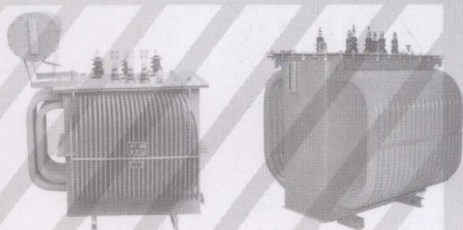


零起点
看图学

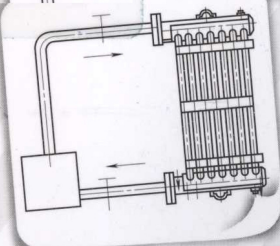
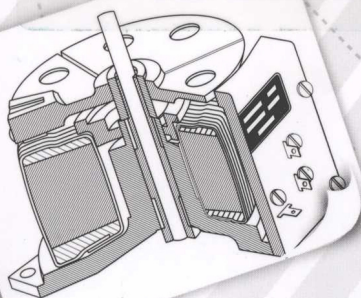
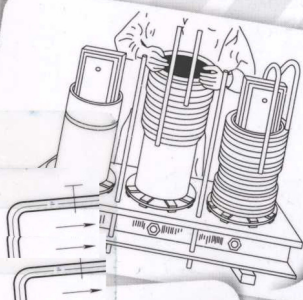
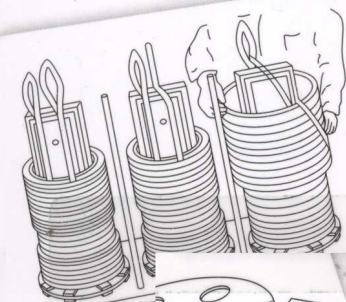


LINGQIDIAN KANTUXUE

变压器 的使用与维修

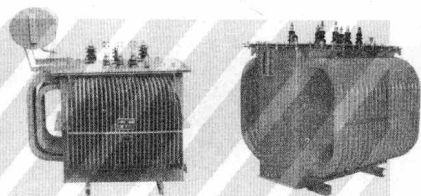
赵家礼 主编

BIANYAQI DE SHIYONG YU
WEIXIU



化学工业出版社

零起点
看图学



LINGQIDIAN KANTUXUE

变压器的 使用与维修

赵家礼 主编

BIANYAQI DESHIYONG YU
WEIXIU



化学工业出版社

· 北京 ·

元 00.25 / 份 宝

图书在版编目 (CIP) 数据

变压器的使用与维修/赵家礼主编. —北京: 化学工业出版社, 2010. 11

(零起点看图学)

ISBN 978-7-122-09551-0

I. 变… II. 赵… III. ①变压器-使用-基本知识②变压器-维修-基本知识 IV. TM4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 188642 号

责任编辑: 高墨荣

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 洪雅姝

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 装: 北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9 字数 239 千字

2011 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

■ ■ ■ ■ 前 言 ■ ■ ■ ■

变压器是电力系统中关键设备之一，它承担着电压变换、电能分配和传输的任务，在电网中起着至关重要的作用，因此变压器的正常运行是电力系统安全可靠的重要保证。随着我国电力负荷的大幅度增加，电力网的不断扩大，变压器应用数量大大增加，尤其中小型变压器应用更是星罗棋布，因此对变压器运行的稳定性要求也越来越高，对变压器的检修质量要求也越来越严。为了帮助广大变压器检修初学者尽快掌握变压器维修技术，我们组织编写了本书。

本书主要内容包括中小型三相油浸式变压器和特殊用途干式变压器基本结构、用途、工作原理；变压器选用、保护和安装、变压器日常维护和异常故障处理；变压器检修；变压器铁芯故障及修理；变压器绕组故障及修理；特殊用途小型干式变压器修理；变压器油劣化和渗漏油处理法；变压器保护装置故障及检修；变压器冷却装置、分接开关、套管、油箱等故障检修；变压器试验等。

