

简易设备制造 7500千伏安变压器

青島电业局修造厂著

水利电力出版社

內 容 提 要

本书敘述了如何利用土洋結合的方法，用簡陋設備制造7500千伏安電力變壓器的具體方法。書中介紹了制造變壓器的主要工藝，如矽鋼片加工、鐵心裝配、導線焊接、包紮絕緣紙和繞卷繞制等內容。書後還附有變壓器的設計數據和試驗數據。

本書可供電力系統和工業企業自制變壓器的單位中工程技術人員及技術工人閱讀。

簡易設備制造7500千伏安變壓器

青島電業局修造廠著

*

2051D590

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印

新華書店科技發行所發行 各地新華書店經售

*

787×1092_{1/16}開本*1 $\frac{1}{2}$ 印張*22千字

1959年4月北京第1版

1960年4月北京第2次印刷(3,601—4,670冊)

統一書號：15143·1629 定價(第9類)0.14元

通过整风运动，我厂广大职工的思想觉悟有了很大的提高，在生产上发挥了冲天干劲和敢想敢做的共产主义风格，在设备十分简陋的情况下，完成了7,500千伏安变压器制造任务。制造大型变压器要有特殊的加工设备和起重设备，施工技术也要求非常严格，这对我厂只有一个变压器检修车间来说是有困难的，但经过群众的苦干巧干，终于胜利的完成了制造任务。

这本小册子就是介绍我厂怎样破除迷信，利用简陋设备制造7,500千伏安变压器的一些工艺方法；当然，变压器虽然制造成功了，但仍存在一些缺点，还不能完全满足技术上的要求。尽管如此，我们认为，在目前国内还不能大量供应大型供电设备的情况下，电力系统的供电局和大型工业企业的自备电厂，许多都在自制设备自力更生，我们现将仅有的一点点经验介绍出来，希望对他们略有微益，这也就是我们的心愿。

7,500千伏安变压器是根据上海电机厂的仿苏TM-7500/35型标准设计进行施工的，由于原设计在结构方面和电气方面都比较保守，工艺要求较高，所以我们在施工中适当的进行了一些修改。但这里应当指出，简化设计是在满足变压器所有电气及机械性能的基础上进行的。

目 录

第一章	TM-7500/35型变压器结构特点	3
第二章	矽鋼片加工与鉄心装配	8
第三章	导綫焊接及包扎絕緣紙	12
第四章	綫卷繞制	14
第五章	絕緣零件加工	19
第六章	变压器油箱及焊接零件制造	23
第七章	变压器装配	27

第一章 TM-7500/35型变压器結構特点

一、电力变压器在系統中的作用及其要求

电力变压器是电力网络及电力系统中的重要组成部分，随着生产过程的机械化和自动化的进一步发展，整个电力网络也要进一步扩大，并且由于远距离输电的实现，升压与降压的次数很多，这样便需要很多各种各样型号的变压器。一般变电设备容量为发电设备容量的六倍，从这里可以看出，变压器在整个系统中所占的作用是很重要的。

电力系统中任何元件运行的不正确，都可能导致整个网络的瓦解，或对个别用户的停止供电，变压器是网络中的重要元件，所以无论在电气，机械等方面都要求具有一定的技术特性。

变压器除了满足技术条款所规定的：短路损耗，短路电压，无载损耗及无载电流的主要技术数值外，还应当具有足够的绝缘强度、机械强度及耐热性。为满足用户对电压的要求，一般变压器还带有无载或有载调压装置。以上这些特点与要求，在设计时都必须考虑。

