

清華大學燃料綜合利用試驗電廠叢書

第 24 冊

水泥的制造

電廠建設者集體編寫



水利電力出版社

內 容 提 要

清华大学燃料綜合利用电厂水泥車間係利用鍋爐爐渣、小高爐水渣与化工車間生产的瓦斯来燒制水泥的。所生产的水泥共有三种：石灰煤渣水泥，石灰爐渣水泥和石灰燒粘土水泥。書中介紹了水泥車間的建造方案、設備概況，以及上述三种水泥的原料配制和生产程序等。

本書供燃料綜合利用电厂水泥車間的設計人員、施工人員和运行人員閱讀。

清华大学燃料綜合利用試驗电厂叢書

第 24 冊

水 泥 的 制 造

电厂建設者集体編写

*

1671R350

水利电力出版社出版（北京西郊科舉路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105号

清华大学出版科排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 1 $\frac{1}{4}$ 印張 * 29千字

1958年11月北京第1版

1958年11月北京第1次印刷(0001—15,100册)

統一書号：15143·1309 定价(第9类)0.15元

第一章	概述	2
	一、水泥車間簡介	2
	二、建廠要求	2
第二章	方案研究	3
	一、原始資料	3
	二、設備選擇	3
	三、動力選擇	5
	四、出力的決定	5
	五、平面佈置	6
第三章	設備介紹	7
	一、粗碎機	7
	二、高速粉碎機	10
	三、螺旋式攪拌機	18
	四、煤氣噴燃器	18
	五、土窖	21
第四章	水泥	22
	一、石灰煤渣水泥	22
	二、高爐爐渣水泥	25
	三、石灰燒粘土水泥	27
	四、三種水泥之技術經濟指標比較	30
第五章	生產組織及人員配備	30

第一章 概 述

一、水泥車間簡介

水泥車間系利用工業燃料的廢物——鍋爐爐渣，小高爐水渣及利用化工車間生產的煤氣燒制的粘土磚，經過研磨加工，與石灰、石膏及其他摻合料按一定比例混合攪拌制成石灰煤渣水泥、高爐爐渣水泥及粘土水泥。此三種水泥生產過程極為簡單，設備少，佔地面積小，主廠房僅為 31 公尺²，佔全部建築面積 0.76%。建廠的全部投資約為 5000 元；還可很快地投入生產。本車間從開始接受任務到正式運轉共需兩個多月時間。如果生產量每日按 7 噸計算，年產共 2400 噸。計算成本按 30 元/噸計算，利潤 50%，比市場價格降低 25% 以上，兩個月即可收回全部投資。

本車間生產的大量低標號水泥可供人民公社配制砌築砂漿、予制構件及修建水庫之用。

二、建 廠 要 求

1. 投資要少，設備要簡單，操作維修要方便；
2. 盡量土化，節省鋼材和木材；
3. 生產中要盡可能減少粉尘，防止污染空氣，影響電氣設備的絕緣；
4. 盡量利用土機械，減少勞動力。

第二章 方案研究

一、原始資料

水泥車間的主要原料(爐渣)由電廠鍋爐及小高爐供給，估計每日三班約需5噸。

爐渣硬度為5.5~6，爐渣之含煤量要求在5%以下，燃料是煤氣。

二、設備選擇

1. 主要研磨設備的幾種可能方案：

- (1) 球磨設備；
- (2) 石礮；
- (3) 高速粉碎機；
- (4) 其他粉碎機械。

2. 技術經濟指標比較：

表1

号	主要研磨设备	附加设备	动力及传动设备	金屬消耗量	造價	性能	优点	缺点	备注
1	球磨机	①抽風机，旋風分离器，布袋收塵器； ②或用篩分皮帶輸送設備	电机；齒輪傳動大	用鋼量	一萬元	①速度低； ②入磨物料之硬度較低，無嚴格要求，	①結構簡單，維修費低； ②可以粉碎硬質物料，如礦渣和煤渣，並得到理想的細度； ③各種原料共同粉磨。	①金屬消耗量大； ②加工製造困難； ③造價高	
2	石碾	篩分設備；密封設備；	电机；傘齒輪；皮帶	用鋼量很少	五百元	速度低	①金屬消耗量小； ③造價低； ④材料（石）來源廣泛，加工容易	①生產率不易控制； ②用电动机作動力時，變速困難（一般电动机750轉/分或更低，而石碾僅需20~40轉/分）	
3	高速粉碎機	旋風分离器，布袋收塵器及粗碎機	电机；皮帶輪	僅值軸用鋼，其他皆為鑄鐵件	二千四百元	①轉速高3500轉/分； ②入磨物料粒徑應為20公厘， ③嚴禁鉄塊入磨； ④被磨物料的温度控制在10%以下	①佔地面積小； ②附屬設備（如抽風机）皆由一根軸傳動； ③大都為鑄件	①高速轉動； ②机壳笨重，經常拆換不便； ③加工精度有一定要求	

