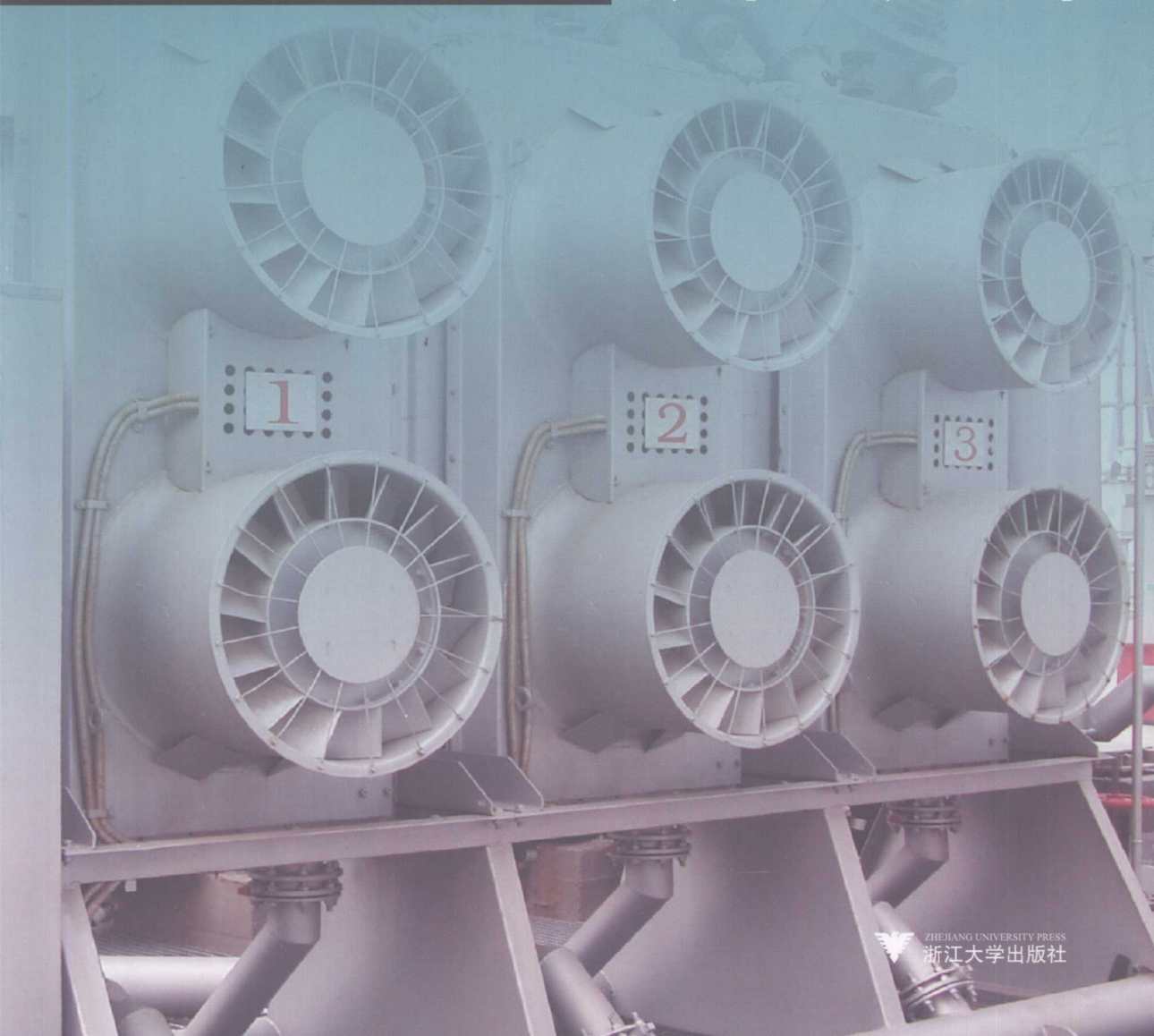


黎贤钛 著

# 电力变压器

COOLING SYSTEMATIC DESIGN  
FOR POWER TRANSFORMER

## 冷却系统设计



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

COOLING SYSTEMATIC DESIGN FOR POWER TRANSFORMER

■ 黎贤钛 著

# 电力变压器

## 冷却系统设计



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电力变压器冷却系统设计 / 黎贤钦著. —杭州: 浙江大学出版社, 2009. 3

