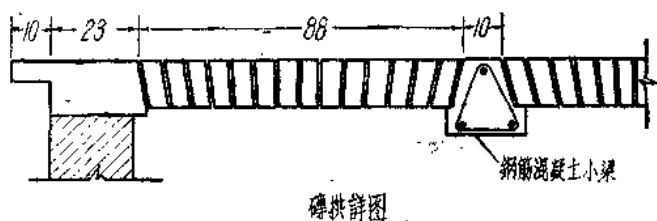
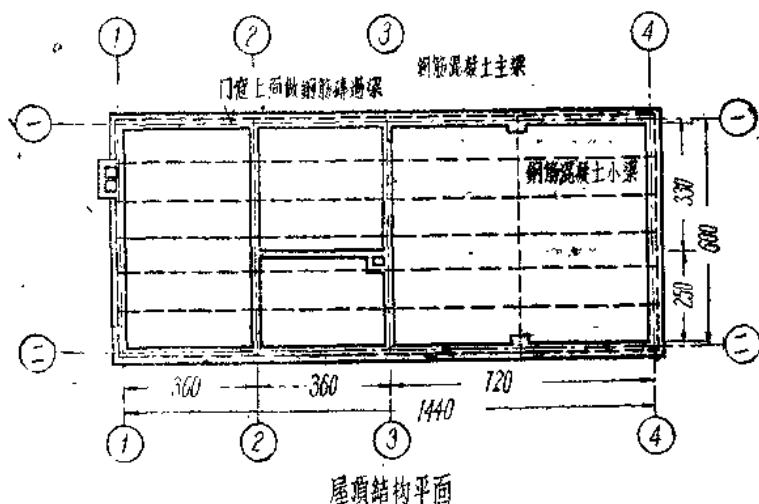
我公司在1957年第三季度承建了上海市內江中學廚房工程（由上海市民用建築設計院設計），該建築物為一層混合結構，屋面部分全係採用磚拱磚瓦屋面。

### 一、主要工程量和做法

（1）屋面共有四間，每間分6孔，共計24孔。每間面積為3.60公尺×6.00公尺（軸綫）=21.60平方公尺，四間共計86.40平方公尺。

（2）鋼筋混凝土主梁間距為3.60公尺，在每間房間進深的6.00公尺長度中，布置6個相連的等跨磚拱（見示意图），由5根整體攪制的鋼筋混凝土小梁做中間托支點，並在邊跨外牆以鋼筋混凝土梳架為磚拱支座。

（3）磚拱跨度為 $L = 0.98$ 公尺，拱厚半磚（105公厘），



上层用 1:4 煤渣水泥混凝土填好屋面落水坡度后，再在上面用 20 公厘厚 1:2 水泥黄砂加避水漿粉面层。

## (二) 材料規格

- (1) 鋼筋混凝土主梁和小梁均为整体構制的，混凝土标号为 150 号。
- (2) 磚拱用 75 号青磚和 25 号砂漿砌筑。
- (3) 模板用 25 公厘厚薄板（木模板）。
- (4) 磚牆为一磚牆，用 75 号磚和 10 号砂漿砌筑。

### (三) 施工过程

(1) 磚牆砌至屋面标高后，即开始勒制主梁和小梁的木模，同时將磚拱模板亦全部撑好。混凝土澆搗完成后，用湿草毡洒水养护。七天后，將小梁兩側模板撬去，其他各部的木模暫不拆除，准备砌筑磚拱。

(2) 砌筑前，先在模板上排出磚数，調整灰縫寬度，拱頂灰縫掌握在10~12公厘，并应掌握磚拱上下的斜度。

(3) 选妥足夠数量的整磚分批浸透水，用滿刀灰沿小梁方向半磚錯开搭接砌筑。砌筑順序是順磚由兩边向中間砌筑。在平行于小梁的方向中，則6个磚拱应同时砌筑，齐头并进，使小梁兩側在6条磚拱砌筑完成后能平均挤紧，不致有弯曲变形和有裂紋的产生，以保証質量。磚拱砌筑完成，再在上面用稠度大的砂漿灌足括平，使上部灰縫全部飽滿，以防存有空隙发生渗水的缺点。

