

变压器制造工艺学

上 册

沈阳变压器厂編

TM405

水利电力出版社

內 容 提 要

变压器制造工艺学是沈阳变压器厂根据几年来的生产經驗编写的，分上下两册出版。

上册分五章，介绍变压器的生产組織、矽鋼片加工、鉄心装配、絕緣零件和繞卷制造等。下册分六章，說明变压器分接开关、油箱及焊件的制造、变压器总装配、变压器油处理等。书中提出了許多实用数据，对实际工作尤有帮助。

本书可供从事变压器制造的技术和技术員参考，也可作为培训技术的参考教材。

变压器制造工艺学

上 册

沈阳变压器厂編

*

2001 D579

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里内）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本*3%印張*101千字

1959年4月北京第1版

1960年3月北京第4次印刷(14,761—19,830册)

統一书号：15143·1586 定价(第9类)0.45元

目 录

緒論	3
第一章 变压器生产的特点	14
1-1 生产特点	14
1-2 通过工艺組織生产的几个基本环节	16
第二章 变压器矽鋼片加工	19
2-1 变压器矽鋼片	19
2-2 变压器矽鋼片的退火	20
2-3 变压器矽鋼片的絕緣处理	22
2-4 变压器鉄心片的剪裁	24
2-5 冲剪設備	26
2-6 鉄心片制造工艺过程	27
2-7 提高矽鋼片加工生产效率的方法	29
2-8 冲剪公差和檢查方法	34
第三章 变压器鉄心装配	36
3-1 中小型变压器鉄心装配	36
3-2 大型变压器鉄心装配	39
3-3 鉄心迭装完毕后的修整	47
3-4 鉄心接地	8
3-5 装配公差	19
3-6 鉄心的振动与噪声	50
第四章 变压器絕緣零件制造	51
4-1 变压器絕緣零件制造所用的材料	51
4-2 絕緣零件的剪切加工	54
4-3 絕緣零件的冲制	57
4-4 絕緣零件的胶合	61
4-5 电木紙筒的卷制	64

4-6 对压紙管的制造.....72

4-7 电木板的制造.....73

4-8 静电板制造.....74

4-9 絕緣角环的制造.....76

4-10 木材干燥处理.....77

第五章 变压器綫卷制造82

5-1 变压器綫卷所用的材料.....82

5-2 变压器綫卷的几种基本类型.....86

5-3 綫卷繞制的准备工作.....87

5-4 綫卷内部銅綫的焊接.....93

5-5 圓筒式綫卷的卷制.....95

5-6 分段式綫卷的卷制.....99

5-7 連續式綫卷的卷制.....100

5-8 螺旋式綫卷的卷制.....108

5-9 餅式綫卷的卷制.....115

5-10 絕緣加强綫段和电容屏蔽圈的制造.....117

5-11 綫卷的修整和加压.....119

5-12 綫卷的真空干燥和浸漆烘焙.....121

緒 論

变压器类产品是电力工业主要设备之一，其中有供发电站用的大型升压变压器，高压輸电綫終端用的大型降壓变压器，市鎮及乡村配電用的中小型電力变压器，煉鋼、冶金及化学工业用的电炉变压器和整流变压器，矿山用的防爆变压器和特种结构的矿用变压器，交通運輸用的电机車变压器，电力系统保护用的电抗器，以及仪表、繼电器用的电压、电流互感器等；因此，它們的机械结构和电气規格都比較复杂。由于近代的各种电力站都向大容量发展，电力网的規模日益扩大，对变压器类产品的技术要求更高，所需数量也更大。就电力变压器而論，每一瓩发电机电容量，需要配备的变压器容量是5~8千伏安(如果功率因数平均为0.8，一个千伏安的电力等于0.8瓩)，所以变压器制造工业的发展直接影响着供电事业和工农业电气化的发展。我国在解放前，变压器制造工业的基础十分薄弱，解放后，由于中国共产党的正确领导，和我国工人階級充分的发挥了生产积极性和創造性，以及苏联人民的无私援助，才使变压器类的生产得到了飞跃的发展，技术水平也大大的提高了一步。尤其是在党的总路綫光輝照耀下，各地新建和改建的变压器厂就如雨后春筍般的兴起。目前預計我国将在两、三年內無論产值、产量和技术水平都能达到国际水平。

一、我国变压器发展簡史

在1949年以前，我国所能制造的电力变压器，单个容量最大不过2,000千伏安，最高电压仅33千伏，所能制造的互感器最高电压也不过33千伏，特型变压器(如电炉变压器)的容量也不过

