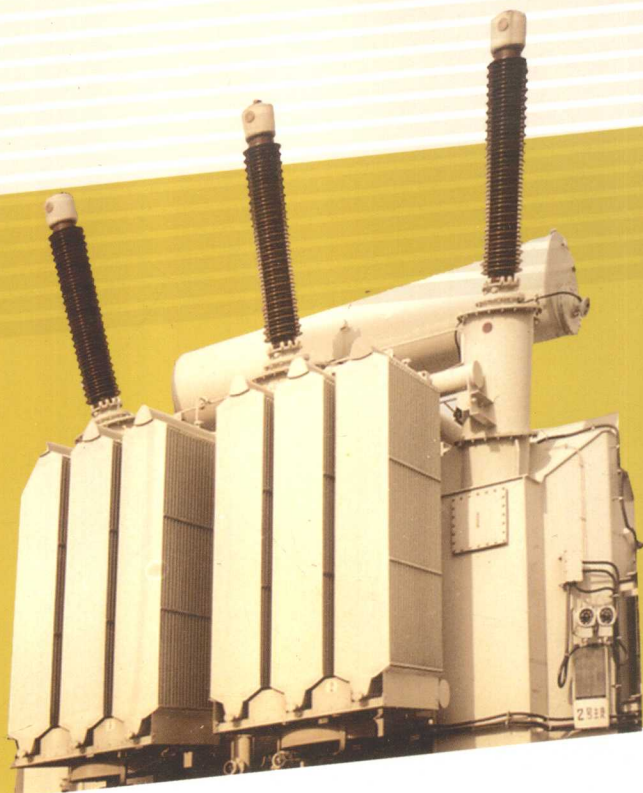


DIANLIBIANYAQI
JIANZAO SHOUCHE

电力变压器 监造手册

北京电力物资供应分公司 编
北京市科创新业物流有限公司

M41-62
04



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

013045589

DIANLIBIANYA QI
JIANZAO SHOUCE

TM41-62
04

电力变压器 监造手册

北京电力物资供应分公司 编
北京市科创新业物流有限公司



TM 41-62
04



北航 C1653497



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书涵盖了 35~500kV 交流电力变压器监造的主要内容, 提出实施监造作业的基本要求, 明确了变压器监造工作的重点, 分析了近 10 年来电力变压器监造参考实例共 40 例。在附录中收录了监造配用标准、参考标准和焊接工艺要求以及变压器主要材料的参数等内容。

本书可作为电力变压器监造人员的学习参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力变压器监造手册/北京电力物资供应分公司, 北京市科
创新业物流有限公司编. —北京: 中国电力出版社, 2013. 4

ISBN 978-7-5123-4314-6

I. ①电… II. ①北…②北… III. ①电力变压器—制造—监督
管理—技术手册 IV. ①TM41-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 075373 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 5 月第一版 2013 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 5.75 印张 119 千字

印数 0001—3000 册 定价 22.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

编 委 会

主 任 梁红强 王淑平

副 主 任 马凤铁 张学哲 周 毅 杨志东

周 欣 张春来

委 员 朱 军 徐忠厚 安德夫 赵 阳

于 杰 潘 焜 李 威 武民峰

武晔楠 赵永强 庞海龙 左智英

编写人员 程 萍 田福壮 王道玲 潘 永

何树敏 侯继荣 王凤敏 王 巍

李 唐 刘亚东 项 跃 刘雪欣

王立勇 姚 爽 陈 晨 李 静

| 前 言 |

2009年以来,国家电网公司全面开展物资集约化管理,物资供应管控能力明显增强,物资管理效率和效益明显提升。随着物资集约化管理的深入,开展产品质量监督,提高入网设备的质量,显得尤为重要和迫切。

为加强电力变压器监造的规范管理,固化电力变压器监造工作的基本流程,提升监造工作水平,确保电力变压器产品的制造质量,北京电力物资供应分公司和北京市科创新业物流有限公司组织编写了《电力变压器监造手册》一书。

