

第廿一篇

電動機應用

目 錄

頁

第一章 電動機之選擇

1.1	概說	21— 1
1.2	直流電動機	21— 2
1.2.1	分激電動機	21— 2
1.2.2	複激電動機	21— 3
1.2.3	串激電動機	21— 3
1.3	感應電動機	21— 3
1.4	同期電動機	21— 3
1.5	電動機之外型及其應用	21— 4
1.5.1	標準開放型電動機	21— 4
1.5.2	防滴型電動機	21— 4
1.5.3	耐候型電動機	21— 4
1.5.4	全密閉型電動機	21— 4
1.5.5	防爆型電動機	21— 5

第二章 壓鋼工業

2.1	軋軋機	21— 6
2.1.1	中塊軋機	21— 6
2.1.2	熱壓延機	21— 6
2.1.3	串列冷壓延機	21— 7
2.1.4	軋板機	21— 7
2.1.5	其它	21— 7
2.2	表面處理設備	21— 8
2.2.1	浸漬處理	21— 8
2.2.2	鍍鋅或鍍鋁處理	21— 8

2.2.3	鍍錫處理.....	21— 8
2.3	儀器設備.....	21— 8
2.3.1	x 光與放射性同位素設備.....	21— 8
2.3.2	紅外線與紫外線設備.....	21— 9
2.3.3	超音波設備.....	21— 9
2.3.4	其它數字型指示儀器.....	21— 9
第三章 水 泥 工 業		
3.1	水泥之化學組成及製造程序.....	21— 10
3.2	廢熱利用與與購用電力之比較.....	21— 10
3.3	電動機及其控制.....	21— 10
3.4	配電系統.....	21— 11
3.5	電動機之應用.....	21— 11
第四章 升 降 機		
4.1	機械與剎車.....	21— 14
4.2	牽引.....	21— 15
4.3	其它設施.....	21— 16
4.4	電動機與發電機.....	21— 17
4.5	控制與操作.....	21— 18
4.6	電力消費與配線.....	21— 20
4.7	自動扶梯.....	21— 22
第五章 空氣調節與冷凍設備		
5.1	空氣調節之定義與有關名詞.....	21— 23
5.2	空氣調節之溫度與濕度.....	21— 23
5.3	冷卻負載之計算.....	21— 24
5.4	換氣與空氣之滲入.....	21— 26
5.5	空氣調節所用之電扇及過濾器.....	21— 28
5.6	空氣調節之自動控制.....	21— 28
5.7	空氣調節系統.....	21— 29
5.8	冷卻循環.....	21— 30
5.9	冷卻劑.....	21— 30

5.10	凝結器.....	21— 31
5.11	冷卻用壓縮機.....	21— 31
第六章 排量泵與離心泵		
6.1	泵之種類及所需馬力之計算.....	21— 33
6.2	排量泵.....	21— 33
6.2.1	滑流.....	21— 33
6.2.2	往復泵.....	21— 34
6.2.3	迴轉泵.....	21— 35
6.3	離心泵.....	21— 35
6.3.1	渦卷泵.....	21— 36
6.3.2	擴散泵.....	21— 36
6.3.3	吸引高度與起動注給.....	21— 36
6.3.4	多級泵.....	21— 36
6.3.5	管路之接續.....	21— 37
6.3.6	驅動用電動機.....	21— 37
6.3.7	離心泵之特性與效率.....	21— 38
第七章 工作母機		
7.1	驅動方式.....	21— 39
7.1.1	主驅動.....	21— 39
7.1.2	進給驅動.....	21— 39
7.1.3	橫向驅動.....	21— 39
7.1.4	其它驅動.....	21— 39
7.2	電動機之型式.....	21— 40
7.3	鋸剪機械.....	21— 41
7.4	彎曲及成型機.....	21— 42
7.5	切割及車削機械.....	21— 43
第八章 挖掘機械		
8.1	動力鏈.....	21— 47
8.2	拖索挖掘機.....	21— 47
8.3	輪鏈機.....	21— 48

