

机械工业技术革新技术改造选编

定 子 嵌 线 机

上海革新电机厂编



机 械 工 业 出 版 社

毛主席语录

社会主义革命和社会主义建设，
必须坚持群众路线，放手发动群众，
大搞群众运动。

我们必须打破常规，尽量采用先
进技术，在一个不太长的历史时期
内，把我国建设成为一个社会主义的
现代化的强国。

出 版 说 明

在批林批孔运动的推动下，机械工业技术革新和技术改造的群众运动蓬勃开展，先进经验层出不穷。为及时总结推广这些先进经验，我们组织编写了“机械工业技术革新技术改造选编”。

“机械工业技术革新技术改造选编”将陆续出版，内容包括：铸、锻、焊、热处理、机械加工、改善劳动条件、三废处理等方面，每本讲一个专题，内容少而精，便于机械工业的广大职工阅读参考。

在组织编写过程中，得到有关领导部门和编写单位的大力支持，对此我们表示感谢。欢迎广大读者对这些书多提宝贵意见。

前 言

电机生产中采用手工嵌线，费时多、劳动强度大，历来就是制造中的薄弱环节，生产上的“老大难”问题。在毛主席革命路线的指引下，在无产阶级文化大革命的推动下，近年来，广大电机工人发扬**独立自主、自力更生**的精神，大搞技术革新和技术改造，使生产面貌发生了很大的变化，在机械化和自动化方面也取得了新的突破。大连、天津、上海等地不少兄弟厂都先后试制成功了嵌线机，在生产上也收到了一定的效果。

为了总结和交流双革四新的成果，推动生产的更大发展，我们组织了三结合编写小组，将当前业已投产应用和试制的DB系列120瓦2极和A1系列71、56机座2、4极分马力电机用的嵌线机编成小册子，借以抛砖引玉。

由于嵌线机还是一个新生事物，我们在这方面的工作亦刚刚开始，因此，对问题的探索和理解还很肤浅，在内容上还很不全面，错误之处在所难免，我们热诚地希望各兄弟厂和有关同志批评指正。

上海革新电机厂

1975年5月

目 录

前言

一、概述.....	1
二、工作原理.....	2
三、结构和制造工艺.....	6
四、装配和调试.....	29
五、绕组型式和嵌线工艺.....	34
六、质量分析.....	37
七、技术经济效益.....	39

一、概 述

用机械的方法来代替手工嵌线是实现电机生产过程自动化的重要一环。根据电机的种类、大小及绕组型式和生产批量的不同，机嵌的方法亦不同。从国内外目前的生产实践来看，主要有电磁法和机械法两种类型。电磁法是利用冲击能源所产生的电磁力，将线圈推入槽内，无机械元件与绕组直接接触，此法当前采用尚少。机械法是利用各种驱动能源（电、液、气），通过不同机械结构将线圈推入槽内，由于这种机床结构比较简单，适应性比较高，因此，目前用得比较广泛。

用机械法进行嵌线的机床称为嵌线机。从其实现嵌线方式的不同，又可分为直接法和间接法两种。直接法是连绕带嵌，即导线是用机械的方法直接绕嵌在铁心槽子里。当线圈匝数比较少、槽满率比较低时，此法比较适用。间接法是先将导线绕在专门的线架或工具上，然后再用机械的方法嵌入铁心槽中。间接法通常多采用拉入式，即先将绕好的线圈套在导向条内，然后再由推线头将线圈推拉到槽子里。拉入式嵌线机又有立、卧两种结构形式，立式嵌线机由于结构简单，制造容易，因而实际中采用比较普遍。下面所介绍的就是这种间接法拉入式的定子嵌线机。

二、工 作 原 理

通常的定子嵌线，由于受电机内腔地位的限制（特别是微小电机），因而操作困难，工效很低。拉入式嵌线机就是针对这个矛盾。把线圈先嵌在一个操作地位不受限制的专门的过渡工具（导向条）内，把原来内腔的嵌线变成外圆的下线，然后再嵌到定子里，这就是拉入式嵌线机工作过程的基本出发点。图1和图2是定子线圈拉入槽内的示意图。从图中可以看出，线圈的两边放在导向条的空隙中，依靠和定子