二、TM-7500/35型变压器結構特点

TM-7500/35型变压器为三相双绕组，油浸自冷式变压器，其主要的技术特性数值见附表。现叙述它的主要结构特点于下：

1. 铁芯

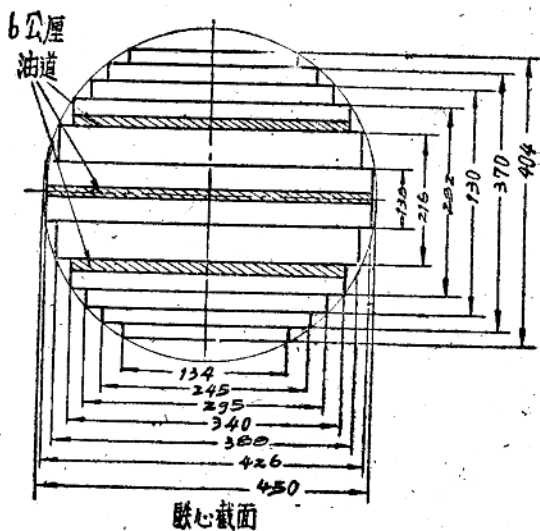
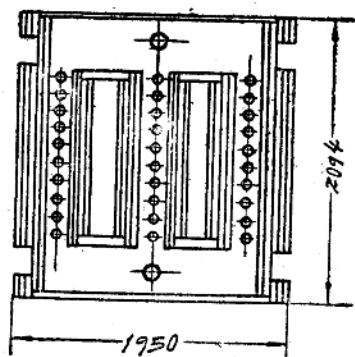
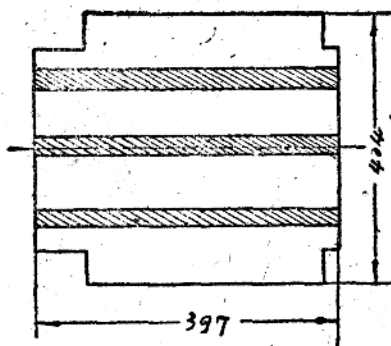
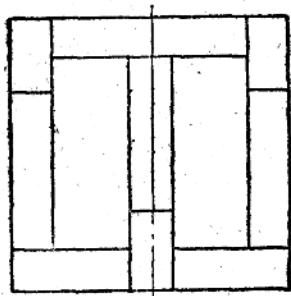


图 1-1



鉄軛截面

鉄心图

鉄芯型式为：迭装三相芯柱式。为了减少鉄軛的螺杆数，采用了加强式鉄軛夹件装置，为了保证散热，鉄心还有三个散热油道。如图1-1所示。

2. 綫卷結構

高低压綫卷均为連續式，其优点是机械强度及电气强度高，冷却良好。缺点是所有偶数綫圈需要翻綫，施工比較麻煩。为了提高变压器的耐雷水平，每相綫卷的端部和末端还各联接一个电容环，如图1-2。

3. 分接开关

为了满足网络电压的要求，变压器具有 $\pm 5\%$ 分接头，分接开关的型式是采用 $\Pi 6-300/35$ 型单相分接开关（如图1-3）。接触柱6根，额定电流300安培，絕緣等級35千伏。

