

上海五一电机厂等 编著

土法制造电机

科技卫生出版社

土法制造电机

上海五一电机厂等 編著

科技卫生出版社

內 容 提 要

本書包括三篇用土法製造電機的文章。第一篇“不用矽鋼片的電機”總結了試用一種新的磁性材料（鑄鐵合金）來代替矽鋼片製造電機的經驗，指出了一條代用矽鋼片的新途徑；第二篇“25 瓦土發電機”介紹了怎樣就地取材，用土辦法加工製造發電機的具体方法。第三篇“土法製造電機”簡單扼要地介紹了怎樣在沒有適當的材料和適當的工具的情況下，加工製造電機的方法。

本書着重加工工藝，插圖詳盡，相當實用。可供各地用土法製造電機的技术人員和工人閱讀和參考。

土 法 制 造 電 機

上海五一電機廠等 編著

*

科技衛生出版社出版

（上海南京西路 2004 號）

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

上海市印刷五廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

開本 787×1092 毫米 1/32 · 印張 1 5/8 · 字數 37,000
1958 年 12 月第 1 版 1959 年 2 月第 1 版第 2 次印刷
印數 20,001—45,000

統一書號：15119 · 1111

定價：（七）0 14 元

目 录

一、不用矽鋼片的电动机上海五一电机厂.....	1
1.設計方面.....	1
2.結構部分.....	2
3.檢驗結果.....	5
4.結論.....	6
二、25瓦土法电机	
北京清华大学登封工作学习队电机小組.....	7
1.前言.....	7
2.电机的結構原理.....	8
(一) 定子.....	9
(二) 轉子.....	10
3.土电机的制造.....	11
(一) 定子部分.....	12
(二) 轉子部分.....	21
4.总装和实验.....	35
(一) 总装.....	35
(二) 实验.....	37
三、土法制造电动机徐 曉.....	42
1.怎样用土法制造电动机.....	42
2.制造电动机的原料和设备.....	43
3.电动机的制造法.....	44

一、不用矽鋼片的電動機

在全國工農業大躍進的形勢下，工農業各方面都迫切需要電動機，因而電機製造單位如何多快好省、千方百計地生產電動機，成爲當前重大課題之一。冶金陶瓷研究所、機電工業試驗所與五一電機廠接受了研究任務後，同志們在敢想、敢爲，破除迷信，解放思想，通力合作下，試製成功了一台用鐵合金澆鑄鐵芯以代替矽鋼片的5馬力四極防滴式電動機。這樣，在克服目前矽鋼片供應緊張和簡化工藝過程上，起了一定的作用，同時對加快社會主義建設有着重大的意義。茲將這台電動機的主要設計和結構說明如下：

1. 設計方面

這次設計的中心思想，主要在矽鋼片供應緊張的情況下找尋新的磁性材料來代用。我們曾經討論過擬採用澆鋼、球墨鑄鐵、純鐵粉和普通鑄鐵等材料，但是，經過初步研究，認爲不盡符合理想條件，問題主要在於磁感應與鐵損等方面。如何獲得磁感應高和鐵損低的磁性材料，將是我們的中心課題。最近在機電工業試驗所、冶金陶瓷研究所和五一電機廠通力合作下，試成了一種新的鑄鐵合金，它的配製方法是：在鐵中加入5%的矽和4%鋁。經過金相分析，發現加鋁後能使鑄鐵起球化作用，並且實驗數據指出：單位鐵損 $P = 10/50 = 6.57$ 瓦/公斤，與電機用矽鋼片的鐵損比較尚稱接近，磁感應