本书特点是采用图说形式，以图辅文，文字叙述简明扼要，内容紧密联系实际。

参加本书编写的人员还有赵捷、何青、梁孟杰、刘福振、孙树文、金栋林、金树伟等。

由于编者水平有限，书中不妥之处，敬请广大读者不吝批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 中小型三相油浸式变压器	1
1.1 变压器基本结构	1
1.2 变压器铭牌识读	2
1.3 变压器选用、保护和安装	9
1.3.1 选用原则	9
1.3.2 熔体保护选择	9
1.3.3 熔体选择方法	10
1.3.4 柱上小型变压器防雷保护	12
1.3.5 中小型变压器安装	13
1.4 变压器的日常维护	18
1.4.1 变压器正常使用条件	18
1.4.2 变压器的日常巡回检查	19
1.4.3 变压器正常运行的条件	20
1.4.4 变压器的定期检查和特殊检查内容	22
1.5 变压器的异常事故处理	23
1.5.1 变压器过载运行	23
1.5.2 变压器事故处理方法	25
1.6 变压器并联运行	28
1.6.1 变压器并联运行的必要性和条件	28
1.6.2 并联运行前的电压表检查法	30
1.6.3 变压器电压比的测量	31
1.7 绕组连接方式及连接组标号的构成	34
1.7.1 绕组绕向和绕组端头的标志	34
1.7.2 电流、磁通与绕组绕向的关系	35
1.7.3 绕组的极性	36
1.7.4 绕组连接方式及特点	38
1.7.5 绕组连接组标号的构成及电力变压器常用的三种	

连接组标号	41
1.7.6 绕组连接组画法	43
1.7.7 连接组标号改变方法	44
1.8 变压器检修	48
1.8.1 变压器检修目的、周期及项目	48
1.8.2 变压器吊芯检查	52
1.8.3 变压器现场干燥	59
1.8.4 变压器的安装	75
1.8.5 各零部件的安装方法	81
1.9 变压器铁芯及故障修理	86
1.9.1 变压器铁芯作用	86
1.9.2 铁芯基本结构形式及分类	86
1.9.3 三相油浸式变压器铁芯的组成	90
1.9.4 变压器用硅钢片的种类	91
1.9.5 铁芯接地目的及接地方式	92
1.9.6 变压器铁芯常见故障及修理	95
1.10 变压器绕组故障及修理	105
1.10.1 油浸式变压器绝缘分类	105
1.10.2 变压器绕组形式、分类及技术要求	106
1.10.3 常见变压器绕组的绕制特点和应用范围	107
1.10.4 变压器线圈绕制	111
1.10.5 线圈整形、压紧处理	125
1.10.6 线圈浸漆干燥处理	131
第2章 特殊用途干式小型变压器	134
2.1 自耦变压器	134
2.1.1 自耦变压器结构	134
2.1.2 单相自耦变压器	134
2.1.3 自耦变压器的特点	136
2.2 交流弧焊变压器	137
2.2.1 弧焊电源的技术特性	137
2.2.2 常用弧焊变压器类别	138
2.2.3 弧焊变压器技术数据	141

2.3 小型干式变压器重绕	142
2.3.1 故障变压器解体	142
2.3.2 绕线模和绝缘框架的制作	143
2.3.3 绕制线圈	145
2.3.4 组装	147
第3章 变压器油劣化、渗漏处理	148
3.1 变压器油的作用、性能及技术质量标准代号的意义	148
3.1.1 变压器油的作用	148
3.1.2 变压器油代号含义	148
3.1.3 变压器油的主要性能	148
3.1.4 变压器油质量标准	150
3.2 取变压器油样的要求和方法	150
3.2.1 取油样的要求	150
3.2.2 取油样方法	151
3.3 变压器油的电气强度试验	152
3.3.1 试验设备	152
3.3.2 准备工作	152
3.3.3 试验方法	152
3.4 变压器油简化试验和全分析试验及油劣化的判定	153
3.4.1 变压器油简化试验	153
3.4.2 变压器油全分析试验	153
3.4.3 变压器油劣化的判定	154
3.5 变压器油劣化原因及劣化处理方法	155
3.5.1 变压器油劣化原因	155
3.5.2 劣化油的处理方法	156
3.5.3 压力式滤油机滤油方法	156
3.5.4 吸附过滤法	157
3.5.5 真空喷雾滤油法	157
3.5.6 真空滤油机滤油法	158
3.6 混合变压器油要考虑的技术问题和混合试验标准	159
3.6.1 考虑的技术问题	159
3.6.2 混油试验标准	160

