

462224

5244
4518



水利电力部图书馆
基本馆藏

125千瓩

中间再热式汽轮机

华东电业管理局吴泾热电厂

水利电力出版社



125 千 瓩

中间再热式汽轮机

华东电业管理局吴泾热电厂

内 容 提 要

本书比较详细地介绍国产 125 千瓩中间再热式汽轮机的结构和各主要部件的作用。书中以较多的篇幅介绍高参数大容量汽轮机上常采用的新型调节系统，即功率-频率电液调节系统，以及几年来的运行情况 and 重要改进措施。本书以文字介绍为主，辅以各种示意图和装置图，供具有中间再热式汽轮机设备的发电厂汽机工人和专业人员参考，对一般电厂的汽轮机司机和大专院校汽机专业学员也有参考价值。

125 千瓩中间再热式汽轮机

华东电业管理局吴泾热电厂

*

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

中国建筑工业出版社印刷厂排版

水利电力出版社印刷厂印刷

*

1976年10月北京第一版

1976年10月北京第一次印刷

印数 00001—10280册 每册 0.84 元

书号-15143·3152

内 部 发 行

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

打破洋框框，走自己工业发展道路

中国人民有志气，有能力，一定要在
不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

前 言

伟大领袖毛主席教导我们：“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”解放前，贫穷落后的旧中国，不仅没有自己的发电设备制造工业，就是当时使用着的一些陈旧设备，也完全控制在帝国主义手里。解放后，人民获得了政权，在毛主席的革命路线指引下，我国工人阶级发扬了艰苦奋斗的革命精神，立志改变我国一穷二白的落后面貌，坚持走独立自主、自力更生的道路，打破帝修反的封锁，建立起我国自己的发电设备制造工业。从一九五六年投产了国产第一台六千瓩发电机组以来，单机容量越来越大。

无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。史无前例的无产阶级文化大革命，进一步促进了人的思想革命化。我国工人阶级以毛泽东思想为锐利武器，狠批了“洋奴哲学”，“爬行主义”的修正主义破烂货，发扬了“一不怕苦，二不怕死”的革命精神，仅花了十个月的时间就完成了国产第一台十二万五千瓩中间再热、双水内冷汽轮发电机组的设计、制造、安装和调试任务，于一九六九年九月二十一日正式发电，向国庆二十周年献礼。到一九七五年四月底为止，这台机组已累计运行了四万小时以上，发电量达45亿度，为满足我国工农业生产用电的需要作出了贡献。首台十二万五千瓩机组的顺利投入运行，对于我国大容量汽轮发电机组的制造和投产，多快好省地建设社会主义，具有极其重大的意义。

目前，国产二十万、三十万瓩汽轮发电机组相继投入运行。短短的几年，我们的单机容量成倍地增长，新技术也较多地采用，这标志着我国电力工业已进入了一个新的发展水平。这是在毛主席“独立自主、自力更生”的方针指引下取得的，是认真执

行“鞍钢宪法”、贯彻“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的伟大成果；是执行毛主席革命路线的伟大胜利。

随着我国电力工业的飞跃发展，高参数大容量中间再热式汽轮发电机组正在越来越多地安装、投运。为了适应电力工业发展的需要，我们编写了这本书，供同类型发电厂的检修和运行工人参考，以便更好地了解 and 掌握中间再热机组的性能和特点，确保机组的安全与经济运行。

本书由我厂马福荣同志执笔，主要是根据我厂第一台十二万五千瓩机组编写的。在编写时还参考了上海汽轮机厂的说明书及秦岭发电厂等单位的培训资料，编写后又得到上海汽轮机厂和北京热电厂汽机分场的审阅并提出许多很好的意见。我们谨在此对上述单位表示感谢。由于同型机组经过不断改进，各厂的设备结构及运行、检修方面的做法不尽相同，书中内容不一定完全适用。特别是我们政治水平和技术水平不高，可能还有许多错误和缺点，希望同志们批评指正。

华东电业管理局吴泾热电厂

1975年5月

目 录

前 言

第一章 设备概况	1
第一节 总述	1
第二节 汽轮机热力系统	7
第二章 汽轮机主要部件构造	13
第一节 汽缸	13
第二节 进汽部分和高压喷嘴的结构	21
第三节 转子和通流部分	28
第四节 隔板和轴封	33
第五节 汽缸、法兰螺栓加热装置	42
第六节 汽轮机金属温度测点的布置	51
第七节 盘车装置和靠背轮	57
第八节 轴承	63
第九节 自动主汽门、高压调速汽门和中压联合汽门	69
第三章 汽轮机液压调节系统	78
第一节 调节系统	78
第二节 保安系统	83
第三节 供油系统	87
第四节 液压保安系统的主要部件	89
第四章 汽轮机功率-频率电液调节装置	117
第一节 概述	117
第二节 功率-频率电液调节装置主要部件	123
第三节 功率-频率电液调节装置的起动、停机及事故处理	138

