

# 迴轉接觸式井流器

農械厂 邵耀堅

## 一. 前 言

在党的教育、生产、科研三結合的方針指导下，我院农化厂生产农药和化学肥料，所需的氯气必須通过电解食盐而产生。因此，电解过程中需用的直流电是一个急待解决的重要問題。

由于电动机发电机组，迴转变流机，汞弧井流器，大型的半导体或硒井流器等貴重的工业上井流設備一时不易获得。学院党委就领导我們研究各种土簡設備来产生直流电，先后曾試用串联並联若干个汽車用的直流发电机来产生直流电，或試用电解法井流来产生直流电，都因功率太小或效率很低而沒有成功。其后，我們研究和試制了簡單的迴轉接觸式井流器，經多次失敗和改进，获得了初步的成功，可产生 160 伏，25 安倍的直流电約 4 千瓦，三相井流可获直流电約 12 千瓦，使农化厂电解食盐投入生产。

这种迴轉接觸式井流器简单易制，效果尚好。如果精密地制造，将会生产更大电流和更大功率的直流电，可适用于較大的电解工业。因此，我們將繼續研究和改进，並热烈地盼望多方面給我們提出寶貴的意見。本文如能对农化厂，电解工业的同志們提供一点参考，将使我們感到是滿意的收获。

## 二. 迴轉接觸式井流器的設計根据

1. 交流电及其換向井流：电力厂所供应的交流电，是一种电流大小和方向随時間作正弦週期性变化的交变电流，頻率是 50 赫芝。如图（1）。也就是說，交流电沿導綫作每秒 50 次正反方向的交替变向流动。

設想有一种換向开关，它能按照交流电的頻率，以每秒 50 次迅速換向动作来把反向电流換向为正向电流，那我們就可以获得全部同向的可作电解用的直流电流。換向开关工作簡图見图（2）。換向后的电流如图（3）。我們要求設計並制造出这样一种換向开关。

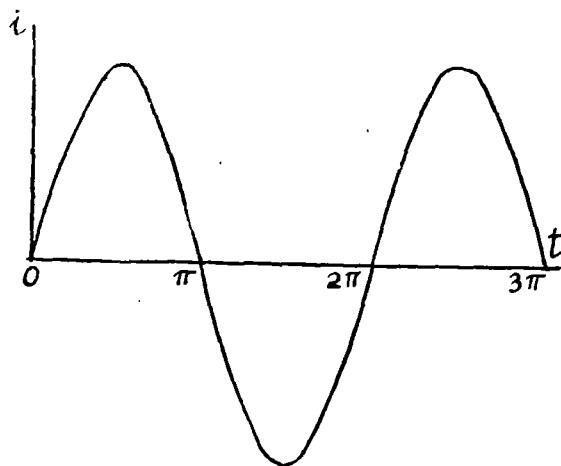
## 2. 迴轉接觸式換向開關的設計

**要求：**迴轉接觸式并流器實際上是一個將交流電變為直流電的迴轉換向開關。

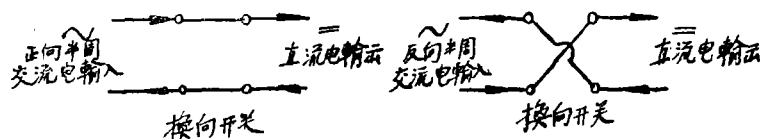
原則上這個換向開關必須滿足下列工作要求：①在交流電正向變為反向時進行換向，通過換向開關把反向電流換向為正向電流。

②為了避免火花發生和保證并流器正常工作，換向開關必須嚴格按照交流電正反向交變的瞬間進行開斷和閉合。也就是說，換向開關應在電流與電壓為零時（或接近於零時）的瞬間進行開斷及閉合，開斷及閉合瞬間所佔的時間應儘量縮短至最小。

③為了避免火花發生及保證并流器能夠正常工作，換向開關必須按交流電的頻率而進行周期性的



圖(1) 單相交流電波形

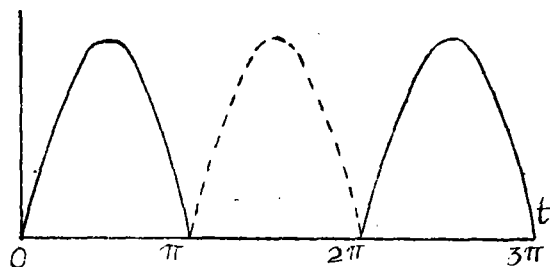


圖(2) 換向開關作用簡圖

開斷及閉合，並保持換向開關工作時的閉合與開斷和交流電同步合相。例如：每秒50週頻率的交流電要換向為直流電時，換向開關的開斷及閉合的頻率亦應為每秒50次；而開閉的瞬間應就是正反電流交變過程中，電流與電壓為零時的瞬間。