ISBN 978-7-308-06631-0

I. 电… II. 黎… III. 电力变压器—冷却系统—设计  
IV. TM410. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 026693 号

## 电力变压器冷却系统设计

黎贤钦 著

---

责任编辑 梁 兵  
封面设计 张作梅  
出版发行 浙江大学出版社  
(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)  
(网址: <http://www.zjupress.com>)  
排 版 杭州好友排版工作室  
印 刷 浙江中恒世纪印务有限公司  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 21.75  
字 数 491 千  
版 次 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-308-06631-0  
定 价 36.00 元

---

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88925591

# 序

## Preface

电力变压器冷却系统是变压器的重要组成部分,变压器运行时,因线圈和铁芯产生热量的散发离不开冷却散热系统。变压器冷却装置与变压器容量有关,当容量在8 000kVA左右,通常就需采用油浸风冷式的散热结构,因为吹风散热器比自然冷却散热器可少装一些散热片;当容量高于50 000kVA,吹风式散热器也不能满足所需的散热要求,就应考虑采用风冷却器或水冷却器,这两种冷却器中,油循环通过油泵来实现,冷却器中控制油流方向用的油流继电器、风机、油泵等运行功能完全由控制箱监视和控制,这些冷却装置是大型变压器不可缺少的重要部件。

随着电力技术的发展,特别是随着电力网向超高压、大容量方向发展,对电力变压器冷却系统提出了新的更高的要求。近年来,变压器冷却系统的理论研究和制造工艺技术均取得了很大的成就。变压器设计与冷却系统以及与各配件密切相关,如果缺乏各配件的基本知识,很难完成整机设计的可靠性,对变压器制造、维护、检修等也带来困难。为此,对冷却系统各组部件的详细了解,必然极有利于变压器整机的设计和运行可靠。

目前,有关变压器冷却系统设计方面的书籍在国内尚不多见,特别是专门介绍冷却系统各配件原理结构的,国内外工程界对冷却系统的性能进行比较分析研究更少。著者本着严谨的治学态度,结合多年来在研发、设计、制造、使用、服务等实践经验,撰写本书,对变压器冷却系统各方面理论和实践知识的叙述都很透彻,对冷却系统设计、使用选择、故障排除等方面内容叙述比较全面。此书可作为输变电专业师生、电力工程技术人员实用参考书籍。

中国工程院院士

朱英浩

2009年1月

# 前言

## Preface

《电力变压器冷却系统设计》主要是针对电力油浸变压器冷却系统,描述系统各组件结构原理、工艺制造、热交换计算、国内外技术性能比较以及优化设计等内容。大家知道,电力变压器整机的可靠性是指变压器运行在规定时期内不发生故障的可能性,其运行时间的长短就是变压器的寿命。变压器的寿命主要取决于变压器器身电气绝缘件的老化程度,其老化的快慢决定于变压器内部的温度,因为对电气绝缘件来说,温度每升高 6K,则绝缘件寿命就减半,油浸电力变压器内部的温度可通过变压器油内外热交换来调整限值,冷却系统的功能就是调整变压器运行时内部温度限值的装置。

本书从变压器运行中热量的产生和温升的限值规定出发,综述了变压器冷却方式:自冷、风冷、强油风冷、强油水冷等传热计算、设计选择及优化设计。全文共 13 章,分别介绍冷却系统组成部分中,油箱和片管式散热器的散热计算;冷却器本体,冷却器翅片管传热计算;吹风装置,风冷却用的变压器风扇结构原理,强油循环动力源的变压器油泵,监制油泵正反转、蝶阀是否闭开的油流继电器,变压器用蝶阀,以及控制冷却系统正常工作的分控箱,冷却器常用设计方法和冷却器容量选择,冷却器优化设计理论,国外冷却器优化设计的编程实例等。

本书分析力求透彻,内容广泛,涉及到机电原理、机械设计、热力学、流体工程学、电子线路和模块控制、工程数学、优化设计等各领域。叙述深入浅出,有中等程度技术知识的工程技术人员都可读懂。特别对从事大功率电机、大中型变压器设计人员,电厂、变电站、供电局检修公司等电气维护人员,具有较高的实用价值,是一本很实用的专业工具用书。同时,可作高等院校电气工程、输变电等相关专业本科生和研究生的电力设备设计辅助教材和教学参考用书。

撰写本书过程中,得到了中国工程院朱英浩院士、山西省电力公司大型变压器总监陈国元教授级高级工程师、保定天威电气股份有限公司总工程师张喜乐高级工程

师、湖南东屋冷却器设备有限公司总经理金捷生教授级工程师,原保定变压器厂变压器组件设计专家袁炳林高级工程师、原西安变压器厂副总工程师王国华高级工程师的指导,表示衷心地感谢!

