

123987

TK26
3448

汽轮机热工监视与保护

(修订版)

谢 柏 曾

内 容 提 要

本书系统介绍汽轮机的安全监视系统和装置,包括蒸汽器真空、润滑油压、转速、轴向位移等监视仪表和保护装置。前八章分别介绍各种单元式分散监视系统和系统中各装置的结构、工作原理和试验调整以及由各种监视信号构成的超限信号报警控制系统和保护控制系统;后几章叙述PQAJ-1型和菲利浦RMS700系列组件组装式集中监视系统和系统中各装置的结构、工作原理和试验调整。

本书为从事热工保护工作的工人、技术人员自学用书,也可供其他热工专业人员和热机专业人员参考使用。

汽轮机热工监视与保护

(修 订 版)

谢 柏 曾

水利电力出版社出版、发行

北京三里河路 67 号

各地新华书店经售

北京市地质局印刷厂印刷

787 × 1092 毫米 16 开本 19.55 印张 439 千字 3 插页

1990 年 6 月第一版 1990 年 6 月北京第一次印刷

印数 0001—3210 册

ISBN 7-120-00967-2/TP·34

定价 13.65 元

前 言

为了确保发电厂汽轮机的安全运行，在汽轮机上均装设了各种安全监视和保护装置，以便对各种重要热工参数、振动和位移机械量等进行监视和控制。当汽轮机在启停和运行过程中出现异常或故障时，汽轮机安全监视和保护装置应立即起作用，驱动信号报警控制系统，发出声光报警信号，以提醒运行人员注意并及时采取相应措施，避免发生事故或使事故扩大；如果故障未及时消除，则继续驱动信号报警控制系统和保护控制系统，发出声光报警信号并立即关闭主汽门和调速汽门，实行紧急停机，以保护机组的安全。

随着机组容量（功率）的增大，汽轮机安全监视与保护就更加显得重要，并已成为汽轮机的重要组成部分；同时对汽轮机的各种安全监视和保护装置动作的准确性和可靠性也提出了更高的要求。因此，为了更好地发挥各种汽轮机安全监视和保护装置的作用，确保机组的安全，汽轮机热工检测和保护工作的人员，必须熟练掌握汽轮机安全监视和保护装置的工作性能。此外，随着电力工业的迅速发展，大量新人员担负起热工保护工作，他们也迫切需要学习和掌握这方面的知识。鉴于这种情况，我编写了本书。书中首先分析了汽轮机故障发生的原因、危害性以及应采取的监视保护措施，然后叙述相应采取的各种型式的监视和保护装置的结构、工作原理以及安装、调试方法等，同时也详细介绍了各种监视信号报警系统和保护控制系统的构成与报警、保护动作的全过程。

本书第九章由哈尔滨汽轮机厂研究所王景茂同志编写，并对其它章节也提供了素材和修改意见。黑龙江电力试验研究所李满林同志审阅了第一章至第九章，山西电力试验研究所梁美珠同志审阅了第十章，提出了修改意见，在此表示衷心感谢。

由于专业知识有限，掌握资料不全面，书中难免有不少缺点和错误，诚恳地希望广大读者批评指正。

编 者

一九八八年十二月

目 录

前 言	
概 述	1
第一章 凝汽器真空低保护	3
第一节 凝汽器真空下降的原因、危害和保护措施	3
一、凝汽器真空下降的原因 二、凝汽器真空下降的危害和保护措施	
第二节 凝汽器真空低保护装置	4
一、单筒波纹管式真空低保护装置 二、双筒波纹管式真空低保护装置 三、压力控制器式真空低保护装置 四、真空低保护装置动作试验	
第二章 汽轮机转速监视与超速保护	9
第一节 汽轮机超速的原因、危害和保护措施	9
一、汽轮机超速的原因 二、汽轮机超速的危害和保护措施	
第二节 危急保安器超速保护装置	10
一、结构与工作原理 二、危急保安器保护动作的试验和调整	
第三节 附加超速保护装置	14
一、结构与工作原理 二、附加超速保护动作的试验和调整	
第四节 ZQW-201型危急遮断器电指示装置	15
一、结构与工作原理 二、安装调试	
第五节 汽轮机转速测量与超速保护装置	17
一、DT-1型转速测量与超速保护装置 二、ZQC-201型转速测量装置 三、SZC-02型数字式转速测量监视装置	
第三章 汽轮机转子轴向位移监视与保护	29
第一节 汽轮机转子发生窜动的原因、危害和保护措施	29
一、汽轮机转子发生窜动的原因 二、汽轮机转子发生窜动的危害和保护措施	
第二节 液压式轴向位移保护装置	31
一、液压式液动轴向位移保护装置 二、液压式电动轴向位移保护装置 三、液压式轴向位移保护装置的特点	
第三节 电感式轴向位移测量保护装置	36
一、电磁的基本概念 二、ZQZ-12型轴向位移测量保护装置 三、ZQZ-301型轴向位移测量保护装置 四、JZX-2型轴向位移测量保护装置 五、苏联机组的轴向位移测量保护装置 六、安装和调试	
√第四章 汽轮机热膨胀监视	59
第一节 汽轮机胀差过大的原因、危害和监视措施	59
一、汽轮机胀差过大的原因 二、汽轮机胀差过大的危害和监视措施	
第二节 电感式相对膨胀测量监视装置	60
一、ZQX-11型相对膨胀测量监视装置 二、ZQX-14型相对膨胀测量监视装置 三、ZQX-201型相对膨胀测量监视装置 四、苏联机组的相对膨胀测量装置 五、安装和调试	
第三节 电感式热膨胀测量装置	68
一、电感式热膨胀测量装置 二、ZQR-1型热膨胀测量装置 三、TD-2型热膨胀测量装置	
第四节 日本机组胀差和汽缸热膨胀测量装置	75
一、结构与工作原理 二、安装接线 三、运行调整	

