

汽轮机热工监视与保护

北京电力试验所编



水利电力出版社

汽轮机热工监视与保护

北京电力试验所编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书系统介绍大功率汽轮机热工监视和保护的主要内容,诸如凝汽器低真空、超速、轴位移、热膨胀、轴承润滑油、振动、主轴弯曲等保护项目。各章首先介绍造成汽轮机主要事故的原因、危害和保护措施,然后具体介绍各种保护装置的工作原理、结构和电气线路。全书最后综合介绍汽轮机的热工监视和保护系统。书中所介绍的内容,以国产汽轮机组为主,但也简要介绍了一些国外机组上的保护装置及系统。

本书文字通俗,说理浅近,内容具体,可供从事汽轮机热工控制工作的工人、技术人员阅读参考。

汽轮机热工监视与保护

北京电力试验所编

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

1978年4月北京第一版

1978年4月北京第一次印刷

印数 0001—9050册 每册 1.30元

书号 15143·3278

前 言

电力工业是社会主义建设的先行官，各行各业都离不开电力。建国以来，在毛主席亲自制定的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线和“以农业为基础、工业为主导”的发展国民经济总方针指引下，我国工农业生产得到了迅速发展。特别是，通过无产阶级文化大革命运动，粉碎了刘少奇、林彪、王张江姚这三个反党集团的复辟阴谋，批判了他们的反革命修正主义路线；在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国工农业生产更进一步取得了蓬勃发展。各行各业对电力的需要量急剧地增长起来。我国电力工业正在迅速发展，新建发电厂相继建成并投产。尤其是，我国工人阶级在毛主席“独立自主、自力更生”方针的指引下，使各种大功率、高参数汽轮机、锅炉和发电机不断制造成功并投入生产运行。这样，就基本上适应了工农业的飞速发展对电力的需要，起到了先行官的作用。在这工农业生产蓬勃发展的大好形势下，除了应继续发展电力工业外，对于已投产的机组，如何确保安全运行就显得格外重要。

为了确保汽轮机的安全运行，在汽轮机上均装设了各种热工监视与保护装置以及信号报警系统和保护控制系统，以便对各种重要的热工参数和机械量等进行监视与控制。当汽轮机运行中出现异常或故障时，汽轮机热工监视和保护装置就立即起作用，驱动信号报警系统，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；或者，同时驱动信号报警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，截断供汽，实行紧急停机，以确保机组的安全。

随着机组容量(功率)的增大，汽轮机热工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之一；同时，对于汽轮机的各种热工监视与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热工监视与保护装置的作用，确保汽轮机安全运行，保证工农业生产用电，对于从事汽轮机热工检测与保护工作的人员，必须对各种热工监视与保护装置的工作性能熟练掌握。另一方面，随着电力工业的迅速发展，大量新人员担负起汽轮机热工检测和保护的工作，他们也迫切需要学习和掌握这方面的知识。鉴于这种要求，我们编写了本书。为了能使从事汽轮机热工检测和保护工作的新人员比较全面地掌握这方面的知识，增强分析能力，我们力求比较全面系统地进行编写。为此，各章首先分析了汽轮机故障发生的原因、危害性以及应该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与保护装置的结构、工作原理以及安装、调试方法等，最后再详细介绍各种热工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。

本书重点介绍装在国产机组上的各种热工监视与保护装置，同时也简要地介绍了一些国外引进机组上的各种热工监视与保护装置。

本书是由我所一室热工组谢柏曾同志执笔编写的。在编写过程中，还得到了石景山发电厂高井电站和京西电站、北京热电厂、北京 507 发电厂、北京电力学校、东北电业管理局技术改进局、哈尔滨仪器仪表一厂等单位的大力支持和帮助，特别是许多工人师傅对书稿作了仔细的审阅并提供了许多宝贵的意见和实践经验，在此特表示衷心的感谢。

由于编者学习马列和毛主席著作不够，业务水平有限，又比较缺乏实践经验和调查研究，书中可能会存在不少缺点和错误，热诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

一九七六年十一月

目 录

前 言

概 述	1
-----------	---

第一章 汽轮机低真空保护	3
--------------------	---

第一节 汽轮机真空下降的原因、危害和保护措施	3
------------------------------	---

一、汽轮机真空下降的原因 二、汽轮机真空下降的危害和保护措施

第二节 汽轮机低真空保护装置	4
----------------------	---

一、单筒波纹管式低真空保护装置 二、双筒波纹管式低真空保护装置 三、低真空保护装置 动作
试验

第二章 汽轮机超速保护	8
-------------------	---

第一节 汽轮机超速的原因、危害和保护措施	8
----------------------------	---

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	9
-----------------------	---

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	12
--------------------	----

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 汽轮机危急遮断器电指示装置	14
-------------------------	----