分接开关装在器身上，器身与箱盖分开放进油箱内，分接开关操动机构的装配在装好箱盖后进行。

4. 油箱

变压器采用装有冷却器的椭圆形平滑油箱，这种油箱结构的特点简单，机械强度较强，散热器采用管形双面式结构，制造简单，有效散热面大。

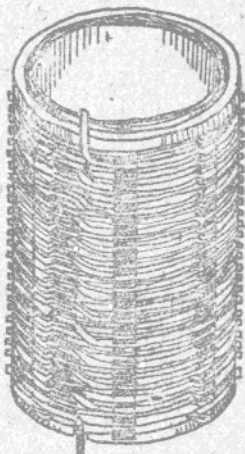


图 1-2 連續式繞卷

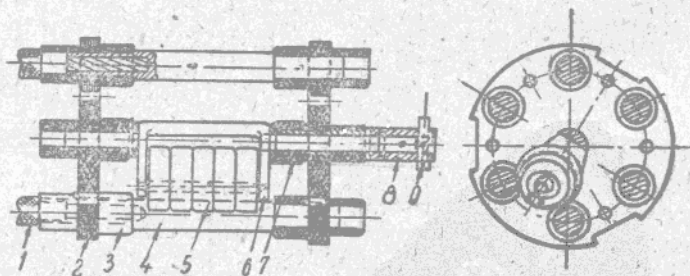


图 1-3 II6-300/35型单相分接开关

1—电纜；2—座板(电木板)；3—触柱套(电木管)；4—黄铜接触柱；
5—黄铜接触环；6—回动轴；7—鋼軸套；8—中間鋼軸套；9—銷釘。

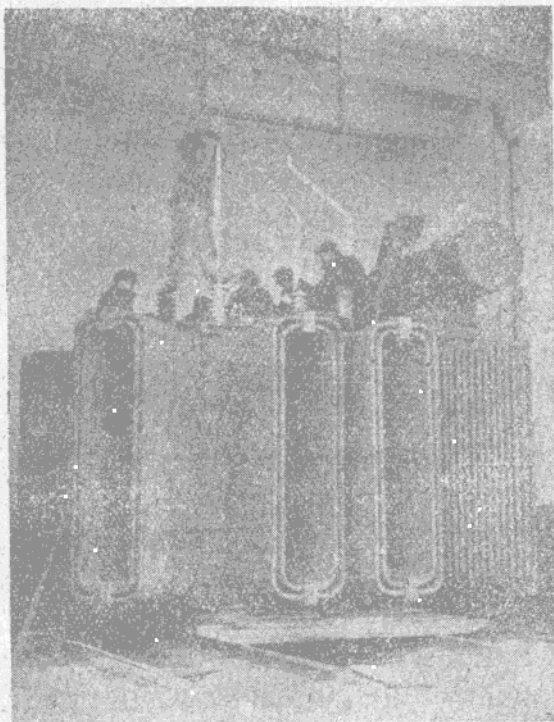


图1-4 7,500千伏安变压器正在安装

第二章 矽鋼片加工与鉄心装配

鉄心是变压器的主要部分，它在电磁和机械性能方面都有一定的要求，并且重量很大(八吨左右)，因此，对矽鋼片加工和鉄心装配时的起重問題，都应当加以注意。

一、矽鋼片加工

根据設計要求，矽鋼片应采用 D4AA-0.5 型号，这里，字母与数字的意义是：“D”——电工的；“4”——含矽量的等級(含矽量到 5%)；“AA”——单位損耗低的矽鋼片。但这种产品供应不上，我們采用了 0.35 公厘矽鋼片，根据主要特性(单位損耗瓦/公斤)，能够滿足要求。

1. 矽鋼片冲剪

由于矽鋼片需要量很大，价格很貴，因此在剪裁时必需注意經濟性；另一方面，为了尽可能地减少鉄損，鉄心矽鋼片剪裁應該使磁通方向与鋼片軋压方向一致，所以事先应当根据原鋼片的尺寸，仔細計算，画出剪裁图，并且应当本着節約材料的原則。有些鋼片可以不必达到后者要求(磁通方向与鋼片軋压方向一致)，但还是合算与恰当的，这样，利用率可以提高到 70% 以上。

矽鋼片的冲剪是在冲床和剪床进行的，但我們沒有这种設備，后来与有关机械厂合作来完成这个任务，为了保证鉄心装配时矽鋼片选片的质量，剪切公差应限制在 0.2 公厘范围以内。只要有小型立式冲床，一般的鋼片冲孔就沒有問題，其冲断力(冲头所需力量)可用下式求得：

$$F = P \cdot S \cdot \tau_{nc\sigma} / 1000$$

式中 F ——冲断力，吨；

P ——冲断外形的周边长度，公厘；

$\tau_{nc\sigma}$ ——材料的剪切强度，公斤/公厘²，对 94AA 型号鋼片一般采用 48 公斤/公厘²。

这里应当指出，由于鋼片冲剪过程，产生冲剪边沿硬化（鋼晶粒的变化）现象，使损耗增加和导磁率降低，一般要求进行退火，但我们没有这种高温（1100~1200°C）炉设备，所以这个项目不能进行，但根据运行结果，对损耗和发热并没有什么多大影响，因此我们认为假如没有这种设备，这个项目可以不必做。