✓ 第五章 汽轮机轴承安全监视与保护	82
第一节 汽轮机轴承发生故障的原因、危害和保护措施	82
一、汽轮机轴承发生烧瓦故障的原因 二、汽轮机轴承故障的危害和保护措施	
第二节 润滑油压低保护装置	84
一、对润滑油压的要求 二、润滑油压低联动保护装置 三、润滑油压降低联动保护试验	
第三节 油箱油位监视装置	88
第四节 轴承温度和润滑油温度测量装置	88
第五节 推力瓦温度测量装置	89
第六章 汽轮机振动监视	94
第一节 汽轮机发生振动的原因、危害和监视措施	94
一、汽轮机发生振动的原因 二、汽轮机振动过大的危害和监视措施	
第二节 FFD-12型振动测量装置	96
第三节 CZJ-C型振动测量装置	101
第四节 DS-3型便携式振动测量仪	05
第五节 振动测量装置的检定	107
✓ 第六节 轴承振动测量装置的安装要求	112
第七章 汽轮机主轴弯曲监视	114
第一节 汽轮机主轴发生弯曲的原因、危害和监视措施	114
一、汽轮机主轴发生弯曲的原因 二、汽轮机主轴弯曲的危害和监视措施	
第二节 苏联机组的主轴偏心度测量装置	115
一、结构与工作原理 二、各部件的构造 三、安装使用	
第三节 日本机组的主轴偏心度测量装置	123
一、结构与工作原理 二、安装使用	
第四节 SPI-E型偏心度测量装置	127
一、结构与工作原理 二、安装调试	
第八章 汽轮机热工信号和保护控制系统	135
第一节 汽轮机热工信号报警系统	141
一、信号内容 二、热工信号报警系统	
第二节 晶体管闪光信号报警系统	144
一、晶体管闪光信号报警器 二、闪光信号报警系统	
第三节 汽轮机保护控制系统	161
一、保护内容 二、保护控制系统	
第四节 单元机组的保护与联锁控制系统	164
一、汽轮机跳闸联锁系统 二、汽轮机跳闸联锁动作全过程 三、汽轮机保护	
第九章 PQAJ-1型汽轮机安全监视系统与装置	183
第一节 监视系统的组成	185
第二节 整屏结构	189
第三节 各分盘的工作原理	190
第四节 安装调试	213

第十章 菲利浦RMS700系列汽轮机监测保护装置	218
第一节 监测系统的组成	219
一、轴承振动监测系统 二、轴振动监测系统 三、轴向位移监测系统 四、偏心度监测系统 五、相对膨胀监测系统 六、转速监测系统和键相器 七、汽缸热膨胀监测系统	
第二节 振动监测放大器	235
一、VBM030轴承振动监测放大器 二、VBM010 (020) 振动监测放大器	
第三节 位移监测放大器	250
一、SDM010 (020) 静态位移监测放大器 二、MAI010测量放大器	
第四节 转速监测放大器	261
一、RSM010转速监测放大器和键相器 二、RSM020双通道转速监测器	
第五节 ADA810测量放大器	274
一、AMP410放大器 二、OSC410振荡器 三、SUV410监视器 四、TLD010双通道极限检测器 五、AOI020模拟输出接口	
第六节 传感器	289
一、PR6422~PR6424涡流传感器和CON010信号转换器 二、PR6426涡流传感器 三、PR9266和PR9268系列振动传感器 四、PR9376转速传感器 五、LD5000系列线性位移传感器 六、PR6418系列位移变速器	

概 述

汽轮机热工监视和保护装置以及由其所组成的信号报警系统和保护控制系统，是保护汽轮机安全运行的重要设备。汽轮机热工监视和保护装置的发展与汽轮机的容量（功率）、工作参数和自动化程度是密切相联系的。起初，由于汽轮机容量较小，工作参数较低（进汽参数在3.5MPa、450℃以下），需要监视和保护的项目很少，而且要求也不很高，因此有一些保护项目也不会被人们十分重视。随着汽轮机组容量不断增大，蒸汽初参数越来越高（汽压达9~24MPa，汽温达535~650℃），需要监视和保护的项目也越来越多。汽轮机采用高参数后，金属承受的应力很大，机组的金属材料又多在接近极限值情况下工作，运行中如产生接近极限值的热应力，就很容易造成汽轮机的损坏。同时，大功率机组为了提高运行的经济性，其级效率都设计得很高，级间间隙、轴封间隙等都选择得比较小，运行中如控制不当，很容易发生转动部件与静止部件间的相互摩擦，引起主轴弯曲、振动过大等，这将造成严重损坏事故。大功率机组损坏后造成的损失是巨大的。因此，为保护大功率机组的安全，需要监视和保护的项目也就增多，而且对各种热工监视和保护装置也提出了更高的要求。对运行中的汽轮机要有效而准确地进行监视。在正常情况下，保护装置不许发生误动作；当被监视的参数超过允许极限值时，保护装置要能准确可靠地动作，紧急切断供汽，实行停机，以避免机组的损坏或防止事故的进一步扩大。特别是，目前汽轮机已向全自动化发展，监视和保护装置是实现汽轮机运行自动化的基础，没有完善而可靠的监视和保护装置，汽轮机自启停就根本无法实现。因此，现在汽轮机监视和保护装置不仅被人们所重视，成为汽轮机的重要组成部分，而且已逐渐向更完善化发展。