本书是著者从事变压器冷却系统方面设计、制造和技术管理十几年,并用七年多时间整理的著作,几乎所有的业余时间都在查阅资料和核实文稿,但终究因缺乏深入研究,并受水平限制,书中一定有许多缺点和不足,欢迎广大师生和工程技术人员等读者提出批评改进意见。在此不胜感激!

The image shows a handwritten signature in black ink, which reads '黎贤' (Li Xian). The characters are written in a cursive, calligraphic style.

2008年8月

# 目 录

## Contents

第 1 章 变压器换热概述 .....	1
1.1 变压器热量的产生和温升限值计算 .....	1
1.2 变压器换热方式 .....	5
1.3 片式散热器 .....	8
1.4 强油循环风冷却器 .....	13
1.5 强油循环水冷却器 .....	21
第 2 章 变压器油箱管片式换热计算 .....	28
2.1 变压器自冷风冷油顶层温升 .....	28
2.2 油箱有效换热面计算 .....	31
2.3 扁管散热器尺寸参数 .....	35
2.4 片式散热器常用数据 .....	37
2.5 片式散热器外形结构 .....	38
第 3 章 变压器冷却器系统构造 .....	41
3.1 冷却器本体 .....	41
3.2 冷却器结构原理 .....	49
3.3 冷却器导风筒 .....	52
3.4 冷却器主要附件 .....	55
3.5 冷却器性能及安装结构 .....	58
第 4 章 冷却器传热计算 .....	65
4.1 冷却器流动相似原理量纲 .....	65
4.2 冷却器传热过程相关准则 .....	70

4.3	翅片管热阻计算	74
4.4	管道内外传热和阻力计算	79
4.5	污垢热阻传热平均温差计算	84
<b>第 5 章</b>	<b>变压器用油泵</b>	<b>86</b>
5.1	油泵结构	86
5.2	油泵工作原理	93
5.3	油泵性能指标	96
5.4	油泵使用说明	107
5.5	国内外油泵综述	115
5.6	变压器用其他型号油泵	120
<b>第 6 章</b>	<b>变压器用风扇</b>	<b>128</b>
6.1	风扇的结构	128
6.2	风扇工作原理和性能	131
6.3	风扇设计	136
6.4	风扇性能的优化	140
6.5	风扇选型和安装	145
6.6	国外变压器冷却风扇	151
<b>第 7 章</b>	<b>变压器用控制箱</b>	<b>158</b>
7.1	控制箱概述	158
7.2	控制箱工作原理	162
7.3	控制箱外形安装尺寸	165
7.4	控制箱选型原则	170
7.5	控制箱元件布置图	176
<b>第 8 章</b>	<b>变压器用油流继电器</b>	<b>184</b>
8.1	油流继电器结构原理	184
8.2	油流继电器技术性能	186
8.3	油流继电器外形安装尺寸	188



8.4	油流继电器使用时的检测 .....	190
8.5	国内外油流继电器概述 .....	192
第 9 章	变压器用蝶阀 .....	199
9.1	变压器用蝶阀概述 .....	199
9.2	变压器用蝶阀构造原理 .....	201
9.3	变压器用蝶阀的检测 .....	204
9.4	蝶阀安装尺寸 .....	205
9.5	国外变压器用蝶阀 .....	207
第 10 章	冷却器振动噪声计算 .....	212
10.1	冷却器振动噪声分析 .....	212
10.2	噪声传播及控制 .....	221
10.3	噪声测量与评价 .....	230
10.4	冷却器噪声计算 .....	239
第 11 章	冷却器设计及容量选择 .....	240
11.1	冷却器设计一般程序 .....	240
11.2	冷却器换热计算 .....	246
11.3	板翅式风冷却器 .....	249
11.4	板翅式冷却器传热计算 .....	252
11.5	冷却器工作容量选择 .....	254
第 12 章	水冷却器结构设计计算 .....	259
12.1	水冷却器结构组成 .....	259
12.2	水冷却器结构类型 .....	274
12.3	水冷却器设计方法 .....	279
12.4	水冷却器结构计算 .....	288
12.5	国内常用 YSS 型双管板水冷却器 .....	298
第 13 章	冷却器优化设计 .....	305
13.1	最优化设计数学模型 .....	305