1,000千伏安。那时所有制造变压器的工厂，规模狭小，设备简陋，技术水平很低，材料大部依赖于帝国主义国家，所以基本上是半殖民地性质的修配工厂，生产能力是微不足道的。

、解放后，我国建立了许多变压器制造厂，同时，培训了不少工人和技术员。因此，我国变压器类产品的制造技术迅速发展。在1953年就生产了许多大型电力变压器，包括13,500千伏安，110千伏的；1957年制出了40,500千伏安，154/66/66千伏的三相三绕组电力变压器及20,000千伏安，220/66千伏单相电力变压器；1958年已制出60,000千伏安，110千伏的三相三绕组电力变压器及40,000千伏安，220千伏单相电力变压器，31,500千伏安，110千伏三相三绕组半自动有载调压电力变压器，以及220千伏电容电抗式电流互感器。其他，如电炉变压器、整流变压器、矿用变压器、电压调整器、接地电抗器、限流电抗器、电压互感器、电流互感器等的品种也在大量发展，单是沈阳变压器厂所生产的变压器类产品品种就有560种以上。这样的发展速度是任何资本主义国家所没有过的。

二、目前的技术水平

1. 电力变压器

近年来，我们已建立了标准化的产品系列，电力变压器从10~60,000千伏安，电压为110千伏及以下，双绕组或三绕组的结构形式，分为4个标准系列；每个系列中，不论其容量、变压比和机械结构，都是一致的，零件组件是标准化通用化了的，这样就为简化工艺和进行成批生产创造了条件。这四个系列是：

- 第一类 10~100千伏安，高压侧电压为10千伏及以下；
- 第二类 135~560千伏安，高压侧电压为10千伏及以下；
- 第三类 750~5,600千伏安，高压侧电压为35千伏及以下；
- 第四类 7,500~60,000千伏安，高压侧电压为110千伏及以下。

虽然在电气规格方面将近1,000种，但结构型式不过5种左右。

电力变压器的技术条件在前几年一直是采用苏联国家标准，

最近結合我国自然条件及国民經济发展的需要，逐漸形成自己的技术标准，例如：温度上升标准我們已将外圍空气最高温度定为 40°C （苏联标准为 35°C ），油面温升則从苏联标准 60°C 降为 55°C ，絕緣耐压标准也較苏联标准有所降低，这些改变符合多、快、好、省的方針。

現在我国生产的电力变压器还全部采用普通热轧矽鋼片，質量上相当于苏联牌号942；厚度0.35或0.5公厘，在50周波10千高斯时的单位鉄損是 $1.3\sim 1.45$ 瓦/公斤。电磁綫、絕緣紙板、电木材料、变压器油等国内都能生产，这些材料的質量也在不断提高。

电力变压器的内部結構一律是內鉄心式和圓筒式或連續式綫卷。7,500千伏安以下的用油浸自冷的散热装置；50~1,800千伏安变压器油箱上具有固定焊接的散热管；3,200千伏安起装有可以拆卸的圓管散热器；自10,000千伏安起为油浸风冷式，除备有可拆卸的圓管散热器外，并在每只散热器上装有两只电风扇。当风扇开动时，散热效率提高，变压器的負荷为100%；风扇停止开动，变压器容量降低至原有的67%。强油循环水冷式散热器已应用于特型电力变压器，强油循环风冷式散热装置，正在研究中，預料今年即可試制出来。

一般电力变压器都装置着无負荷时調变电压的分接开关；最近两年已生产了一些在負荷下調变电压的大型电力变压器。这种变压器所用的分接开关結構較为复杂，附有半自动化的控制装置，在技术上已达到世界水平，这对于大电力网的調整电压和控制負荷具有重大意义。

电力变压器所用的高电压瓷套管，电压在35千伏以上一般的为注油式。最近已制出尺寸小，重量輕，超过英国水平的220千伏級电容式套管；低压套管也改为夹持式以代替胶装式，这都是重大的技术成就。

此外，大型变压器均装有保护装置，如气体繼电器、热力滤油器、儲油筒、温度計等。产品出厂时，散热器及其他可卸下的附件都拆掉，而且要使油箱本体尺寸符合我国的铁路运输条件。

在运输載重許可的情况下，电力变压器应帶油运到工地，以免綫卷受潮。在运输困难时，可以不帶油运到工地，但在工地安装时往往須再干燥后才能注油。大变压器須在工地安装附件，中小型变压器可以完整的运到工地使用。