根據農化廠電解食鹽用的直流電，

電壓要求為140伏至180伏之間，（30—40電解槽，每槽電壓自3.5伏至4.5伏）。此外，還要求并流器構造簡單，在我們農機廠簡單設備和技术条件較差的情況下能够試制出來。



圖(3) 換向整流後的波形

## 三. 迴轉接觸式并流器的設計和試制

1. 并流轉子：為了滿足前述要求，我們設計一種并流轉子作為旋轉換向開關。這個并流轉子構造上包括交流環，直流換向片，和絕緣部分三個主要組成部分。見圖（4）

交流環用以輸入交流電。和炭刷經常接觸的交流環可保證交流電連續不斷地輸入。單相并流轉子具有交流環兩個。交流環用紫銅或導電率高而有足夠硬度的青銅製造。

井流換向片用作旋轉換向開關，它每秒作50次的迅速開閉，以便把每秒50週頻率的交流電換向為直流電，然後通過接觸炭刷將直流電輸出。換向片的數目視井流轉子的轉數而定。原則上井流轉子的轉數決定於交流電

每秒50周的頻率，其轉數應是3000轉/分或1500轉/分。轉數為3000轉/分的井流轉子，其換向片數目應是2片，見圖

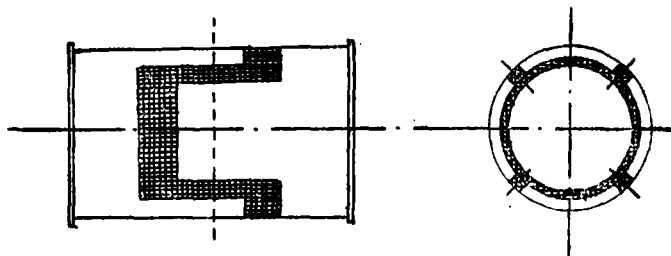
(5)；轉數為1500轉/分的井流轉子，其換向片數目應是4片，見圖(4)。為了簡化製造和避免接綫麻煩，我們使換向片和交流環連在一起，用紫銅管或青銅

管製造，將銅管割成如圖(6)形狀，就可用作交流環和換向片了。應用鑄造方法，也同樣可將交流環及換向片鑄出。

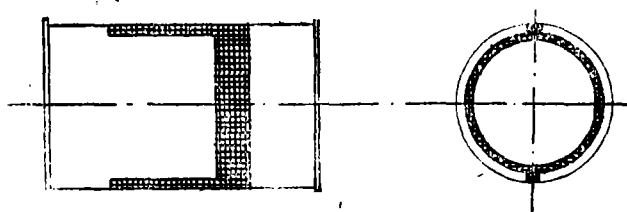
井流轉子的絕緣部分用作交流環與換向片間、換向片與換向片間、和井流轉子與轉軸之間的絕緣之用。絕緣材料應保證在140伏至380伏應用電壓和一定熱度下確保絕緣，還應具有耐磨性能。我們選用比較容易獲致的有機纖維膠板來作井流轉子的絕緣部分，基本上能夠滿足上述要求。

應注意換向片與換向片間的絕緣部分寬度必須比較直流電輸出炭刷橫截面寬度略大，才能確保換向時電流的開斷。絕緣部份用膠板製成如圖(7)甲、乙、丙、形狀，然後嵌入交流環及換向片里面。

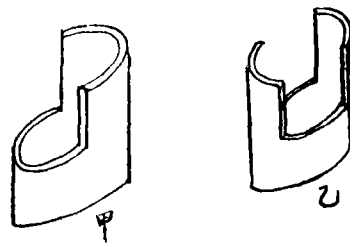
井流轉子安上轉軸之後；必須作精緻加工，使轉子轉動時絕少偏心現象，並使表面有7級以上的光潔度，採用滾珠軸承，以確保井流器的正常



圖(4) 四片整流轉子構造(1500轉/分)