3.7	测定油介质损耗因数 $\tan\delta$ 的目的和方法	160
3.8	变压器渗漏油及清除方法	162
3.8.1	变压器渗漏油原因	162
3.8.2	箱沿密封件密封不良造成渗漏油及清除办法	162
3.8.3	密封件材质不良或安装工艺不当造成渗漏油及 解决办法	163
3.8.4	焊接处渗漏油原因及消除方法	165
3.8.5	螺栓或管子螺纹处渗漏油原因及消除方法	166
3.8.6	采用厌氧胶对变压器各零部件密封方法	169
3.8.7	密封阀杆和填料函处即铸铁件渗漏油解决办法	169
3.8.8	法兰连接处渗漏油原因及消除办法	169
3.8.9	散热器渗漏油的原因及清除办法	169
3.8.10	隔膜式储油柜法兰渗漏油原因及消除办法	170
第4章	变压器保护装置故障及检修	171
4.1	安全气道用途、规格及安装要求	171
4.1.1	安全气道用途	171
4.1.2	安全气道规格	172
4.1.3	安全气道安装要求	172
4.1.4	安全气道与储油柜连接的必要性	173
4.2	采用压力释放阀代替安全气道作为油箱保护的优越性	173
4.2.1	采用压力释放阀的优越性	173
4.2.2	压力释放阀的型号含义	174
4.2.3	压力释放阀的选用	174
4.3	安全气道故障检修	175
4.3.1	安全气道常见故障	175
4.3.2	安全气道检修方法	175
4.3.3	安全气道检修质量要求	176
4.4	气体继电器用途、结构、类型及工作原理、安装要求	177
4.4.1	气体继电器的用途及结构	177
4.4.2	气体继电器常见类型	178
4.4.3	气体继电器工作原理	178
4.5	安装气体继电器的要求	180

4.6	运行人员判断气体继电器动作原因	181
4.7	气体继电器检修和检修质量要求	181
4.7.1	气体继电器检修步骤	181
4.7.2	气体继电器检修质量要求	182
4.8	储油柜的用途、类型、常见故障检修及质量要求	183
4.8.1	储油柜的主要用途	183
4.8.2	储油柜的基本结构类型	183
4.8.3	储油柜常见故障检修及质量要求	186
4.9	吸湿器检修	190
4.9.1	吸湿器的用途及种类	190
4.9.2	吸湿器的检修和安装方法	191
4.10	净油器的检修方法	192
4.10.1	净油器结构和安装尺寸	192
4.10.2	净油器净化油质的原理	193
4.10.3	净油器检修方法	193
4.11	油位计的用途、种类及检修	194
4.11.1	UZB 型和 UZF 型铁磁式油位计在使用上的区别	197
4.11.2	普通油位计检查方法	197
4.11.3	磁力油位计检修方法	197
4.12	温度计的检修	198
4.12.1	温度计类别和应用范围	198
4.12.2	信号温度计工作原理及工作参数	199
4.12.3	检修温度计的要求	199

第 5 章 变压器冷却装置、分接开关、套管、油箱故障

	检修	201
5.1	变压器冷却装置的作用及其种类	201
5.1.1	冷却装置的作用	201
5.1.2	冷却装置的种类	201
5.1.3	片式散热器的结构及种类	201
5.1.4	膨胀式散热器的结构及种类	203
5.1.5	扁管散热器的结构及种类	204

5.2	散热器的清洗和检修	206
5.2.1	散热器的清洗和检修方法	206
5.2.2	散热器的安装方法	207
5.3	常见冷却器的结构和工作原理	207
5.3.1	冷却器的结构	207
5.3.2	冷却器工作原理	209
5.4	冷却器的检修和安装	209
5.4.1	冷却器的检修	209
5.4.2	安装冷却器前的检查	210
5.4.3	冷却器的安装要求	210
5.5	变压器油箱用途、结构类型和特点	211
5.5.1	油箱的用途	211
5.5.2	油箱的结构和特点	211
5.6	变压器油箱检修技术要求	216
5.6.1	油箱密封良好	216
5.6.2	油箱机械强度符合要求	216
5.6.3	修理时采取合理的焊接工艺	217
5.7	油箱、油箱盖常见故障及检修方法	217
5.7.1	油箱和油箱盖常见故障	217
5.7.2	油箱和油箱盖检修方法	217
5.7.3	清理变压器油箱的方法	218
5.7.4	变压器油箱上各种油门的检修	218
5.7.5	箱盖与油箱的装配技术要求	218
5.7.6	油箱检修的质量要求	219
5.8	常见无励磁分接开关的类型及故障检修	220
5.8.1	常见无励磁分接开关结构类型	220
5.8.2	变压器采用调压装置的目的及种类	225
5.8.3	无励磁分接开关的调压电路及适用情况	226
5.8.4	分接开关型号的含义	228
5.8.5	分接开关挡位调节的操作方法	229
5.8.6	无励磁分接开关常见故障的检修方法	229
5.8.7	无励磁分接开关的检修标准	230