(4) 磚拱砌筑完成后，就用草毡遮盖，洒水湿润，进行养护。过五天，面层上用1:4煤渣水泥混凝土按1:6坡度填好落水坡度后，再在上面做20厚1:2黃砂水泥加避水漿的砂漿粉面。

(5) 在砌筑前一定要和水电安裝工作人員密切联系，在适当地位預埋木磚或水管，以防止为了安裝水电管道和綫路而在砌筑完成的磚拱上鑽孔打眼所导致的損害。

### (四) 材料用量和材料費用分析

我們曾將廚房磚拱屋面用50公厘厚鋼筋混凝土屋面（跨度在3.60公尺）从材料用量和材料費用方面作了一个分析比

較(詳見表1及表2)。比較結果、磚拱屋面可節省鋼材約一半,降低成本7.8%。

材料用量比較 表1

| 材料類別       | 主要材料  |         |         | 一般材料  |       |       |       |       |
|------------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 材料名稱       | 鋼筋    | 水泥      | 木材      | 青磚    | 石灰    | 石子    | 黃砂    | 煤渣    |
| 單位         | 公斤    | 公斤      | 立方公尺    | 塊     | 公斤    | 立方公尺  | 立方公尺  | 立方公尺  |
| 鋼筋混凝土屋面用料  | 6.4   | 19.1    | 0.0130  | —     | —     | .065  | .043  | —     |
| 磚拱屋面用料     | 3.1   | 17.0    | 0.0104  | 46    | 1.1   | .043  | .051  | .92   |
| 增(+)-減(-)額 | -3.3  | -2.1    | -0.0026 | +46   | +1.1  | -.022 | +.011 | +.02  |
| 增減百分比      | -106% | -12.35% | -2.5%   | +100% | +100% | -5.1% | +20%  | +100% |

材料費用比較 表2

| 材料名稱                 | 單位   | 單位價格<br>(元) | 鋼筋混凝土屋面 |       | 磚拱屋面   |       |
|----------------------|------|-------------|---------|-------|--------|-------|
|                      |      |             | 材料用量    | 材料價值  | 材料用量   | 材料價值  |
| 1                    | 2    | 3           | 4       | 5=3×4 | 6      | 7=3×6 |
| 鋼筋                   | 公斤   | 0.51        | 6.4     | 3.26  | 3.1    | 1.58  |
| 水泥                   | 公斤   | 0.0544      | 19.1    | 1.089 | 17.1   | 0.925 |
| 木材                   | 立方公尺 | 99.88       | 0.0130  | 1.298 | 0.0104 | 1.038 |
| 青磚                   | 塊    | 0.088       |         |       | 43.0   | 1.74  |
| 石子                   | 立方公尺 | 18.68       | 0.065   | 1.21  | 0.043  | 0.808 |
| 黃砂                   | 立方公尺 | 16.17       | 0.043   | 0.69  | 0.051  | 0.87  |
| 煤渣                   | 立方公尺 | 4.18        |         |       | 0.02   | 0.08  |
| 每平方公尺材料費用            |      |             |         | 7.547 |        | 7.086 |
| 磚拱屋面較鋼筋混凝土屋面材料所降低的費用 |      |             |         |       |        | 0.511 |
| 每平方公尺節約材料費用百分比       |      |             |         |       |        | 7.8%  |

說明：

(1) 元釘等零星材料尚未分析。

(2) 表 1 增減百分比是以磚拱屋面的材料用量作為 100% 來計算。

(3) 表 2 的節約材料費用百分比是以磚拱屋面的材料費用作為 100% 來計算。

## 結 語

從本工程各項資料和施工實際中可以看出磚拱屋面有許多優點，如結構牢固，保溫降熱效果良好，室內平頂表面整潔美觀等。同時可以節約主要材料，特別是鋼材。此外施工技術要求亦不高，施工期較整體搗制鋼筋混凝土屋面為短。如和大跨較厚的鋼筋混凝土屋面比較，更可降低材料費用，所以磚拱屋面可在一般民用建築範圍內推廣。