第五章 辅助设备	145
第一节 凝汽器	145
第二节 射水抽气器	149
第三节 加热器	151
第四节 给水泵和凝结水泵	161
第五节 除氧器	167
第六节 旁路减温减压装置	172
第七节 抽汽逆止阀	176
第六章 汽轮机的起动和停机	185
第一节 中参数中压汽缸的起动	186
第二节 滑参数高、中压汽缸的起动	190
第三节 热态起动	193
第四节 滑参数停机	195
第五节 起停过程中的控制指标	197
第六节 汽缸加热装置、法兰螺栓加热装置的使用	202
第七章 汽轮机的运行和维护	206
第一节 正常运行限额	206
第二节 正常运行中的维护试验工作	208
第三节 汽轮机主要事故处理	211
第八章 汽轮机五年来的运行情况	217
第一节 设备改进	217
第二节 运行中的异常情况和事故	222
第三节 DG500-180型给水泵的改进	225

第一章 设 备 概 况

第一节 总 述

十二万五千瓩中间再热式汽轮机的型号是 N 125-135/550/550。“N”表示汽轮机为凝汽式，“125”表示机组容量为 12.5 万瓩，“135/550/550”表示机组进入高压汽缸时新蒸汽的压力为 135 绝对大气压，温度为 550°C。经再热后进入中压汽缸的蒸汽温度为 550°C。一般来说，新蒸汽压力为 120 绝对大气压以上的机组者称为超高压机组，新蒸汽压力为 160~170 绝对大气压的机组称为亚临界机组，新蒸汽压力大于 226 绝对大气压称为超临界机组。所以 N125-135/550/550 型机组是属于超高压机组。如我国目前正在运行的 30 万瓩机组，其新蒸汽压力为 165 绝对大气压，属于亚临界压力。

为了提高机组的循环热效率，N125-135/550/550 型机组采用一次中间再热，即新蒸汽由锅炉过热器出来，经过汽轮机高压汽缸做功后，再回至锅炉再热器加热。在额定工况下，高压汽缸排汽压力为 26 绝对大气压，温度为 330°C，经过再热器后，压力降至 23.4 绝对大气压，温度升高至 550°C，回至汽轮机中压汽缸继续做功。一般来说，再热蒸汽温度每提高 10°C，可降低机组热耗 0.2~0.3%。高参数大容量的机组一般都采用中间再热，在同容量、同参数的情况下，与非再热机组比较有如下优点：

1. 采用一次中间再热，可降低机组热耗 4~5%；
2. 新蒸汽流量及给水泵容量可减少 15~18%；
3. 排汽量及凝汽器容量可减少 13~16%；
4. 排汽湿度可减少 6% 左右（中间再热机组的排汽湿度一般为 5~6%）；
5. 由于汽轮机的排汽量减少，末级长叶片通道面积可以相应

减少（末级长叶片可以减短），或长叶片高度不变，可以降低排气余速损失，提高机组热效率。

但是，由于中间再热循环以后，机组结构复杂，高温部分合金钢材约比同容量机组增加35~50%，其他如发电厂投资大、管道布置和运行维护也较复杂。但总的来说，对于容量在十万瓩以上的机组，采用中间再热是合理的，也是目前的发展方向。

N125-135/550/550型汽轮机本体，从车头的1号轴承座到低压汽缸后面的3号轴承座，总长度现为13.5米，低压汽缸的横向宽度为7.34米，本体总重量为310吨。图1-1是汽轮机本体在运转层上的布置总图。

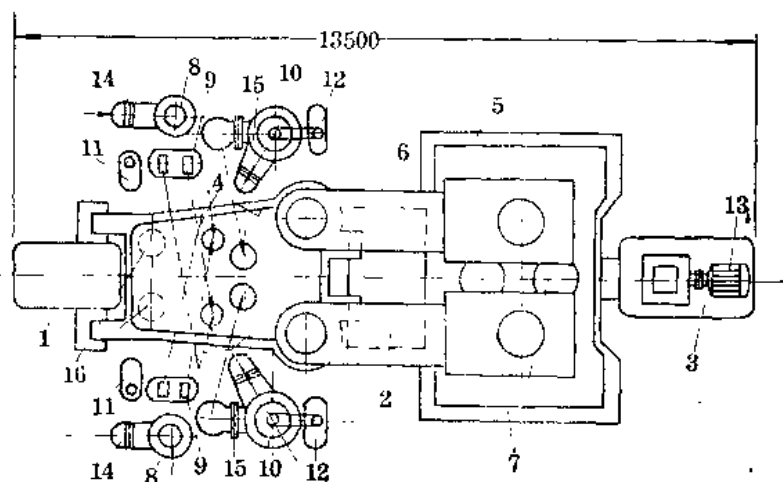


图 1-1 N125-135/550/550型汽轮机本体布置总图

1—1号轴承座；2—2号轴承座；3—3号轴承座；4—高、中压汽缸；5—低压汽缸；6—中、低压联通管；7—低压汽缸安全门；8—高压自动主汽门；9—高压调速汽门；10—中压联合汽门；11—高压油动机；12—中压油动机；13—盘车马达；14—主蒸汽管；15—再热蒸汽管；16—高压排汽口