13.2	冷却器优化设计参数的求解.....	316
13.3	冷却器优化程序总设计框架.....	325
13.4	冷却器优化设计结构程序.....	332
	参考文献 .....	337

# 第 1 章 变压器换热概述

## 1.1 变压器热量产生和温升限值计算

变压器运行时,铁芯、线圈和金属结构件中均要损耗能量,这些损耗将转变为热量向外传递,从而引起变压器器身温度升高。变压器在开始运行时,变压器器身温度上升很快,但随着线圈和铁芯温度的升高,这种温度和周围冷却介质就有一定的温度差,将一部分热量传给周围介质,使介质温升增高。于是器身的温升速度就逐渐减慢,经过一定时间后,达到稳定状态(温度不再继续升高),此时线圈和铁芯所产生的热量全部散发到周围介质中,这种状态称为热平衡状态。变压器安全运行就是在一定温度限值下,保持这种热平衡状态。

变压器的温升限值是以变压器的使用寿命为基础的。油浸电力变压器一般采用 A 级绝缘材料,它允许的温度为  $105^{\circ}\text{C}$ ,目前对油浸式变压器最热点的寿命计算温度一般认为是  $98^{\circ}\text{C}$ 。线圈的平均温升为  $65\text{K}$ ,线圈的年平均温度为  $65 + 20 = 85^{\circ}\text{C}$ ,油顶层温升为  $55\text{K}$ ,而线圈最热点的温升比油顶层温升高  $23\text{K}$ ,因此线圈最热点的温升为  $78\text{K}$ ,年平均最热点温度为  $98^{\circ}\text{C}$ ,恰好符合 A 级绝缘材料预计运行 20 年的寿命要求。温度对绝缘的影响是每升高  $6\text{K}$ ,则绝缘老化寿命就减少一半。

对于强油导向冷却变压器,其线圈最热点温升与平均温升之差比非强油导向结构要低  $5\text{K}$  以上,因此在保证相同的线圈最热点安全使用温度条件下,将导向冷却的变压器线圈温度提高  $5^{\circ}\text{C}$ ,故规定线圈平均温度为  $70^{\circ}\text{C}$ 。当油面温度达  $95^{\circ}\text{C}$  以上时,变压器油将显著变化,所以油面温度按  $55^{\circ}\text{C}$  考虑,当周围气温为  $40^{\circ}\text{C}$  时,可使油面温度限制在  $95^{\circ}\text{C}$  左右。变压器各部件温度规定见表 1-1。

表 1-1 变压器各部件温度规定

变压器部位	温升限值(K)	测量方法
线圈	65	电阻法
铁芯表面	75	温度计法
变压器油内部	80	温度计法
油顶层	55	温度计法

注:出厂时,试验地点的海拔高度低于  $1000\text{m}$  时,对变压器的温升值不予校正。当超过  $1000\text{m}$  时,应按下列规定进行校正:a. 油浸自冷式,每增加  $1000\text{m}$  降低温升限值  $0.4\%$ ;b. 油浸风冷式,每增加  $1000\text{m}$  降低温升限值  $0.6\%$ 。

在空气自冷、油浸自冷和油浸风冷情况下,变压器靠对流和辐射散出热量。单位面积散出的热量与周围空气密度有关。海拔高,大气压降低,空气密度下降,使对流散热效率下降,引起变压器温升升高,因而变压器温升与安装地点的海拔高度有关。周围空气密度只影响对流,不会影响辐射。安装海拔高度对扁管式油箱和散热式油箱影响较大,而对平板油箱影响较小,因为平板箱壁的热量有 60% 是靠辐射散出。强油水冷变压器的温升与安装地点的海拔高度无关,因为散热主要是在冷却器内进行的。海拔高度会影响变压器温升限值和绝缘水平。根据 IEC76-2 规定,海拔高度超过 1 000m 以上时,油浸自冷式变压器温升限值应降低 2%,油浸风冷冷却器变压器应降低 3%。一般情况下,安装海拔高度规定不超过 1 000m,但国内不少地区的海拔高度超过 1 000m,因此变压器在做出厂试验时,应将试验地点的温升数值校正到 1 000m,因此,温升不应超出标准中规定的温升限值。