对于高电压的电力变压器，我們已生产了較多的154千伏級的单相和三相变压器，以及220千伏級的单相变压器，容量为20~40兆伏安。目前生产220千伏，60,000千伏安（亦即60兆伏安）的电力变压器是完全可能的；不久就可以制造80,000千伏安以上的巨型产品，电压可达330~500千伏。这些高电压电力变压器的絕緣結構十分复杂，机械結構則与一般电力变压器相差不多，通常須按使用部門提出的規格进行設計和制造。

就經濟指标來說，以最常生产的10~5,600千伏安电力变压器的各种主要重量指标为代表，有如下列的数字：

小型产品~大型产品

銅綫	0.94~0.26	公斤/千伏安
矽鋼片	3.4~0.89	公斤/千伏安
变压器油	3.16~0.81	公斤/千伏安
全重量	11.7~3.0	公斤/千伏安

与苏联使用热轧矽鋼片的电力变压器作比較，我国产品平均較輕15%；但与苏联使用导磁性較好的冷轧矽鋼片的电力变压器相比，我們的产品又較重了約15%；这主要是受材料質量的限制。

2. 特型和专用变压器

我国在制造冶金、化学、采矿等用的特型变压器方面，在第一个五年計劃期間已有长足的进展。例如，就电炉变压器來說，从225~50,000千伏安(120吨电弧炉用)的强电流的产品，国内已都能制造；过去也曾制造过一些10,000~15,000千伏安附有半自动調整电压装置的水冷式电炉变压器，較小容量的单相电炉变压器制出的規格也应有尽有。

水銀整流器用的变压器从320千伏安(供給500安的单筒整流

器)到12,800千伏安(供給两套12筒的 $2 \times 5,000$ 安的整流装置)已生产了很多,而且可以成套供应,包括平衡电抗器,阳极分流器以及自动电压调整器等。

电炉变压器和整流变压器也学习了苏联的技术經驗使之标准化和系列化;这些产品的品种和技术性能都已赶上了世界水平。

我們也在大量生产50~320千伏安的油浸矿用变压器和2.5~4千伏安的防爆变压器,并已开始以鋁綫代替銅綫。这些产品结构來說还不是很先进的。

10~1,800千伏安以鋁綫繞制的电力变压器,在上海电机厂等单位已試制成功。

3. 电力用电压和电流互感器

互感器是电力系統中保护用和測量用不可缺少的元件,通常分为电压互感器和电流互感器两大类。另外还有将电压和电流互感器装成一个整体的“組合互感器”,目前尙未生产。从低压500伏到高压220千伏的互感器系列我們已經具备,在产量上国内可以自給,这样迅速的发展,是与结构的規格化和标准化分不开的。

电力系統用的互感器具有較高的絕緣水平,較坚固和便于安装的结构,准确級次有3.0、1.0及0.5級,过电流和过負荷能力較高,以抵抗电力系統的短路故障。对过电压性能要求更为严格,这些要求目前我国产品均能满足,可說在質量上已具有国际水平,但形体上还稍嫌笨重。最近,我們已开始用环氧树脂制成塑料互感器,重量減輕了一半。

現有电压互感器四个系列(共有35种規格);其中35千伏及以上为户外型,其余都是戶内型,在結構型式上只有单节結構和迭接結構两种。

电流互感器包括七个系列,共有610种規格。电流互感器比电压互感器要复杂得多,因为后者只需按系統电压确定电气規格就够了,而前者除按电压外,还須按电流、用途和負載容量划分

(电流从 5 到 25,000 安), 既要满足电力系统使用, 又要满足工业系统的需要。

互感器类产品需要进行技术革新, 最近沈阳变压器厂试制成功的 220 千伏级电缆式电流互感器, 重量为 1.5 吨, 而老产品为 4.4 吨; 这种革新应该迅速加以发展。

4. 电 抗 器

电力系统用的限流电抗器, 电流从 200 安到 3,000 安, 采取水泥胶装式, 亦在生产。结构型式正在研究改进中。600 安以下者已采用铝电缆代用铜电缆。发展的趋势是采用裸导体, 用环氧树脂塑料来夹持。