2. 砂鋼片涂漆

鉄心砂鋼片間，为了减少其渦流損失，应互相絕緣。第四类型变压器（7,500 千伏安以上），一般采用漆膜絕緣，它要求漆膜具有足够的机械与电气强度，要能耐油、耐温、抗氧化、碱化等特性，一般采用 202 号漆。由于这种型号漆供应不上，而且我们又没有涂漆机（高温的），所以采用了天津

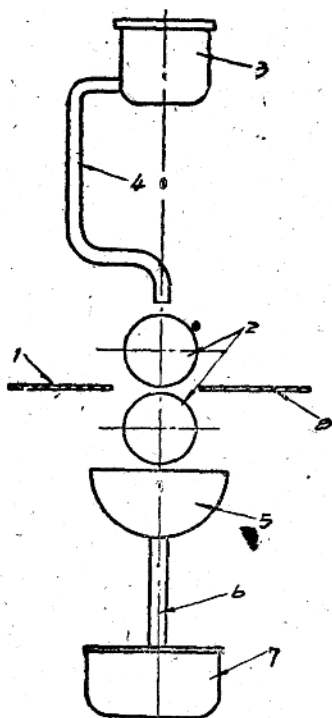


图 2-1 涂漆机示意图

1—送料台；2—橡胶辊輪；
3—漆桶；4、6—导管；5—漆
桶；7—漆桶；8—接料台。

出产的一种2号靛青黑漆，这种漆一般能满足以上要求，同时不必加温，也可以很快干燥。

涂漆是用涂漆机进行的，因我们没有带热烘的涂漆机，所以采用了一种自制的简单涂漆机，如图2-1所示。

加工完了的矽钢片，由送料台送入，经蘸绝缘漆的橡胶辊轮之助，使矽钢片两面漆成均匀漆膜，漆槽5中的漆，由漆桶3供给。多余的漆由导管6排于漆桶7中，根据绝缘电阻和漆膜厚度的要求，可以适当地调节辊轮之速度。

涂漆后要进行漆膜厚度测定，一般是用50片矽钢片在涂漆前和涂漆后都要夹紧，测量每次涂漆的厚度，计算公式如下：

$$\Delta n = n_2 - n_1 / 50 \text{ 公厘}$$

式中 n_1 ——矽钢片未涂漆前的厚度；

n_2 ——矽钢片涂漆后之厚度，漆膜厚度一般要求每一面均为0.013公厘。

矽钢片在开始正式大批涂漆前，应测量其绝缘电阻。一般测量方法是用20片100×100公厘的矽钢片加上6公斤的重物用3~5伏的蓄电池通过调阻器，保持0.1安培左右，进行测定绝缘电阻，其公式如下：

$$R = \frac{\text{电压}}{\text{电流}}$$

$$r = R \frac{100}{20} \quad \text{电阻/片-公分}^2$$

r 值不能少于60欧姆。

绝缘电阻不够，要进行第二次涂漆。

二、铁心装配

大型变压器铁心装配，由于重量与尺寸很大，一般装配都

是在特殊装配设备(滾轉台)上进行,因为它可以消除由于吊起装配好的鉄心而引起的心柱扭曲,我們利用了土办法解决了这个技术问题:

1. 利用土办法进行大型鉄心装配

由于沒有特殊的滾轉台設備,我們利用了原变压器車間有條推小型变压器用的小軌道,放上了两台小底排車,使鉄心豎立时不致心柱扭曲。如图2-2所示,这样便成为装配台。

在各鉄心柱上加上槽鋼,装配好了的鉄心如何豎起呢?我們利用原有的二吨吊架,加以核算之后,再加上两条24号工字鋼(跨距6公尺),这样把装配好了的鉄心推到門外,然后利用絞磨与起重鋼架,很安全地把鉄心豎起,并且仍旧放在小底排車上,等候器身装配。