上海科学技术出版社出版 新华书店上海发行所总经售 大众文化印 第 I -1 号

1959 年 3 月第 1 版 6 月第 3 次印刷 印张 5/16 字数 3,000. 定价 2 分

印数 3,601—5,750

1959

土木建筑

# 技术革新资料

2

上海科学技术出版社出版



## 立窑烧水泥生产经验介绍

纺织工业局建筑工程公司 袁厚岳编

### 一、緒 言

去年全面大跃进，带来了排山倒海、惊天动地的社会主义建设高潮。水泥的生产对工业化有直接的关系。伟大的苏联七年计划，水泥生产指标要达到7500—8100万吨/年，按人口平均将达到300—400公斤/年。我国要达到这个水平就要24000万吨。因此水泥的生产亦是一项基本建设的重要任务。

按照目前钢铁生产情况，全部要靠转窑生产水泥来满足工程需要是不能适应的。因为洋法生产水泥的设备用钢量很大，安装时间较长，而且要有较高的生产技术和力量。党中央正确地指示我们要用两条腿走路，土洋并举和大中小并举。根据这个原则，在大力发展洋法生产水泥的同时，土法生产水泥亦是应该大力提倡的。



土法生产水泥的方法，現在分下列四点来談：

1. 生产工艺过程介紹；
2. 立窯之構造和煨燒；
3. 生产控制和成品檢驗；
4. 若干体会。

在总路綫的光輝照耀下，去年出現了全民办工业的大跃进局面，北方各省首先出現了到处办水泥厂的情况。河南有三个农民搞起了一个偃师窑，因为没有破碎机器，就用石灰和黃泥为原料，用手搓成球形，上窑去燒；熟料破碎用石碾磨，用畜力拖。每天生产水泥三吨，質量亦很穩定，标号在200~400号之間。

去年大家的干劲冲天，我曾去參觀过一个厂，工人們一面在建設，一面在燒起窑来。把一大块一大块石头，用斬口鐮头斬成芝麻大小，然后用石磨磨成粉末，配合成球后就燒起来了。一个在敲得很有勁的工人，見我去參觀，他向我介紹說：“我們現在先練兵后战斗，先試燒一下，摸到窍门，就便当了。我們馬上有大机器，你看这不是大型軋石机嗎？”这几句話充分表达了工人階級在社会主义建設中正以无限毅力来完成艱巨的任务。

立窯生产水泥質量最好的济南水泥厂，自从採納了苏联專家的建議以后，窑产量每天达到50吨，質量达到500号标准。

## 二、生产工艺过程介紹

水泥生产工艺过程为：1. 生料工序，原料破碎磨粉、配合、成球；2. 煨燒；3. 熟料磨細加石膏和掺合材成包。

原料采用石灰質(含大量氧化鈣)、粘土質原料(含大量氧化矽)和鉄粉(補助原料中氧化鉄的不足,如果原料中氧化鉄的量夠了,就不要加了),以适当的比例配合,磨成細粉(要求通过每平方公分有4900孔的篩子篩余不超过15%),混合均匀,然后放到窖里燒到 $1450^{\circ}\text{C}$ 。在 $1450^{\circ}\text{C}$ 燒一个时候,料子有一部分融化,冷了就变成結实的黑色小块,这种黑色的小块叫做熟料,就是燒熟了的意思。熟料、石膏及混合材一块兒用磨,磨成細粉,这样的細粉就是水泥。

● 为什么这些原料混合后,磨細,經過 $1450^{\circ}\text{C}$ 的煨燒后再磨成粉末,加入水后就能够变成堅固的硬块呢?这是因为这些原料在窖中起了化学变化,变成了一些新的东西,这些新的东西与水能够起变化而結成堅强如石的东西。