油浸式消弧电抗器、并联电抗器等可以根据使用部门的要求进行设计制造。

5. 工 藝 方 面

我国制造变压器所采用的关键工艺规程和装备, 一般可以满足产品技术条件的要求; 例如, 线卷的浸漆干燥、器身的真空注油、矽钢片的涂漆及热处理、变压器油的处理、电木筒的卷制、绝缘纸板件的压制、自动焊接和自动气割工艺、铜焊工艺等, 都不亚于一般技术先进国家的变压器厂。但在辅助性的工艺装备方面较差, 手工作业量较大, 说明我们必须充分的发动群众, 土洋结合, 以敢想敢干敢创造的共产主义风格, 大力改革变压器制造工艺, 才能适应发展的需要。

总之, 由于党的正确领导和职工的不断努力, 我们已基本上掌握了电压在 220 千伏及以下的变电设备的产品设计和工艺, 在变压器技术发展方面, 几年内已跨越了资本主义国家四、五十年的道路。

三、今后技术发展应解决的问题

我国变压器制造工业虽然已取得了重大成绩, 但仍然远远不

能满足我国社会主义建设的需要，变压器类的产品品种和数量还须增加许多倍，这也表明我们制造变压器的技术水平和世界上技术先进的国家相衡量，还有很多不足之处，因此，我们没有任何理由感觉自满，必须再接再厉，继续努力。

初步意见，我们的奋斗方向应该是：

1. 大力革新标准的 10~60,000 千伏安电力变压器系列，这类产品用途最广，经济上意义最大。最近两年来虽已将这类产品的尺寸和重量压缩了 15~20%，但在结构上还须根本加以改进；如果能采用冷轧矽钢片，重量再压缩 20~30% 是完全可能的。即使一时不能采用冷轧矽钢片，10~1,800 千伏安的变压器可用铝线，3,200 千伏安以上者可以革新散热装置，这样，也可大大降低制造成本，有利于扩大生产。

2. 根据电力工业发展的要求，在两年内应即制出 120,000~360,000 千伏安，220~500 千伏的高压巨型电力变压器。800 千伏的直流输电用变压器、高压互感器和电抗器也应及时制出。

3. 大电流电炉用变压器及整流用变压器应发展到 40,000~50,000 千伏安的单台容量。防爆及矿用变压器应采用矽有机绝缘材料，进行全面的革新，以求更轻巧而安全。不用油的干式变压器要大力发展新品种。

4. 从 0.5 到 220 千伏的电力用互感器应进行彻底的改型，35 千伏以下可用环氧树脂塑压制成，35 千伏以上的应采用少油或无油式（例如充氟化硫气体等）结构；使所有互感器的重量减轻 40~50% 是可能的。

5. 为了减少变电所的投资，应发展大中小型的成套变电站设备。目前沈阳变压器厂已制出 100 千伏安的农村用成套变电站及 180 千伏安的车间成套变电设备。需要进一步在最短期间制出 35~110 千伏的大型成套变电站，最大容量可达 31,500 千伏安；这样，就可使现在的变电所工程完全改观。

6. 带着有载分接开关调整电压的大型变压器以及高电压大容量的自耦变压器，对于大电力网的联络是不可少的，也有必要快

速发展起来。

在确保变压器生产技术的大跃进上，有以下几个问题需要我们认真钻研：

(1) 我国较大的发电站(尤其是水电站)多位于山区峡谷，设备安装和运输条件都受到较大的限制，同时，基建方面为了减少投资费用，往往要求变压器的单台容量愈大愈好，因而单台变压器的外型尺寸和重量都在增大，例如长江三峡水电站就可能需要300~1,200兆伏安，高电压为600~700千伏的巨型变压器。这是一个矛盾；要解决这个矛盾，必须彻底改革变压器结构，提高冷却效率，减小变压器的重量和尺寸。大型变压器一般有三种冷却方式，即油浸吹风、强迫油循环水冷却和强迫油循环吹风冷却；第一种我们已广泛采用，第二、三种正在研究采用。采用强迫油循环风冷或水冷式，将比油浸吹风式降低成本约15%，尺寸也可能减小15%。我们已着手研究导体通油冷却方式以革新变压器的结构，原则上要求变压器只有铁心和线卷两个主要部分，而省去油箱部分，这就需要刻苦的试验和研究。

(2) 大型变压器的运输比较困难，各国都选择适合于本国运输条件和使用习惯的结构型式，苏联、瑞典、英国和美国的大型变压器都使用凹形车将产品运到工地，装运时外部附件都拆掉，到工地再行安装，手续较繁，但可以保证质量。我国目前也采用这种方式，欧洲国家如德国、瑞士等，将电力变压器制成列车形式，可不拆卸附件，运到工地立即安装使用，但内部铁心及外部油箱结构都比较复杂，检修不便。我国铁路隧道颇多，桥梁尺寸限制较严，变压器结构更须改进，使得既便运输又便安装。

