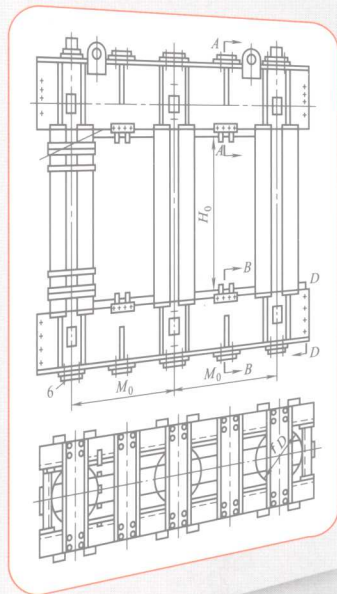
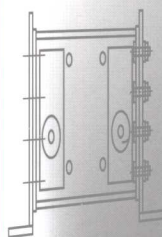
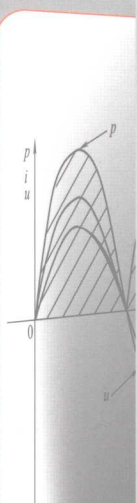


变压器识图

王尽余 潘妙琼 钟梅 编著



化学工业出版社

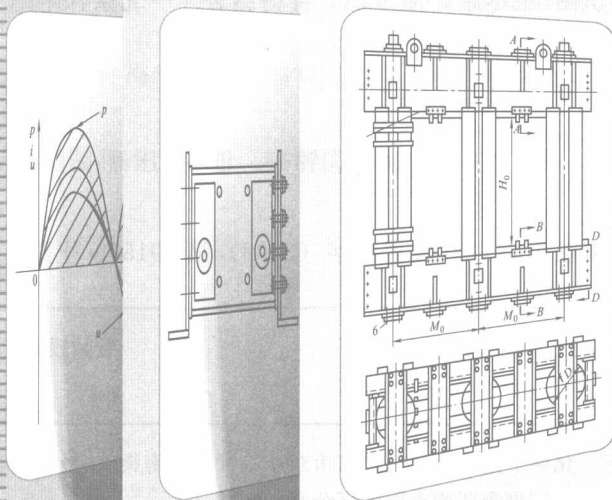
KRANTU XUENI ZHUANYEPIAN

看图学艺

专业篇

变压器识图

王尽余 潘妙琼 钟梅 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以图解的形式简明介绍了变压器的类型、基本工作原理、主要结构组成、安装及一些安全用电知识。全书以图解的形式配以简明的文字有针对性地说明具体的内容,避免了理论内容偏多、偏深的文字叙述。本书可作为维修工人自学用书,也可作为农民工培训用书,旨在使劳动者便于学习和借鉴,以便把有关知识更好地运用到实际生产中。

图书在版编目(CIP)数据

变压器识图/王尽余,潘妙琼,钟梅编著. —北京:
化学工业出版社, 2008.7
(看图学艺·专业篇)
ISBN 978-7-122-03137-2

I. 变… II. ①王…②潘…③钟… III. 变压器-图解
IV. TM4-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 091579 号

责任编辑: 宋 薇 杜进祥
责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 7 字数 128 千字 2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着我国经济建设高速发展,各种类型的变压器在工农业生产及人们的日常生活中有广泛的应用,为了保证其正常运转,变压器的保养和维修工作就显得非常重要。多了解一些变压器的有关知识对提高劳动者素质和操作技能有很大帮助。

劳动者技术级别不同,要求也不同,掌握相关基础知识、基本专业技术及解决技术问题能力,才能满足现代从业和就业的需求。

本书以图解的形式介绍了变压器的类型、基本工作原理、主要结构组成、安装及一些安全用电知识。全书以图解的形式配以简明的文字有针对性说明具体的内容,避免了理论内容偏多、偏深的文字叙述。本书可作为维修工人自学用书,也可作为农民工培训用书,旨在使劳动者便于学习和借鉴,以便把有关知识更好地运用到实际工作中。