目前，汽轮机热工监视和保护的项目已发展有：

- (1) 凝汽器真空低保护；
- (2) 润滑油压低保护；
- (3) 转速监视与超速保护；
- (4) 转子轴向位移监视与保护；
- (5) 高压加热器水位监视与保护；
- (6) 转子与汽缸相对膨胀差（胀差）监视；
- (7) 汽缸热膨胀监视；
- (8) 汽轮机振动监视；
- (9) 主轴弯曲（偏心度）监视；
- (10) 油箱油位监视；
- (11) 轴承温度与润滑油温度监视；
- (12) 推力瓦温度监视；
- (13) 汽缸应力监视；

- (14) 汽轮机各部件温差监视；
- (15) 动频监视；
- (16) 动静间隙监视；
- (17) 汽轮机运行摩擦音响监视。

监视和保护装置，作为汽轮机的一个组成部分，由汽轮机制造厂或汽轮机保护部套制造厂成套供应。由于汽轮机的型式、结构以及组成不尽相同，因此，各种型式的汽轮机所配置的监视和保护装置，其项目和要求并不完全一样。一般来说，对于大功率机组所配置的监视和保护装置的项目，大致包括上述第（1）项至第（12）项，这些内容将在本书中逐个介绍。对第（1）项至第（4）项，当被测参数超过允许极限值时，保护装置动作，立即关闭主汽门和调速汽门，实行紧急停机；与此同时发出声光报警信号。对第（5）项至第（12）项，当被测参数超过允许极限值时，保护装置只发出声光报警信号。对第（13）项至（17）项，目前还没有普遍装设监视和保护装置，有的还在研究和完善之中，这些内容暂不作介绍。

从保护装置的功能可知，保护装置对汽轮机的安全运行有着重要的作用。欲达此目的，还必须满足以下两方面要求：

- （1）必须保证保护装置动作的准确性与可靠性；
- （2）要有完善和可靠的保护控制系统。

目前，有些保护装置的准确性与可靠性还达不到应有的要求，还需要进一步研究改进。为了提高保护装置的可靠性，有的在保护装置的电路上采取了特殊设计，如逻辑判断、多重系统、自动监视或自动检查等。

使用完善可靠的保护系统来保护汽轮机，是汽轮机监视和保护的重要发展方向。有的大功率机组配备了完善的保护装置，在第一次冲转时，保护装置就投入工作；有些机组在设计时就把保护装置的投入作为机组运行的必要条件而列入自动系统；保护装置有故障时则不允许机组运行，使机组始终处在保护装置的保护下进行运转。

随着汽轮机自动化水平的提高，监视和保护装置已不再是一个独立的系统，已成为整个调节控制系统中不可缺少的环节，成为程序控制装置或工业控制计算机控制的一个组成部分。现在，各国正在研究如何结合自控技术和电子计算机，进行电子计算机保护，以实现发电厂运行控制的全盘自动化。

第一章 凝汽器真空低保护

第一节 凝汽器真空下降的原因、危害和保护措施

一、凝汽器真空下降的原因

凝汽器真空下降故障，在运行中是较常遇到的。造成真空下降的原因较多，一般有以下几个方面：

- (1) 循环水泵发生故障，如水泵吸入管侧漏气或滤网堵塞，使冷却水量减少或中断。
- (2) 凝汽器铜管脏污，使传热效率降低或者铜管堵塞。
- (3) 抽气装置发生故障，不能正常抽气，如射水抽气器的水压不足，混合冷却的蒸汽抽气器虹吸作用被破坏，表面冷却的蒸汽抽气器冷却水量不足、疏水不畅等。
- (4) 凝汽器水位升高，淹没了部分铜管和抽气口。
- (5) 真空系统不严密，漏入空气。真空系统漏入空气的地方大致有：轴封；汽轮机排汽室与凝汽器连接部分；抽气管连接处；汽缸接合面；排大气门处；凝汽器水位表、真空表等连接处。

二、凝汽器真空下降的危害和保护措施

凝汽器真空下降，会使蒸汽在汽轮机内的焓降减少，从而使汽轮机出力下降和热经济性降低。一般真空下降1%，汽耗约增大1%~2%。同时，焓降减小，还会增大级的反动度，使轴向推力增加，从而使推力轴承承受的负荷加大，严重时甚至会使推力瓦块乌金熔化。

凝汽器真空下降，使排汽温度升高，造成低压缸热膨胀变形和低压缸后面的轴承上抬，破坏机组的中心，从而发生振动；也会使凝汽器铜管的内应力增大，以致破坏凝汽器的严密性；还会使低压段端部轴封的径向间隙发生变化，造成摩擦损坏。

由此可见，汽轮机运行中发生凝汽器真空下降，对机组的经济性和安全均将造成严重的危害。

由于凝汽器真空下降时往往不易立即找到原因，且降落速度较快，所以会很快造成严重的事故。因此，为了防止凝汽器真空下降造成事故，必须设置真空低保护装置；一旦真空下降值超过允许极限时，保护装置立即动作，实行紧急停机，以保护机组的安全。