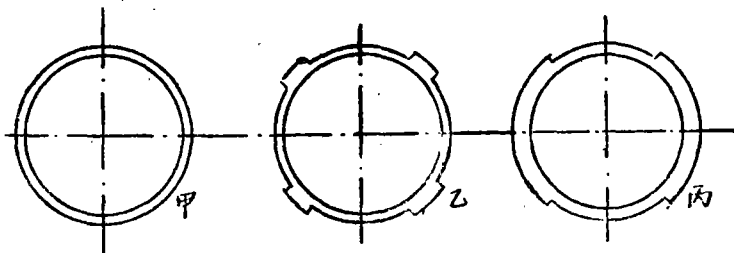
圖(5) 二片整流轉子構造(3000轉/分)



圖(6) 用銅管割成交流環及換向片

甲、每分鐘3000轉換向片

乙、每分鐘1500轉換向片



圖(7) 用膠板製成絕緣片

甲、交流環處絕緣片 乙、換向片處絕緣片

丙、交流環與換向片間絕緣片

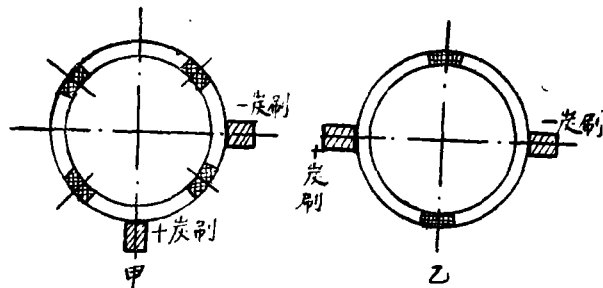
运转和避免发生跳火花现象。

2. 接触炭刷：接触炭刷用作输入交流电和输出已换向的直流电。单相迴轉接触式并流器共有4个炭刷。其中两个交流炭刷经常和交流环相接触，用以输入交流电；其余两个直流炭刷则和换向片相接触，用以输出换向后的直流电。两个直流炭刷中，一个是阳极炭刷，另一个是阴极炭刷。

两直流炭刷的相关位置：如属2换向片的并流轉子（3000轉/分时），两炭刷应互成平角（ $\pi$ ）。如属4换向片的并流轉子（1500轉/分时），两炭刷应互成直角（ $\pi/2$ ）。图（8）。只有这样，才能保证换向开关工作时和正弦变化的交流电同步合相並准时启閉換向。

交流炭刷相关位置是随意的，这由于交流环属环状，只要炭刷能与交流环連續接触，就能滿足繼續輸入交流电的要求。

直流炭刷的角度調整：为了使换向开关的开断与闭合瞬間和交流电正反交变瞬間相协调，使换向在交流电流与电压为零时进行，以確保换向开关的工作和交流电同步合相；直流炭刷組必須能进行角度調整。进行角度調整时，两炭刷仍然保持原有的相关角位置。具有4换向片的并流轉子，其炭刷的可調整角度范围应大于直角（ $\pi/2$ ）；而2换向片的并流轉子，其炭刷的可調整角度范围应大于平角（ $\pi$ ）。这样，就保証能使并流轉子在整个交流电正弦变化的波幅上任一点协调合相。



图（8） 直流炭刷的相关位置

甲、4换向片整流轉子炭刷互成直角（ $\frac{\pi}{2}$ ）

乙、2换向片整流轉子炭刷互成平角（ $\pi$ ）

子，其炭刷的可調整角度范围应大于直角（ $\pi/2$ ）；而2换向片的并流轉子，其炭刷的可調整角度范围应大于平角（ $\pi$ ）。这样，就保証能使并流轉子在整个交流电正弦变化的波幅上任一点协调合相。

炭刷的截面积和并流器输出的电流大小有密切关系，一般石墨或炭—石墨炭刷的額定电流密度为6—11安培/厘米<sup>2</sup>，黃銅石墨炭精的額定电流密度为12—20安培/厘米<sup>2</sup>。拟采用M—3或M—6型号的黄銅石墨炭精刷，这种炭刷磨損較慢（每工作50工作小时仅磨損0.15毫米），接触磨擦綫速可达20公尺/秒。我們試用汽車启动电动机用的純銅刷，磨損迅速，不符合要求。