本书由王尽余、潘妙琼、钟梅编著,在编写过程得到王湧的支持与参与,使本书臻于完善,在此深表谢意。

作者水平有限,若有疏漏和不当之处,敬请读者批评指正。

编者

2008年6月

目 录

第一章 变压器的用途和分类	1
1. 什么叫变压器	3
2. 变压器类产品在电力系统中的应用	3
3. 配电变压器	4
4. S11 型全密封配电变压器	5
5. R 型卷铁芯变压器	6
6. 立体卷铁芯变压器	6
7. 树脂浇注干式变压器	7
8. 敞开式干式变压器	7
9. WSG3 系列非封闭式干式变压器	9
10. 矿用变压器	9
11. KSG-2.5、4/0.66 矿用隔爆型干式变压器	9
12. 试验变压器	9
13. 组合式变压器	11
14. 变压器的主要技术参数	12
15. 变压器的铭牌举例	13
第二章 变压器的基本知识及工作原理	15
1. 交流电的基本概念	17
2. 初相角的波形图	17
3. 单相交流电路的纯电阻电路	18
4. 单相交流电路的纯电感电路	18
5. 电容器	19
6. 单相交流电路的纯电容电路	20
7. 三相交流电源的星形接法	21
8. 交流电源星形连接的相电压和线电压	21
9. 三相交流电源的三角形接法	21
10. 三相负载的星形连接	22
11. 三相负载的三角形连接	22
12. 互感现象	22

13. 变压器基本组成	23
14. 变压器改换电压的基本工作原理	24
15. 变压器的空载运行	24
16. 变压器的负载运行	25
17. 变压器 T 型等值电路	26
18. 配电变压器的接线方法	26
19. 自耦变压器的原理	26

第三章 变压器的结构

1. 配电变压器结构	32
2. 变压器器身结构	33
3. 变压器铁芯基本类型	33
4. 芯式铁芯主要结构形式	34
5. 铁芯柱的各种截面形状	35
6. 铁芯的油道设置	35
7. 芯柱与铁轭的叠片形式	35
8. 小型单相变压器常用铁芯型式	36
9. 单相芯式变压器铁芯和绕组	36
10. 三相三芯柱变压器的铁芯和绕组	37
11. 三相五芯柱变压器的铁芯和绕组	37
12. 单相壳式变压器的铁芯和绕组	37
13. 三相壳式变压器的铁芯和绕组	38
14. 变压器铁芯的夹紧结构	38
15. 变压器铁芯接地方式	42
16. 变压器绕组	42
17. 交叠式绕组	44
18. 低压层式绕组出线头绝缘包扎	44
19. 连续式线圈出头包扎	45
20. 螺旋式线圈端部包扎图	45
21. 中型变压器的内部绝缘结构	46
22. 变压器套管	47
23. 有附加绝缘的瓷套管	48
24. 桶式油箱基本结构形式	49
25. S11 型变压器吊芯式油箱	49
26. 钟罩式油箱基本结构形式	50
27. 钟罩式油箱	51
28. 分接开关原理	52
29. 配电变压器无励磁分接开关	52
30. 三相中部调压无励磁开关	53

31. 管式冷却器	53
32. 波纹式油箱基本结构	55
33. 可拆型 (PC) 310 片式散热器结构	55
34. 带吹风的散热器	56
35. 防爆管	57
36. 压力释放阀	57
37. 储油柜	58
38. 隔膜式储油柜	59
39. 胶囊式储油柜	60
40. 指针式油位计	60
41. 吸湿器	61
42. 信号温度计	62
43. 气体继电器	63
44. 挡板式气体继电器	63

第四章 变压器的安装维护 65

1. 变压器绝缘电阻的测试	67
2. 兆欧表	67
3. 兆欧表的测量方法	68
4. 测量 Yd 接线三相变压器绕组的绝缘电阻	69
5. 用万用表测量变压器极性	69
6. 用电压降法进行变压器直流电阻的测量	70
7. 变压比的测定	71
8. 变压器的空载试验	71
9. 通过互感器接入仪表三相变压器的空载试验	72
10. 变压器负载试验和短路阻抗测量	73
11. 通过互感器接入仪表三相变压器的负载试验	73
12. 单相电源进行三相变压器短路试验	73
13. 三相电源进行三相变压器短路试验	74
14. 变压器的耐压试验	74
15. 用直接负载法进行变压器的温升试验	75
16. 铁芯多点接地故障具体位置的查找	75
17. 铁芯可能发生的故障及处理方法	76
18. 变压器吊铁芯	79
19. 钟罩式油箱的起吊	80
20. 气体继电器的安装	80
21. 净油器在变压器的连接	81
22. 瓷套管检查	81
23. 检查油位	82