3. 方案的確定：

結合我們建廠的具體條件，認為選擇用高速粉碎機作為主要研磨機械是比較可行的。雖然它有很多缺點，但相比較還是最恰當的方案。因為，球磨設備的加工製造與金屬消耗量，遠遠超過高速粉碎機；而石碾生產率低，且粉塵多，影響電氣設備絕緣，這是為電廠所嚴禁的，因此只可能採納此方案。

4. 機械設備：

(1) 粗碎機：粗碎大塊（大於 20 公厘）爐渣與塊石灰用，破碎後粒徑大於 20 公厘的不應超過 20%，其生產率為 2.0 噸/小時。

(2) 高速粉碎機：為最後磨細各種物料用，其磨細度為 4900 孔/公分²篩，篩餘可達到 15% 以下。

(3) 攪拌機：係用以混合爐渣粉、石灰粉與石膏粉之用，按比例加入各種物料，混合攪拌成為爐渣水泥成品。

三、動力選擇

在一切有可能利用地軸傳動的條件下，最好採用地軸作為動力能源，由此可節省電機。但經研究試驗結果，由於一些技術條件的限制，在第一期工程中，還不能夠利用地軸傳動，仍然用電機作為動力能源。

四、出力的決定

當初在確定初步方案時，只考慮了爐渣水泥的生產，經過試驗確定選用高速粉碎機一台較合適。後來由於鍋爐發熱量不足，又增加了一個小高爐。也即增添了一部分高爐爐渣，其量約為 5 噸。

原來考慮粘土水泥另選其他機械，但後因生產條件的限制決定合併，由此，生產不能平衡，煤渣、高爐爐渣粘土不能全部磨碎。

在考慮生產各種水泥產品時，我們考慮了以下幾種方案：

1. 用小高爐燒制高爐爐渣水泥時，需要在爐中加入一定比例的石灰；如果不影響發熱量，可生產小高爐水泥，其標號較高，使用範圍較廣。

這樣還可生產2噸煤渣水泥，剩餘8噸煤渣，可作其他建築材料使用。如修築道路，預制樓板之填料等。

粘土水泥不生產。

2. 小高爐不允許燒制水泥時，則全部生產煤渣水泥和少量的粘土水泥，因粘土水泥限於土源，勞動力的消耗很大，不經濟。

3. 增加設備，全部生產：各地可按具體條件確定生產各種水泥，如：附近就有粘土，且勞動力較多時，可在生產爐渣水泥的同時，大量生產粘土水泥，因地制宜。

根據我校具體情況：1. 粘土土源缺乏；2. 勞動力缺乏；3. 基本建設要求高標號量大（大都是樓房和工業廠房）。因此，我們力爭能生產高爐爐渣水泥，以滿足當前的需要。

五、平面布置

由於我們要充分地利用現有的房屋，所以在平面佈置的安排上不是十分理想，設備比較分散，運輸量大，而且運輸的綫路比較亂。

其他單位如果是新建廠房，則可以考慮採用一個更合理一

些的平面佈置方案，使整個設備安裝的流水綫和生產流程相吻合；而且使佔地面積最小，工人的工作條件也最好。

第三章 設備介紹

一、粗碎機

1. 簡介：

本粗碎機係根據北京建國門外第二建築工程公司工地上制土水泥的機械仿制，但有以下兩點主要的改變：

(1) 原機械的轉速約為 400 及 100 轉/分；轉速較高，主要是打碎磚；但由於我們是用來破碎硬度較高的爐渣，主要是壓碎的作用，轉速應低（一般是在 100 轉/分 左右）。但因為要保證一定的生產率，所以現在我們採用 300 及 120 轉/分。