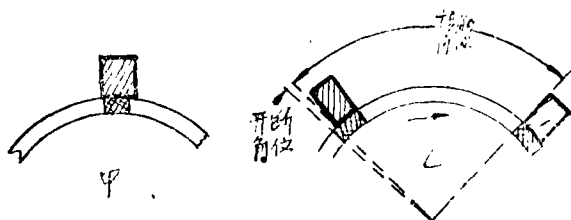
炭刷的寬应比并流轉子换向片間絕緣部分的寬度稍窄，才能保証换向时电流的开断見图（9）甲。在图（9）乙可以看到：并流轉子按时針方向轉动时，炭刷和换向片接触時間所佔角位，与及开断瞬間的角位。应注意：假定炭刷与并流轉子全面接触良好，則接触時間所占角位接近于换向片寬加上炭刷寬所占的角位，而开断的時間接近于絕緣片寬減去炭刷寬所占角位。我們試制的并流器，直流炭刷寬較絕緣部分的寬度約少3—5毫米，并流轉子的外园周直徑为70毫米，因此，开断瞬間所占的角位大致是5°—8°，負載电流为25安培时，尚可工作。关于直流炭刷和絕緣部分間最适当的寬度差以越小越

好，但应从試驗中找出来。

所有炭刷必須和并流轉子全面接触而且接触良好，因此，必須經過精細的磨合，才能使用。

3. 迴轉接触式并流器的基本綫路及构造：原来設計的迴轉接触式并流器的綫路簡图見图（10）。其主要組成部分包括：交流电輸入总

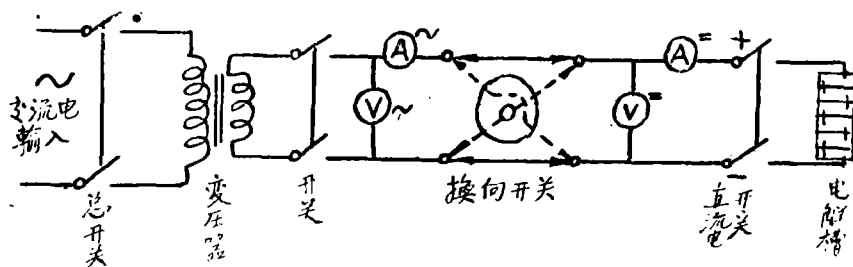
开关，变压器，交流开关，同步馬达，迴轉接触并流器，直流开关，及有关交直流仪表等。其中，变压器将交流电源变成电解所需要的电压，然后利用同步馬达（每分钟3,000轉，2极2—3匹馬力的同步馬达，或每分钟1,500轉，4极，2—3匹馬力的同步馬



图(9) 炭刷与絕緣部分寬度关系

甲、炭刷較絕緣部分為寬時电流不能开断

乙、接觸和开断的角位



图(10) 迴轉接触式整流器綫路簡图

达) 以带动并流轉子，按每秒50周频率的交流电作同步轉动，並把交流电换向为直流电。

我們制成了迴轉接触式整流器，由于沒有办法获致同步馬达，因此，我們就把迴轉接触式整流器联結在一三相交流发电机的轉軸上。由于整流器换向轉子和交流发电机轉数相同，並与交流发电机所发出的交流电的频率同步配合；换向整流器就馬上将交流发电机发出的交流电换向为直流电。

4. 迴轉接触式整流器的构造及图紙。迴轉接触式整流器构造上包括整流轉子，可調角位的交直流炭刷組，支架，联接器等部分。其总装配图，及主要装配另件图見图（12），至图（16）。

#### 四. 迴轉接触式并流器的試驗及運轉情况

直接联結在三相交流发电机轉軸上的迴轉接触式整流器，運轉是相当正常的。到目前為止，它仍繼續工作，所輸出直流电正用于电解食盐生产氯气和农药。

三相交流发电机在額定轉数1500轉/分时，能发出三相220—380伏，20仟伏安，每相电流30.8安培，频率50赫芝的交流电。但由于电解槽数目限制了直流电压（应保持

160 伏左右)，因此，我們使交流发电機轉速減低至 1370 轉/分，而发出的交流电压为 170 伏。此时，轉接触式整流器換向出来的直流电具有相当稳定的 160 伏电压，至負載的电流数值則經常变化，（可能与电解槽新旧程度有关），最初負載电流曾达 25 安培，一般而較經常的是 12—15 安培，后期則只負載 7.5 安培。使交流电机提高轉数至 1500 轉/分发生 215 伏交流电时，曾整出直流电电压 195 伏，电流 30 安培，此时，跳火花現象虽較为显著，但仍能繼續工作。

曾用示波器檢驗这种迴轉接触式整流器整出电流的波形。图 11 甲示交流发电机所发出交流电的波形，迴轉整流器整出直流电的波形，见图 11（乙）。整流后的电流波形近似单向脉动电流的波形，基本上完成了全波整流工作。从图 11（乙）可以看到，波形的前段有模糊及中断現象，如  $oa$ ，而后段  $bc$  部分則突出于負向，估計这是由于整流器开断的角度較大，而炭刷的角位調整未配合恰当所致。