变压器的温升及温度限值规定必须明确以下九个内容:

1. 环境温度。最高气温 40℃;最低气温 -30℃;最高日平均气温 30℃;最高年平均气温 20℃。

2. 冷却水温度。最高冷却水温度为 30℃;年平均温度为 25℃。

3. 铁芯对油的平均温度。自冷及风冷式为 35~40℃;强油风冷及水冷式为 25~30℃。

4. 线圈对油的平均温度。自冷及风冷式为 20~25℃;强油循环为 25~30℃。

5. 油对空气的平均温度。自冷及风冷式为 40℃;强油循环为 35℃。

6. 铁芯表面最高平均温度。自冷及风冷式为  $30 + 40 + 40 = 110$ ℃;强油循环为 115℃。

7. 线圈表面的最高平均温度。自冷及风冷式为  $25 + 40 + 40 = 105$ ℃;强油循环为  $30 + 35 + 40 = 105$ ℃。

8. 变压器油的平均温度。自冷及风冷式为  $40 + 40 = 80$ ℃;强油循环风冷为  $35 + 40 = 75$ ℃;强油循环水冷为  $35 + 30 = 65$ ℃。

9. 油面最高温度。自冷及风冷式为  $35 + 40 = 75$ ℃;强油风冷式为  $40 + 40 = 80$ ℃。

在稳定散热情况下,线圈及铁心中所有产生的热量都发散到媒质中去。热流所走的路径是很复杂的,对于油浸式电力变压器,可分成下列几个部分:

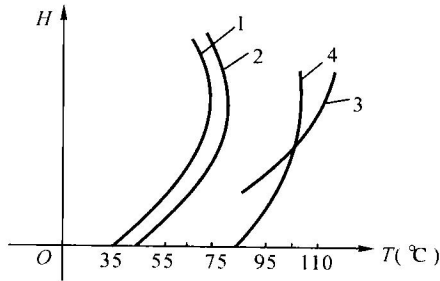
1. 从线圈或铁心的中部流到其外表面,这是依靠传导的作用;

2. 从线圈或铁心的外表面到油中,再到油箱壁,这是依靠对流的作用;

3. 从油箱壁到空气,这是依靠对流及辐射的作用。

理论分析和试验结果表明,在变压器内部沿高度方向的温度变化是不一样的,快到油箱顶部的温度较高,而下部较低,温度分布曲线如图 1-1 所示。

对于自冷式变压器来说,一般上层油温比平均油温高 20% 左右。由于对流作用,当热油碰到箱壁或油管壁时,将一部分热量传给它们,使管壁和箱壁温度升高,又通过传导



H—油箱高度；1—油的温度；2—油箱壁温度；  
3—线圈温度；4—铁心温度。

图 1-1 温度分布曲线

方式,热量从内侧传导到壁的外侧(壁的内外侧温差一般不会超过 3K),与周围的介质(空气)产生温差,再通过对流和辐射作用,将热量散发到周围空气中。由此可知,将线圈、铁芯所产生的热量散发到变压器外面的空气中,要经过许多部分,热流每通过一部分均要产生温差,而温差的大小与损耗和介质的物理特性有关。变压器的温升计算,就是各部分的温差,其中有线圈对油的温差、铁芯对油的温差、线圈对空气的平均温升、铁芯对空气的平均温升、油对空气的平均温升以及油顶层最高温度与周围空气温度的差值。

由此可知,变压器油箱壁和邻近的气体之间的换热,是对流、导热和辐射三种现象共同作用的结果,所以换热过程是比较复杂的。油在变压器线圈表面受热后,升向油箱上部,与油箱或油管接触放出一部分热量再向下流,冷油重新回到线圈,形成闭合对流线路。油与箱壁之间温差一般小于 3~6K,油箱内壁之间温差很小。热量从油箱外表面经过对流和辐射(传导很小)散发到冷却媒质中去。现将变压器换热过程中,对流、辐射、温升计算说明如下:

### 1. 对流散热计算

油箱外表面的空气对流与油箱风部油的对流是不同的,不是同一整体,当箱壁产生的热气上升时就产生负压区,附近冷却空气自动进入负压区而形成对流。热空气流动到离变压器一定距离之后就会冷却,不再一定回到箱壁了,所以不是同一整体。经对流散入空气中的热,是由油箱壁与空气温度、箱壁高度、表面外形及大气压力等因素决定的。

由试验得单位对流散热率可用下式表示:

$$q_k = K k_\phi \sqrt{T_y} \quad (1-1)$$

式中  $q_k$ ——箱壁与空气温差为 1K 时,单位面积上对流散入空气中的热量;

$T_y$ ——箱壁表面温度与空气温度之差;

$K$ ——散热系数(经验数据),油箱高为 1~5m,大气压为 760mmHg 时, $k=2.5$ ;

$k_\phi$ ——形状系数,平面油箱  $k_\phi=1$ ;管式油箱时管间空气摩擦,对流散热减小,一排管时  $k_\phi=1$ ,二排管时为 0.96,三排管时为 0.93,四排管时为 0.9。

油箱表面对流放出的总散热量：

$$Q_k = q_k T_y F_k = 2.5 \sqrt[4]{T_y} T_y F_k = 2.5 T_y^{1.25} F_k \quad (1-2)$$

式中  $F_k$  为油箱对流表面，油箱等全部展开表面积之和。

## 2. 辐射散热计算

由试验可知，辐射散入空气中的热和辐射体温度及其周围物体（或空气）的温度之间关系为：

$$q_\lambda = C \frac{(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4}{T_1 - T_2} \quad (1-3)$$

式中  $q_\lambda$ ——温差为 1K 时，由辐射体单位表面上辐射出的热量；

$T_1$ 、 $T_2$ ——辐射体及空气的绝对温度，K；

$C$ ——常数，决定于辐射体的表面情况，暗淡和粗糙的表面比光滑和平滑的表面为大。对于变压器油箱可以采用  $C=5.0(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ 。

上式对温度在很大范围内都适用的，但实际应用上不大方便。计算变压器油箱时，箱壁表面与空气温度之差一般是比较小的，约在  $25 \sim 70^\circ\text{C}$  左右，根据试验可简化为：

$$q_\lambda = 2.84 \sqrt[4]{T_y} \quad (1-4)$$

式中  $T_y = T_1 - T_2$

油箱全部表面上辐射热量：

$$Q_\lambda = q_\lambda T_y F_\lambda = 2.84 T_y^{1.25} F_\lambda \quad (1-5)$$

式中  $F_\lambda$ ——油箱辐射表面。

变压器总的散热量：

$$Q = Q_k + Q_\lambda = (2.5 F_k + 2.84 F_\lambda) T_y^{1.25} \quad (1-6)$$

式中  $F$ ——对流加辐射总的散热面。

## 3. 油的平均温升计算

变压器油箱上总散热量应等于总损耗  $\sum P$ ：

$$Q = C_1 F T_y^{1.25} = \sum P \quad (1-7)$$

单位热负荷

$$q_r = \frac{\sum P}{F} = C_1 T_y^{1.25}$$

两边取对数

$$\ln q_r = 1.25 \ln T_y + \ln C_1$$

$$\ln T_y = \frac{1}{1.25} (\ln q_r - \ln C_1) = 0.8 \ln \frac{q_r}{C_1}$$

$$T_y = \left(\frac{q_r}{C_1}\right)^{0.8} = \frac{1}{C_1^{0.8}} q_r^{0.8}$$

在自冷情况下  $1/C_1^{0.8} = 0.262$ ，所以自冷式油温升为：

$$T_y = 0.262q_r^{0.8} \quad (1-8)$$

同理可求出风冷式油温升为：

$$T_y = 0.91q_r^{0.8} \quad (1-9)$$

## 1.2 变压器换热方式

电力油浸变压器散热,就是由变压器油代替空气做为散热介质,这样可在变压器几何尺寸不增大的情况下提高变压器的容量。一个水电站或发电厂,就需要各种容量的变压器运行,见图 1-2 所示,对油浸自冷式变压器,虽然油的散热系数比空气的散热系数约大 9~10 倍,但由于空气的散热很差,所以变压器仅靠油箱壁散热效果并非很好,为了提高散热效力,根据变压器的容量,还应在油箱壁外增加散热片或散热管;大型变压器则应加装散热器或冷却器等。