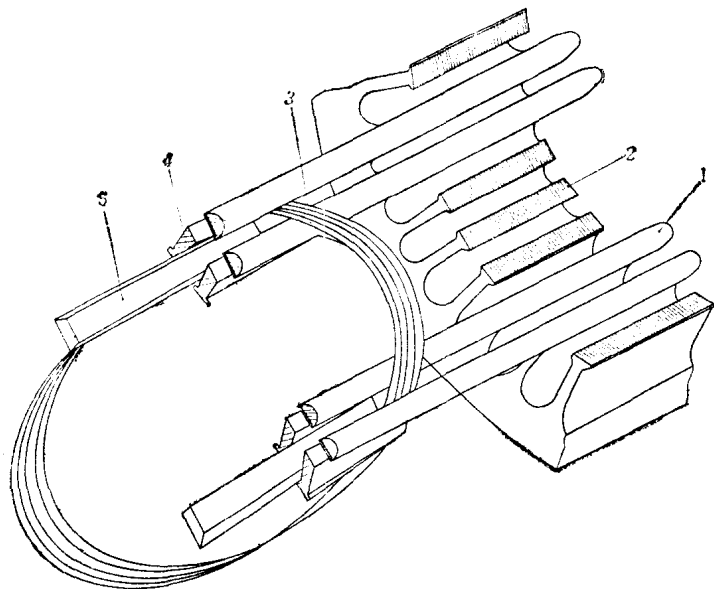


图1 定子线圈拉入槽内的示意图之一

1—导向条；2—定子铁心；3—线圈；4—定位套；5—槽楔

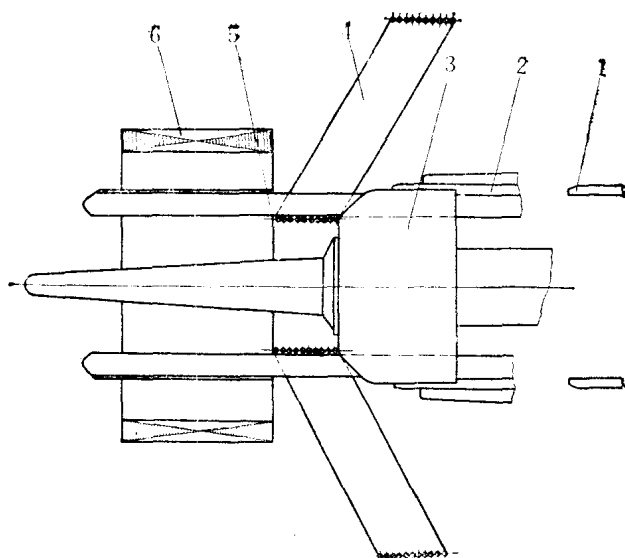


图2 定子线圈拉入槽内示意图之二

1—槽楔顶杆；2—槽楔；3—推线头；4—线圈；5—导向条；6—定子铁心

铁心槽数相等的导向条将铁心齿顶包住，导向条间的间隙与铁心槽口相对，并形成一条狭长的通道，当推线头由液压缸顶杆推动并沿导向条长度方向移动时，套在导向条上的绕组连同下部的槽楔被槽楔顶杆同时导入槽中。