凝汽器真空下降允许极限值，对于各类型机组是不相同的，一般在负压60~73.3 kPa范围。通常机组除了给出真空下降允许极限值（称第Ⅱ限值）外，往往还给出预报值（称第Ⅰ限值），按此值设置预先报警，以提醒运行人员注意并进行检查处理。例如200MW机组，真空下降预报值为负压83.3 kPa，跳闸值为负压63.7 kPa；125MW机组，预报值为负

压84.6kPa, 跳闸值为负压67.7kPa。

第二节 凝汽器真空低保护装置

汽轮机在运行中必须严格监视凝汽器的真空, 当凝汽器真空下降到规定允许值时, 真空低保护装置应动作, 跳闸停机, 并发出声光信号。

监视凝汽器真空一般采用以下几种方法:

(1) 汞柱式真空表 火电厂一般采用TG-I型单管汞柱压力表。表中汞柱的高度可直接显示出凝汽器内真空的大小。

(2) 触点式真空表 触点式真空表除了指示凝汽器真空的大小外, 当真空下降到规定允许值时, 其电触点闭合, 驱动信号控制电路, 发出报警信号。

(3) 指示式真空表 指示式真空表用来监视凝汽器真空的大小。

(4) 指示记录信号真空表 这种表实际上是XWF-101型晶体管中长图电子电位差计。凝汽器的真空值通过DBZ-011型真空变换器转换成电量, 然后由此电位差计指示和记录。它带有信号接点, 当真空下降到规定允许值时, 信号接点闭合, 驱动信号控制电路, 发出报警信号。

(5) 金属波纹管式真空低保护装置 这种装置只作为保护用, 没有指示和记录机构。当运行中凝汽器真空下降到负压83.3kPa时, 该装置发出“真空下降”声光报警信号, 以提醒运行人员注意并应开始减负荷。当真空继续下降到负压63.7kPa时, 保护动作, 立即关闭主汽门和抽汽逆止门而自动停机, 并发出“真空低跳闸”声光报警信号, 以保护机组的安全。

本节只着重介绍金属波纹管式真空低保护装置和压力控制器式真空低保护装置。前者有单筒波纹管式和双筒波纹管式两种型式。

一、单筒波纹管式真空低保护装置

1. 结构与工作原理

单筒波纹管式真空低保护装置的结构如图1-1所示。波纹管上部

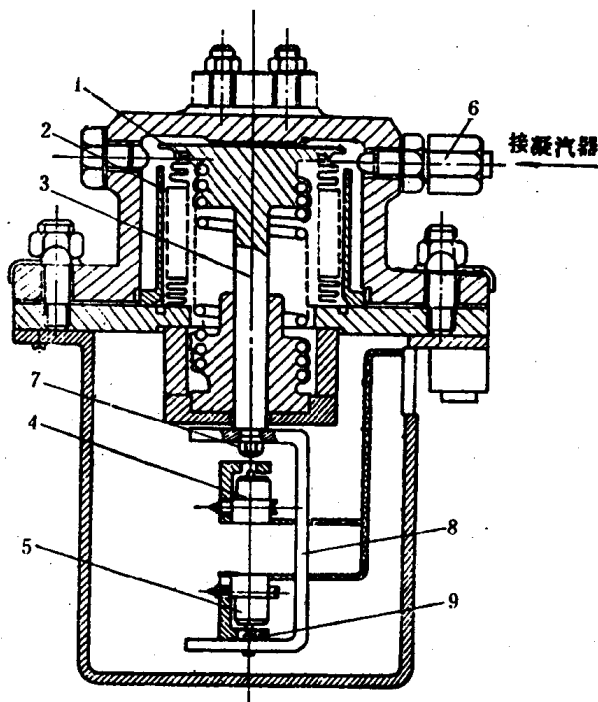


图 1-1 单筒波纹管式真空低保护装置结构

1—弹簧; 2—铜波纹管; 3—中芯杆; 4、5—微动开关; 6—连接头;
7—端头; 8—支架; 9—触头

有一个接头6，用于和凝汽器喉部相连接。正常运行时，中芯杆3下部向外伸出的端头7不与微动开关4的按钮接触，微动开关4处于开放状态，而由中芯杆带动的支架8上的触头9则压住微动开关5的按钮，微动开关5处于闭合状态。

随着凝汽器内真空的高低变化，波纹管跟着伸缩，于是带动中芯杆上下移动，移动的大小与真空度成比例。当凝汽器内真空下降时，中芯杆向下移动，带动支架8一起下移。真空下降到负压83.3kPa时，支架上的触头9与微动开关5的按钮脱开，微动开关5动作，接通信号报警系统的电路，发出“真空下降”声光报警信号。当真空继续下降到负压63.7kPa时，中芯杆继续下移，其伸出的端头7便压住微动开关4的按钮，微动开关4动作。此时，一方面接通保护控制系统的电路，迅速关闭自动主汽门和抽汽逆止门，自动停机；另一方面接通信号报警系统的电路，发出“真空低跳闸”声光报警信号。

2. 试验调整

真空低保护装置组装好后，应先在试验室内进行试验调整。在波纹管上部的接头6上接一个三通，其中一通接真空表，另一通接真空泵。试验调整时，首先，起动真空泵，当真空抽到负压93.3kPa左右，然后往下降。当真空下降到负压83.3kPa时，调整微动开关5的位置，使支架8上的触头9恰好与微动开关5的按钮脱开，微动开关5动作。之后，再将真空继续下降到负压63.7kPa，调整微动开关4的位置，使中芯杆上伸出的端头7恰好压住微动开关4的按钮，微动开关4动作。