8•4	驅動方式.....	21— 48
8•4•1	摩擦離合器驅動.....	21— 48
8•4•2	單一電動機驅動.....	21— 48
8•4•3	渦流離合器驅動.....	21— 48
8•4•4	直流電動機驅動.....	21— 49
8•5	動力消費.....	21— 49
第九章 移動用起重機		
9•1	起重機之種類.....	21— 50
9•2	起重機用電動機.....	21— 50
第十章 紡織工業		
10•1	紡織廠的分類.....	21— 53
10•2	熱與能.....	21— 53

第 廿 一 篇

電 動 機 應 用

劉 培 智

第一章 電動機之選擇

1.1 概 說

在購置電動機時，除能確定不久以後其負載必將增加者外，電動機之容量應配合負載切忌過大。因一般電動機在設計時其最高效率為在額定出力附近，故選擇容量過大，實際負載較低，則損失較大極不經濟。當使用交流電動機時，更需考慮功率因數。電動機在低負載運轉時，除效率降低外，其功率因數亦甚低。大多數電力公司均訂有功率因數過低之增收電費或罰款辦法，且功率因數過低時電壓變動亦較大，故電動機應避免在低出力運轉，使效率與功率因數得以提高。

美國工程師學會 (AIEE) 訂定各型電動機之額定出力及其標準，以供選擇參考。而一般優良之電機製造廠其所製造電動機架或底座之尺寸，通常均按照美國國家電機製造協會 (National Electrical Manufacturers Association, 簡稱 NEMA) 所規定之電動機安裝尺寸之標準所製造，使電動機可以互換使用，增加電動機之融通性為一大優點。NEMA 之標準尚包括電動機之各項額定值、運轉特性、尺寸大小等項目。因此在選購電動機時應選擇標準型式，在使用上將得到很多方便。

因各項機器之負荷特性不盡相同，如有些機器在啟動時需要的轉矩甚大，但在正常轉速運轉時其所需之轉矩卻並不大；有些機器之負荷特性又與上述者相反。故選擇電動機之運轉特性時，必需與負載特性相配合。如橋式起重機，在起動與加速時需要較大的轉矩，當已達到某一需要轉速後，為維持其運動，則需要之轉矩或功率不多。

有時尚應考慮到電動機所能產生的最大轉矩。如驅動大型沖壓機的電動機，其最大轉矩常不能滿足負載之需要，因此如電動機之啟動轉矩或運轉轉矩雖已滿

足負載之需要，然其最大轉矩不能滿足短時間之過負載時，則常需加裝適當之飛輪，以供應最大負荷轉矩之需要。

通常係以平均負載值來決定電動機之額定出力值，然啓動負載之大小亦常為決定電動機出力重要因素之一。同時尚需考慮啓動之頻繁程度，啓動歷時之長短，以及不尋常之起動電流等。

高轉速電動機之價格較低轉速者為低廉，且其運轉特性亦較低轉速者為佳，故一般以選擇高轉速電動機較為有利。然若被驅動之機械為低速度者，則必需配裝較貴的機械傳動減速裝置——齒輪箱。有些負載需要穩定的轉速，如紡織機、工具機械等，則需配以轉速變動率較低之電動機。但在最大機械負載時，電動機如不能自動降低速度將遭致損壞，故配有飛輪之機械則應選用速度變動率較大之電動機，甚至採用線繞轉子電動機或直流電動機。總之所選擇之電動機必需與負載的特性相配合。

非為特殊使用目的所設計之電動機，稱為一般目的電動機 (general-purpose motor)，屬於等轉速電動機。其設計為可驅動較額定出力為高或為低之變動負載。此類電動機的定額出力可大至 200 馬力，其轉速為 450 rpm 或更高，可適應一般需要，故廣被採用。NEMA 之電動機規範內有服役因數 (service factor) 一項之規定，其值為電動機可安全運轉之過負載值與正常額定出力之比。如電動機銘牌上所示出之服役因數為 1.15，亦即為在額定電壓與頻率下，額定出力為 50 馬力之電動機，其可容許之負載能達 $1.15 \times 50 = 57.5$ 馬力，如負載需求為 55 馬力，則購置 50 馬力之電動機即可敷應用。