亦提高到 $B_{50} = 9400$ 高斯(圖 1-1)。

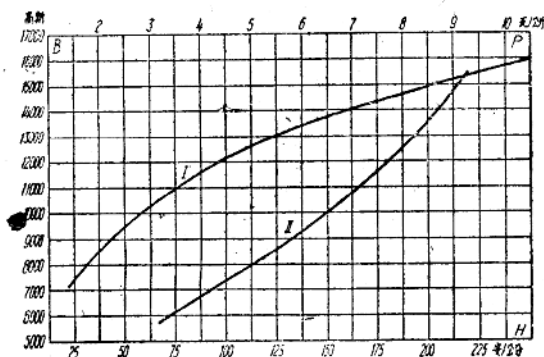


圖 1-1 鑄鐵合金的磁化曲綫和損耗系數

曲綫 I 是厚度 4~5 公厘的鑄鐵合金的磁化曲綫；

曲綫 II 是厚度 4~5 公厘的鑄鐵合金在 50 赫芝的損耗系數。

由於這種材料的發現，加強了我們試製鑄鐵電動機的信心。我們三個協作單位決定採用這種鑄鐵合金作為磁性材料來製造一台 5 馬力的四極三相異步電動機，要求這台電動機的性能能符合 JO 型三相異步電動機的技术條件。我們知道北京宣武電機廠曾製成過一台鑄鐵電動機，性能較差，溫升很高。因此我們對電磁設計和結構設計，均經慎重考慮：氣隙磁感應僅 6300 高斯，電流密度為 5.5 安/平方公分，綫負載為 180 安/公分。同時考慮到翻砂出來的槽形不很平整，槽滿率僅用至 70%。因此在電機的尺寸和用料來看，較砂鋼片電機為大。主要數據見表 1-1。

2. 結構部分

鐵芯的疊片厚度和壓裝方式將是結構上的一個重大問題。一方面要考慮到渦流損耗，同時又要照顧到機械強度和

表 1-1 矽鋼片電機和鑄鐵電機—5 馬力四極三
相感應電動機電氣規範比較表

項目	名 稱	矽鋼片電機	鑄鐵電機
1	定子外圓 (公厘)	250	300
2	定子內圓 (公厘)	155	180
3	空氣隙 (公厘)	0.4	0.4
4	鋼片總長 (公厘)	70	80+1×19
5	定子槽數	36	24
6	定子綫規	φ 1.35 s.c.e.	φ 1.4 s.c.e.
7	每槽綫數	34	50
8	繞圈形式	雙層	單層
9	並聯路數	1	1
10	槽 距	1~9	1~6
11	轉子槽數	26	36
12	轉子綫規	4.1×12.5 扁鋼綫	3.28×12.5 扁鋼綫
13	槽 斜 度	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
14	端 環 (公厘)	8×20	8×20
15	矽鋼片重量 (公斤)	33.6	—
16	鐵合金重量 (公斤)	—	44
17	定子導綫重量 (公斤)	3.7	5
18	轉子導綫重量 (公斤)	1.2	1.6

澆鑄造型方面的困難，因此曾作過不同厚度的鐵片試樣，經實驗證明，當厚度增加時，其鐵損將按平方增大。最後選擇了 4 公厘的厚度。在澆鑄試樣時，得出這樣一個結論：澆鑄好的鐵片，不宜急於從砂箱中取出，最好要經過一小時的冷卻，否則鐵片質地很脆，不能承受較高的壓力，而且不平的程度亦可減少。

疊片槽口較狹，澆鑄時亦有困難。我們試製時放棄了鑄穿的要求，改為金加工開口，這樣槽口整齊美觀，並有利於嵌綫工作。

鐵芯壓裝利用螺桿對撬。片上四角附有突出的搭子，並鑽有孔，螺桿即由此孔通過，鐵芯兩端壓圈鑄有鐵腳，因此機座可以省去。在疊片的片與片之間有空隙通風，方式是徑向。主要結構形式如圖 1-2。

3. 檢驗結果

這台電動機製成後，在五一電機廠試驗室檢驗，有上海機電工業試驗所參加，基本上符合標準，效率是 80.3%，功率因數較差，是 73.5%，溫升為 42.5°C。最近在作老化試驗時發現老化現象較為嚴重。因老化試驗週期較長，暫時尚不能作出結論。主要試驗數據見表 1-2。