二、双筒波纹管式真空低保护装置

1. 结构与工作原理

双筒波纹管式真空低保护装置的结构如图1-2所示，它有两组一样的波纹管装置。铜

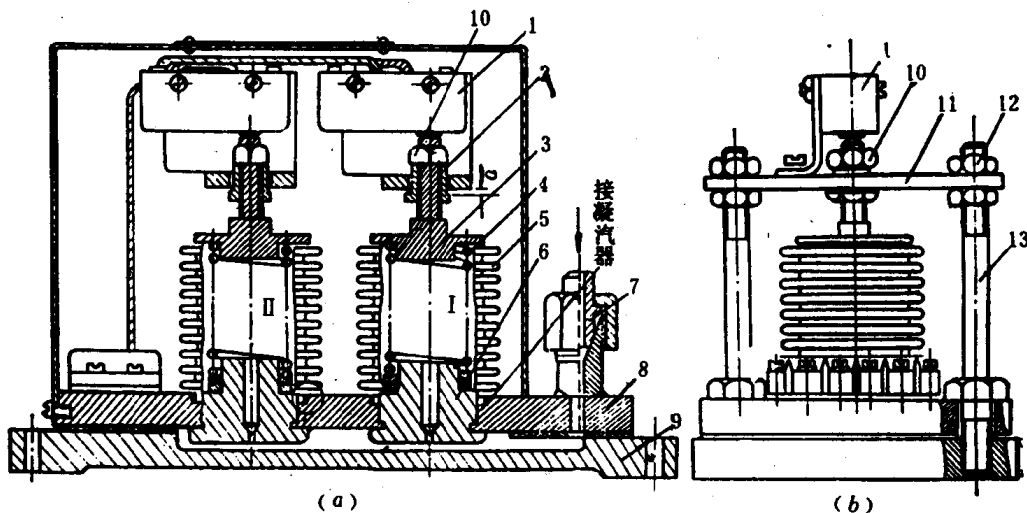


图 1-2 双筒波纹管式真空低保护装置结构

(a) 前视图；(b) 侧视图

1—微动开关；2—套筒；3—连杆；4—弹簧；5—波纹管；6—接头；7—连接头；8—平板；9—底座；
10、12—螺母；11—调节板；13—螺柱

波纹管有10个波纹、其外径为50mm。波纹管一端焊在平板8上,另一端则焊在连杆3上。弹簧4装在铜波纹管5内,用接头6固定,以支撑连杆3。波纹管伸缩时,可带动连杆3在套筒2内移动。套筒2是固定在调节板11上的。

在每个波纹管上都有调节板11,该板利用螺母12固定在专门的螺柱13上。微动开关1装在调节板11上。

波纹管的内部空间经过接头6的标准孔(孔径为1.5mm)和底座9的铣槽与连接头7相通,然后经真空导管与凝汽器相连。

在正常真空值下,波纹管和弹簧受压缩,连杆3端头脱离微动开关1的按钮,微动开关处于断开状态。

真空下降时,在弹簧的作用下,波纹管伸长,带动连杆向上移动,其移动的大小与真空下降值成比例。

当真空下降到负压83.3kPa时,第一组波纹管伸长,连杆向上移动到触动微动开关按钮的位置,使其接点闭合,接通信号报警系统的电路,发出“真空下降”声光报警信号。当真空继续下降到负压63.7kPa时,第二组波纹管伸长,连杆向上移动到触动微动开关按钮的位置,使其接点闭合。接点闭合后,一方面接通保护控制系统的电路,关闭主汽门,自动停机;另一方面,接通信号报警系统的电路,发出“真空低跳闸”声光报警信号。

2. 试验调整

在组装调节板11时,要使得微动开关的按钮与连杆3的端头之间的间隙为2mm。转动套筒2,使得波纹管伸长,带动连杆触动微动开关动作后,“a”的间隙(见图1-2, a所示)不超过0.2~0.3mm。

组装完毕后先进行试验调整。在连接头7上接一个三通,其中一通接真空表,另一通接真空泵。起动真空泵,先将真空抽到负压93.3kPa左右,然后往下降。当真空下降到负压83.3kPa时,第I组波纹管伸长,移动调节板11,使连杆3端头正好触动微动开关按钮,接点闭合。然后,将真空下降到负压63.7kPa,同样移动第II组波纹管上的调节板,使连杆端头正好触动微动开关按钮,接点闭合。

如果移动调节板达不到上述要求,则可用增减波纹管上部或下部的调整环数来满足。

三、压力控制器式真空低保护装置

1. 结构与工作原理

压力控制器式真空低保护装置,是由两个YWK-50-C型真空压力控制器组成。其中一个用作发真空下降报警信号;另一个用作发真空低保护停机信号。

压力控制器是一个随压力变化而使电路闭合或断开的压力开关,其结构如图1-3所示。

压力控制器式真空低保护装置的工作原理如图1-4所示。真空压力控制器通过导压管1与凝汽器连接,拨动开关5的触头①、②与控制回路中的中间继电器6连接。在正常运行时,真空较高,波纹管2受压缩,拨动开关的触头①与③处于闭合状态,①与②处于断开状态。当凝汽器真空下降到第一限值时,波纹管伸长,通过杠杆3和拨动开关5使触头①与②闭合,中间继电器6动作,接通信号报警系统的电路,发出“真空下降”声光报警