本书以国家电网公司产品质量监督的有关标准、制度及《交流电力变压器监造作业规范》和北京市电力公司设备通用技术条件为依据,引用国家目前执行的标准文件近30个。本书共分为四章,涵盖了35~500kV常用交流电力变压器监造的主要内容,提出实施监造作业的基本要求和 workflows,明确了变压器监造工作的重点,并分析了近10年的电力变压器监造参考实例。附录中给出了变压器导线、绝缘材料等技术参数,收录了焊接等工艺的监造要求。

本书“第四章 电力变压器监造参考实例”中,有的实例与“第三章 监造实施”所列表中的某一列表相对应,而有的实例与数个列表相对应,书中分别做了前后呼应的提示,便于阅读和参考借鉴。

希望本书对提高变压器监造人员的专业技术水平,提升变压器监造工作质量有所帮助。由于时间较紧,书中难免有疏漏和不妥之处,请广大读者批评指正。

编 者

2013年3月

| 目 录 |

前言

1 总则	1
1.1 适用范围	1
1.2 编写依据	1
1.3 监造术语及一般规定	2
2 电力变压器主要技术术语及要求	5
2.1 电力变压器主要参数	5
2.2 电力变压器主要组件	6
2.3 电力变压器其他组、附件	10
3 监造实施	11
3.1 驻厂监造工作	11
3.2 关键节点见证	55
3.3 专家巡检	58
4 电力变压器监造参考实例	61
4.1 铁芯制作	61
4.2 线圈制作	61
4.3 绝缘装配	62
4.4 器身装配	63
4.5 总装配	64
4.6 出厂试验	65
4.7 器身检查	66
4.8 发运或存放	66
附录 A 焊接检验及防范措施	67
附录 B 常用钢材	73
附录 C 常用硅钢片	73
附录 D 常用铜导线	74
附录 E 常用绝缘材料	76
附录 F 压力单位换算表	80
附录 G 配用标准	81
附录 H 专家巡检参考标准	84

1

总 则

1.1 适用 范围

本书规定了 35~500kV 交流电力变压器监造主要内容, 提出实施监造作业的基本要求, 明确了变压器监造工作的要求。

1.2 编 写 依 据

- GB 1094.1—1996 电力变压器 第 1 部分: 总则
- GB 1094.2—1996 电力变压器 第 2 部分: 温升
- GB 1094.3—2003 电力变压器 第 3 部分: 绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
- GB 1094.5—2008 电力变压器 第 5 部分: 承受短路的能力
- GB 1208—2006 电流互感器
- GB 2536—2011 电工流体变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油
- GB 10230.1—2007 分接开关 第 1 部分: 性能要求和试验方法
- GB 11604—1989 高压电器设备无线电干扰测试方法
- GB 50150—2006 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- GB/T 507—2002 绝缘油 击穿电压测定法
- GB/T 1094.4—2005 电力变压器 第 4 部分: 电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则
- GB/T 1094.7—2008 电力变压器 第 7 部分: 油浸式电力变压器负载导则
- GB/T 1094.10—2003 电力变压器 第 10 部分: 声级测定
- GB/T 2900.1—2008 电工术语 基本术语
- GB/T 2900.15—1997 电工术语 变压器、互感器、调压器和电抗器
- GB/T 2900.19—1994 电工术语 高电压试验技术和绝缘配合
- GB/T 4109—2008 交流电压高于 1000V 的绝缘套管
- GB/T 6451—2008 油浸式电力变压器技术参数和要求
- GB/T 7252—2001 变压器油中溶解气体分析和判断导则

- GB/T 7354—2003 局部放电测量
- GB/T 10230.2—2007 分接开关 第2部分：应用导则
- GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
- GB/T 16927.2—1997 高电压试验技术 第二部分：测量系统
- GB/T 17468—2008 电力变压器选用导则
- GB/T 17623—1998 绝缘油中溶解气体组分含量的气相色谱测定法
- GB/T 26429—2010 设备工程监理规范
- DL/T 911—2004 电力变压器绕组变形的频率响应分析法
- DL/T 5434—2009 电力建设工程监理规范
- JB/T 501—2006 电力变压器试验导则
- JB/T 10088—2004 6kV~500kV级电力变压器声级
- 国家电网公司 交流电力变压器监造作业规范
- 北京市电力公司 设备通用技术条件
- 国家质检总局 2002年第28号令 设备监理单位资格管理办法