表 1-2 矽鋼片電機和鑄鐵電機—5 馬力四極三相感應電動機試驗數據比較表

項目	性	能	矽鋼片電機 (試驗值)	鑄鐵電機 (試驗值)
1	定子電阻(75°C)	歐/相	1.42	1.68
2	試驗電壓	伏	380	380
3	空載電流	安	3.97	5.9
4	空載輸入	瓦	344	400
5	鐵耗	瓦	229	235
6	風磨耗	瓦	70	70
7	開動電流	%	535	365
8	開動轉矩	%	168	133
9	定子滿載鋼耗(75°C)	瓦	270	467
10	轉子滿載鋼耗(75°C)	瓦	185	210
11	滿載效率	%	85	80.3
12	功率因數	%	84.6	73.5
13	滿載滑率	%	4.34	5.33
14	最大轉矩	%	262	220
15	滿負荷機座溫升	°C	36.5	38.5
16	滿負荷定子銅溫升(電阻法)	°C	40.5	42.5

4. 結 論

經過試製，基本上達到了設計要求，但由於用料較多，就電磁綫一項已較用矽鋼片電動機多 38%，因此應針對經濟指標改進設計。考慮到老化問題，因此對於鐵合金的配方亦應有所改善。最近與中小型電機研究室和上海鑄鍛公司取得聯系，準備進一步再作試製。薄片澆鑄擬採用壳模澆鑄等措施。我們誠懇希望讀者多多提出改進建議和意見，以便改進。

二、25 瓩土發電機

1. 前 言

在黨中央提出的鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社會主義總路綫的光輝照耀下，電力工業與其他工業一樣都得到了空前的躍進。隨着鋼鐵工業及其他工業高潮的出現和農業生產技術的發展以及生活水平的提高，愈來愈迫切的需要電力，因此製造電機就成了很重要的課題，如果電機製造也能遍地開花，那末使電力工業這個“先行官”走在更前面將有極大的意義。

但是，也有些人認為，別的東西能土，就是電機不能土；電機一定要在有現代化設備的工廠和握掌技術的工人的大城市才能製造，縣城、農村中是無法製造的。他們的理由是：農村沒有矽鋼片，農村沒有銅綫，沒有絕緣材料，沒有現代化加工的沖床等設備，也沒有會製造電機的技術工人。他們還認為：即使在縣城、農村能造，也祇不過是些二三千瓦的小電動機。同時，在一部分羣衆中迷信還未破除，認為電是非常神秘的東西，要製造電機是困難重重的。

今年暑假，我們電機系師生十一人和登封人民在登封縣委、廠黨委的領導下，苦戰了一個月，製造成一台 25 瓩的土發電機，一台 3 瓩的土電動機。這說明了在縣城、農村是可以造電機的，電並不是那麼神秘的。請看看登封的條件吧：登封

沒有矽鋼片，沒有包好絕緣的銅綫，沒有絕緣材料，沒有沖床沖模，也沒有造過電機的技工，但是登封人民製造電機只用了一台皮帶車床，一台刨床，一台鑽床，鐵匠爐，土法翻砂和銼刀、鋸子一類的鉗工工具。參加設計製造工作的是車工、鉗工、鐵匠、木匠、油漆匠、翻砂工人和電機組的師生。大家堅信黨的大、中、小結合，土洋並舉，全民辦工業的方針是正確的，在縣委的領導下，我們用廢鐵片代替了矽鋼片，白布帶代替了黃臘布，桐油代替了絕緣清漆，軸的材料用低碳鋼代替了中碳鋼，自己拔銅絲，用鋸子、鑿子加工了三十六個定子槽，用人工鍛出了磁軛、極身和極掌。試製成的電機經過試驗，性能是良好的。登封人民發揚了敢想敢干高度的共產主義風格，用土辦法加工土材料製成土電機，這一事實有力的駁倒了懷疑派與觀潮派的論點。登封人民能造電機，全國各地在黨的領導下也一定能製成電機的。

現在我們將工作中用的材料、加工工藝和一些數據整理出來，以供需要的同志們參考。我們工作中的缺點很多，一些看法也很不完善，下面所談的方法也不是唯一的。希望同志們在工作中不斷創造和改進，並對本書中的缺點和錯誤提出指正和批評。我們的地址是“北京清華大學電機系”。讓我們在黨的領導下，爲了實現祖國電氣化的偉大事業，貢獻出自己的一切力量吧。