一、ZQW-1型危急遮断器电指示装置 二、ZQW-2型危急遮断器电指示装置

第五节 汽轮机转速测量与超速保护装置	20
--------------------------	----

一、DT-1型转速测量与超速保护装置 二、ZQC-10型转速测量与超速保护装置 三、ZQC-11 型
转速测量与超速保护装置 四、ZQC-10、ZQC-11型转速测量与超速保护装置的技术要求

第三章 汽轮机转子轴向位移监视与保护	35
--------------------------	----

第一节 汽轮机转子发生窜动的原因、危害和保护措施	35
--------------------------------	----

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 机械式轴向位移监视保护装置	37
-------------------------	----

一、机械式液动轴向位移监视保护装置 二、机械式电动轴向位移监视保护装置 三、机械式 轴 向
位移保护装置的特点

第三节 液压式轴向位移保护装置	43
-----------------------	----

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

第四节 电感式轴向位移测量保护装置	48
-------------------------	----

一、电磁的基本概念 二、ZQZ-10型轴向位移测量保护装置 三、ZQZ-11型轴向位移测量保 护 装
置 四、上汽厂生产的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、IDA-2
型轴向位移测量监视装置

第四章 汽轮机热膨胀监视	89
第一节 汽轮机胀差过大的原因、危害和监视措施	89
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 机械式相对膨胀指示器	90
第三节 液压式相对膨胀指示装置	91
第四节 电感式相对膨胀测量装置	91
一、ZQX-10型与 ZQX-11型相对膨胀测量装置 二、ZQX-12型与 ZQX-13 型相对膨胀测量监视装置 三、苏联机组的相对膨胀测量装置 四、安装和调试 五、技术要求	
第五节 机械式热膨胀测量装置	103
一、最简单的机械式热膨胀测量装置 二、机械式热膨胀指示装置	
第六节 电感式热膨胀测量装置	104
一、电感式热膨胀测量装置 二、ZQR-1型热膨胀测量装置	
第七节 日本机组胀差和汽缸热膨胀测量装置	109
一、结构与工作原理 二、安装接线 三、运行调整	
第五章 汽轮机轴承保护	118
第一节 汽轮机轴承发生故障的原因、危害和保护措施	118
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 低油压保护装置	120
第三节 油箱油位监视装置	122
第四节 轴承温度和润滑油温度测量装置	123
第五节 推力瓦温度测量装置	124
第六节 推力轴承油膜压力监视装置	128
第六章 汽轮机振动监视	130
第一节 汽轮机发生振动的原因、危害和监视措施	130
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 SS-46 型轴承振动测量装置	132
一、技术性能 二、结构与工作原理 三 安装要求 四、使用和调整 五、故障检查	
第三节 1BA、2BA、3BA 型轴承振动测量装置	138
一、技术性能 二、结构与工作原理 三、主要部件的构造 四、安装和使用 五、试验室成套校验	
第七章 汽轮机主轴弯曲监视	150
第一节 汽轮机主轴发生弯曲的原因、危害和监视措施	150
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	151
一、结构与工作原理 二、各部件的构造 三、安装和使用	
第三节 波兰机组的主轴偏心度测量装置	160
一、结构与工作原理 二、安装和使用	
第四节 日本机组的主轴偏心度测量装置	164
一、结构与工作原理 二、安装和使用	

第八章 汽轮机热工信号和保护控制系统	169
第一节 汽轮机热工信号报警系统	174
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	180
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	197
一、保护内容 二、保护控制系统	
第四节 汽轮机液压式保护系统	201
一、液压式保护系统的组成与作用 二、正常运行状态 三、保护动作原理与过程 四、使用注意 事项	
第五节 单元机组的保护与联锁控制系统	208
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	

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，由于汽轮机组容量较小(只有几千千瓦到几万千瓦)，工作参数较低(进汽参数在35公斤/厘米²、450℃以下)，需要监视和保护的项目较少，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(几万千瓦到几十万千瓦)，蒸汽初参数越来越高(汽压达90~240公斤/厘米²，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；当被监视参量超过允许极限值时，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) 低真空保护；
- (2) 低油压保护；
- (3) 超速保护；
- (4) 轴向位移监视与保护；
- (5) 高压加热器保护；
- (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) 推力轴承油膜压力监视;
- (14) 汽缸应力监视;
- (15) 汽轮机各部件温差监视;
- (16) 动频监视;
- (17) 动静间隙监视;
- (18) 汽轮机运行音响监听。

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。第1项至第4项,当其测量参量超过允许极限值时,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。第5项至第12项,当其测量参量超过允许极限值时,只发出声光报警信号。第13项至第18项,目前还没有普遍装设,有的还正在研究和完善之中,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,但是要真正起到保护汽轮机安全运行的目的,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;有些机组在设计上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,而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 汽轮机低真空保护