有時選擇電動機時尚需考慮裝設電動機場所的環境，如冷、熱、濕氣、塵埃、有可燃性或腐蝕性的氣體等。有些製造廠可製作能適應任何使用環境之電動機。因此使用者可向製造廠洽詢選擇適當可靠之電動機，雖售價稍貴，但若為節省而影響生產及品質，因小失大更不合算。

1.2 直流電動機

除了在對速率調整要求較高的負載選用直流電動機外，通常均選用交流電動機。因直流電動機必需配備直流電源，如電動發電機組或大型整流器等，故將增加設備投資金額，且增加了用電的複雜性。茲將直流電動機的型式及其特性簡述如下：

1.2.1 分激電動機

在額定出力範圍內可作等速或調整轉速以驅動負載，有較大的啓動轉矩。可

作送風機、工具機、離心泵等機械驅動之用。其滿載轉速約在 690 至 1750 rpm 之間，出力自 1/6 至 300 馬力。

1.2.2 複激電動機

在額定出力範圍內，可隨意調整轉速以驅動負載，可在滿載啟動，並圓滑加速。適用於驅動冷卻用壓縮機、往復式水泵、空氣壓縮機、剪床等機械。其轉速及出力範圍與分激電動機相同。

1.2.3 串激電動機

在額定出力範圍內，其轉速可作廣泛的調整，啟動轉矩極大，但不能在無負載狀態下運轉。適用於驅動吊車或起重機等機械，不能作等轉速運轉，因其轉速受負載所影響。馬力亦約自 1/6 至 300。

1.3 感應電動機

感應電動機為價格最低廉、構造最簡單、堅固耐用、維護最省事的電動機。一般等轉速的負載可選用鼠籠式感應電動機；需調整轉速者可選用線繞轉子電動機。頻率為 60 赫的電源，其轉速通常為 360 至 1,800 rpm，出力可大至數千馬力。

1.4 同期電動機

就工業工程師的觀點而言，同期電動機有下列的顯著優點：(1)其效率較同樣出力的感應電動機為高，尤其是馬力大而轉速低者；(2)因同期電動機可改善負載之功率因數，經濟效益較高。

至于選用同期電動機抑或感應電動機何者較為經濟，應就轉速之高低分別加以檢討。高轉速的負載，若能經常在滿載情況下運轉者，因其功率因數與效率均較高，故以選擇感應電動機較為經濟，如以改善負載功率因數為主要理由，且所驅動之機械可在無負載情況下啟動，則可選用同期電動機，尚有效率與轉速不受負載影響等優點。

如選用高轉速感應電動機以驅動低轉速負載，則必需加裝減速裝置，如皮帶、齒輪、鏈帶等，除需增加費用外，且增加傳動損失，而佔地面積亦增大。

如為低轉速的負載則以選用同期電動機較為有利，除可改善啟動與運轉特性外，可靠性亦高。600 rpm，250 馬力之同期電動機其價格與感應電動機者約略

相等。馬力更大而轉速更低者，同期電動機之價格則將較感應電動機為低。

低轉速同期電動機因具有更好的啟動特性，如驅動直接連結的低速機械時，有下列優點：可改善功率因數；較高的運轉效率；轉速一定不受負載所影響；可利用簡單、價廉、可靠之全電壓按鈕控制啟動設備自動啟動；可與被驅動機械直接連結；佔地面積小；維護費低；價格低廉等。