24. 检查油温 82

25. 冷却装置检查 82

26. 中小型变压器不应受力处为何漏油? 83

27. 变压器油枕严密性试验 83

28. 密封胶垫的质量是变压器渗漏油的原因之一 84

29. 绕组内部油道及油流方向 85

30. 真空注油 85

31. 变压器油的真空喷雾处理 86

32. 变压器热油喷雾真空干燥 86

33. 热油喷淋真空干燥 87

34. 油箱铁损法干燥变压器 88

35. 废旧油处理 89

36. 强迫油流动渗滤法再生系统 89

37. 吸附渗滤法实例——运行变压器油带电再生原理流程 89

38. 变压器故障分析及检查 90

第五章 安全用电知识 93

1. 单相触电 94

2. 两相触电 95

3. 接地体附近的电位分布 95

4. 接触电压、跨步电压触电 96

5. 保护接地 96

6. 保护接零 97

7. 重复接地 98

8. 电流对人体的影响 98

9. 触电急救法——口对口人工呼吸法 99

10. 触电急救法——体外心脏挤压法 99

参考文献 101

第一章

变压器的用途和分类

变压器是一种静止的电气设备，在一定功率下，能升高、降低电压，变换电流大小。在日常生产、生活领域中广泛使用着各种变压器。变压器用途广泛，随着我国经济建设高速发展，各种类型的变压器在工农业生产及人们的日常生活中，被广泛用于工厂、矿山和城市建设，如地铁、污水处理等重大工程项目，还进入了港口、发电厂、大学城、商住楼中。

变压器在电力系统中更是不可缺少的设备。通常，人们所使用的电能主要是由发电厂的交流电机产生的，大型发电机的出口电压一般是 6.3kV。一般大、中容量发电机发出的电流电压，不仅不适合于一般用电，且要将大量电能输送到远方，采用较低的电压输送是不可能的。由于电压低，其输送的电流就很大，大电流在输送的线路上产生很大的功率损耗和电压降，也不能经济输送到较远的用电场所。采用较高的送电电压，才能使我们合适而又方便地把电力输送到适当的用电场所。把交流电的功率从发电厂输到用户，通常要用很长的输电线路。在输送功率 P 和功率因数 $\cos\phi$ 为定值的情况下，电压 U 越高，线路中的电流 I 越小，输电线的截面可取得越小，这样能够节约大量材料。反之，电能有可能大部分或全部消耗在输电线上。为了减少输电线路上的能量损失，提高输电效率，往往在输电之前，利用变压器把电压升高到所需的数值。变压器的安装容量为发电机安装容量的 6~8 倍。电能到用电区域后，又需要各种容量和电压的变压器进行电能分配，用电部门利用变压器再把高电压变换为适合现场实际负载所需的低电压的电压等级后，才能使用。如照明电压一般为 36V、48V、110V、220V，动力电压为 380V，系统电压等级为 10kV、35kV、60kV、110kV、220kV、330kV、500kV。

变压器用途广泛，品种、规格繁多。变压器的分类可按其使用情况、结构、绕组及相数等划分。变压器的分类见表 1-1。

表 1-1 变压器的分类

分类法	类 别	细 分 类 别
安装地点分	户内	干式、环氧浇注式
	户外	油浸式、柱上式、平台式、一般户外
用途分	电力变压器	升压、降压、配电、联络变压器 厂用变压器、增压变压器(低压侧另接入一变压器以增加输出电压)
	特种变压器	电炉变压器、电焊变压器、仪用变压器、整流变压器等
相数分	单相	
	三相 多相(如整流变压器)	
绕组分	单相	
	三相 多绕组 自耦	

续表

分类法	类 别	细 分 类 别
调压方式分	无励磁调压 有载调压	
冷却方式分	油浸自冷 油浸风冷 油浸水冷 强油循环 干式自冷 干式风冷	扁管散热或片式散热器 附冷却风扇 附油水冷却器 油泵 附风冷却器
导电体 材质分	铜导线 铝导线 半铜半铝	已发展铝箔或铜箔产品
铁芯型 式分	心式变压器 壳式变压器 卷铁芯变压器	
容量分	小型变压器 中型变压器 大型变压器 特大型变压器	容量在 630kV·A 及以下 容量为 800~6300kV·A 电压在 110kV 及以下,容量为 8000~63000kV·A 电压在 220kV 及以上,容量为 3150kV·A 及以上

对一个变压器的了解必须检查标注在变压器类产品上用来表示该产品在规定条件下运行特征的参数的数值，变压器的铭牌是使用变压器的主要依据，在接线前必须了解它的各项参数，以便正确使用。