1.3 监造术语及一般规定

1.3.1 术语和定义

1. 委托人

委托监理单位对中标设备实施监造的物资管理部门、项目管理部门/单位。

2. 供应商

国家电网公司系统招标采购中中标的设备制造单位。

3. 监造

相关单位和人员根据国家有关法规、技术标准及采购合同，接受委托人的委托，对设备制造过程的质量和进度实施监督见证的活动。见证模式包括驻厂监造、关键节点见证和专家巡检。

4. 监造单位

具有企业法人资格，取得设备监理资质，从事设备监造的组织。

5. 总监造工程师

由监造单位委派，代表监造单位全面负责履行监造服务合同、主持项目监造机构工作的监造工程师。

6. 总监造工程师代表

由总监造工程师根据需要授权，代表总监造工程师行使其部分职权的项目监造机构中的设备监造工程师。

7. 监造工程师

负责电力变压器设备监造工作，具有相应监造文件签证权的设备监造人员。

8. 监造员

从事电力变压器监造工作的监造人员。

9. 监造实施细则

依据监造大纲、监造服务合同和技术协议，结合本书，制定监造工作要点、方法的项目作业方案。

10. 驻场监造

监造单位按设备监造服务合同约定，在供应商厂内成立监造组，派驻监造人员，跟踪供应商制造全过程，对设备的制造质量与进度进行监督见证。

11. 关键节点见证

实施单位对产品制造过程中的关键节点进行文件见证、现场见证或停工待检的产品质量监督活动。

12. 专家巡检

委托人组织专业人员（巡检组）定期或不定期对供应商状况及其产品制造阶段的巡视、检查和监督见证。

13. 一般质量问题

在产品制造过程中，凡出现不符合采购合同规定或已经确认的技术标准/文件要求的情况，均视为质量问题，其中通过简单修复可及时纠正的属于一般质量问题。

14. 重大质量问题

重大质量问题包括但不限于下列情况：

- (1) 需要较长时间（甚至影响交货期进度）才能修复的；
- (2) 产品出厂试验不合格的；
- (3) 供货商擅自改变主要原材料、组部件、外购件的厂家或规格型号的；
- (4) 在产品制造过程中，供应商的生产环境失控，明显劣化的。

15. 文件见证点（R点）

由监造工程师对设备工程的有关文件、记录和报告等进行见证而预先设定的监造控制点。

16. 现场见证点（W点）

由监造工程师对设备工程的过程、工序、节点或结果进行现场见证而预先设定的监造控制点。

17. 停工待检点（H点）

监造工程师见证并签认才可转入下一个过程、工序或节点而预先设定的监造控制点。

1.3.2 一般规定

(1) 在编制监造作业文件和实施监造作业时，应根据受委托监造变压器的特点、工艺流程、供应商和监造组自身状况选择本书使用的条文。

(2) 编写监造作业文件，要抓住基本要点和特点；提供信息应准确，详细、完整，

条理清晰；尽量使用专业术语，尽可能量化表述。

(3) 原材料和外协、外购组部件见证的基本要求是：采购合同、原供应商的出厂文件，变压器供应商的验收文件和实物“四同一”。四同一的基准是采购合同。必要时，要求供应商进行抽检复验实物以确认同一。

(4) 产品制造见证直接依据是：采购合同、本产品的设计文件、供应商的工艺文件。严格执行本采购合同和技术文件中的要求。

(5) 监造过程中涉及知情权与知识产权时，按采购合同的条款处置。

2

电力变压器主要技术术语及要求

2.1 电力变压器主要参数

1. 额定容量

变压器某一个绕组视在功率的指定值，常以 kVA 或 MVA 表示。

2. 绕组的额定电压

绕组主分接施加的电压或空载时感应的电压。对于三相绕组，是指线路端子间的电压。

3. 额定电压比

一个绕组的额定电压与另一个绕组的额定电压的比值。

4. 绝缘水平

变压器绕组的绝缘水平由其耐受电压表示，包括耐受工频、感应、冲击全波、冲击截波、操作波电压和局部放电水平。

5. 空载损耗和空载电流

变压器一个绕组施加额定频率下的额定电压，其他绕组开路时，变压器汲取的功率定义为空载损耗。

变压器一个绕组施加额定频率下的额定电压，其他绕组开路时，流经该绕组线路端子电流的方均根值，定义为变压器的空载电流。通常以变压器额定容量下绕组额定电流的百分值表示。