450 rpm 或更低轉速的同期電動機，通常均係與被驅動之機械直接連結，故可節省軸承、底板、減速裝置等。因此非常適合用作鋼鐵、紡織、水泥、橡膠、製紙、麵粉、抽水、灌溉等較大的等速負載。亦可直接連結驅動往復式壓縮機與負載常作巨大變化的機械，但需加裝足夠重量的飛輪，以限制變化的幅度。

同期電動機的轉速範圍自低速 180rpm 至高達 1,800rpm，出力可高至 4,000 馬力以上。

1.5 電動機之外型及其應用

配合驅動負載之特性選擇適當型式的電動機已略述於前。然為適應裝設電動機週圍不同之環境，電動機之外壳亦有不同之設計，以減少故障，增加安全，節省維護費用。通常電動機外壳之型式與構造有下列數種。

1.5.1 標準開放型電動機

適用於乾燥、無腐蝕性物質、空氣內無塵埃、纖維堵塞風道之處的場所。無油氣或油滴以損害線圈絕緣。一般工業用之電動機百分之九十以上為開放型者。

1.5.2 防滴型電動機

此型電動機外壳之設計係防止水滴、全屬屑或其他跌落物質進入電動機，因此外壳開口都位於中心線以下，通常配置有冷却扇翼。

1.5.3 耐濕型電動機

此型電動機除底部開口外，其他部份均為密閉，開口處尚設有擋板，以免水滴進入，且可保持通風。此型電動機適用於奶品工廠、食品加工廠、紙廠等。因工場內為保持清潔經常用水沖洗，故需防止水滴的侵入。

1.5.4 全密閉型電動機

在塵埃、煙氣、油份、濕氣較多，或有其他有害物質可能進入電動機的場所，如使用開放型電動機則線圈易遭損害需常檢修而影響運轉，故多採用全密閉型

電動機。通常均附有冷却裝置以增加冷却效率。

1.5.5 防爆型電動機

如空氣內含有可燃性或爆炸性氣體。如天然氣、溶劑揮發性氣體、丙酮 (acetone)、石油等，則必需採用防爆型電動機。電動機之主要部份均被外殼密封，以免因發生火花引燃氣體發生爆炸或火災。其冷却空氣係由風扇吹越內外鐵殼之間，以冷却電動機。

其他如化工廠及紡織廠等除了專用特殊電動機外，一般均用全密閉型電動機，不另贅述。

電動機所用之軸承有套軸承與球軸承兩種。球軸承之價格雖較高，但維護費用低。因不需經常添加潤滑油，外物不易進入，而無漏油的缺點。更因摩擦損失少，故不致有軸承燒損影響運轉，甚而發生火災等事情，現在電動機已普遍使用球軸承。

第二章 壓鋼工業

2.1 軋軋機 (Rolling Mill)

一座完整的鋼廠自煉焦爐由製焦煤開始，以鼓風爐或高爐 (blast furnace) 使鐵礦石製成熔鐵，再由製鋼設備將熔鐵精煉為鋼或製成鋼之合金。鋼之初製成品多為鋼錠或鋼條，以備繼續壓製成各種形狀及尺寸之成品。

在前述製鋼過程中，煉製部份所耗電量不多，而以軋鋼成型所需電量較多。而消耗於物料搬運、用水、壓縮空氣等之用電量亦頗為多。

軋軋機通常依其構造或處理的方式加以分類。就構造而言，常用者為雙重或四重軋機，三重者較少使用。縱橫軋機 (universal rolling mill) 因有垂直或邊緣軋棍，於軋薄鋼料時可同時作邊緣或寬度之控制。

以處理方式加以分類時，則主要之軋軋型式可分為：

2.1.1 中塊軋機 (blooming mill)