第一节 汽轮机真空下降的原因、危害和保护措施

一、汽轮机真空下降的原因

汽轮机真空下降故障，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：轴封处；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、汽轮机真空下降的危害和保护措施

汽轮机真空下降，会使蒸汽在汽轮机内的热焓降减少，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，热焓降减少，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。

汽轮机真空下降，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，且降落速度较大，很快会造成严重的事故。因此，为了防止真空下降造成事故，必须设置低真空保护装置；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。

汽轮机真空下降允许极限值，对于各类型机组是不相同的，一般在450~550毫米汞柱范围。通常机组除了给出真空下降允许极限值外，往往还给出预报值，按此值设置预先报警讯号，以提醒运行人员注意并进行检查处理。例如，某5万千瓦机组，真空下降预报值为650毫米汞柱，跳闸值为540毫米汞柱；某12.5万千瓦机组，预报值为635毫米汞柱，跳闸值为508毫米汞柱。

第二节 汽轮机低真空保护装置

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，低真空保护装置应动作，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-1 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) 金属波纹管式低真空保护装置：

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 650 毫米汞柱时，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 540 毫米汞柱时，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低真空保护装置，该装置有单筒波纹管式和双筒波纹管式两种型式。

一、单筒波纹管式低真空保护装置

1. 结构与工作原理

单筒波纹管式低真空保护装置的结构如图 1-1 所示。它主要由弹簧 1、铜波纹管 2、中芯杆 3 和微动开关 4 与 5 组成。波纹管上部有一个接头 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 650 毫米汞柱时，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 540 毫米

汞柱时，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

低真空保护装置组装好后，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，将真空抽到700毫米汞柱左右，然后往下降。当真空下降到650毫米汞柱时，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540毫米汞柱，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。

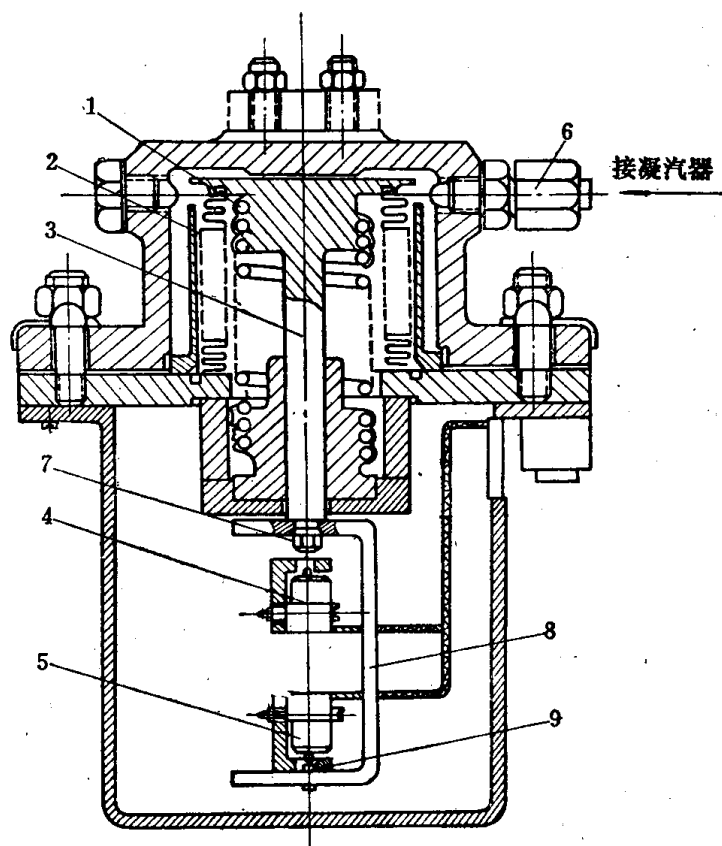


图 1-1 单筒波纹管式低真空保护装置结构

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

二、双筒波纹管式低真空保护装置

1. 结构与工作原理

双筒波纹管式低真空保护装置的结构如图1-2所示，即有两组一样的波纹管装置，每组装置主要由微动开关1、套筒2、连杆3、弹簧4和铜波纹管5等组成。

铜波纹管有十个波纹，其外径为50毫米。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1.5毫米）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