5.8.8	单相无励磁分接开关的装配要求	231
5.9	变压器套管类型、安装及检修	231
5.9.1	变压器套管作用和类型	231
5.9.2	变压器套管型号的含义	232
5.9.3	1kV 级的复合瓷绝缘导杆式套管(BF-1/300~3000) 的 结构及安装	232
5.9.4	10kV、20kV 级单体瓷绝缘导杆式套管 (BD-10、 20/400~3000、BDW-20/800~3000) 结构及安装 ...	233
5.9.5	10kV、20kV 级单体瓷绝缘穿缆式套管结构及安装 ...	233
5.9.6	套管外观检查内容	236
5.9.7	35kV 及以下连通式充油套管检修方法	236
5.9.8	在现场对充油套管整体清洗方法	237
5.9.9	对套管检修质量要求	238
第 6 章	变压器试验	240
6.1	绝缘电阻、吸收比和极化指数的测量	240
6.1.1	测量目的	240
6.1.2	测量前准备工作	241
6.1.3	绝缘电阻表接线方法	242
6.1.4	测量注意事项	245
6.1.5	测试标准和温度换算	246
6.1.6	测试变压器绕组的部位和顺序	247
6.1.7	影响测量变压器绕组绝缘电阻的因素	247
6.2	铁芯与铁轭夹件、铁轭螺杆的绝缘电阻测试	248
6.2.1	测试目的	248
6.2.2	测试部位	248
6.2.3	测试要求	248
6.2.4	测试时的注意事项	249
6.3	绕组直流电阻的测量	249
6.3.1	测量目的	249
6.3.2	测量方法	250
6.3.3	测量注意事项	252
6.3.4	测量结果的判断	253

6.4	电压比测试	254
6.4.1	测试目的	254
6.4.2	变压器电压比的允许偏差	254
6.4.3	试验方法	254
6.5	介质损耗因数 $\tan\delta$ 的测量	255
6.5.1	测量目的	255
6.5.2	测量接线图及测量部位和顺序	255
6.5.3	$\tan\delta$ 测量方法	255
6.5.4	试验标准及换算	258
6.5.5	试验注意事项	258
6.5.6	试验结果分析	259
6.5.7	变压器油介质损耗因数 $\tan\delta$ 的测定	259
6.6	变压器绕组连接组标号测试	261
6.7	外施工频交流耐压试验	263
6.7.1	试验目的	263
6.7.2	耐压试验接线方式	263
6.7.3	试验电压标准	264
6.7.4	试验操作及注意事项	265
6.7.5	试验中异常现象的判断	266
6.7.6	试验合格条件	266
6.8	变压器空载试验	267
6.8.1	试验目的	267
6.8.2	空载试验接线图	268
6.8.3	试验方法	270
6.8.4	试验时注意事项	271
6.8.5	空载试验数据整理	272