中塊軋機係將鑄錠 (ingot) 軋壓成中塊或扁塊。所有壓軋機鋼料除直接經由連續鑄製成中塊、扁塊或條塊者外，均需先經中塊軋機壓軋至相當大小後，再經末道軋軋機 (finishing mill) 製為成品。中塊軋機通常為單架雙重可逆式。扁塊軋機 (slabbing mill) 為中塊軋機之改良型，具有縱橫壓軋，適於軋壓較寬的扁塊，而可免除經常將鑄錠翻轉。中塊及扁塊軋機有裝設自動控制設備者，可預先設定軋棍之間隙，使主軋棍與邊軋棍間之速度同期。此項預先設定之資料可儲存於卡片或計算機之記憶部份完成自動控制。中塊與扁塊軋軋機由接於可變電壓系統之大型低速直流電動機驅動。以典型之扁塊軋軋機為例，計有四臺 3,000 馬力之電動機驅動水平軋棍，與二臺 2,000 馬力之電動機驅動邊緣軋棍。直流電源一般以矽整流器供應。

2.1.2 熱壓延機 (hot strip mill)

係將熱扁塊壓軋成鋼板、鋼片或鋼條。此類壓延機有連續型與半連續型二種。連續型壓延機通常一連串排列二至六臺軋軋機，將扁塊壓延至預定尺寸後，再送往末道壓軋設備。半連續型壓延機有可逆粗軋軋機，扁塊經往復數次軋壓至預定尺寸後，送往末道壓軋設備。

末道壓軋系列通常擁有五至七臺壓軋，以同步速率經密切配合運動，壓延至

最後所要求的尺寸。通常需壓延之鋼料在所有的末道壓延機內同時壓延。

一般連續型粗壓機臺均採用交流電動機，因為相隣兩機臺之速率不需同步。以往都用線繞轉子感應電動機附裝飛輪及速率調整裝置，最近已多改用同期電動機，而半連續型壓延機則多採用直流電動機。

末道壓延機通常都使用直流電動機連接於可調整電壓的電源。在相連續之兩機臺間壓片之張力必需精密控制，使其所受之張力最低。因鋼在溫度較高時具有可塑性，故張力較大時會形成縮頸現象或甚至拉裂。故在機臺間均裝設有定張力環圈（looper）以調整其間的張力。環圈係受壓縮空氣或油壓操作被推向上，其向上的位移受被壓延的鋼片所限制。環圈之位置經反饋至電氣控制系統藉以單獨調整各機臺電動機之速率，使環圈維持於特定之位置。

鋼片在軋軋時因溫度之逐漸降低而變硬，影響壓延之厚度，雖然可將軋延機之速度加快以作改善，但多半以改變軋子間之間隙加以控制。新型熱壓延機採用自動厚度控制系統 AGC，以控制末道壓延機軋子間之間隙。最新式者利用電子計算機自動控制壓延機之操作。

2.1.3 串列冷壓延機 (tandem cold-strip mill)

係將熱壓延機所展軋之半成品以室溫加以軋壓，其厚度可低至 0.002 吋。特殊的軋箔機其壓延之厚度將更為薄。冷壓延機之構造與末道熱壓延機相仿，不過其機臺間鋼片張力之控制更為精密與重要。冷壓延機之速率甚高，有超過每分鐘 5,000 呎者。通常為四重三至六個機臺，以可變電壓電源供應直流電動機驅動。

末道軋壓鋼片之厚度利用 X 光加以檢測，將資料輸入 AGC 以調整控制。軋壓厚度控制有單獨調整機臺間之張力者，亦有同時調整機臺間之張力及軋軋之間隙者。軋軋之間隙係由數字型間隙調整器所控制，其精確度可在 0.0001 吋以內。

2.1.4 軋板機

係將經中塊及扁塊軋機軋壓成之扁塊壓成鋼板。軋板機通常均為單一機臺者，二重或四重可逆式，或三重單方向連續式。有些採用多機臺串列方式，其中有一臺為粗壓機。亦有採用縱橫軋機作為鋼板之邊緣處理者。