几种原料配合而成的东西尚未經過煨燒叫做生料,生料在窖中是逐步起变化的。首先是被烤干,燒到 $600^{\circ}\text{C}$ ,生料中有一种原料叫做碳酸鈣的就开始分解,分解的意思就是原来两种以上化合在一起的东西开始变成两种以上的新东西。温度升高至 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 时,碳酸鈣就完全分解成氧化鈣(石灰)和二氧化碳了。

温度再提升至 $1300^{\circ}\text{C}$ 以上,生料就燒成液体状态,火力維持在 $1300\sim 1450^{\circ}\text{C}$ 一个時間,它們就变成了矽酸三鈣等东西,降温以后,融化的东西又变硬了,出来的就是块狀熟料。

以上的变化可以分成三个阶段:1.預热阶段(或烘干阶段);2.高温阶段;3.冷却阶段。

燒成的熟料中,有四种主要有用的东西,即矽酸三鈣、矽酸二鈣、鉄鋁酸四鈣、鋁酸三鈣和一种有害的东西,就是氧化鎂。

因为熟料中大部分是矽酸三鈣、矽酸二鈣，所以用这种熟料磨成的水泥叫做矽酸鹽水泥。

矽酸三鈣与水起变化速度快，它是决定28天内强度高低的主要东西。

矽酸二鈣与水起变化的速度比矽酸三鈣慢些，它是决定水泥長期强度增加得多还是少的主要东西。

鋁酸三鈣与水起变化的速度很快，它是决定水泥3天强度高低的主要东西，但它的含量不宜过多，多了使水泥凝結过快，就是在使用时不好操作，施工困难。

鉄鋁酸四鈣与水变化后，强度不高，但它能在熟料燒制过程中溶化成液体，使矽酸二鈣和氧化鈣容易变成矽酸三鈣，所以少不了它。其次是它能在混凝土里起部分調节热膨胀作用。

氧化鎂由于加水后体积要膨胀，而且又是在混凝土凝結以后起这种变化，使混凝土膨胀，强度降低，因此含鎂量高的原料不能使用。

熟料中还含有一些沒有起变化的氧化鈣，叫做游离石灰。它在熟料中的含量多少，就看我們燒得好不好。含量多了就要使水泥安定性不好，使混凝土发生裂縫，强度降低。

水泥中加3~5%的石膏，是为了調整水泥的凝結(变硬)速度，使水泥不急凝。

#### 原料的选择：

甲、石灰質原料是水泥厂使用最多的原料，有石灰石、白堊土和石灰三种。石灰是石灰石燒出来的，其成分决定于石灰石的成分。要求原料含磷酸鈣或氧化鈣越多越好。磷酸鈣以大于85% (或換算成氧化鈣大于47%) 为宜。含鎂量須小于

6.8% (換算為氧化鎂 8%), 因固定標準對熟料中氧化鎂含量不得超過4.5%。

因熟料中要求 60—64% 氧化鈣, 主要來源是取自石灰質原料。並且料球要求粘性大, 要多摻粘土, 石灰質原料含碳酸鈣多了就可以這樣做, 故原料中的碳酸鈣含量是越多越好。

石灰石的鑑定方法可以燒到1000°C 稱量是否減輕, 若減輕容重 48—47%, 在水中很多溶化呈乳汁就合格。在水中很慢溶化且冒氣很弱的是白雲石, 含鎂量高。石灰石和白雲石是難以辨別的, 要注意區別它。簡易的碳酸鈣含量求法, 可從燒失量中求得, 即

$$\text{燒失量百分比} \div 44\% = \text{碳酸鈣含量}\%$$

這一個方法所用的儀器簡單。放在爐胆內灼燒或高溫爐子內燒二、三個小時就可以。這樣花的时间較長。普通用酸鹼滴定法, 就是用一定濃度已知的鹽酸, 溶解一定量的石灰石, 這樣石灰石中的碳酸鈣或碳酸鎂就和鹽酸起作用, 變成氧化鈣和氧化鎂。這樣鹽酸就減少了。而後用已知濃度的標準鹼滴進去, 與未參加變化的鹽酸起作用, 我們就知道起變化的鹽酸有多少。從而算出碳酸鈣和碳酸鎂的含量有多少。這種方法的優點是迅速而準確。