1. 什么叫变压器

变压器用途广泛，在生产、生活各个领域中使用着各类变压器。图 1-1 是各类变压器外形示例。

2. 变压器类产品在电力系统中的应用

变压器用途广泛，在生产、生活各个领域都可以看到。电力变压器是用途最广的变压器。电力系统中使用的变压器，可分为升压、降压和配电变压器。对电力系统来说，将大量电能输送到远方，低电压传输功率损耗太大，只能采用变压器将发电机的线电压提高再输电。到用电区域后需将各种容量和电压的变压器进行电能分配，从而形成完整的电力系统。图 1-2 介绍了变压器在电力系统中的应用。

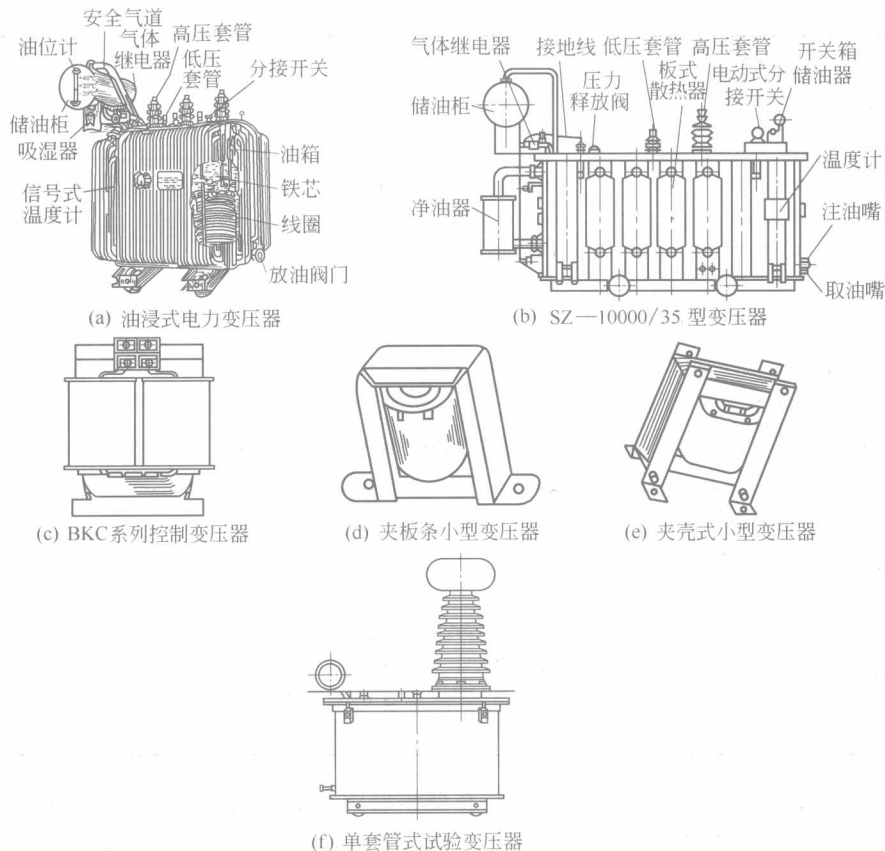


图 1-1 各类变压器举例

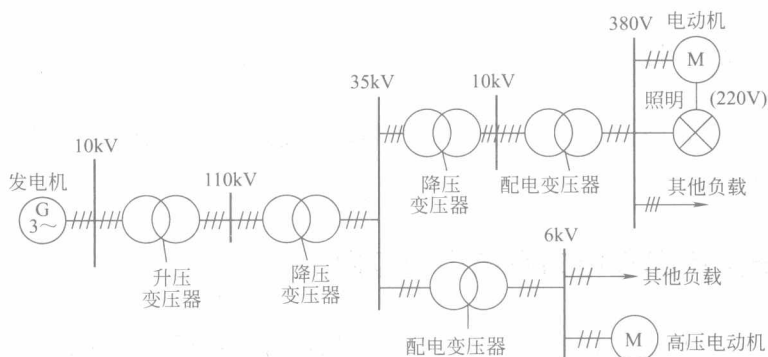


图 1-2 变压器类产品在电力系统中的应用

3. 配电变压器

配电变压器是一种常用普通的电力变压器，其构造简单，基本组件都有（见图 1-3）。

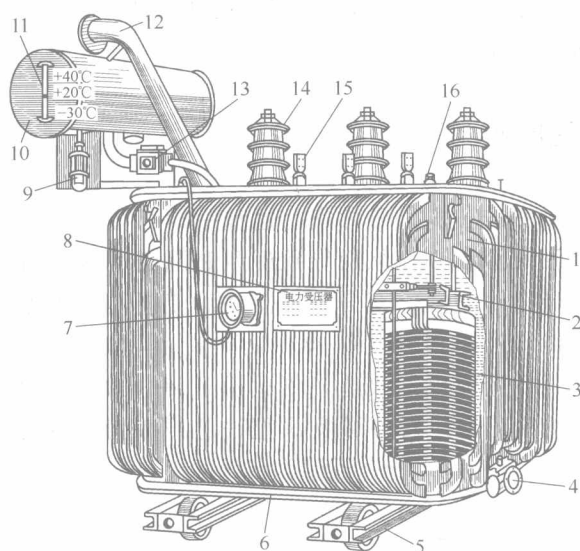
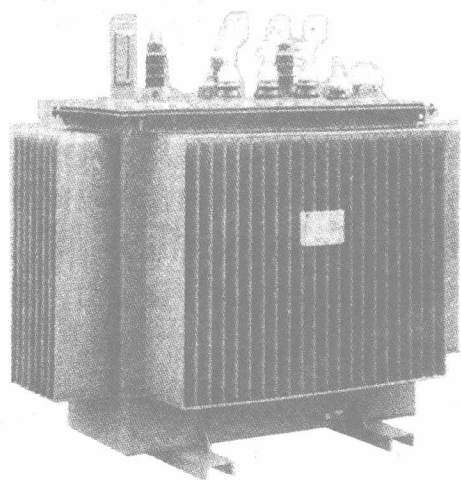


图 1-3 配电变压器