整个机器由机械、电气和液压三部分所组成。具体工作过程是这样的：

(1) 将绕好的线圈按规定的极相分布，套入导向条的间隙中，如图3所示。

(2) 放上齿形定位器，然后依靠齿形定位器使定子铁心与导向条位置对准，推压机械手把定子铁心压紧，见图4。

(3) 推线头将线圈拉入槽内，见图5。

(4) 推压机械手复位，嵌线结束，见图6。

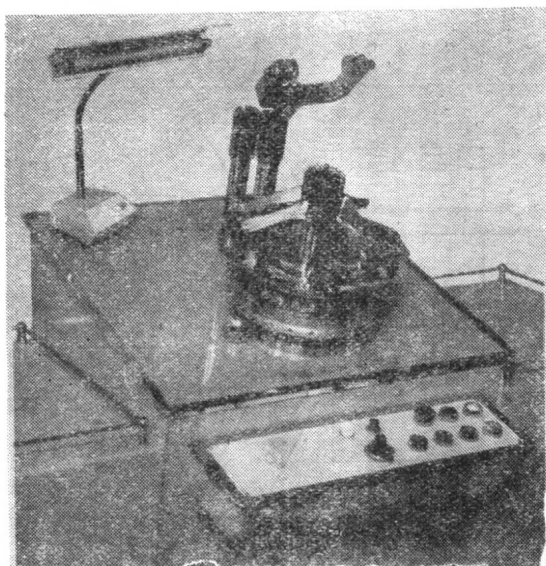


图 3 放线圈

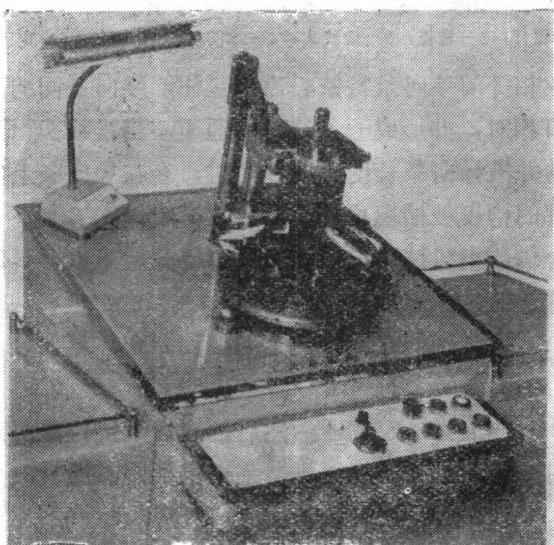


图 4 压紧定子铁心

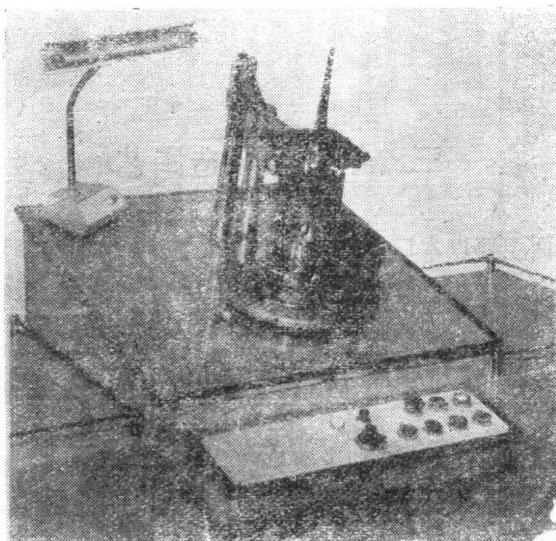


图 5 线圈拉入槽内

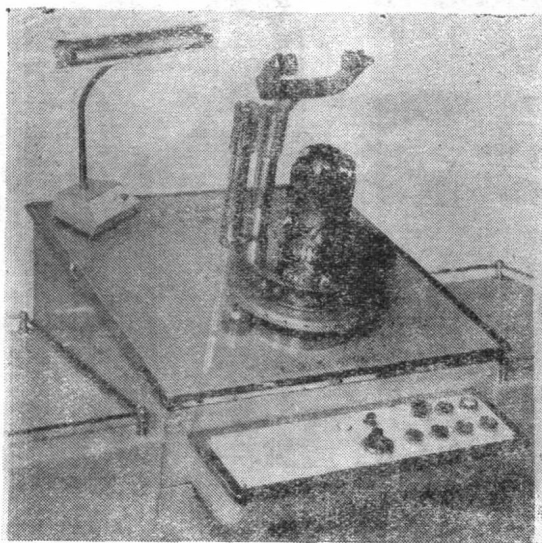


图 6 嵌线结束

三、结构和制造工艺

下面主要以本厂制造的 QXJ3 型 A1-71 四极三相分马力电机定子嵌线机为例，对结构和制造工艺诸问题作一介绍。

图 7 是 QXJ3 型嵌线机的外貌，其总体结构如图 8 所示。

由图可见，QXJ3 型嵌线机的总体结构为立式，全机由导向条、推线头、槽楔顶入装置、推压机械手、液压和电气

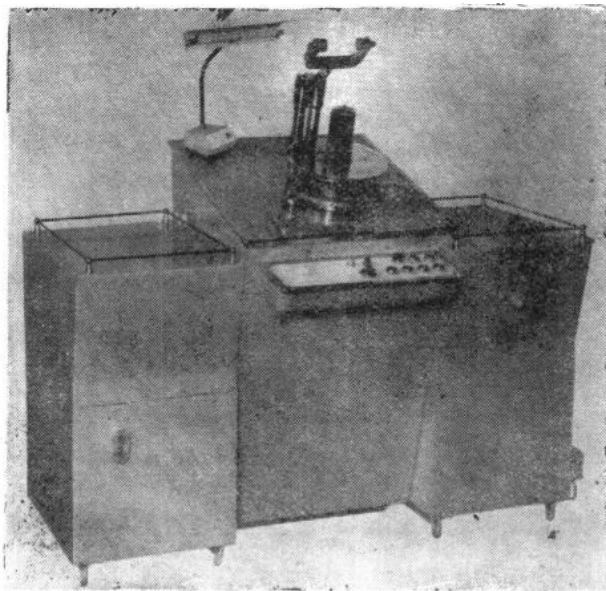