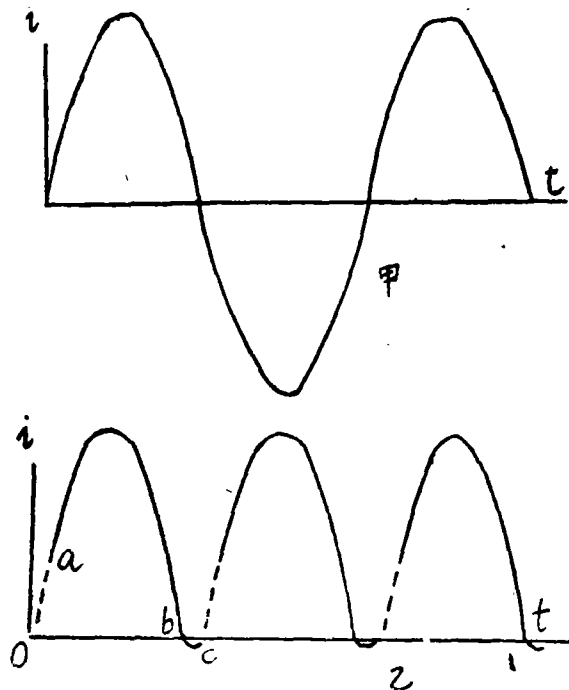


图 (11) 示波器所显示的波形

甲、整流前交流电波形

乙、整流后交流电波形

## 五. 小 結:

这个由农械厂老师同学合力制造的整流器是初步成功的。我們仍繼續希望改进这种整流器。如果能够获致同步馬达的話，仍要求作出图（9）所示較完善而全套的迴轉接触式整流器。如使整流轉子直径增大，用鑄出紫銅代替青銅管，采用良好的絕緣材料，和炭刷；使炭刷組的角位調整更准确方便而易于操作；在加工制造工艺方面，提高轉子的精密度和表面光洁度，使轉子轉动时具有良好的平衡而減少震动；那整流器的效率和工作质量还将会大大地改善。我們相信，这种整流器仍属简单易制价廉而有效的整流器之一。这种整流器可用于小型电解工业上面，而用此作交流发电机的附加整流設備，以同时产生直流电，也是非常簡便的。

附註：由于經驗所限，本文錯漏之处，尚希各方指正。本文图（12）至（16）全部图紙由陈金乐，曾中坚，魏基壁，董守榮等老师繪制；整流器的制造安装和試驗由农械厂电工車間老师同学負責。