2.1.5 其 他

為供應各項結構用成型鋼材，有結構鋼材軋機用作軋壓鋼樑、重型角鐵、槽鐵等鋼材。其他尚有鋼軌軋機、方鋼、六角鋼、圓鋼等軋機以供應一般建材，另

外尚有有縫或無縫管類之製管機。

2.2 表面處理設備

一般設備完整的製鋼廠，尚備有各種處理設備，如浸漬處理設備，鍍鋅，鍍鋁與鍍錫設備，連續熱處理設備及剝切設備等。處理設備通常都採用由可調整電壓電源之直流電動機所驅動。有時在重要地點尚需裝設張力計以控制張力。茲將主要之處理方法簡述於后：

2.2.1 浸漬處理

鋼材於熱壓延後必需先經浸漬處理，始能再加以冷壓延。浸漬處理之目的係將經熱壓延後鋼材表面所生之鱗片與雜質去除。浸漬之方法係將鋼材通過酸液槽，作表面潔淨。

2.2.2 鍍鋅或鍍鋁處理

鍍鋅或鍍鋁可使用同一處理設備，僅需更換鋅或鋁之鍍料即可。經浸漬處理與冷壓延後之鋼材，即可進入鍍槽作鍍鋅或鍍鋁處理。為使處理工作得以連續進行，可將準備鍍鋅處理之鋼首尾焊接成一整條，以利操作。鍍鋅處理之鋼材在進入鍍槽前需先經加溫室，使其溫度升高至鋅或鋁的熔點以上，再浸入熔鋅或熔鋁內。經鍍鋅處理後之鋼材經切割後成捆或成捲包裝。

2.2.3 鍍錫處理

經冷壓延、退火或回火之鋼材，亦可用鍍錫作為表面保護處理。鍍錫前鋼材表面需經清潔處理並沖洗。以純鉍為陽極，被處理之鋼材為陰極，置於酸或碱的溶液內（視處理之方法而異）作電鍍處理。表面經鍍錫的鋼材，需再進入燃氣或高週波加熱爐內再熱，其再熱溫度需高於錫之熔點，使鋼片表面生成閃亮發光的鐵錫合金保護層。

2.3 儀器設備

最近由於儀器與控制技術的飛躍進步，各鋼鐵工業亦均裝設新式的自動控制設備，使生產力與品質均告大幅提高，其主要之控制儀器有：

2.3.1 X 光與放射性同位素設備

用於(1)連續測定鋼片之行進速度，鋼片之厚度可在 0.002 至 2 吋之間；(2)應用螢光與反射技術，連續測定表面塗層的厚度；(3)應用分光技術分析鋼鐵的化學成份；(4)應用吸收技術檢測在高爐內之耐腐蝕特性。

2.3.2 紅外線與紫外線設備

用於(1)連續測定在行進中壓延鋼片之寬度；(2)測定熱鋼材之溫度；(3)應用可見光或接近紫外線檢測行進中之鋼片內直徑小於 0.001 吋之針孔。

2.3.3 超聲波設備

用於壓延鋼材中所發生的裂隙。

2.3.4 其他數字型指示儀器

用於指示各項必要之資料以控制生產之進行。

第三章 水泥工業

3.1 水泥之化學組成及製造程序

波德蘭水泥 (Portland cement) 之主要成份為鈣之氧化物 60~66%，矽之氧化物 20~24%，鋁之氧化物 4~6% 及鐵之氧化物 2~3%。由鈣與矽之氧化物形成矽酸鈣，與水混合後主要由其決定水泥品質之優劣。而石灰石、泥灰土、白堊及貝壳等則為製造水泥之主要原料。

水泥之製造程序為採掘、輾磨、混合、送入旋轉之水泥窯加溫至白熱。將窯內之焙塊加延緩劑經輾壓成粉，即成為最後之成品——水泥。

而原料之輾磨混合、儲存、及送入轉窯之方法則有二種：一為乾式法，係將混合後之物料維持粉狀；另一為濕式法，係加水使物料成為可流動之稠體，約含 35% 水份。

製造水泥所需之動力，各廠不盡相同。通常日產一桶（水泥廠之容量習慣上以桶為單位計算，一桶水泥為 376 磅或 162 公斤）水泥約需 1.5 至 2 馬力，而每桶水泥之電力消費量約為 20 至 30 度。整廠平均日負載因數為 90%，年平均負載因數約為 75%。