乙、粘土: 要選擇粘性大的, 成球時不易碎, 對立窯通風有好处。如含鐵多可以少用或不用鐵粉, 以減輕磨細鐵粉的負擔。含砂量不超過 5%。

丙、燃料: 最好用無煙煤和焦炭。要求揮發分最好不超過 10%, 並且灰分要求越少越好, 使熟料的質量易于控制。

丁、鐵粉: 可用硫酸廠的副產品。粒子越小越好, 一則容

易拌和均匀，二則易于粉碎。

戊、石膏：一般使用生石膏。

己、混合材：采用水淬高爐渣、煤渣、燒粘土（或碎磚粉）均可以。

### 三、立窯之構造及燒燒

#### （1）立窯的結構和形狀

一般立窯為圓柱形，河南偃師窯採用內圓外方的形狀。內層為耐火磚，外層用青磚或機紅磚，中間有隔溫層，以石棉襯里，以防火磚受熱膨脹，可以避免窯身開裂。耐火磚要求鹼性磚，並且質地堅實，可以耐壓200公斤/平方公分以上。如果耐火磚質量差，修理工作較費時間，在砌築時要注意灰縫越小越好。

立窯可以自然通風或用鼓風。山東、河南一帶小土窯採用自然通風和小鼓風機（1~3匹馬力電動機帶動的多葉鼓風機）。洪澤縣有個水泥廠用自然通風，窯高13公尺，煙囪高達30几公尺。我們的立窯為 $1.7\phi \times 8.5$ 公尺，直徑和高度的比例為1:5。一般立窯規定為1:3~1:4。因為我們用的鼓風機壓力為1250公厘水柱高，風力可以達到，這樣高溫帶可以較厚。第一只窯是仿照濟南水泥廠第三座砌築的，有鋼板外殼，實際上鋼板是可以省的。第二第三座我們改用機磚砌築，加混凝土腰箍，從起燒到現在比較正常。而有鉄殼包着的第一座立窯，在第一窯燒火時，由於磚內水汽蒸發，發生畸形的沖擊聲。它的好處就是窯身較輕，基礎較小，費用亦不比磚窯為大。

窯內火磚砌築，按濟南水泥廠經驗，採用高溫層至窯面

成喇叭形。我們因为試燒时沒有經驗，感到这是造成結窖的原因之一，因此在修理的时候，把它改成圓柱形。据苏联專家在濟南水泥厂指出，上口大是使水泥在高温燒結体积收小时使风量不致集中窖的四周而采用的措施。

爐柵一般大窖用人字形。諸葛乡用傘形以減少通风阻力。在正常煨燒情况下，爐柵可用生鉄做。但在窖內熟料驟然下卸之情况下，生鉄爐柵有被冲击断裂之情况。因窖底温度不高，元鋼制造爐柵比較合适。

## (2) 烘窖与点窖

立窖建筑完成以后，因磚內含有水分，如强火煨燒有发生开裂之可能，故必須預先烘烤四、五天。使水分徐徐跑出，防止窖体脹裂。烘窖时应在爐柵上加墊石灰石或碎瓦，高出窖門0.8公尺以上，以防烤窖火焰穿出，烤裂窖門法圈。

点窖时要先墊石灰石或碎磚距窖面約1.5~2公尺。墊料不宜太小，小了要发生驟然向下傾坍的危險，約15公分左右为合适。

此后即可投入刨花、木柴等引火，如有廢油以利着火更佳。然后加小子烟煤，要注意勿使窖內温度驟然升高，影响脹裂。在有鼓风机的窖，可以开小量的风孔，以助燃燒。在发现底火均匀，火力強旺的情况下投入生料球。如底火不均匀易生黃料球。然后一层层均匀地加料。从加料到出料一般要12小时左右。在料球尚未加至頂以前，从出料門出料亦是可行的。每次出料不宜太多，要使熟料均匀下卸，否則易发生熟料驟然下卸击断爐柵和影响基础的严重事故。窖的日产量一般可以窖內体积的二倍計算。