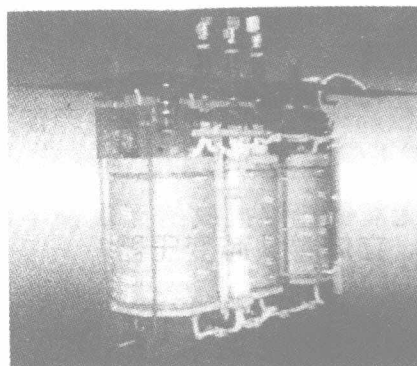
1—油箱；2—铁芯；3—绕组及绝缘；4—放油阀门；5—小车；6—接地螺栓；7—信号温度计；8—铭牌；9—吸湿器；10—储油柜；11—油表；12—安全气道；13—气体继电器；14—高压套管；15—低压套管；16—分接开关

4. S11 型全密封配电变压器

S11 型叠铁芯变压器是在原有配电变压器技术基础上开发的新产品（见图



(a) 外形



(b) 心体

图 1-4 S11 型全密封配电变压器

1-4)。具有低损耗、低噪声、抗短路能力强、抗冲击性好及运行经济等特点，尤其适合农网等负载率较低的场所。

5. R 型卷铁芯变压器

目前电力变压器的铁芯多为叠片式，这种结构存在一定局限性，即铁芯构成的闭合磁路中有空气间隙存在，从而导致磁阻和漏磁增加，而卷铁芯变压器采用较薄的高导磁冷轧硅钢片制造，充分发挥薄片涡流损耗低的优势，使空载损耗可以下降，故其具有体积小、损耗低、噪声低的特点，是新一代环保高效节能产品。适用于城乡、工矿企业电网改造，更适用于组合式变压器和预装式变电站。图 1-5 所示是 R 型卷铁芯变压器外形及 R 型铁芯与截面，截面图中一个台阶为一片硅钢片。