2. 鉄心油道的焊装

为了使变压器工作时,发热的鉄心很好的冷却,鉄心有三个油道,它分別放在鉄心的第一級和第三級上,鉄心油道的装置是在鋼片

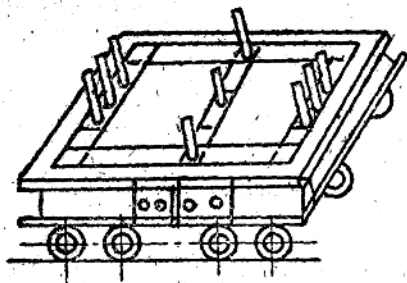


图 2-2 鉄心装配設備示意图

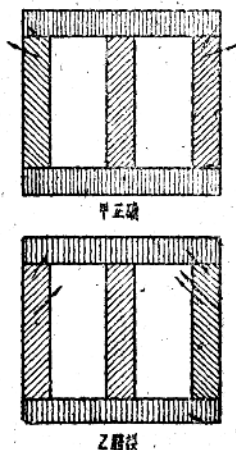


图 2-3 鉄心油道焊装

上焊以直徑为 6 公厘的鉄条，彼此間的距离为 50 公厘。为保証热量很好地散出，鉄軛和芯柱油道的焊接分布情况如图 2-3 甲，图乙是錯誤的。

油道焊装是利用大电流(2000 安培左右)碰焊，这种設備很简单，假如沒有也可以自己繞制，焊点距离一般为 50 ~ 60 公厘，碰焊瞬間与电流大小的調节要以鋼片不弯曲和鉄条不脫落为根据。

第三章 导綫焊接及包扎絕緣紙

一、导綫的焊接

根据需要截面所加工好的导綫，要进行焊接，特别是小型拔絲厂或自己土法加工的导綫，往往接头很多，为了不影响綫卷的直流电阻和質量，导綫焊接是一个关键問題，导綫一般采用两种焊接方法——碰焊或銅焊。碰焊适合焊接头較少、焊接工作人員經驗比較丰富、技术水平又比較高的条件下使用，銅焊一般較容易达到焊接要求，但工作較煩。我們曾經采用过碰焊，后来在測量綫卷的直流电阻时發現断綫，进行反工。根据这个教訓，所以希望施工单位应結合自己的情况来进行选择。下面簡單介紹碰焊和銅焊的工藝过程。

1. 碰焊接头

- 1) 两根导綫接头处形状要一样，同时要敲直后才进行焊接；
- 2) 焊接之后要进行退火，每个头距离要有 50 公厘左右；
- 3) 接后銼光，砂光使两綫之間平齐，不能有高低現象。

2. 銅焊接头

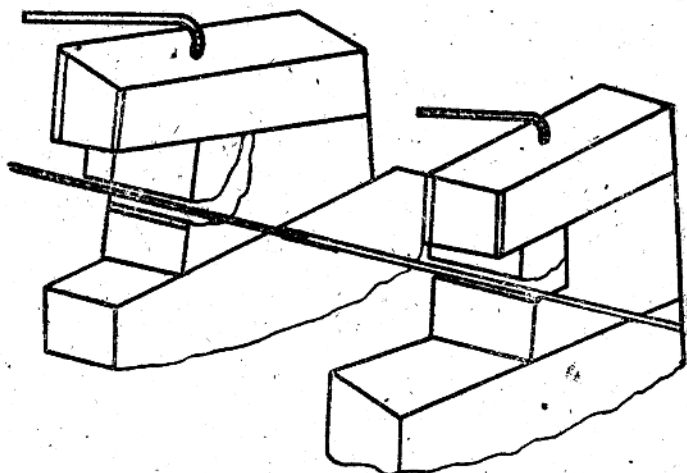


图 3-1 碰焊机示意图

1) 将铜线两头锉成 30° 左右斜形, 再敲直, L 不能少于 $10 \sim 12$ 公厘(如图3-2);

2) 接头时要两头对齐, 在斜形处敲上磷铜片, 固牢铜线, 然后按下石墨触头;