图 7 QXJ3 型定子嵌线机的外貌

控制系统及床身等几部分所组成。整个操作过程为半自动，除线圈套入及铁心上下需人工进行外，其他动作均自动进行（可连动或点动），相互间的协调配合由液压和电气系统的联锁和搭配来保证。

各部分的具体结构如下：

1. 导向条

导向条是嵌线机中的一个关键零件，如图9所示。它的尺寸是由定子槽数、槽形、导线粗细、堆线高度以及本身强度、摩擦力大小等因素所决定。

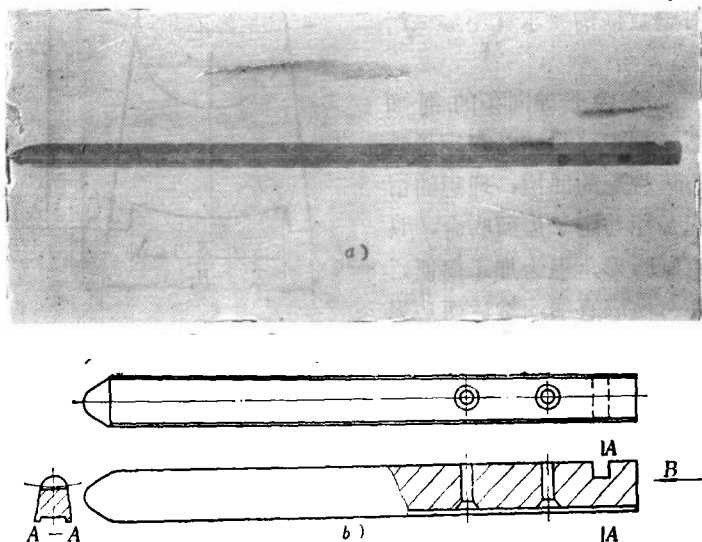


图9 导向条

在设计时，首先要考虑使导向条通道间隙为线径尺寸的整数倍，这样导线进槽时受力情况较好，容易进槽。导向条间的间隙主要决定于槽口大小。通常， λ 不应小于2，

$$\lambda = \frac{h}{\phi}$$

式中 λ ——隙径比；
 h ——导向条间间隙(毫米)；
 ϕ ——导线绝缘直径(毫米)。

显然， λ 越大，堆线高度相应减小，越能保证嵌线质量。但是，槽口的大小和线径粗细受到电机电磁设计的限制，不能任意决定。对于驱动微型电动机来说，由于系数 λ 通常均在 3 以上，因此，对整数倍的要求就不那么严格。

图 10 是导向条的剖面图。图中 A 尺寸是与定子铁心齿相配的凹槽，理想的情况是能与定子齿面吻合，具有圆弧形。但为加工简便，亦可做成直线，然后两边退空。由于考虑到冲片毛刺、