(3) 采用新材料、提高产品性能、降低产品重量是技术先进国家改进变压器制造的主要方向。这些国家由于采用质量高的冷轧矽钢片及强油循环的结构形式，已使变压器的每千伏安重量降低到1.7~2.0公斤，而我国目前一般大型变压器每千伏安重量约为2.3~3公斤。变压器的本体重量中，铁心矽钢片占着很大的比重，降低矽钢片重量对减轻整个变压器的重量具有决定性意义。

目前很多国家使用的热轧矽鋼片，在50周波10千高斯时的鉄損为0.95~1.1瓦/公斤，冷轧矽鋼片的鉄損为0.46~0.8瓦/公斤。用这种矽鋼，变压器鉄心磁通密度可以提高到17千高斯以上，不但可以減輕鉄心重量，降低鉄損，而且可以相应的减少綫卷銅損，减少銅綫重量，油箱也可縮小很多，降低了变压器的总重量。所以我們应及早設法采用質量較高的矽鋼片；炼鋼厂研究改善变压器矽鋼片的質量是紧迫的任务。

其次，对于矽有机絕緣材料、环氧树脂、石棉絕緣材料、鋁銅合金等也要广泛应用到产品上去。有些地方可以因地制宜，使用代用材料，例如，出产优質木材的地区，可用木板代替型鋼，西南地区可用虫胶代替人造树脂漆来处理变压器綫卷等。

(4)由沈阳变压器厂建議，并征得了上級和使用部門的同意，电器的絕緣耐压标准已較苏联标准平均降低15%，相当于国际电工會議所拟訂的耐压标准。同时，温升标准也使之适应我国气候条件，这是一个重大的技术改进。所有的电气产品按新标准制造，将节约材料和成本5~10%，在全国范围内有着重大的經濟效果，因此，所有的变压器类产品均应进行改型，这是需要全国兄弟厂携手并进的。此外，还要加强与其他电器厂的技术联系，如开关、避雷器等都需要相应的改型，以便和变压器配合使用。

(5)在工艺方面，要适合产品的生产批量加以安排，我們不能为洋办法所束縛，必須依靠广大工人羣众的无穷智慧，使土洋結合，根据生产的批量，不断創造新工艺、新工具和新設備。生产批量較大的工厂，对縮短变压器真空干燥周期、改进浸油工艺、加强对矽鋼片涂漆和热处理、采用半自动和自动化潛弧焊接油箱、改善表面处理工艺、解决热带电气絕緣問題等，都需要經常努力研究；生产批量不大的工厂应在多、快、好、省的总方針下，發揮独創精神，建立起自己的工艺規程。

四、当前的任务

要建立完整的工业体系，首先要解决鋼鉄、电力和机械制

造，現在全党全民都在抓这三方面，而每一方面都需要安装大量的变电装备；因此，我們面臨的任務是十分艱巨的，也是十分光榮的。要完成這個光榮的任務，我們必須具備正確的思想方法，否則就會感到寸步難行。歸根到底，關鍵在於政治掛帥，高插紅旗，樹立共產主義的思想風格，堅決貫徹羣眾路線，敢於打破常規，大鬧技術革命。

在變壓器製造技術水平方面，我們完全有可能在短時間內達到國際水平。首先，我們有黨的領導和羣眾的沖天干劲，全國已有不少的變壓器製造工廠和車間，已有一批比較熟練的技工，這支力量是必須重視的。其次，在製造變壓器方面，這些工廠已積累了不少的技術經驗和技術資料，設備和原料，國內已解決了一大部分，不久可以全部解決。只要依靠羣眾，廣泛交流經驗，加強協作，我們的變壓器製造工業就會一日千里，為全國工農業大躍進作出巨大的貢獻。

值得特別指出的是大鬧技術革命。我們干部和技術人員必須進一步破除迷信，解放思想，要自覺的挖掉白旗的根子，依靠黨的領導，更廣泛地把工人羣眾發動起來，使人人知道變壓器製造技術上存在着什麼問題。我們還有一些人迷信外國的經驗，不敢打破技術上的清規戒律，不肯相信羣眾的無窮的創造力量。要知道所有的技術操作規程、技術指標、產品技術條件等都是人訂出來的，不是一成不變的，它們是要隨着生產實踐而變化的。任何奇跡，任何先進經驗，都是在打破常規的情況下出現的，都是否定前人的結論後創造出來的，認為外國和大工廠的技術經驗是高不可攀，不能改動，顯然是不正確的。我們不要被別人的先進指標吓倒，不要被大企業和現代技術所吓倒，不要被技術條文所吓倒，要敢於革新，創造出自己的技術經驗。