6. 负载损耗和短路阻抗

在变压器一对绕组中，一个绕组流经额定电流、另一个绕组短路、其他绕组开路时，在额定频率及参考温度下，所汲取的功率是变压器的负载损耗。

在额定频率及参考温度下，在变压器一对绕组中，某一绕组端子之间的等效串联阻抗 ($Z=R+jX$) 是变压器的短路阻抗。确定此短路阻抗时，另一个绕组短路，其他绕组开路。

7. 总损耗

变压器空载损耗和负载损耗之和。

8. 零序阻抗

在额定频率下，三相星形或曲折形联结绕组中，连接在一起的线路端子与中性点端子之间的以每相欧姆数表示的阻抗。

9. 变压器油温升

变压器顶部油温度与外部冷却介质温度之差。

10. 变压器绕组温升

绕组以电阻法确定的平均温度与外部冷却介质温度之差。

11. 绕组联结组

(1) 定义。变压器同一电压的绕组是按一定方式连接的。单相变压器的联结组标号用 I 表示；三相变压器或组成三相变压器组的单相变压器，相绕组可以联结成 Y 联结、D 联结或 Z 联结（曲折星形）。高压绕组用大写字母 Y、D 或 Z 表示，中压或低压绕组用小写字母 y、d 或 z 表示，中性点引出的 Y 联结或 Z 联结用 YN (yn) 或 ZN (zn) 表示。

自耦联结的一对绕组，低压绕组用字母 auto 或 a 表示，如 Yn_{auto} 或 Yna。

当有稳定绕组（不与外部负载相连的 D 联结绕组）时，在负载绕组字母后用“+d”表示。

(2) 绕组联结组标号。绕组连接后，用一组字母和时钟序数指示高压、中压（对三绕组变压器）和低压绕组的联结方式，表示中压绕组、低压绕组相对高压绕组相位移关系。联结组标号是以绕组的中性点位于一点，不同电压侧相电压的相位移。用时钟分针表示高压相电压相量，位于时钟 12 处，用时钟时针表示低压相电压相量，时针指示的小时数就是绕组的联结组标号，如 Yyn0 或 YNd11。

2.2 电力变压器主要组件

2.2.1 有载分接开关

1. 定义

有载分接开关能在变压器励磁或带负载状态下进行操作，是用来调换绕组分接位置的一种电压调节装置。通常，它由一个带过渡阻抗的切换开关和一个能带或不带转换选择器的分接选择器组成，整个开关是通过驱动机构来操作的。在有些形式的分接开关中，切换开关和分接选择器的功能结合在一起成为一个选择开关。

2. 型号表示

有载分接开关的型号编制方法如图 2-1 所示。

3. 技术要求

有载分接开关的标准有 GB 10230.1—2007《分接开关 第 1 部分：性能要求和试验方法》、GB/T 10230.2—2007《分接开关 第 2 部分：应用导则》、JB/T 8314—2008《分接开关 试验导则》。

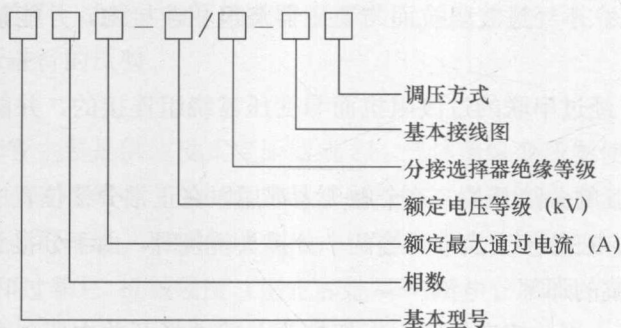


图 2-1 有载分接开关的型号表示方法

GB 10230.1—2007 等效国际电工标准 IEC 60214—1: 2003MOD。标准规定了有载分接开关的使用条件、定义、电动机构的定义、有载分接开关的技术要求、电动机构的技术条件等。GB/T 10230.2—2007 等效国际电工标准 IEC 60214—2: 2004MOD, 规定了如何选择有载分接开关的绝缘水平、电流和级电压、开断容量、分接位置数、转换选择器操作时的放电、机械寿命、电动机构、低温条件和连续操作。JB/T 8314—2008 规定了有载分接开关的试验程序和要求。