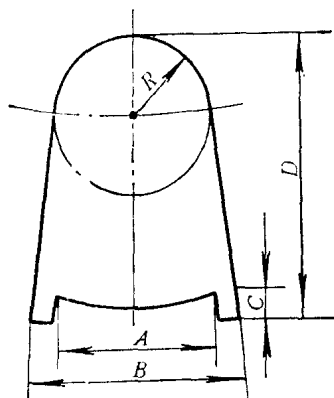


图10 导向条剖面图

槽形、尺寸公差、铁心叠压和配合公差等因素的影响， A 尺寸应稍大于齿顶宽度，一般约大 0.20~0.25 毫米。

B 尺寸应大些，以使强度高，护槽边不容易折断。但 B 尺寸受到槽口宽度的限制，过大会影响导线进槽的尺寸，使隙径比 λ 减小和堆线高度增加，以致线不易入槽。通常可取

$$B = A + (0.6 \sim 1.0) \text{ 毫米}$$

在导向条具有一定强度的情况下， D 尺寸取得小些有利，这样尺寸相应加大，使线能平滑进入槽子。

C 尺寸与定子冲片槽口直线部分高低有关，一般是略低于直线部分。在 QXJ3 型嵌线机中是取槽口鼻端高度一半左右，这样导线进入槽口时不易碰到铁心尖角部分。从保证导线表层质量来看，C 尺寸大些好。但由于护槽边较窄，C 亦不宜过大，否则容易折断。

导向条的材料一般用合金工具钢 Cr12MoV，其加工工艺因各厂条件不同而异。附表 1 是我厂导向条的制造工艺过程，可供参考。导向条的装配固定方式也是一个影响机器使用可靠性的重要方面。如采用沉头螺钉拧牢的方法，会削弱导向条的强度，在其根部容易产生断裂现象。目前我厂是采用一个圆形销子来固定，图 11 表示每根导向条上都有一个缺口，就是用来固定在圆销上的。或者是把螺钉从齿形座套内部向外安装，把螺钉的沉头孔打在齿形座套上。当然，也可采用热套或焊接的方法，但维修起来不太方便。

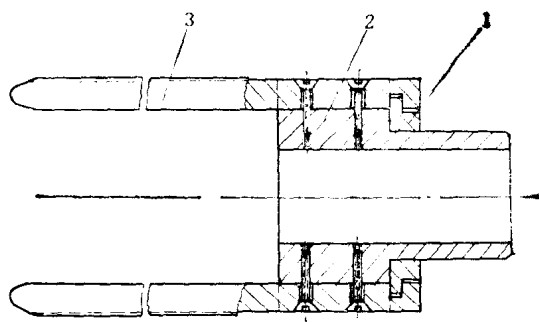


图11 导向条固定方式示意图

1—圆销；2—齿形定位体；3—导向条

为了操作上的方便，在导向条座套的下方装有平面轴承，套线圈时可以在 360° 范围内随意转动。

下面说明导向条各尺寸是如何具体确定的。以 A 1-7134、

550瓦四极分马力电机的定子铁心为例计算如下：

定子冲片是A1-71四极，铁心长85毫米，采用高强度聚脂漆包线（裸径 $\phi 0.41$ 毫米，绝缘直径 $\phi 0.47$ 毫米）。

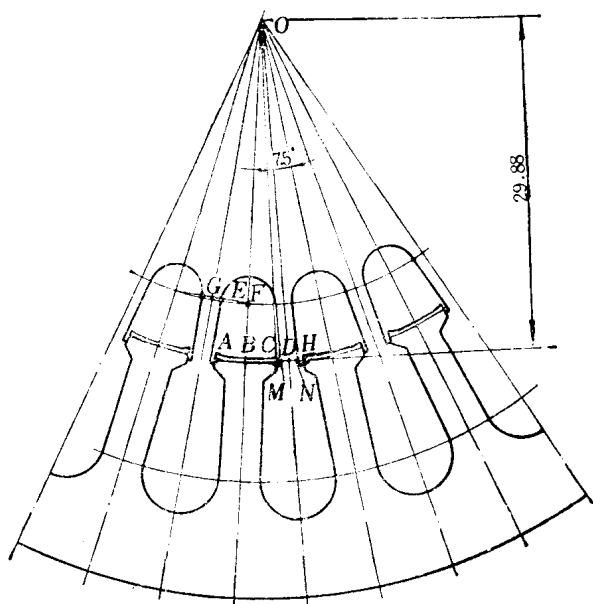


图12 导向条计算示意图

参阅图12 冲片内径 (OC) = 30 毫米

$$CD = \frac{CH}{2} = \frac{2.5}{2} = 1.25 (\text{毫米})$$

式中 CH —— 槽口尺寸；

$$\angle BOD = \frac{360}{24} \times \frac{1}{2} = 7^\circ 30'$$

取 OF = 25 毫米

$$\angle COD = \arcsin \frac{CD}{OC} = \arcsin \frac{1.25}{30} = 2^\circ 23' 12'' \approx 2^\circ 23'$$