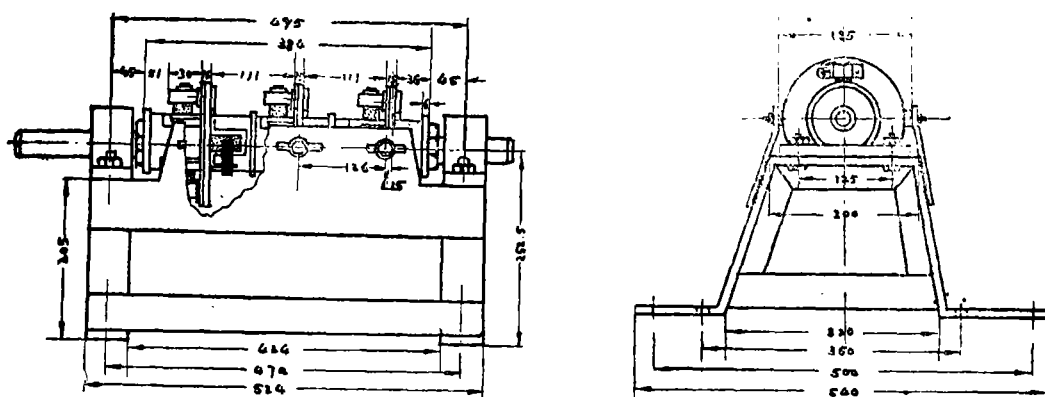


图 (12.) 迴轉井流器总图

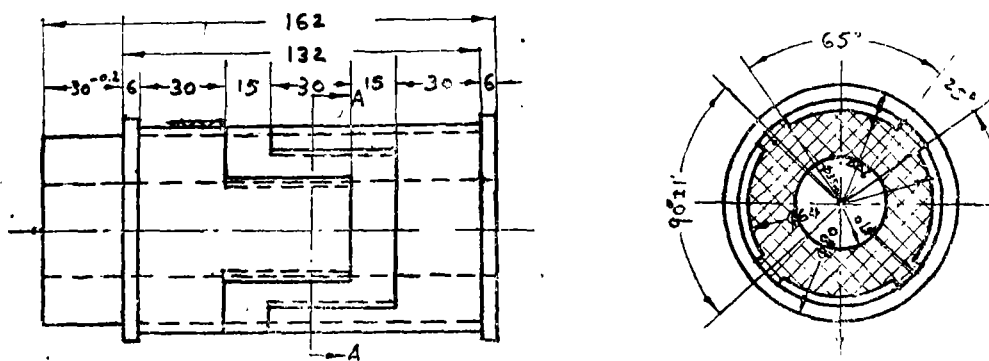


图 (13.) 井 流 轉 子 图

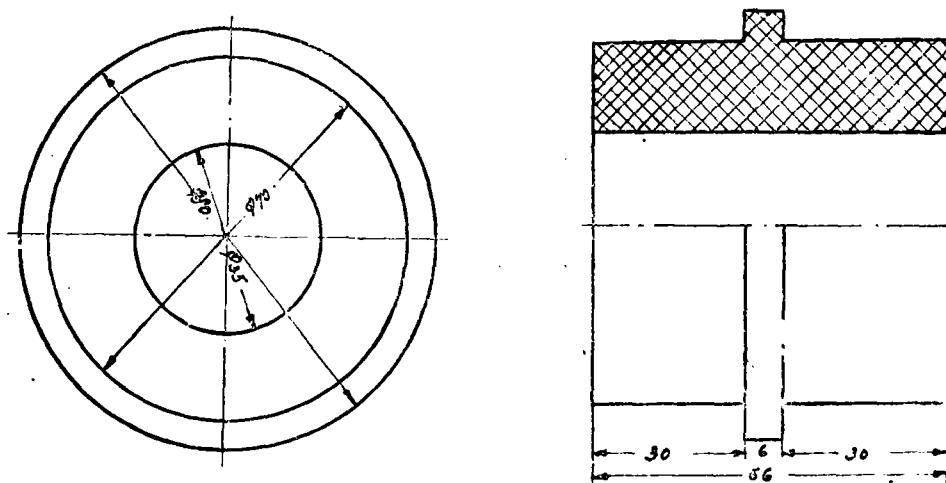


图 (19a) 井流轉子絕緣部分分图

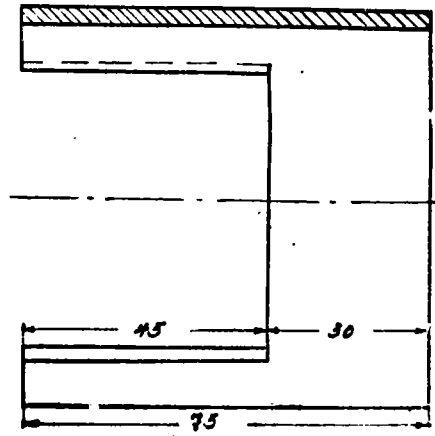