■ ■ ■ ■ 第 1 章 中小型三相油浸式变压器 ■ ■ ■ ■

浸式变压器

1.1 变压器基本结构

按变压器的用途不同，变压器有许多不同结构形状，图 1-1 是油浸式三相变压器外形图。

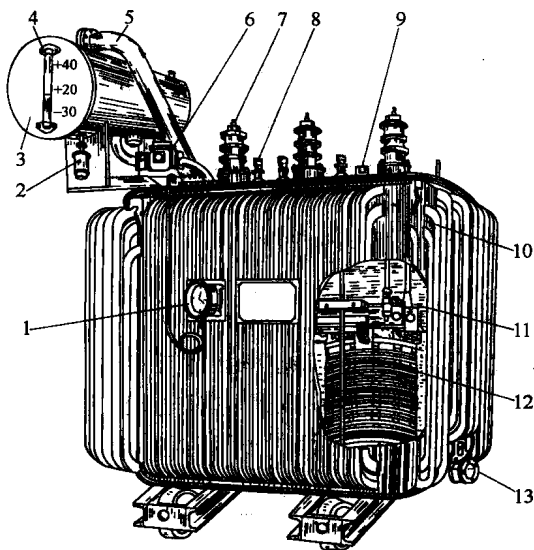
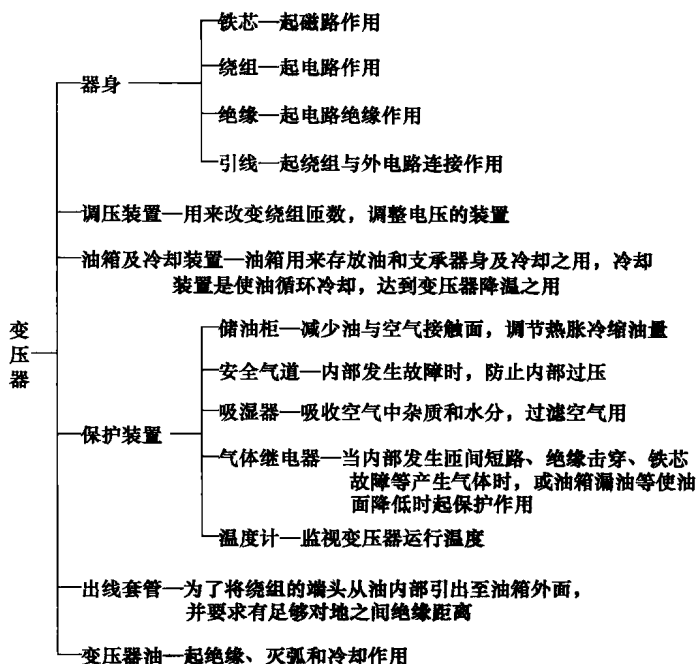


图 1-1 油浸式三相变压器

- 1—温度计；2—吸湿器；3—储油柜；4—油位计；5—安全气道；
6—气体继电器；7—高压套管；8—低压套管；9—分接开关；
10—油箱；11—铁芯；12—绕组；13—放油阀门

变压器各部件的作用如下所示：



1.2 变压器铭牌识读

图 1-2 是变压器的铭牌，铭牌上写有型号、额定值（额定功率、额定电压、额定电流等）以及空载电流、空载损耗、负载损耗、阻抗电压、制造厂家、制造年月日等，这些都在选用和使用变

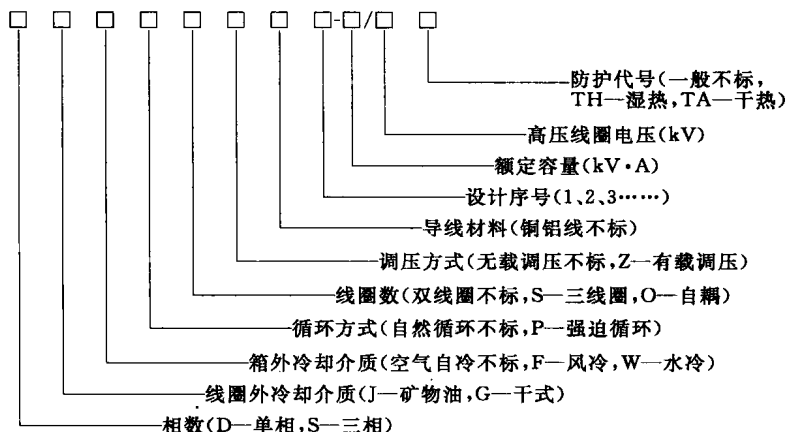
低损耗三相油浸式变压器			
型号：S9-100/10	额定功率：100kV·A	额定电压：10/0.4 kV	
额定频率：50Hz	相数：3	连接组标号：Yyn0	阻抗电压：4%
空载损耗：290W	空载电流：1.6%	负载损耗：1500W	
油重：140kg	总重：650kg	××变压器厂	2008年5月4日