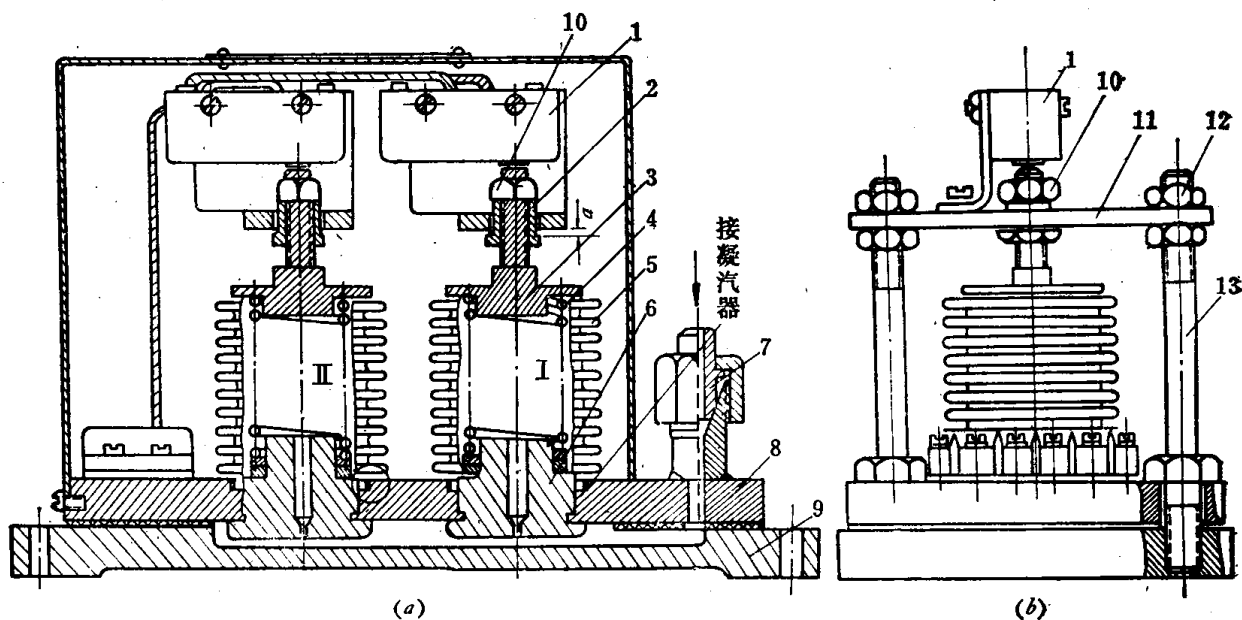


图 1-2 双筒波纹管式低真空保护装置结构

(a)前视图; (b)侧视图

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

空下降值成比例。

当真空下降到650毫米汞柱时, 第I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540毫米汞柱时, 第II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

在组装时, 安装调节板11要使得微动开关的按钮与连杆3的端头之间的间隙为2毫米。转动套筒, 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0.2~0.3毫米。

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700毫米汞柱左右, 然后往下降。当真空下降到650毫米汞柱时, 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540毫米汞柱, 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、低真空保护装置动作试验

在汽轮机启动时, 应对低真空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, 低真空保护装置不投入。当真空抽到大于650毫米汞柱时才投入低真空保护装置, 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地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650毫米汞柱时，第Ⅰ组低真空保护装置应动作，发出“真空下降”声光报警信号。当真空继续下降到540毫米汞柱时，第Ⅱ组低真空保护装置应动作，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 ± 8 毫米汞柱，如动作误差过大时，应切除保护装置，按上述调整方法进行调整。

第二章 汽轮机超速保护

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，致使转速突然上升。

(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

汽轮机各转动部件的强度，一般是根据额定转速的 115% 进行设计的。运行中，若转速超过这个极限，就会发生严重损坏设备事故，例如各转动部件超过设计强度而发生断裂，引起叶轮在轴上松动，造成动静部分轴向碰撞损坏并使机组发生强烈振动等。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转速并设置超速保护装置。一般大

功率机组为了在发生超速时能可靠地实现紧急停机，都装设三套超速保护装置，即危急保安器（或叫做危急遮断器）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值时，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 和危急保安器错油门 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 26 毫米，飞锤飞出的行程为 6 ± 0.2 毫米。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 是由杠杆和错油门 4 及其楔形压板 5 组成。错油门 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 ± 0.2 毫米。

危急保安器错油门 III 由错油门芯 8、弹簧 9 和错油门活塞 10 等部件组成。

危急保安器错油门的行程为 16 ± 0.4 毫米，门芯 8 的行程不小于 8.5 毫米。错油门顶部与危急保安器楔形压板的另一端紧贴在一起。

当汽轮机转速在 3000 转/分时，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 3330~3360 转/分时，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错油门 III 中的门芯 8 击落，将其控制的进油口 12 打开，于是由起动错油门来的压力油进入油室 11。这时，错油门活塞 10 上部油压大于下部油压，使错油门活塞 10 往下移动，打开了泄油口 13，将自动主汽门错油门 IV 下部的开门压力油和调速器错油门下部的开门二次脉动油压（见图 2-2）迅速泄掉，致使自动主汽门和调速汽门关闭而自动停机。

二、危急保安器保护动作的试验和调整

试验方法有两种。一种是不提升转速的试验，这种试验在空负荷或带负荷情况下均能进行。另一种是提升转速的试验，这种试验只能在空负荷情况下进行。