4. 有关术语

(1) 分接选择器。有载分接开关中能承载电流, 但不能接通或断开电流的装置, 与切换开关配合使用, 以选择分接连接位置。

(2) 切换开关。与分接选择器配合使用, 以承载、接通和断开已选电路中电流的装置。

(3) 选择开关。具有分接选择器和切换开关的功能, 能承载、接通和断开电流的一种装置 (即复合开关)。

(4) 转换选择器。这种装置是按能承载电流, 但不能接通或断开电流设计的。它与分接选择器或选择开关配合使用, 当从一个极限位置移到另一个极限位置时, 能使分接选择器或选择开关的触头和连到触头上的分接头使用一次以上。

1) 粗级选择器。将分接绕组接到粗调绕组上或者接到主绕组上的一种转换选择器。

2) 极性选择器。将分接绕组的一端或另一端接到主绕组上的一种转换选择器。

(5) 过渡阻抗。由一个或几个单元组成的电阻器或电抗器, 桥接于正在使用的分接头和将要使用的分接头上, 以达到将负载电流无间断地或无显著变化地从一个分接转到另一个分接的目的。与此同时, 在两个分接头被跨接的期间限制其循环电流。

(6) 驱动机构。驱动分接开关的一种装置, 该机构可以包括储能控制机构。

(7) 触头组。实质上是同时起作用的动、静触头对或动、静触头对的组合。

(8) 切换开关和选择开关的触头。

1) 主触头。承载通过电流、不经过渡阻抗与变压器绕组相连接的, 并且也不能接通和断开任何电流的触头组。

2) 主通断触头。不经过渡阻抗而与变压器绕组相连接的,并能接通和断开电流的触头组。

3) 过渡触头。经过串联的过渡阻抗而与变压器绕组连接的,并能接通和断开电流的触头组。

如果是电抗过渡的分接开关,这个触头大都用以在正常分接位置中承载通过电流。

(9) 循环电流。在分接变换中,当两个分接头桥接时,由于分接头之间的电压差所产生并流过过渡阻抗的那部分电流。

(10) 开断电流。当分接变换时,在切换开关或选择开关中所包含的每个主通断触头组或过渡触头组的预计断开电流。

(11) 恢复电压。在切换开关或选择开关的每个主通断触头组或过渡触头组上的开断电流被切断之后,其动、静触头之间出现的工频电压。

(12) 分接变换(操作)。通过电流从绕组的一个分接开始并完全转移到相邻一个分接的全部过程。

(13) 操作循环。分接开关从一个极限位置变换到另一个极限位置,再回到开始位置的动作。

(14) 绝缘水平。对地的、多相相间的和其他需要绝缘的那些部分之间的冲击和工频试验的耐受电压值。

(15) 额定通过电流 I_n 。通过分接开关流经外部电路的电流,这个电流在相关级电压下,能被分接开关从一个分接转移到另一个分接,并能被分接开关连续承载而符合标准的要求。

(16) 最大额定通过电流 I_{mm} 。用来进行触头温升试验和工作负载切换试验的额定通过电流。

(17) 额定级电压 U_i 。对于每个额定通过电流,接到变压器相邻分接上的分接开关端子间的最大允许电压。对于某个额定通过电流所给出的额定级电压称为“相关额定级电压”。