### (3) 燒窯操作

立窯在煨燒時一般分成三個帶：最上層是預熱帶，高度0.5~1.0公尺；中間為高溫帶，約0.5~2.0公尺；其下為冷卻帶。高溫帶要越深越好，一般以鉄鉗插入試之，3~5分鐘拿出，能達到0.8~1公尺以上的白色火焰說明火力正常。

窯內火是否正常，主要是看窯面冒煙是否均勻，加料稍停後，四周具有看得見的“邊火”，而中心部分有許多管子形狀冒煙，是正常的現象。如果有一部分沒有邊火，說明溫度低，底火不均。應打鉗或在撒料時應輕撒或少撒。

有時窯中火焰集中一點冒出，要用壓料或以鉄鉗消滅風洞方法對付。窯內必須有足夠的溫度，以鉄鉗試之有白色耀眼的光亮才行，紅光是燒不好熟料的，以鉄鉗戳三、五次，戳不通，說明火力強度過高。能戳通即正常。第三種情況是一戳即透，說明溫度低。第一種情況發生在窯的中心部分，以加黃料辦法避免繼續結大塊。第三種情況以加煤提高窯溫。此外悶火燒溫度較高，火層較厚，窯面燒成盆子形狀。

料球的大小結實和鼓風要密切配合，一般1.7公尺的立窯鼓風機的风壓只要600~700公厘水柱，我們因尚未成球煨燒，鼓風機風壓達1250公厘，這對通風有好处。因此熟料出得亦比較正常。鼓風機用的動力較一般大一倍左右，北方使用25匹馬力的鼓風機燒得很好，而我們用上60匹馬力。

煙氣的濃度亦可表現燒得是否正常。有濃密的白煙表示火層深厚正常。煙氣稀淡表示火層淺薄，黃煙表示火層更薄。

出黃粉的原因一般是配料和攪拌不均勻，粘土過多。我們在注意攪拌、加強干拌和濕拌和原材料分析後，已扭轉出黃粉

現象。現在燒得好的，一點黃粉沒有，差的80%以上是熟料。

結瘤會大大的影響產品質量。我們遇到多次，甚至工人打了一夜釘子拿不出窯里的大塊熟料。有一次從爐棚到窯頂全部結住。處理的辦法是減少用煤和求助於大鑼頭和粗鐵釘。

要使燒窯的工人很快知道熟料的質量，稱量熟料的立升容重是一個簡單的辦法，容重高，質量好，容重低於1,200克的質量就不符合標準，安定性往往是不良的。

#### 四、生產控制和成品檢驗

##### 甲、控制配料

我們將來自各處（安徽、浙江、蘇州）的石灰石、粘土等原料分批進行成分化學分析，列成下表所示，以便控制生料之碳酸鈣含量、石灰石飽和係數、矽酸率和鋁氧率。我們的生產大致控制在下列各數字基礎上：

|        |                                                                            |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|
| 碳酸鈣滴定值 | 77~77.5%                                                                   |
| 石灰飽和係數 | 83~85%                                                                     |
| 熟料成分   | $S = 21 \sim 24\%$ $A = 4 \sim 7\%$<br>$F = 2 \sim 4\%$ $C = 60 \sim 64\%$ |
| 矽酸率    | $n = 2 \pm 0.4$                                                            |
| 鋁氧率    | $p = 1.3 \pm 3$                                                            |

控制原料的水分。水分高了要影響粉磨產量和使雷蒙機管子塞沒。

控制生熟料的細度。即調節粉磨加料的速度。

控制熟料的立升重量。使熟料可以大致劃分為優等品、次品和廢品，分別堆放。熟料分批堆放的好處是在粉磨以前已知熟料質量。在不加摻合材的情況下，可以提早掌握水泥質量，磨好出廠，節約倉儲日期。