$$\angle COB = 7^{\circ} 30' - 2^{\circ} 23' 12'' = 5^{\circ} 06' 48'' \approx 5^{\circ} 07'$$

$$\begin{aligned} AC &= 2 \times OC \sin 5^{\circ} 06' 48'' = 2 \times 30 \sin 5^{\circ} 06' 48'' \\ &= 5.3484 \approx 5.35 (\text{毫米}) \end{aligned}$$

考虑到冲片公差和叠压等因素, 加大0.25毫米, 即取 $AC = 5.6$ 毫米。

$$\begin{aligned} OB &= OC \cos 5^{\circ} 06' 48'' = 30 \cos 5^{\circ} 06' 48'' \\ &= 29.88036 \approx 29.88 (\text{毫米}) \end{aligned}$$

$$FG = OF \sin 7^{\circ} 30' = 25 \sin 7^{\circ} 30' = 6.5265 (\text{毫米})$$

$$R = \frac{FG - EG}{2} = \frac{6.5265 - 1.9}{2} = 2.31325 \approx 2.3 (\text{毫米})$$

由于实际弦长与弧长相差不大, 故 AC 尺寸亦可如下法近似确定:

$$\widehat{AH} = \frac{\pi \times 60}{2} = 7.8542 (\text{毫米})$$

$$AC \approx \widehat{AH} - CH = 7.8542 - 2.5 = 5.3542 (\text{毫米})$$

与前面计算值相近。

今考虑同时进入四根铜线

$$\text{则} \quad MN = 4 \times 0.47 = 1.88 (\text{毫米})$$

取 MN 为 1.9 毫米

$$CM = \frac{CH - MN}{2} = 0.3 (\text{毫米})$$

式中 CM ——护槽边宽, 取护槽边高为 0.5 (毫米)。

导向条的长度是这样确定的:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + K = 85 + 162 + 8 + 13 = 268 (\text{毫米})$$

式中 L ——导向条长度;

l_1 ——铁心长度;

l_2 ——槽楔导向套长度;

l_3 ——导向条圆销厚度；

K ——导向条露出定位套部分对于铁心长度之差。

$$K = K_1 + K_2$$

式中 K_1 ——定子与导向条上面的差距，取 8 毫米；

K_2 ——定子与导向条下面的差距，取 5 毫米。

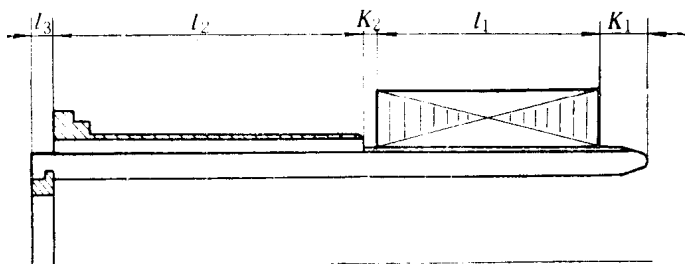


图13 导向条长度计算示意图

2. 推线头(蘑菇头)

推线头也是嵌线机中的一个关键零件，如图 14 所示。它具有与导向条相配的齿槽，其作用类似于手工嵌线的划棒。推线头的径向尺寸（即齿高）应能保证将导线推入槽内，如过低，则容易产生导线露出槽楔外部的现象；如过高，则当推线头退回时会碰到已进入定子铁心的槽楔。推线头的外径具体可取为铁心内径加二倍槽口直线部分高度，顶部宜做成圆弧形（对 QXJ3 型，取 $R = 20 \sim 30$ 毫米），使线能平滑进入槽内，并有利于端部整形。

推线头的高度应参考线圈端伸长度决定，不宜过高（对 QXJ3 型为 40 毫米）。否则，推线头与铜线的接触距离太长，会增加摩擦力。

推线头下端 $1/8 \sim 1/6$ 高度处有 $3^\circ \sim 10^\circ$ 的倾斜，目的是为了出槽楔进槽时的位置。