總的來說，技術、政治和羣眾三者必須結合在一起，才能確保技術革命的巨大勝利。

我們在黨和上級的領導下，全國的變壓器製造廠要展開比先進，學先進，趕先進的運動，要經常召開經驗交流會議，生產技

术报告会議和現場会議等，以便互相鼓舞，互相促进，取长补短，共同提高，这样，我国的变压器制造工业就会高速度的发展起来。

在党的总路綫光輝照耀之下，讓我們人人鼓足干劲，力爭上游，为超額完成国家的变压器类产品的生产跃进計划这个光荣任务而奋斗。

第一章 变压器生产的特点

工艺工作是生产活动中最活跃最关键的一环，它不断的总结和集中广大工人和技术人员的智慧和先进工作经验，用以指导和组织生产。因此，工艺工作的过程也是从群众中来到群众中去的过程，从事工艺工作的技术人员和干部必须树立坚定不移为生产服务的观点。工艺工作不仅限于用合理的工艺方法指导制造技术，同等重要的一方面是根据生产的特点以合理的工艺过程和合理的生产组织，来促进生产效率和产品质量的不断提高，所以开展工艺工作的前提首先是对生产特点进行了解和分析。

1-1 生产特点

1. 品种繁多，规格复杂：变压器类产品规格多的因素，除了用途广泛之外，与电压标准有关。就电力变压器而言，目前最通用的电压有220、380、500、3000、6000伏，及10、20、35、110、220千伏；正在考虑发展的有330、500和650千伏。工厂还必须迁就我国工业的老底子，生产一些标准电压以外的产品；每增加一种电压就使制造厂复杂许多。另外，变压器规格多还与电站与电网的组合有关，考虑到输电距离长短，线路阻抗与电压调整范围，使产品品种异常复杂；再加上其他用途的变压器、电抗器和互感器，就形成了非常多的种类。大型电力变压器和专用变压器，几乎每台都是新设计的，中型产品则在系列设计之下按基本结构进行改变设计。在这种情况下就决定了：一般大型产品多是单个重复生产或一次性生产，中小型系列多是成批生产，而每批的产量又决定于客观需要，并不固定，和大量生产的机械制造不同。由于品种多而单一品种的生产量不大，加重了生产技术准备工作。

2. 产品成本大部分决定于材料的成本，变压器是由貴重材料做成的，尤須注意用料的經濟。在一台三相三綫卷帶有載調压 110 千伏級的电力变压器中，矽鋼片和絕緣材料占重量的 43%，变压器油重占 30%，其他材料占 27%。因此，除从設計上降低产品重量外，在制造时合理的使用材料，加强套裁，提高材料利用率，具有特別重要的意义。

3. 电加工比重大，而机械加工比其他电机产品如电动机、开关等为少。电加工中又大多是手工或半手工劳动，这些加工都与产品质量密切相关，越是大型高压产品，技术要求越高，保証质量的意义越重大。因此在制造过程中要求精工細做和高度的操作責任心，积极采用新技术，以机械化或半机械化的加工和装配方法，代替大量的手工劳动。

4. 为保証质量，需要較多的重大关键设备和試驗设备。例如，为了紙板零件的粘合强度和准确的尺寸，要求用 50 公斤/公厘² 的压力热压胶合紙板，就需用大型的油压机。为了干燥彻底，以保証高压产品的耐压水平，对大型产品需用大的真空干燥室和真空系統。由于变压器产品异常笨重，須有高大的装配場所和強大的起重设备；例如，在制造 60 兆伏安 110 千伏級电力变压器时，单台全重量約 123 吨，运输重量約 80 吨。在产品試驗时应具有高压工頻变压器和 100 赫芝或 150 赫芝的高頻电源等等。这些都是比較重大的设备。

5. 由于电加工量比重很大，所以在一般机械加工机床以外，須有較多的非标准设备，以滿足特种加工的需要；而这些非标准设备又决定于既定的工艺方法，随着工艺方法的改进，也要不断的补充和修改这些设备。經驗証明，非标准设备往往不能依靠少数专业設計人員进行設計，因为不熟习全部的工艺过程，就难以确定最先进合理的机构；最根本的方法是依靠变压器制造工人和熟习生产过程的技术人員，从实际出发，进行非标准设备或特种工艺装备的设计。