信号。当真空继续下降到第二限值时，同样第二个真空压力控制器动作，接通保护控制系统的电路，自动跳闸停机，并发出“真空低跳闸”声光报警信号。

2. 试验调整

真空压力控制器安装前，应在试验室进行报警定值和保护动作整定值调整试验。试验示意图如图 1-5 所示。调试时，将差动旋钮 6 旋到最小位置，启动真空泵 1，将真空室 3 内的真空抽到大于第一限值，然后调节通气阀 2，使真空下降到第一限值。取下第 I 个真空压力控制器上的锁紧螺帽 5，用改锥转动调节杆，直到控制器内拨动开关动作，触头①与②闭合，由万用表 7 监视。继续调节通气阀，使真空下降到第二限值。同样，调节第 II 个真空压力控制器，直到拨动开关动作，触点闭合。如此再校核一次，整定动作准确后，将锁紧螺帽锁紧。

3. 安装使用

真空压力控制器可装在仪表盘上，也可装在地面的支架上。垂直安装，安装地点不应有明显的振动。

控制器接头 15 上的套筒 16 与从凝汽器喉部引来的导压管相焊接，然后旋紧接头。为了保证控制器的密封性，连接电缆出线套 7 应加密封垫圈密封。

在安装过程中，应注意不要碰撞或用手拨动拨臂，以免仪器性能发生变化。

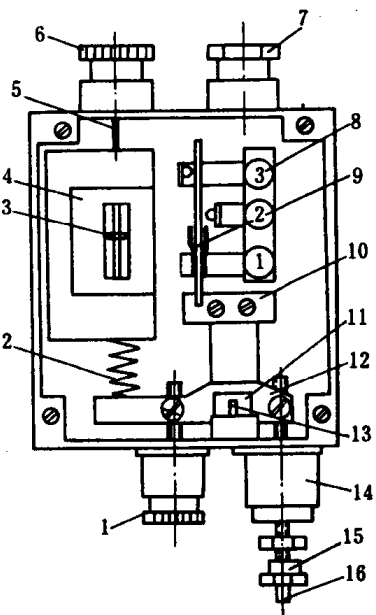


图 1-3 YWK-50-C 型真空压力控制器结构示意图

- 1—差动旋钮；2—拉伸弹簧；3—指针；4—标尺；
- 5—调节杆；6—锁紧螺帽；7—出线套；8—接线端子；
- 9—拨动开关；10—拨臂；11—刀支架；12—杠杆；13—刀；
- 14—波纹管室；15—接头；16—套筒

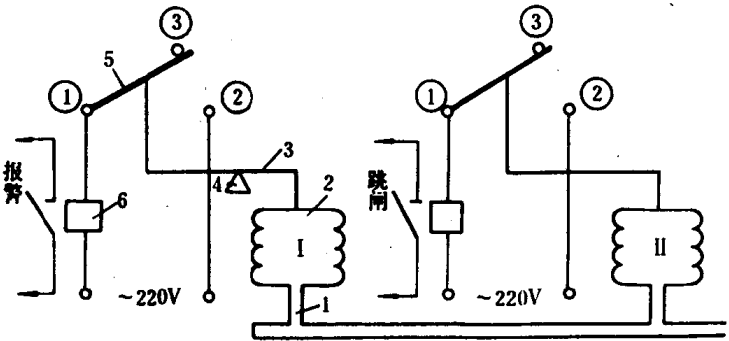


图 1-4 压力控制器式真空低保护装置工作原理示意

- 1—导压管；2—波纹管；3—杠杆；4—刀支架；5—拨动开关；6—中间继电器

真空压力控制器的整定值, 根据使用情况应作定期校核。

4. 主要技术参数

1) 真空调节范围: $0 \sim -101.3$ kPa ($0 \sim -760$ mm Hg);

2) 差动可调范围: $6.7 \sim 26.7$ kPa ($50 \sim 200$ mm Hg);

3) 允许指示误差: ± 4.0 kPa (± 30 mm Hg);

4) 允许动作误差: 2.7 kPa (20 mm Hg);

5) 触头容量: 交流 380 V, 3 A;
直流 220 V, 2.5 A;

6) 当周围空气温度为 20 ± 5 °C,
相对湿度不大于 85% 时, 控制器导电部件对壳体的绝缘电阻不小于 20 M Ω 。

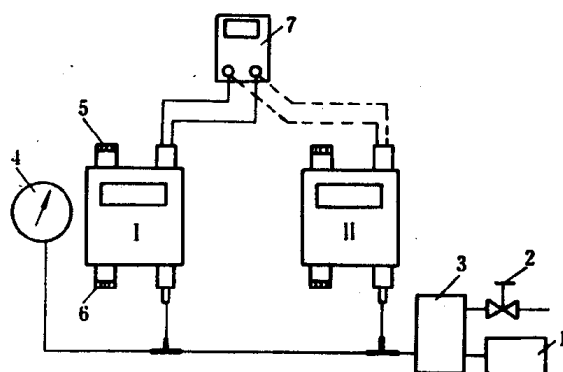


图 1-5 真空压力控制器试验示意图

I、II—真空压力控制器

1—真空泵; 2—通气阀; 3—真空室; 4—标准真空表;