3) 接头锉光及用砂磨光后, 在距离接头处50公厘的各端进行退火。

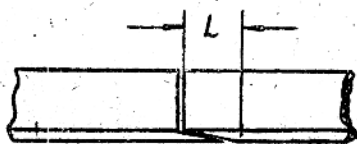


图 3-2 铜焊接头

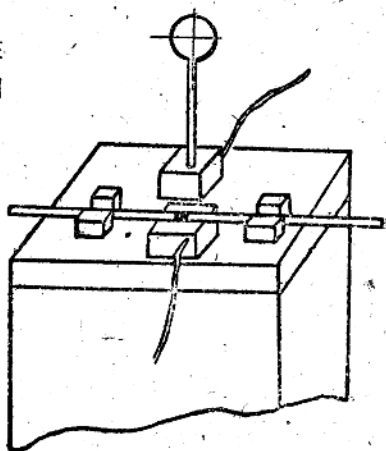


图 3-3 铜焊机

二、導綫包絕緣紙

導綫包絕緣紙，一般是在包紙機上進行的，但我們沒有這種設備，所以利用人工包紙，這個包紙的工作量很大，所以分了好幾組進行。由於人工包紮，往往很難準確掌握包紮厚度，容易產生皺紋和松緊現象。包紙質量好壞，直接影響到綫卷的質量，所以應特別重視，我們採取了下列措施：

1. 專人負責，進行質量檢查；
2. 採用較窄的絕緣紙帶，這樣比較容易包緊，我們採用了 0.12×20 公厘的黃絕緣紙，以 $\frac{1}{2}$ 迭包紮兩層；
3. 里層與外層包紮方向要相反；
4. 隨時用千分卡檢查包紙的厚度。

第四章 綫卷繞制

綫卷是變壓器很重要的組成部分，繞制的好壞，直接關係到整個變壓器的質量，所以它是變壓器的一個關鍵問題。特別是大型變壓器，要求要有很高的電氣和機械性能，綫卷的結構型式，我們也是生疏的，所以在繞制前應加以研究和訂出措施，以減少在施工過程中發生問題，下面就談談施工的簡單過程。

一、綫卷繞制前的准备工作

1. 繞綫模的制造

根據高低壓綫卷的直徑高度，制造成繞綫圓筒，圓筒用 3 公厘厚的鋼板卷焊而成，兩端套上可脫落的端環，如圖 4-1 所

示，綫卷要求要正圓和一定的机械强度，可在圓筒內焊裝加強支架。

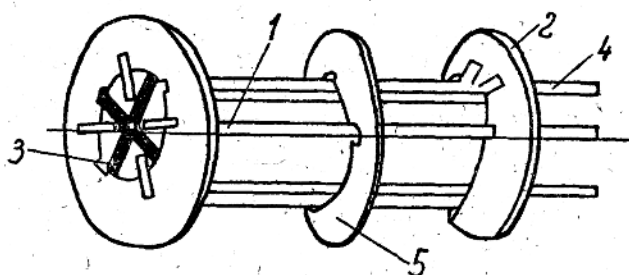


图 4-1 繞綫模

1—圓筒；2—端環；3—支架；4—直撐條；5—校正環。

2. 直撐條校正環

在繞包的过程中間，由于繞的每段需加拉力紧包，这样容易使直撐條产生歪曲現象，因此我們做了一种校正環，使直撐條能正确地分布在鉄圓筒模上，同时加以固牢，不至产生弯曲。

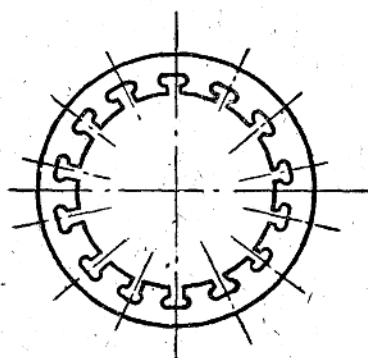


图 4-2 校正環

二、高压綫卷繞制

高压綫卷結構为連續式綫卷，綫段分为三种即加强絕緣綫段，普通綫段和分接抽头綫段。

制造和包扎的主要工艺如下：

1. 加强絕緣綫段繞制：起头是 1 至 2，加强絕緣綫段要預