(2) 原機械的二滾筒速度比為 1:4；但一般類似的機械，二滾筒的速度均相等。為使有更大的剪碎力，我們考慮採用 1:2.5。

此機械的生產率為 2 噸/小時；進料粒徑為 5 公分；出料粒徑為 1~2 公分（根據需要，在設計時控制其間隙）。

破碎過程很簡單，從進料口進料後，經兩滾筒的碾壓剪切，立時就能將料磨碎，這台機械可以考慮和高速粉碎機流水工作。

2. 選用理由：

主要是考慮產量較高，構造也很簡單，不需用特殊設備，滾筒用鑄鐵澆鑄而成，佔地面積也較小，小型工廠應用甚為方便。

3. 設備規格：

- (1) 動力：4.5 瓩電動機；
- (2) 轉速：主動軸 300 轉/分，從動軸 120 轉/分；
- (3) 滾筒規格：筒寬×直徑均為 300×360 公厘；
- (4) 齒輪：直徑 D 為 520（從動軸的）與 200（主動軸的）；齒輪厚為 5 公分；模數 = 8。

4. 材料設備費用估價：

- 馬達：400 元左右；
- 粗碎機部分：350 元；
- 木架：40 元；
- 總計：約 800 元。

5. 操作維護及注意事項：

- (1) 運行前應檢查馬達絕緣和齒輪嚙合情況；
- (2) 皮帶及齒輪部分必須有保護罩；
- (3) 軸承應保持良好的潤滑（使用機油）；
- (4) 注意軸瓦座及馬達的溫昇；
- (5) 要保持皮帶輪及軸的垂直，即輾壓部分不可有所移動；
- (6) 要經常加皮帶油；
- (7) 注意不可有大塊鐵塊掉入機器中，以防止機器被卡住，或將軸損傷。

6. 粗碎機技術小結：

- (1) 材料：機器大部分為鑄鐵鑄成，其他還有軸鋼、螺絲、木材和齒輪等。
- (2) 制造及安裝要求：

1) 在制造時要嚴格按圖施工，以免影響機器的安裝及運轉。

2) 輾壓滾筒一定要是圓的，否則，運轉時將會有跳動的現象，時間長了，軸會因受力不均而彎曲。

3) 齒輪加工要求較高，安裝時要使其接觸良好，以免受力不好而影响壽命。

4) 在安裝及運轉過程中，一定要保持兩軸平行，而且要找平。

5) 馬達及機械部分的皮帶輪應在一條直線上。

(3) 在制造及安裝此機械的過程中，我們曾遇到及考慮過以下幾個問題：

1) 軸承都是固定的，如果遇到極其堅硬不可破碎的顆粒，則有可能使機械一時停頓，影响正常生產；或甚至使軸受到損傷。

2) 機械平面尺寸在一個方向很小，因此，在考慮和高速粉碎機流水工作時架子很高，不易穩定(用木架子)。

3) 因其中有一軸受皮帶輪拉力較大，而木架受壓變形，以致使兩軸不平行，影响正常運行。所以，應採用硬木(如榆木)來做架子，或採用其他的支撐結構。

4) 在能買到滾珠軸承的情況下，最好用滾珠軸承來代替滑動軸承，或用黃銅軸承，可改善其運行條件。

5) 可以考慮用其他角鋼及圓鋼銲接在鐵板上，以代替鑄鐵的滾筒。這種作法一般在工地較為適宜，因在工地一般短的鋼筋頭等比較多，銲接也不困難，其具體做法如圖 3—1。但有一個缺點，型鋼的耐磨不是很好的，所以

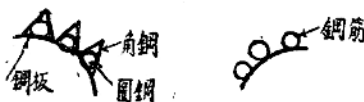


圖 3—1

耗損相當大，要經常更換。

二、高速粉碎機

1. 簡介：

本高速粉碎機是根據建築工程部水泥研究院所設計的高速粉碎機修改而成。機械在磨硬度為4及4以下的物料（如粘土、石灰石、石膏、白堊和煤等）時有較高的效率，能保證所要求的細度。同樣也可以磨較硬的物料，如爐渣和水泥熟料等。在農村中還可以磨牲畜飼料等。

機身外殼大部分為生鐵鑄鑄，由前後兩半合成。機體佔地很小；檢修也較方便；造價也很便宜，總數約為2400元。同時，在結構上可方便地根據成品的細度要求進行調整，所有運轉部分只通過一根軸來帶動。由於機器具有很多優點，故可以推廣使用。