5—锁紧螺栓; 6—启动旋钮; 7—万用表

四、真空低保护装置动作试验

汽轮机启动时, 应对真空低保护装置进行保护动作准确性试验。

在汽轮机启动开始抽真空时, 真空低保护装置不投入。当真空抽到大于第一限值时才投入真空低保护装置, 并进行试验。

试验是在有关人员参加和监督下进行的。由汽轮机操作人员缓慢开启真空管路上的真空破坏门或者关小抽气器的进汽门, 以改变凝汽器的真空度。当真空下降到第一限值时, 第 I 组真空低保护装置应动作, 发出“真空下降”声光报警信号。当真空继续下降到第二限值时, 第 II 组真空低保护装置应动作, 立即关闭主汽门和抽汽逆止门, 与此同时发出“真空低跳闸”声光报警信号。

保护动作误差不应大于 ± 2.7 kPa (± 20 mm Hg)。如动作误差过大时, 应切除保护, 按上述调整方法重新进行调整。

第二章 汽轮机转速监视与超速保护

第一节 汽轮机超速的原因、危害和保护措施

一、汽轮机超速的原因

汽轮机运行中的转速是由调速器自动控制并保持恒定的。当负荷变动时，汽轮机转速将发生变化。这时调速器便动作，调速汽门随着开大或关小，改变进汽量，使转速维持在额定转速。

汽轮机发生超速的原因，主要是调速系统工作不正常，不能起到控制转速的作用。

在下列情况下，汽轮机的转速上升很快，这时若调速系统工作不正常，失去控制转速的作用，就会发生超速：

- (1) 汽轮发电机运行中，由于电力系统线路故障，使发电机油断路器跳闸，汽轮机负荷突然甩到零；
- (2) 单个机组带负荷运行时，负荷骤然下降；
- (3) 正常停机过程中，解列的时候或解列后空负荷运行时；
- (4) 汽轮机启动过程中，闯过临界速度后应定速时或定速后空负荷运行时；
- (5) 危急保安器作超速试验时；
- (6) 运行操作不当。如运行中同步器加得太多，远远超过高限位置，开启升速主汽门开得太快；或停机过程中带负荷解列等。

调速系统工作不正常造成超速的原因较多，比如：

- (1) 调速器同步器的下限太高，当汽轮机甩负荷时，致使调速汽门不能关小；
- (2) 速度变动率过大，当负荷骤然由满负荷降至零时，转速上升速度太大以致超速；
- (3) 调速系统迟缓率过大，在甩负荷时，调速汽门不能迅速关闭，立即切断进汽；
- (4) 调速系统连杆卡涩或调速汽门卡住，失去控制转速的作用。

二、汽轮机超速的危害和保护措施

汽轮机是高速旋转机械。转动时各转动件会产生很大的离心力。这个离心力直接与材料承受的应力有关，而离心力与转速的平方成正比。当转速增加10%时，应力将增加21%；转速增加20%时，应力将增加44%。在设计时，转动件的强度裕量是有限的，与叶轮等紧力配合的旋转件，其松动转速通常是按高于额定转速的20%考虑的。尤其随着机组参数的提高和单机功率的增大，机组时间常数越来越小，甩负荷后飞升加速度更大。因此，运行中若转速超过这个极限，就会发生严重损坏设备事故。严重时，甚至会造成飞车事故。所以，一般制造厂规定汽轮机的转速不允许超过额定转速的110%~112%，最大不允许超过额定转速的115%。

因此，为了保护机组的安全，必须严格监视汽轮机的转速并设置超速保护装置。对大功率机组，为了在发生超速时能可靠地实现紧急停机，一般都装设三套超速保护装置，即危急保安器（也叫危急遮断器）超速保护装置、附加超速保护装置和电气式超速保护装置。另外，有的机组还装设汽轮机危急遮断器电指示装置，用以指示危急遮断器是否动作。

当汽轮机转速超过允许极限时，超速保护装置动作，立即关闭主汽门、调速汽门和抽汽逆止门，实行紧急停机，同时还发出声光报警信号。这时，还应注意监视转速表和周波表的指示值。如果其指示值超过允许极限值并继续上升时，说明主汽门和调速汽门关闭不严，应尽快关闭隔离汽门（或总汽门），切实切断进汽，以保护机组的安全。

第二节 危急保安器超速保护装置

用于汽轮机超速保护的危急保安器，有飞环式和飞锤式两种结构型式。它们的工作原理基本上是相同的。这里只介绍东汽厂N75-90型汽轮机上的飞锤式危急保安器超速保护装置。

一、结构与工作原理

危急保安器超速保护装置的结构系统如图2-1所示。它是由危急保安器Ⅰ、危急保安器杠杆系统Ⅱ和危急保安器滑阀Ⅲ等组成。

危急保安器由离心飞锤1和弹簧2组成。离心飞锤共有两个，前面为1号飞锤，后面为2号飞锤。飞锤头部直径为26mm，飞锤飞出的行程为 $6 \pm 0.2\text{mm}$ 。飞锤顶端有一个调整螺帽3，用来调整弹簧2的紧力。

危急保安器杠杆系统Ⅱ是由杠杆和滑阀4及其楔形压板5组成。滑阀4与其装在外部的联动杆6连接在一起。危急保安器楔形压板与飞锤顶端之间的间隙为 $1 \pm 0.2\text{mm}$ 。