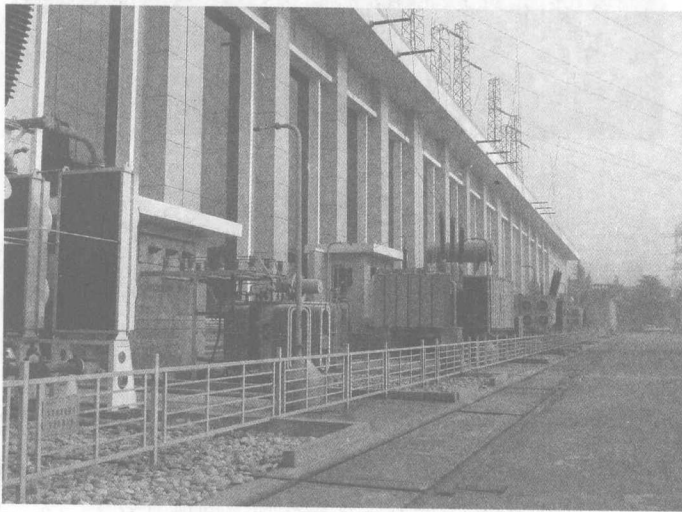


图 1-2 水电站现场各种容量变压器

油箱大小结构根据变压器容量不同而改变,因为电磁损耗的增加与容量的  $3/4$  次方成正比,而冷却表面的增加与容量的  $1/2$  次方成正比,即损耗的增加超过了冷却表面的自然增加。因此,为了使大容量变压器和小容量变压器具有同一水平的油温升和线圈温升,必须加速大容量变压器油的冷却,加装散热冷却系统。

中小型变压器容量  $50 \sim 8000 \text{kVA}$  均采用油浸自冷式,容量为  $50 \text{kVA}$  以下的配电变压器一般采用平板油箱,即光靠油箱散热就能满足要求。容量为  $50 \sim 2500 \text{kVA}$  的配电变压器通常采用管式油箱或在油箱上加装片式散热器,靠油管或片式散热器的冷却面来满足要求,也可采用波纹油箱结构的。波纹油箱借助于波纹箱壁来增加冷却表面,波纹

散热片一般可膨胀。容量为 3 150~8 000kVA 变压器的总损耗大,一般采用由扁管或散热片组合的散热器来增大散热面积,如图 1-3 所示。这种散热器可以从油箱上拆卸下来,安装运输比较方便。

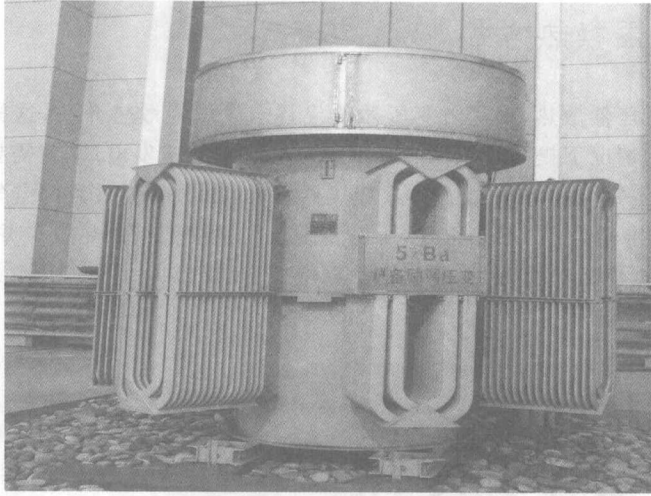


图 1-3 扁管式自冷却变压器

大中型变压器 10 000~180 000kVA 或电压为 110~220kV 的变压器一般采用自然油循环、吹风冷却方式。它是在自冷式散热器上,再加上吹风装置,以提高散热能力(一般可提高 45%左右)。采用这种装置的冷却系统,当负载不大于额定容量的 57%时,风扇可以断开,以减少电能消耗和噪音,见图 1-4 所示。