本高速粉碎機也存在有一些缺點，如磨耗較大，打板需經常更換；所以要求外殼的裝卸要很方便。

粉碎機的粉碎過程為：物料經粗碎機碎成粒度在2公分以下，送至木料斗內，至粉碎室被打板粉碎之後，被吸風扇所產生的氣流帶往錐形小風扇室，其中粗料受小風扇的離心力作用返回粉碎室重磨。合格的細粉通過吸風扇吹至旋風收塵器收集，即為成品。由旋風收塵器出去的含塵氣體，一部分經回風管返回高速粉碎機形成循環氣流；一部分通到袋式收塵器，把最細的粉收回。

註：一般在高速粉碎機和旋風收塵器之間還有一沖擊式粗粉分離器和風車，使由此分離出的粗粒回磨，成品經風車仍送至旋風收塵器收回。經此分離，能保證細度；而在粉碎燒粘土水泥時，不需要經此分離已能達到所要求的細度。

2. 高速粉碎機的標定：

用規格為 80×410 公厘的高速粉碎機粉碎爐渣，進行試驗結果如下：

煤渣生產率：200~250 公斤/小時；

粘土生產率：700 公斤/小時。

其他如石灰和石膏等生產率，因時間限制，還未進行過試驗，估計約為 400~500 公斤/小時。

3. 設備規格：

(1) 高速粉碎機部分：

1) 動力：15~20 馬力電動機；

2) 轉速：3500 轉/分；

3) 打板輪規格： 80×410 公厘（寬度 $\times$ 直徑），打板數為 6 塊；

4) 小風扇規格： 40×230 公厘（寬度 $\times$ 直徑），葉片數為 4 片；

5) 風扇規格： 90×360 公厘（寬度 $\times$ 直徑），葉片數為 6 片。

(2) 旋風收塵器：

錐體直徑：720 公厘；處理通風量：1200 公尺³/小時。

(3) 袋式收塵器：

袋子規格： 4220×2000 公厘；

袋子數量：20 個；通風面積：28 公尺²。

(4) 設備費用估價：

高速粉碎機：1200 元；馬達：1000 元；

旋風收塵器：100 元；袋式收塵器：100 元。

總計：2400 元。

4. 操作維護及注意事項：

(1) 運行前：

- 1) 在機器運行前，應注意檢查打板和小風扇等葉片上的螺絲不得鬆動；並應檢查打板等是否需要更換。
- 2) 檢查管道接頭及兩外殼相結合處，一定要很嚴密，防止冒灰。
- 3) 檢查布袋收塵器扎口是否鬆脫，旋風收塵器的彈簧門是否失去彈性。
- 4) 檢查軸承油杯中有沒有油，應保持良好的潤滑。
- 5) 檢查馬達的絕緣。
- 6) 旋風收塵器下接一袋子盛裝磨細物料。
- 7) 入磨物料粒徑在 20 公厘以下（ >20 公厘者不得超過 20%，否則影響細度）。

(2) 運行中：

- 1) 起動時應先合刀閘，再打開九綫閘。要注意安全，至運行正常後方得進料。
- 2) 運行中應注意加料均勻，利用進料斗活門來調節，注意料中不得混有鐵塊或硬石子等。
- 3) 加料量大小由電流表決定，要求電流表讀數穩定，控制在馬達額定電流以下。
- 4) 注意馬達的溫昇，防止燒壞馬達。
- 5) 注意軸承及機殼的溫昇。
- 6) 在運轉時，軸承座不能發生振動。
- 7) 皮帶要適時地擦油。
- 8) 注意機器運轉的聲音，若有不對時，應趕快關掉閘門進行檢查。
- 9) 在機器運行中間，操作人員不得離開機器，要全神貫注地注意機器運行情況，注意安全。