危急保安器滑阀Ⅲ由滑阀芯8、弹簧9和滑阀活塞10等部件组成。

危急保安器滑阀的行程为 $16 \pm 0.4\text{mm}$ ，门芯8的行程不小于8.5mm。滑阀顶部与危急保安器楔形压板的另一端紧贴在一起。

从主油泵来的压力油，经孔板21进入危急保安器滑阀Ⅲ的下部，使滑阀活塞上移，遮断进油口12，同时油口22与泄油口13不通。

当汽轮机转速在3000r/min时，飞锤1所产生的离心力与弹簧2的紧力相平衡而不动作。当转速达到3300~3360r/min时，飞锤产生的离心力大于弹簧的紧力，因而飞锤迅速飞出，撞击楔形压板5，使楔形压板摆动一个角度，从而使楔形压板的另一端将危急保安器滑阀Ⅲ中的门芯8击落，将其控制的进油门12打开，于是由起动滑阀来的压力油进入油室11。这时，滑阀活塞10上部油压大于下部油压，使滑阀活塞10往下移动，使油口22与泄油口13连通，将自动主汽门滑阀Ⅳ下部的开门压力油迅速泄掉，致使自动主汽门关闭。主汽门终端开关接点14闭合，发出主汽门关闭信号。同时也将调速器滑阀Ⅱ（见图2-2）下部的开门二次脉动油压，经泄油口13迅速泄掉，关闭调速汽门。自动主汽门和调速汽门均关闭从而自动停机。

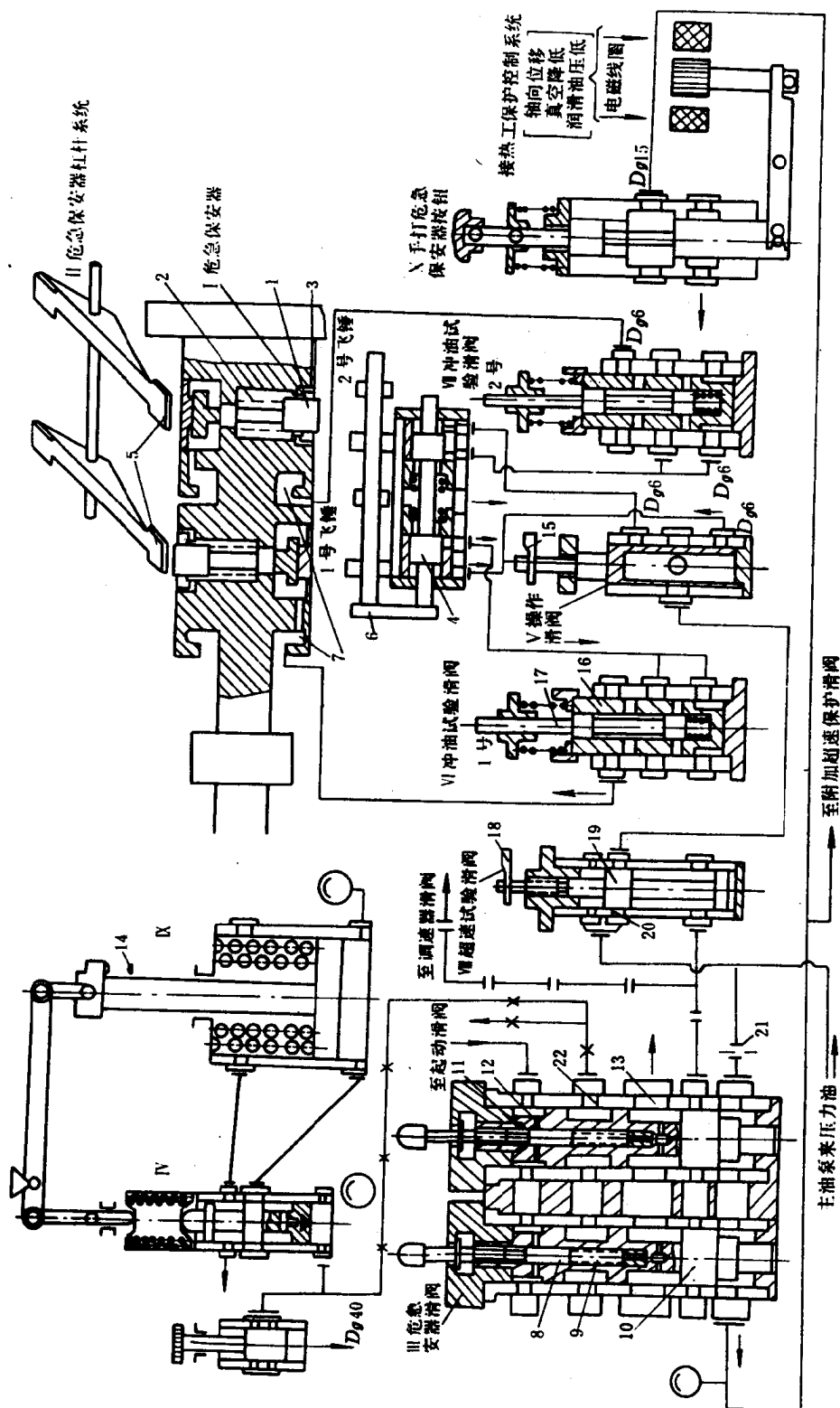


图 2-1 危急保安器超速保护装置的结构系统

1—飞锤；2—调整螺钉；3—楔形压板；4—联动杆；5—小室；6—阀芯；7—弹簧；8—滑阀活塞；9—阀芯；10—滑阀活塞；11—油室；12—进油口；13—泄油口；14—至汽门终端开关接点；15—旋扭；16—活动套筒；17—滑阀活塞；18—旋扭；19—滑阀活塞；20—进油口；21—孔板；22—油口