附：水泥原材料配合比設計單：

| 原<br>材<br>料<br>化<br>驗<br>部<br>分                | 原<br>材<br>料<br>名<br>稱                                                                          | 產<br>地         | 燒<br>失<br>量 | 二<br>氧<br>化<br>矽 | 三<br>氧<br>化<br>二<br>鋁 | 三<br>氧<br>化<br>二<br>鐵 | 氧<br>化<br>鈣 | 氧<br>化<br>鎂 |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|
|                                                | 石<br>灰<br>石                                                                                    | 江<br>西         | 43.61       | 0.58             | 0.24                  | 0.11                  | 54.49       |             |
|                                                | 粘<br>土                                                                                         | 復興島            | 1.59        | 64.85            | 15.01                 | 2.64                  | 3.36        |             |
|                                                | 鐵<br>粉                                                                                         | 興業             | 0.92        | 15.43            |                       | 75.20                 |             |             |
|                                                | 煤<br>灰                                                                                         | 陽泉             |             | 51.83            | 40.71                 | 3.78                  | 2.68        |             |
|                                                | 烟<br>灰                                                                                         | 菜廠             |             | 49.20            | 37.70                 | 3.70                  | 0.30        |             |
| 原<br>材<br>料<br>換<br>算<br>部<br>分                | 原<br>材<br>料<br>名<br>稱                                                                          | 重<br>量<br>(kg) | 燒<br>失<br>量 | 二<br>氧<br>化<br>矽 | 三<br>氧<br>化<br>二<br>鋁 | 三<br>氧<br>化<br>二<br>鐵 | 氧<br>化<br>鈣 | 氧<br>化<br>鎂 |
|                                                | 石<br>灰<br>石                                                                                    | 100            | 43.61       | 0.58             | 0.24                  | 0.11                  | 54.49       |             |
|                                                | 粘<br>土                                                                                         | 25.25          | 0.40        | 16.40            | 3.78                  | 0.67                  | 0.85        |             |
|                                                | 鐵<br>粉                                                                                         | 3              | 0.08        | 0.46             | —                     | 2.26                  | —           |             |
|                                                | 煤<br>灰                                                                                         | 2.36           | —           | 1.22             | 0.96                  | 0.09                  | 0.06        |             |
|                                                | 烟<br>灰                                                                                         | 1              | —           | 0.49             | 0.38                  | 0.04                  | —           |             |
| 計<br>算<br>部<br>分                               | 計<br>算                                                                                         | 131.61         | 44.04       | 19.10            | 5.36                  | 3.17                  | 55.40       |             |
| 生料化學成分                                         |                                                                                                |                | 35.35       | 14.51            | 4.08                  | 2.41                  | 42.10       |             |
| 熟料化學成分<br>(設計計算)                               |                                                                                                |                |             | 22.38            | 6.24                  | 3.71                  | 64.90       |             |
| 熟料化學成分<br>(實際分析)                               |                                                                                                |                |             |                  |                       |                       |             |             |
| 生料碳酸鈣設計含量                                      |                                                                                                |                | 77%         |                  |                       |                       |             |             |
| 熟<br>料<br>化<br>學<br>成<br>分<br>計<br>算<br>部<br>分 | 石灰飽和比 $KH = \frac{CaO - (1.65 \times Al_2O_3 + 0.35 \times Fe_2O_3)}{2.8 \times SiO_2} = 0.85$ |                |             |                  |                       |                       |             |             |
|                                                | 矽酸率 $n = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} = 2.24$ 鋁率 $p = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} = 1.68$       |                |             |                  |                       |                       |             |             |
|                                                | $C_2S = 8.6 \times SiO_2 (1 - KH) = 29$                                                        |                |             |                  |                       |                       |             |             |
|                                                | $C_3A = 2.65 (Al_2O_3 - 0.64 \times Fe_2O_3) = 10$                                             |                |             |                  |                       |                       |             |             |
|                                                | $C_3S = 3.8 \times SiO_2 (8 \times KH - 2) = 47$ $C_4AF = 3.04 \times Fe_2O_3 = 11$            |                |             |                  |                       |                       |             |             |
|                                                |                                                                                                |                |             |                  |                       |                       |             |             |