3.2 廢熱利用與購用電力之比較

二次世界大戰以前，許多水泥廠都裝設特殊設計之鍋爐，利用轉窯排出之高溫廢汽發電。由實際運轉經驗顯示，如自轉窯排出氣體之溫度尚相當高時，則利用廢汽所產生的電力可足夠全廠所用。但為顧及動力供應之可靠，仍應申請電力作為備用電源。

二次大戰以後轉窯之長度加長很多，致出口汽溫較前大為降低，故已不再利用廢汽發電，且因自設電廠之發電成本亦較前為高更無吸引力。年產五十萬噸水泥廠所需之電力約為 15,000 KVA。但如轉動轉窯及照明等必需經常維持運轉之設備，則需設置備用電源以備電力停止時作緊急供電之用。

3.3 電動機及其控制

由於鼠籠式感應電動機價格低廉，構造簡單牢固，故高轉速之中小型電動機都選用鼠籠者。而 NEMA-C 級高轉矩低啟動電流與 NEMA-B 級正常轉矩

低啓動電流兩類電動機因性能可滿足一般之需要故廣被選用。鼠籠式電動機通常都在全電壓用電磁開關作爲運轉控制。

但如軋碎機 (crusher) 及錘碎機 (hammer mill) 等則需要高啓動轉矩及低啓動電流之電動機，而轉窑及抽氣通風機等需調整轉速作連續運轉，故通常都選用繞線轉子電動機。鼓型 (drum) 控制器常使用於小型電動機，而大馬力者都使用電磁控制開關。但以定子部份用電磁開關控制而轉子部份用鼓型控制器之組合運用者最爲普遍，電磁開關通常均附裝過負荷與低電壓保護設施。

直流電動機之速率調整範圍較寬又較爲精確，常被用作驅動轉窑及其飼料機。而大型筒磨機 (tube mill) 則通常選用同期電動機，配設自動磁場控制裝置可使電源干擾所發生的影響減至最小。

水泥廠內之設備很多都裝設在屋外，且粉塵特多，故通常都選用防水型電動機配以防塵軸承。目前的趨勢以採用直結式電動機、齒輪電動機及密封式減速器者較多。因水泥廠之空氣中粉塵彌漫，易於進入電動機及控制箱積著於繞圈與接點，而是頂粉粒具有絕緣性，積著於接點將影響電流之流通，故建議使用電壓應勿低於 250 伏，除非配電盤及控制箱等裝有防塵設施。現在一般控制室均有空氣調節設備，當可減少上述困擾之發生。

3.4 配電系統

水泥廠之配電系統以輻射方式較爲實用。爲增加每一饋線供電之可靠計，可與另一饋線成環路供電，以免供電中斷。每一饋線由單獨之斷路器及裝甲開關控制，並建議每一饋線使用單獨變壓器及控制中心。變壓器容量之大小應考慮其短路故障電流勿超過斷路器及保護熔絲之切斷容量。總電力容量在 25,000 KVA 以下者，其配電電壓都採用 11,000 伏，25,000 KVA 以上者則採用 66,000 伏。

配電線路之設計當大型電動機啓動時其電壓降應不超過 15%。惟現在水泥廠的容量增大，故都選用較大型的電動機，致筒磨機等在啓動時可能超過上述限制。每一饋線均應裝設保護電驛，當故障發生時能加以選擇，僅使故障之線路與系統隔離。

水泥廠之屋外變電設備如變壓器、斷路器等之絕緣套管及線路的絕緣磚子，其絕緣等級較一般者應稍提高，以減少因塵土污染而發生閃絡洩漏的機會。亦可在套管及磚子上塗以砂膏，以減少污染事故的發生。