2. 電機的結構原理

從日常的生活經驗我們也能知道電和磁（吸鐵石吸鐵的性質叫磁性）有很密切的關係，例如用乾電池和一些外皮不通電的電綫繞成的綫圈，如圖2-1接好，就有電流通過綫圈，綫圈

就能吸鐵，這就是電產生磁。

反過來，用一塊磁鐵在一個不動的綫圈裏運動，可以產生電流，這就是磁產生電。發電機就是根據這樣一個簡單的原理製造的。用一個大的磁鐵在一組用一定方法接好的綫圈內轉動，就能產生出電來。

發電機的結構，一般分為下述二個主要部分：

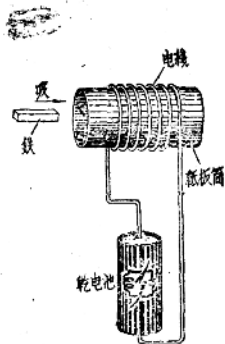


圖 2-1

(一) 定子

定子是發電機外部靜止不動的部分，一般為圓柱形(也可以用方形)，它可分為：

(1) 定子綫圈：定子綫圈是將幾十個綫圈按一定方法排在定子鐵芯上，並按一定方法連起來。

對綫圈的要求：

1. 綫圈的一圈與另一圈是不能通電的，若是通了電，電流就在可以通的地方流過去，而不沿着電綫流過去，會把綫圈燒壞(這叫做匝間短路)。

2. 綫圈與鐵芯也不能通電，若通了電，綫圈與鐵芯都會發熱(這叫做對地短路)。

任何短路都是不允許的。

(2) 定子鐵芯：上面談到發電機就是一個磁鐵在一個綫圈裏轉，這時磁力小而分散，發出來的電很少。如果在綫圈外部加上一個鐵圈(定子鐵芯)，磁力可以集中、增強，因此可以產生更多的電。由此可見定子鐵芯是必需的。

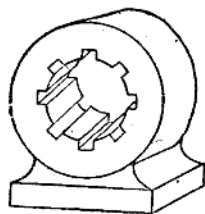


圖 2-2 定子鐵芯

定子鐵芯的形狀如圖 2-2 所示。

定子鐵芯是由許多薄鐵片疊成，不能用整塊鐵做，因為鐵是傳電的，在磁鐵轉動時，鐵芯內部也要產生電流（這叫渦流），它會使鐵芯發熱，因此我們必須用鐵片疊成定子，每兩片間要塗一層不通電的東西（叫絕緣），減小這個渦流，以免定子過熱。

定子內側要開槽，以便把綫圈放在槽裏面。

(二) 轉子

轉子是電機的轉動部分，也就是前面談到的那塊磁鐵，在一般電機中常用的是電磁鐵，它比普通的磁鐵有兩個優點：
 1. 磁力大；2. 磁力的大小可由調節通過綫圈的電流（叫激磁電流）而得到改變。

電磁鐵的製造很簡單，只要用一塊鐵，外面繞上綫圈即成，通過綫圈的電流大磁力就大；電流小磁力就小，一般這電流由一直流電機（勵磁機）供給。由於發電機中的轉子用的是電磁鐵，所以轉子可分為三部分，如圖 2-3 所示。