(18) 最大额定级电压 U_m 。分接开关设计的额定级电压的最大值。

(19) 额定频率。分接开关设计的交流频率。

(20) 分接开关的分接位置数。

1) 固有分接位置数。在设计上,一个分接开关在半个操作循环中所能使用的最多分接位置数。

2) 工作分接位置数。变压器中的分接开关在半个操作循环中的分接位置数。

(21) 型式试验。在一个分接开关上或一个分接开关的一些组成部分上,或者在一系列全部基于同一设计的分接开关或组成部分上进行的一种试验,以判断其是否符合标准。

分接开关系列是基于同一设计,并具有同样性能(对地绝缘水平、多相的相间绝缘水平、级数和过渡阻抗值除外)的一些分接开关。

(22) 出厂(例行)试验。为了确定分接开关无制造缺陷,在每个型式试验合格的分接开关成品上所进行的试验。

2.2.2 套管

本节介绍的套管主要是供油浸式变压器或 SF₆ 气体绝缘变压器使用的套管。

变压器需要通过套管将各个不同电压等级的绕组连接到线路中,需要使用不同电压等级的套管对油箱进行绝缘。根据使用条件,套管需要满足使用的绝缘(内绝缘和外绝缘)、载流(额定和过载)、机械强度(稳定和地震)等各个方面的要求。

1. 型号表示

套管的型号用一连串符号及数字表示,表示方法如图 2-2 所示。

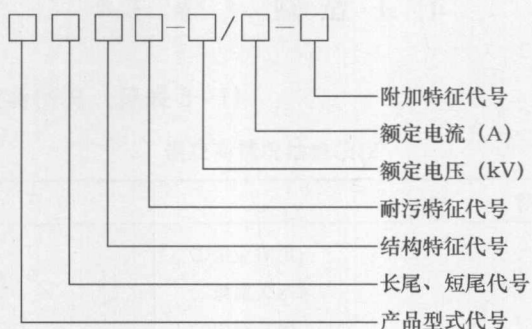


图 2-2 套管的型号表示方法

由图 2-2 可知:

第 1 位为产品型式代号,如 BR——油纸电容变压器套管;

第 2 位为长尾、短尾代号,D——短尾,长尾不表示;

第 3 位为结构特征代号,如 L——可装设电流互感器;

第 4 位为耐污特征代号,W——耐污型,普通型不表示;

第 5 位为额定电压;

第 6 位为额定电流;

第 7 位为附加特征代号,套管的户外部分的外绝缘污秽等级及适用地区,用数字表示:

1——最小标称爬电比距为 16mm/kV;

2——最小标称爬电比距为 20mm/kV,中等污秽地区;

3——最小标称爬电比距为 25mm/kV,重污秽地区;

4——最小标称爬电比距为 31mm/kV,特重污秽地区。

例如,型号 BRLW-110/600-3 表示电容式变压器套管,可装设电流互感器,用于污秽地区,额定电压为 110kV,额定电流为 600A,重污秽地区最小标称爬电比距为 25mm/kV。

2. 套管的技术要求

套管的标准有 GB/T 4109—2008《交流电压高于 1000V 的绝缘套管》,标准中规定

了套管的技术要求。

2.3 电力变压器其他组、附件

电力变压器其他组、附件包括：无励磁分接开关、套管式电流互感器、电子式电流互感器、智能装置、储油柜、油位计、吸湿器、净油器、冷却装置（包括风机和油泵）、气体继电器（包括防雨罩）、油流继电器、压力突变继电器、气体密度继电器、压力释放器、测温装置、管道及软连接、各类阀门、各类密封件、控制箱或柜、控制电缆及线槽盒、铭牌及标识牌、接地线及等位线、底座、爬梯等。

3

监 造 实 施

3.1 驻厂监造工作

3.1.1 熟悉供应商情况 (见表 3-1)

表 3-1 供应商情况抽检项目

序号	项 目	内 容
1	企业概况	①企业性质; ②隶属关系; ③内部结构
2	企业资质	①专项认证; ②上级颁证; ③生产许可证; ④产品鉴定证书 (需注意)
3	员工结构	①各关键作业岗位技术人员的资格证书、岗位证书、人数等; ②生产技术管理和质量管理的人员配置情况
4	厂房布局及车间状况	①厂房布局; ②各车间的长、宽、高; ③生产环境要求 (温度、湿度、洁净度或降尘量), 车间的名称及控制指标, 了解并掌握各制造工序的工艺文件及质量要求
5	生产设备 (名称、型号规格、生产厂家、出厂时间、数量)	①铁芯裁 (片)、叠 (片)、紧、立; ②线圈绕、焊、套、压; ③绝缘件加工; ④器身装配; ⑤干燥处理; ⑥油处理; ⑦冷作 (油箱、散热片、储油柜等制作); ⑧起重和转运 (起重机、气垫船等); ⑨其他专用工装