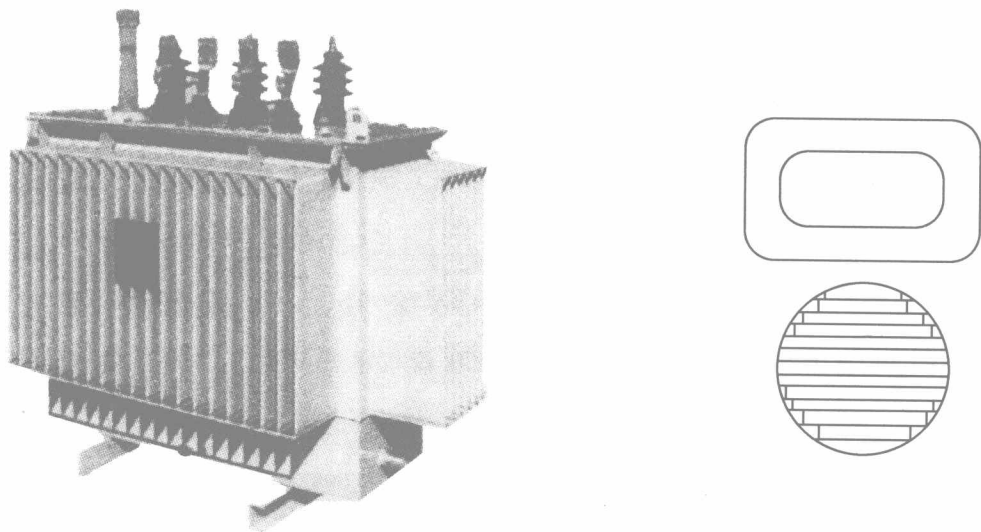


图 1-5 R 型卷铁芯变压器

6. 立体卷铁芯变压器

立体卷铁芯变压器的高压绕组为层式，低压绕组对容量 $500\text{kV} \cdot \text{A}$ 及以下的为层式，容量为 $630\text{kV} \cdot \text{A}$ 及以上的采用箔式绕组。外形见图 1-6。立体卷铁芯变压器比平面卷铁芯变压器性能好，有明显优势。但技术尚不十分成熟，有待进一步发展。

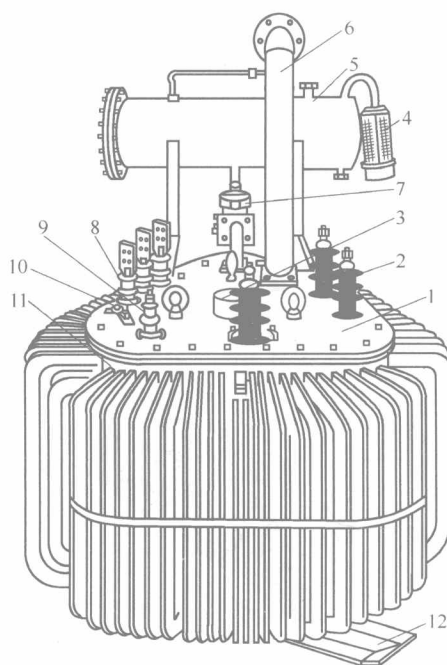


图 1-6 立体卷铁芯变压器

- 1—油箱盖；2—高压绝缘套管；3—分接头开关；4—吸湿器；
5—储油柜；6—安全气道；7—气体继电器；8—低
压绝缘套管；9—中性点引出线绝缘套管；
10—温度计；11—油箱；12—底座

7. 树脂浇注干式变压器

树脂浇注干式变压器是近年来在引进国际先进变压器设计及制作工艺的基础上，研发改良的少填料、薄绝缘干式变压器产品，具有局部放电小、噪声低、损耗少、散热性能好、防潮能力强、抗突发短路能力强、过载能力大、造型美观等优点的新产品。

8. 敞开式干式变压器

这种新型敞开式干式变压器的型号是 SG10 或 SGB10，前者是普通导线绕组，后者是箔式绕组（见图 1-7 和图 1-8）。主要特点是采用杜邦诺迈克纸为基础的绝缘系统、H 级耐热绝缘等级、无需风机冷却，允许长期过载 20% 运行。低损耗、局部放电小、噪声低、不产生有害气体、对湿度与灰尘不敏感。适用于防火要求