(1) 轉子鐵芯：由於它的磁力幾乎是不變化的，它內部不會產生渦流，因此也不必用鐵片疊成，而用一整塊鐵就行了。

(2) 轉子綫圈：它的要求與定子綫圈的要求一樣，一圈與另一圈之間不允許通電，綫圈對鐵芯也不允許通電，否則會產生與定子一樣的後果。

以上兩部分組合起來就是磁極。

(3) 磁軛：磁極固定在磁軛上，磁軛與鐵芯用一樣的材

料即可。

在轉子上還有些其他的零件，這在後面將詳細談到。

總之，發電機主要的兩大部分，定子與轉子，是必不可少的，這是必須滿足的最基本的要求。

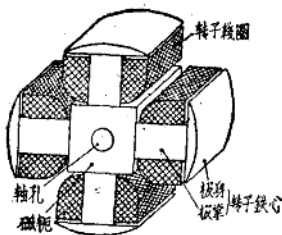


圖 2-3

3. 土電機的製造

我們拿登封做出的 25 瓩電機的結構部分為例，現在先把電機的參數、材料簡述如下：

容量：25 瓩；

轉速：1500 轉/分；

電壓：220 伏/380 伏；

電流：46 安/27 安。

主要材料：

黑鐵皮：370 公斤（毛重，所利用多為廢邊料，實際裝配好而還沒有開槽的鐵芯重為 260 公斤）；

銅 棧：43 公斤；

低碳鋼：175 公斤；

灰鑄鐵：425 公斤；

鐵 板：27 公斤。

整個結構分為定子、轉子、零件等三部分敘述。

(一) 定子部分

(1) 定子鐵芯

定子鐵芯是用0.5公厘左右厚(最好更薄一些)的黑鐵皮做成;白鐵皮和矽鋼片(正規電機是用矽鋼片做)也可以使用,但不能用整塊鐵做成定子,否則損耗太大,發熱太高。

定子鐵芯的加工步驟如下:

1. 剪料: 定子鐵芯的尺寸如圖2-4所示(數字單位為公厘,以後同此)。把整塊的鐵片或邊料裁成如圖2-5的尺寸,用四塊拼起來。裁料時可用一般的大剪刀、切刀(即30公分長的小開刀),如有剪床更好。剪時邊上一定要齊,各塊大小一樣,都成正規的長方形,這樣可保證接縫處對嚴。剪好的鐵片要敲平,把表面浮鏽用磚頭或砂輪打去。

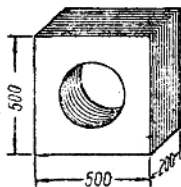


圖 2-4

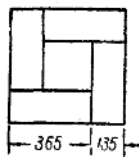


圖 2-5

2. 上絕緣漆: 也就是往鐵片上塗一層不傳電的東西,使鐵片之間不通電。假如不塗絕緣漆把鐵片隔開,就會和整塊鐵一樣似的發熱。我們做的電機所用絕緣漆是熟桐油(每斤桐油放一兩紅丹,一小撮砂子,登封叫此砂為鐵豌豆,放這些東西是爲了使桐油乾得快,其他地方如找不到這種砂子,可和當地油漆匠商量桐油的調配問題,只要能不導電易乾燥就可以),塗在鐵片的一面,塗時要均勻,油膜要薄,厚了易起皮。

塗油後在空氣中經一天即可乾燥。

3. 疊裝：桐油乾後就可進行疊裝，在鐵芯的兩端是用厚5~10公厘的鐵板托住，鐵板剪成正方形，尺寸要準，板上畫好內圓和槽形的綫，用鋼冲在綫上打小眼，使綫留下不會被擦掉。未疊時先將鐵板內圓打出，可不必很規矩，鐵板畫綫如圖2-6所示。

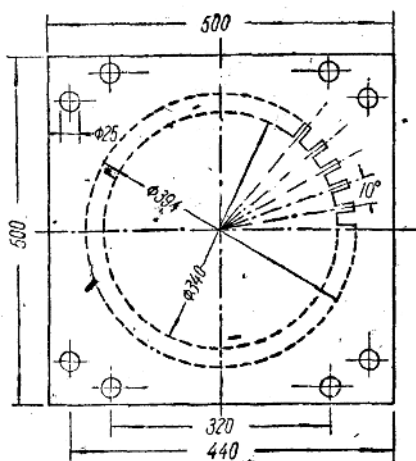


圖 2-6

ϕ 代表直徑， $\phi 25$ 即直徑為 25 公厘的孔。

疊裝時要用四根棍從外面定位（如圖 2-7），棍的內面一定要平直，疊時在最下面先放厚鐵板，其上再放張牛皮紙或油布，然後將鐵片一層一層疊上，每片的外邊一定和棍面靠齊，接縫處必須對嚴。如鐵片不規矩可臨時修剪一下，保證接縫對嚴，否則氣

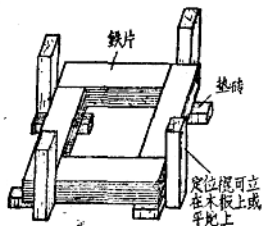


圖 2-7