特大型变压器容量在 180 000kVA 以上,或电压等级在 220kV 以上的变压器,油箱上装有散热效率高的强油循环冷却器。变压器容量大,线圈的幅向尺寸也大,绝缘结构复杂,致使油箱内部的油路窄小,不能发挥这种冷却器的应有效果。为了解决这个矛盾,可采用强油循环导向冷却方式,使油强迫流入线圈中,强迫油循环冷却方式变压器所采用的冷却器,一般有强油风冷和强油水冷二种型式。

强油风冷却器与一般散热器不同之处,是它采用了螺旋翅片管作散热元件,从而增大了散热面积。此外,由于它带有离心式潜油泵,能使管内的油流速加快,加上在翅片管中强烈吹风,所以冷却效率比散热器提高很多。冷却器靠上下联管与变压器油箱联通,运行中它使变压器油箱上部热油吸入并经冷却器翅片管被风吹冷后,再从油箱下部以一定流速进入油箱中,风冷却器结构,见图 1-5 所示。

强油水冷却变压器是由于从油到水比从油到空气的散热系数高,所以强油水冷却器比强油风冷冷却器冷却效率高。另外冷却容量相同的水冷却器比风冷却器重量轻,体积小。此外,由于水冷却器没有风扇装置,故操作回路比较简单。但由于这种冷却器耗



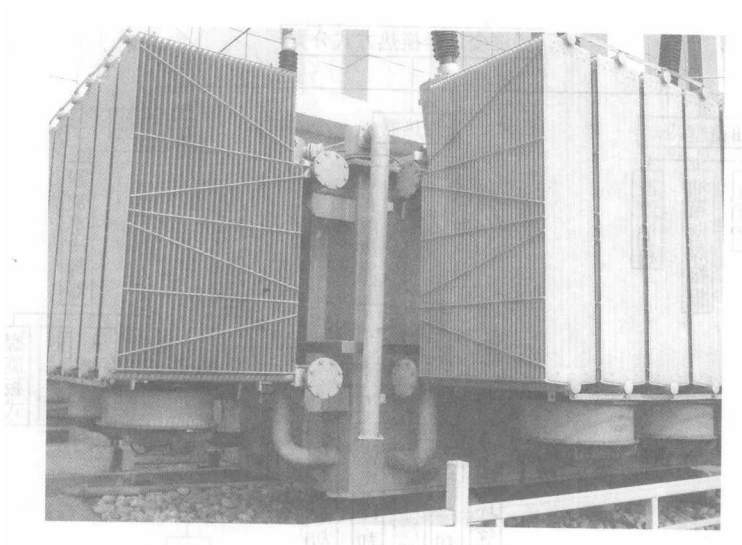


图 1-4 变压器散片冷却结构

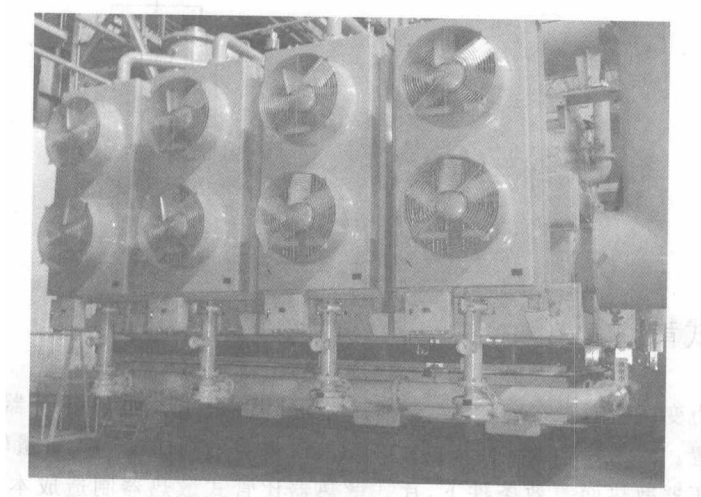


图 1-5 变压器风冷却器结构

水量大,所以只适合于水源充足的地方,如水电站用的变压器,水冷却器是用水来冷却油的,水冷却器包括水路和油路,热油从变压器油箱上部流出,在冷却器中被水冷却,然后进入油箱下部。油进口和油出口在油箱上按对角线布置,这样可使油箱内的油得到充分循环冷却。

油浸电力变压器换热方式的分类,见图 1-6 所示。