图 1-2 变压器铭牌

压器时应该知道的。

(1) 型号

变压器型号表示出变压器的特征、额定值等，变压器型号表示方法如下：



变压器型号含义如表 1-1 所示。

表 1-1 变压器型号含义

分 类	类 别	代表符号	
		新型号	旧型号
绕组耦合方式	自耦	O	O ⁰
相数	单相	D	D
	三相	S	S
冷却方式	空气自冷式	不表示	不表示
	风冷式	F	F
	水冷式	W	S
	强迫油循环	P	P
	油浸风冷	F	F
	油浸水冷	W	S
	强迫油循环风冷	FP	FP
	强迫油循环水冷	WP	SP
	干式空气自冷	G	K
	干式空气风冷	C	C

续表

分 类	类 别	代表符号	
		新型号	旧型号
绕组数	双绕组 三绕组 分裂	不表示 S F	不表示 S F
绕组导线材质	铜 铝	不表示 不表示	不表示 L
调压方式	无励磁调压 有载调压	不表示 Z	不表示 Z

① ○在前面表示降压变压器，○在后面表示升压变压器。

(2) 额定容量

额定容量是反映变压器在额定运行时（在额定电压、额定频率、额定电流、额定功率条件下）能够传递最大的电功率的能力，单位为 $\text{kV} \cdot \text{A}$ 。对于双绕组变压器，额定容量就是绕组的额定容量；对于多绕组变压器，额定容量为最大的绕组额定容量。

(3) 额定电压

铭牌上标志的电压是额定电压，对于三相变压器是指线电压。当变压器一次侧施加额定电压、额定频率时，二次各绕组开路，测出的二次电压为二次额定电压。电压单位用 kV 表示。国内输电电压等级有 500kV 、 330kV 、 220kV 、 110kV ；配电电压有 10kV 、 6kV 、 0.4kV 。

高压绕组与低压或中压绕组的额定电压之比，称为额定电压比。

变压器额定电压应与所连接的系统电压相符合。 35kV 以下升压变压器高压侧高出相应电压的 5% ， 35kV 及其以上高出相应电压的 10% ；降压变压器高压侧与相应电压相等。

(4) 额定电流

铭牌上标志的电流值是变压器的额定电流值。当变压器运行时，绕组中电流等于铭牌上电流值时，称为变压器额定运行；大于铭牌上电流值，称为过载运行；小于铭牌上电流值，称为欠载运

行。单位用 A 或 kA 表示。

(5) 空载电流

通常以与额定电流之比的百分数表示，中小型变压器空载电流为额定电流 2%~8%；大型变压器空载电流小于 1%，空载电流允许偏差为 +22%。

(6) 绕组连接组标号

变压器的连接组是表达变压器一、二次绕组按一定接线方式连接时，一、二次电压的相位关系。

单相变压器除相绕组的内部连接外，没有绕组之间的连接，所以其连接符号用 I 表示。三相变压器或三相变压器组可连接成星形 (Y)、三角形 (D) 和曲折形 (Z)。新标准中三相变压器的高压绕组三种连接形式标注用 Y、D、Z 表示；中、低压绕组用 y、d、z 表示；有中性点引出时用 YN、ZN 和 yn、zn 表示。自耦变压器旧标准前面用 O 表示，新标准在公共绕组中额定电压较低侧用 a 表示。

变压器连接组标号标注是用时钟法表示的，用时钟表示的方法是以高压绕组的线电压相量作为时钟的分针，且固定指向 12 点位置，中压或低压绕组相应相的线电压相量作为时钟的时针，所指的小时数即为连接组标号数。新旧电力变压器标准连接组标号见表 1-2。

表 1-2 电力变压器绕组连接组标号

名 称	新标准 (GB 1094.1—1996)			旧标准 (GB 1094—1979)		
	高压	中压	低压	高压	中压	低压
星形连接 并有中性点引出	Y	y	y	Y	Y	Y
	YN	yn	yn	Y ₀	Y ₀	Y ₀
三角形连接	D	d	d	△	△	△
曲折连接 并有中性点引出	Z	z	z	Z	Z	Z
	ZN	zn	zn	Z ₀	Z ₀	Z ₀
自耦变压器	有公共绕组中额定电压 较低的用 a			连接组代号前加 0		
组别数	用 0~11			用 1~12 且加横线		
连接组符号间	连接组标号间不用逗号			连接组标号间用斜线		
连接组标号举例	YN d11			Y ₀ /△-11		
	YN a0 d11			0-Y ₀ /Y-12-11		

常用的变压器连接组标号接线图和相量图见表 1-3。