10) 若遇有事故發生，應立即打開刀閘，不得驚慌失措。

(3) 運行後：

1) 運行後，應檢查打板等。打板等若有磨損情況，不能保證細度時，必須更換。要對稱地更換打板以保持平衡。

2) 牙板及風扇葉片等被磨損時必須更換。

3) 細度的檢查與調整：

① 移動小風扇；

② 改變打板和小風扇葉片大小；

③ 當粉碎較硬物料時，應用新打板。

高速粉碎機技術小結：

(1) 材料：機器大部分由生鐵鑄成，其他還有軸鋼、滾珠軸承、木、鐵皮、螺釘、紙風道及布等。

(2) 制造上的問題：鑄造主要是木模問題，因外殼較複雜；此外，牙板的制造也較為麻煩。外殼因為需要兩半合起來進行加工，所以也比較難制造。

(3) 制造及安裝要求：

1) 在制造時要嚴格按圖施工，以免在安裝時產生困難。

2) 在有可能的條件下，外殼內部最好能進行加工，以保證配合準確。避免因鑄造發生的厚薄不均，使打板和牙板產生摩擦，不能運轉。

3) 軸承的安裝一定要精確，此為影響整個機器的壽命之關鍵。

4) 機械拼裝完畢，應進行靜平衡和動平衡試驗，並進行調整。

5) 所有機械的連接部分(打板除外)應加彈簧墊圈，或用雙螺母擰緊。

6) 安裝時應嚴格進行找正，用水平泡測量水平，外殼也必須垂直放置，不得歪斜。

7) 試運轉時爲了避免產生意外，應低速轉動，經過檢查與鑑定，確定無問題後，方得高速運行。

(4) 在設計及製造過程中，我們曾經考慮過以下幾個問題：

1) 木殼：最初，我們將外殼部分全部用木材代替鑄鐵，這樣節省不少錢，同時在裝拆時也較爲方便。後來考慮到殼內雖有襯板，但摩擦作用仍很大，機器轉速較高，同時又有一定的熱量，可能會發生事故，木殼承受不起，木殼本身也較難制做，再者，木殼和內襯及殼間的連接也較困難，因此放棄了此想法，外殼仍用鑄鐵。但進料斗還是可用木制。

2) 打板：打板磨損較大，因此對打板的改進是重要的。可考慮將打板局部(兩端)加厚，以延長換它的時間；或將其作成尺寸對稱的(鑽孔留在中央)，以能調換使用。

3) 磨細部分之改進：物料是經錘擊而碎，因此增加它被擊次數是提高生產率的。可以將機器旋轉速度提高，同時也可將外殼的里面做有一定曲綫形式的伸出的葉片，使得粒子撞在葉片上按原路返回，而再被下個打板打擊(如圖 3—2)。



圖 3—2

4) 甩盤護板：甩盤部分磨損較大的是圓盤的最邊部分，同時最主要的是打板被磨，而甩盤磨損較小。所以可考慮不要用盤護板。

5) 回風管道：主要作用是造成循環氣流，以加強通風。如果在機器前部分進料斗處有通風口；同時，在其後面保証排

除的風量，則回風管可以省去。但省去過若因此管，道加增而多的布袋或其他設備，這是不適宜的，使排出的氣體直

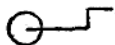
同樣，我們會打算省去布袋收塵器中

回風管再入機器內。但因考慮若排風面積不夠，則易漏氣，而使室內尘土很大，故仍採用之。此問題還值得研究，因為這樣可省去很多布。

6) 旋風分離器：在生產爐渣水泥時，可能出料的細度不合乎要求；因此，需要在高速粉碎機與旋風收塵器之間加一分離器裝置，並附加一鼓風機。這樣，就得增加一個電動機。在電動機較困難得到的情況下，我們考慮將分離器與收塵器合併。即在原來的收塵器外，再加一套形狀相同的錐式分離器。利用顆粒大離心力大的原理，使粗的水泥顆粒甩在最外圈，由分離器內落下；而合乎要求的細顆粒旋轉在中間，當遇到里面的收塵器伸出去的門（擋板），而進入收塵器中落下。

目前存在的是具體尺寸問題。若太小則一部分細顆粒也跟着粗顆粒一道由分離器中出來，使產量大大減少；同樣，尺寸太大，則不能形成旋風的作用。

7) 收塵器的出料活門：因器內氣體壓力大，當出料時，一抽開活門，里面的氣就向外噴出，而使灰塵太大，使工人工作條件很不好。現在，我們用兩個門，使兩門之間的容積夠等於一袋水泥（或半袋）。在工作時，將下面的門關好，把上面的門打開；當出料時，將上面的門關好，把下面的門打開。這樣在出料時，收塵器的內外還是隔離的。上面的門可開成圓板形旋轉式開關，只需搖動伸出在外面的平柄（圖 3—3）；下面的門可做成抽拉式，以便出料（將袋子直接套在出料口上）。



8) 基礎及機座：原設計的機座是用鑄鐵做 圖 3—3 手柄