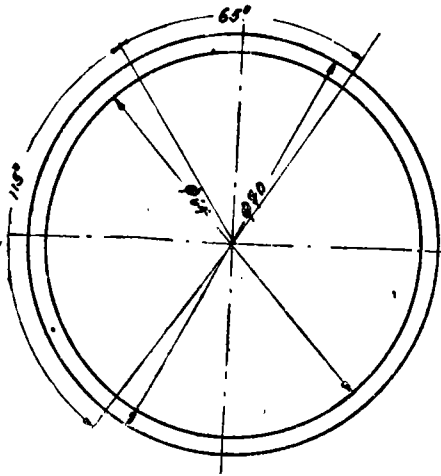
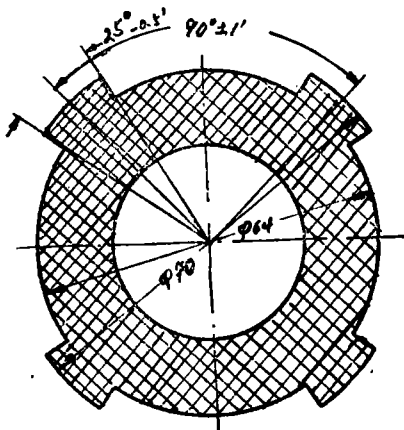
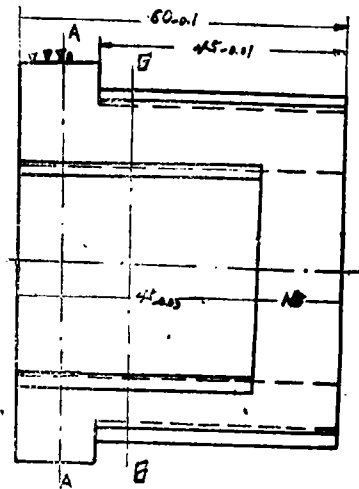
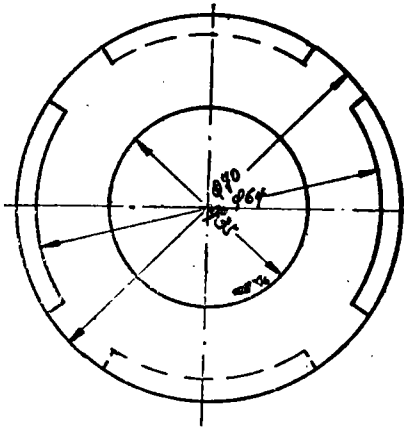
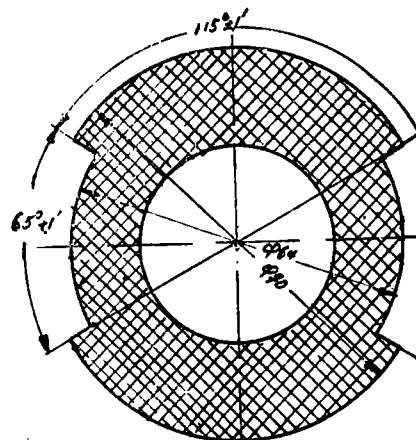