3.5 電動機之應用

迴轉型軋碎機 (gyratory crusher) 一般都採用繞線轉子電動機以皮帶驅

動。小型軋碎機亦有採用 NEMA B 級鼠籠式電動機者。亦有採用大型同期電動機以作功率因數之改善。迴轉型軋碎機正常應在無負載時啟動。但為避免在運轉時停電需取出軋碎機內之材料始能再行啟動的麻煩，故都選用高啟動轉矩的電動機。

單滾軋碎機係用作壓碎較軟原料之用，如泥板岩、石灰石等，以線繞轉子電動機經用皮帶驅動之。軋碎機每噸小時容量約需 0.5 至 1 馬力。

顎式軋碎機 (jaw crusher) 係用作初軋機，由線繞轉子電動機以皮帶驅動，有時亦有採用 NEMA D 級鼠籠式電動機者。

鏈碎機通常以撓性聯結器 (flexible coupling) 與電動機直徑，可選用感應電動機抑或同期電動機。鏈碎機常加設可逆裝置藉以增加使用壽命。

初磨機裝設於生料或熟料之細磨球磨機及筒磨機之前。一般均採用閉合系統，其優點為(1)可控制最後成品之細度，(2)增加磨機之出力，(3)減少電力之消費。閉合系統係將經軋磨輸出之粉粒再經篩粒機或空氣分離機分選粗細，過大之粉粒送回磨機重行軋磨。初磨機通常為球磨機或滾磨機。

生料與熟料之細磨通常使用球磨機或筒磨機。而室磨機 (compartment mill) 則為分成若干間隔之球磨機或筒磨機，輾磨不同大小之粉料。一般均採用閉合系統。

細磨機都配用同步電動機，2,500 馬力以下者其功率因數為 0.8，用以改善整個工廠的功率因數，而 2,500 馬力以上者則功率因數較高。細磨機所需之馬力為全廠中最大者，約佔全廠總負荷的百分之六十五至七十。

5,000 至 6,000 馬力之細磨機並不罕見，因此啟動時的電流必需設法加以限制。故以選用同步感應電動機者為最多。啟動時運用如線繞轉子電動機，直至轉速昇達 98.5% 同步轉速。於最適當時刻加入直流勵磁電流，使得到最大同步轉矩而以同步電動機運轉。

細磨機之轉速在 150 至 240rpm 之間，較小之電動機 (1,000 馬力以下者) 以一組減速齒輪直結。馬力較大者多用兩段減速齒輪連接。電動機之各項特定轉矩與額定轉矩之比，啟動轉矩為 180%，引入轉矩為 140%，脫出轉矩為 200%，其轉矩值通常由磨機製造廠所指定。

水泥廠所用之運送設備如運送帶、螺旋運送機、牽鏈 (drag chain) 及箕式升送器等，都採用 NEMA B 或 C 級鼠籠式電動機以齒輪直結驅動。100 馬力以上及需經常停機啟動者，則常選用線繞轉子電動機。

轉窯之外壳為鋼板製成內襯耐火材料，置於與水平稍成傾斜之軸上旋轉。熱空氣及燃料自轉窯較低之一端噴入，生料成漿狀或粉狀自較高之一端傾入。由於

轉窑之轉動，粉料自上緩慢下移被乾燥及鈣化。在燃燒層生料形成新的化合物即為波特蘭水泥的結塊。

轉窑驅動用電動機之馬力，視其大小、轉速、生料之種類與數量而定，一般中大型者約自 200 至 800 馬力。現在轉窑之設計為節省燃料均採用直徑較大與長度較長者。在乾式水泥廠每製造一桶熟料所需之熱量約為 900,000 Btu，濕式者約為 1,000,000 Btu。轉窑所需之轉矩在規定的速率範圍內幾乎不變，較新型的水泥廠採用可調整電壓直流電動機。感應電動機以渦流結合器連結者亦常被採用。轉窑所需動力在 250 馬力以上者，以使用二具電動機併聯帶動者較多。