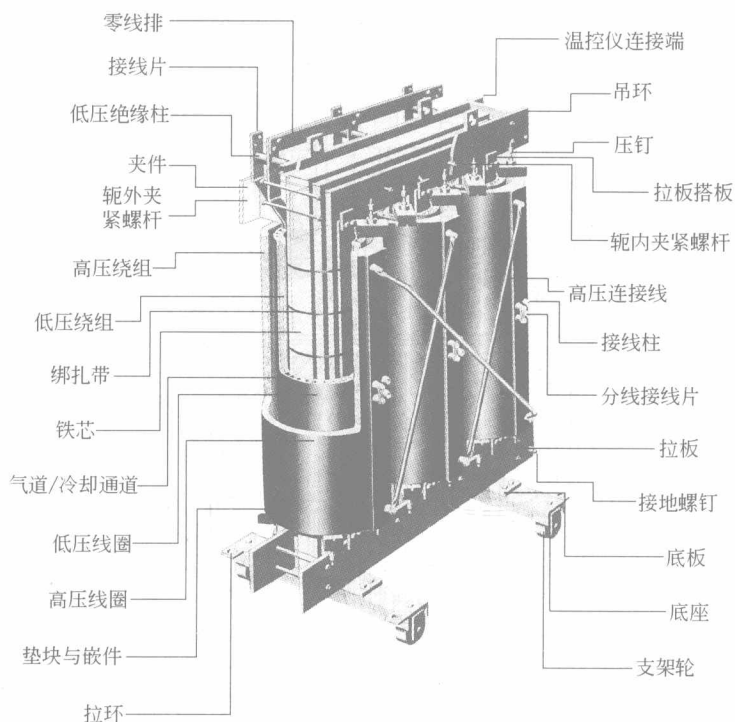


图 1-7 树脂浇注干式变压器

高、负载波动大以及污秽潮湿环境。

由于有以上优点，目前发展很快，有替代其他类型干式变压器的趋势。

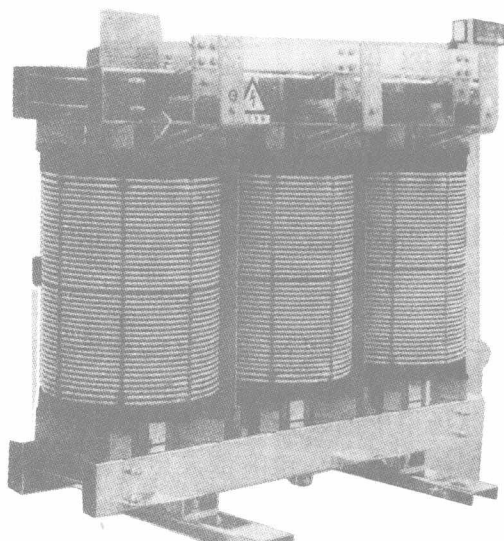


图 1-8 敞开式干式变压器

9. WSG3 系列非封闭式干式变压器

非封闭式干式变压器也可称浸渍式干式变压器,因为该变压器绕组在绝缘漆中浸渍过。其器身与大气相连,适用于环境温度比较干燥而洁净的室内环境。电压在 15kV 以下,空气自冷式变压器容量可达 $1000\text{kV}\cdot\text{A}$ 左右,若更大容量时可用风冷。

由于它以空气为绝缘介质,所以外形尺寸比树脂型产品大,重量也较重。所以电力变压器只有在地下铁道、公共建筑物、车间内部等防火要求较高的场所才使用干式变压器。WSG3 系列非封闭式干式变压器如图 1-9 所示。

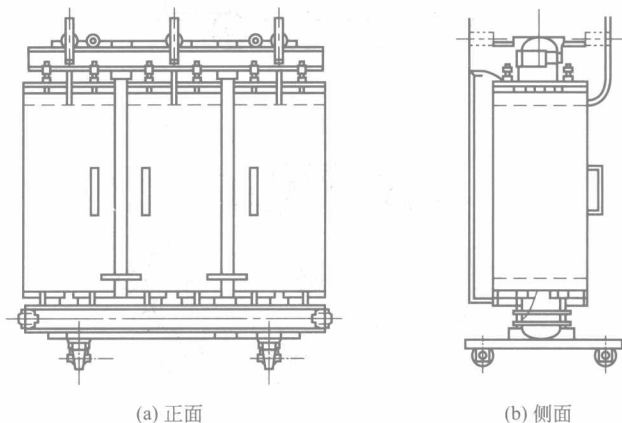


图 1-9 WSG3 系列非封闭式干式变压器

10. 矿用变压器

矿用变压器适用于煤矿井下含有甲烷气体和煤尘等易爆炸的危险场所(见图 1-10)。该矿用变压器按有关国家防爆标准设计、制造和检验。

11. KSG-2.5、4/0.66 矿用隔爆型干式变压器

KSG-2.5、4/0.66 矿用隔爆型干式变压器(见图 1-11)适用于煤矿井下有沼气和煤尘的爆炸危险场所,在交流 50Hz、电压至 660V 的供电线路中,为煤电钻提供 127V 电源。该变压器按有关国家防爆标准设计、制造和检验。

12. 试验变压器

(1) 试验变压器的特点