图 (13b) 井流片分图



B B 断面



AA 断面

图 (13c) 井流换向转子分件图

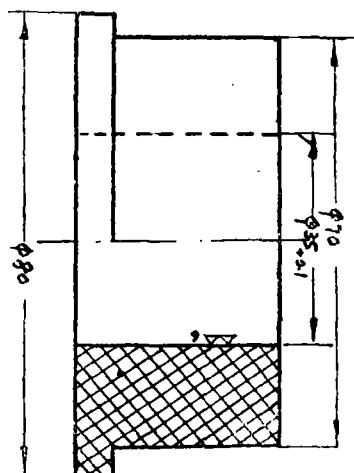


图 (13d) 井流轉子絕緣部分分件图

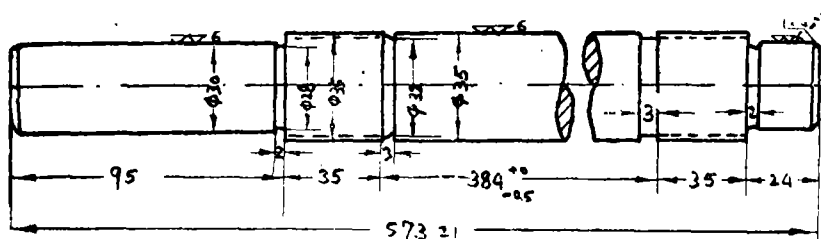


图 (14) 轉 軸

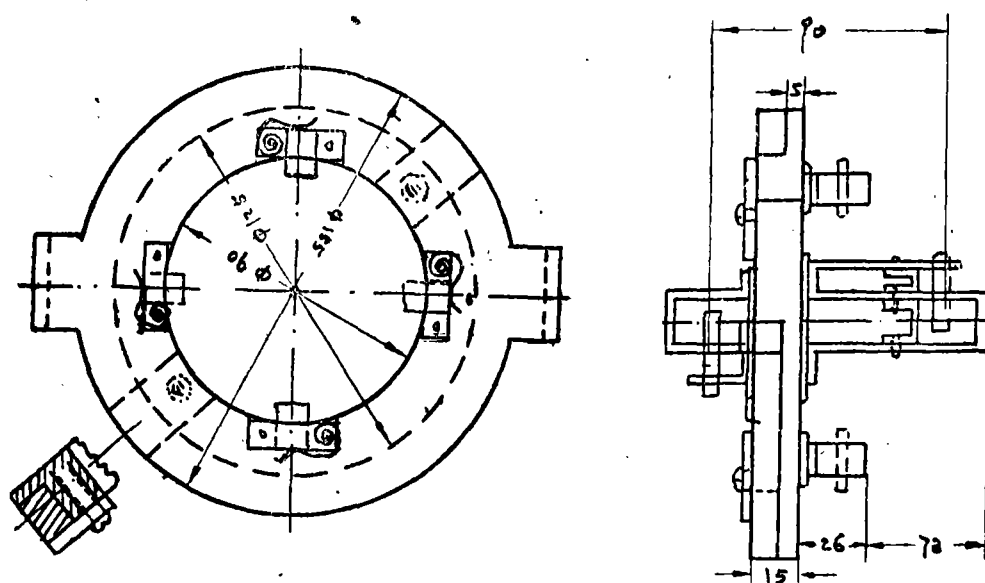


图 (15) 碳刷裝置裝配图

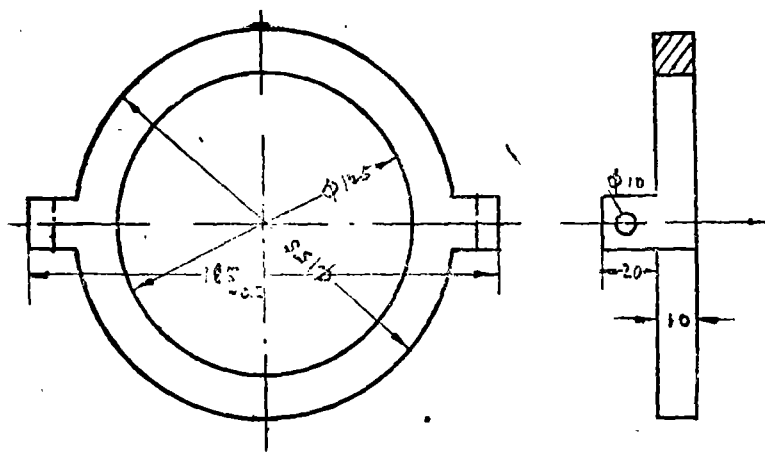


图 (15a) 碳刷环架

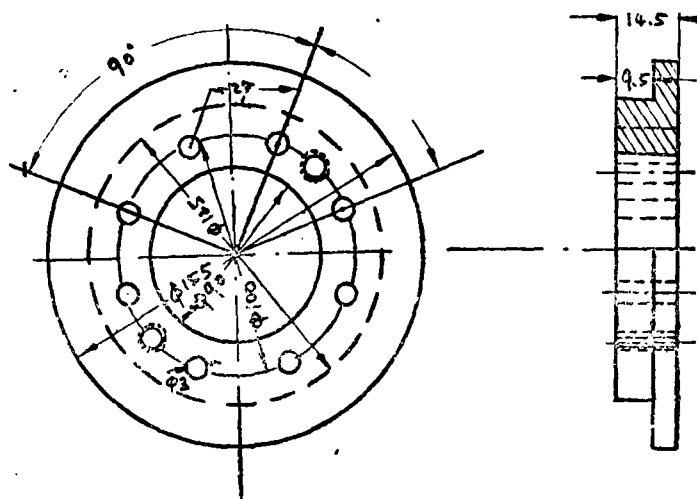


图 (15b) 碳刷座环

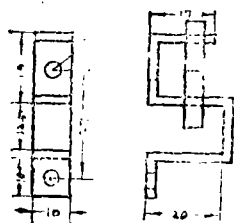


图 (15e) 碳刷座分图

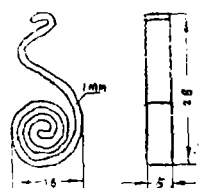


图 (15d) 碳刷弹簧

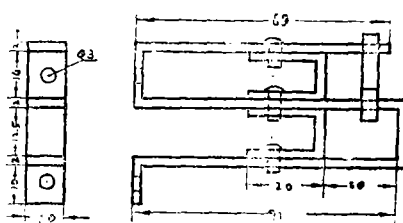


图 (15c) 碳刷座分图

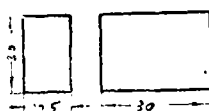


图 (15f) 碳刷

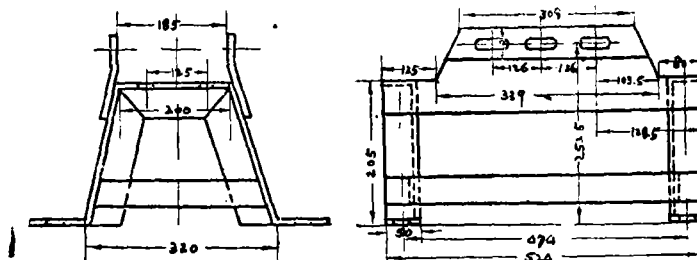


图 (16) 机架装配图