进入汽轮机高压汽缸的新蒸汽由两只自动主汽门及四只调速汽门控制，一只主汽门和两只调速汽门连在一起，分别布置在机组两侧的基础上，主蒸汽管道以此作为死点。四只调速汽门分别用

四根 $\phi 219$ 的导汽管与汽缸相接。再热蒸汽由两只中压联合汽门控制。中压联合汽门的结构是主汽门和调速汽门设计为一个壳体，用同一个门座供给主汽门门芯及调速汽门门芯之用，因此称之为中压联合汽门。两只中压联合汽门也分别布置在机组中压汽缸两侧，用四根导汽管与汽缸相接。

N125-135/550/550型汽轮机为双缸双排汽，其纵剖面图见图1-2。这种汽轮机的结构特点是高、中压缸合并，高、中压通流部分反向布置，新蒸汽及中间再热蒸汽的进汽部分均集中在高、中压汽缸中部。由于高温区集中，对轴承的工作温度及转子、汽缸的热应力均较有利。低压汽缸为分流双排汽，低压外缸为径向扩压式结构，以降低排汽损失。汽轮机的后轴承座为落地支承，以增强轴承的刚度及防止因排汽缸温度升高而影响机组大轴中心线的改变。

高压转子与低压转子采用刚性靠背轮连接。整个汽轮机为三支点支承，有利于各轴承在运行时负荷分配的稳定性，同时缩短了机组的总长度。低压转子与发电机转子采用半挠性靠背轮连接。

推力轴承设置在中、低压汽缸之间的中轴承座内，是与支持轴承分开布置的。支持轴承采用三油楔轴承。这种轴承能消除油膜油压波动的缺陷，因而承载能力大；又由于在运行中大轴的偏心度很小，故提高了低负荷下的运行稳定性，不易产生振动。

本汽轮机与400吨/小时的锅炉及12.5万瓩双水内冷发电机配套。根据目前电网负荷的需要，适宜于带基本负荷，也可作为调频机组使用。

汽轮机的额定功率为12.5万瓩，经济功率也为12.5万瓩。主汽门前的蒸汽压力正常为 135 ± 5 绝对大气压，主汽门前的主蒸汽温度正常为 $550^{+5}_{-15}^{\circ}\text{C}$ ，即最高为 555°C ，最低为 535°C 。在额定功率时，高压缸排汽压力为26绝对大气压，温度为 330°C ，经再热后的蒸汽压力降至23.4绝对大气压，再热温度正常也为550

+5°C。
-15°C。

汽轮机高压汽缸最大进汽量为423吨/小时，相当于发电机功率为142.942千瓦，这时再热蒸汽流量为344.7吨/小时。汽轮机过负荷时，各监视段最高允许压力如下：

抽汽室序号	调节级后	一	二	三	四	五	六	七
允许最高压力 (绝对大气压)	105	41	29	9	5.2	2.8	0.8	0.18

额定工况时，冷却水温度在20°C、排汽压力为0.05绝对大气压、最后的给水温度为239°C时，汽轮机保证热耗为2050大卡/吨·小时，汽耗为3.1公斤/吨·小时。

在下列情况下，允许汽轮机在额定负荷下长期运行：

1. 主蒸汽压力降至130绝对大气压，主蒸汽和中间再热蒸汽温度降至535/535°C；

2. 冷却水温度升高至33°C，同时新蒸汽参数与通过凝汽器的冷却水流量不低于额定值时；

3. 不抽汽时。

在额定工况下，回热抽汽参数如下：

抽汽级数 参数	一	二	三	四	五	六	七
压力(绝对大气压)	37	26	7.85	4.7	2.5	0.727	0.16
温度(°C)	375.1	331	391	326	255	135	—
抽汽量(吨/小时)	14.24	41.4	4	12.4	20	13.7	8.8

面对汽轮机车头观看时，汽轮机转子以顺时针方向转动，其额定转速为3000转/分。

汽轮机的叶片经过测定，当电网频率为50周/秒时，不会发生共振。不允许汽轮机在电网频率低于49.5周/秒或高于50.5

周/秒时工作。

汽轮机高压转子的临界转速为 1880 转/分，低压转子的临界转速为 4200 转/分。高、中、低压转子、发电机转子及励磁机转子连接后的轴系临界转速：第一阶为 1200 转/分；第二阶为 1900~2100 转/分。

汽轮机具有高速盘车装置，盘车转速为 61.5 转/分，使汽轮机在停用任何时间后能再次起动。在起动前和停机后，将盘车装置投入，能使汽轮机大轴保持最小的弯曲度。当汽轮机起动时，盘车装置会在转子被蒸汽冲动时自动退出，而在盘车中当润滑系统中的油压过分降低时，它也会自动停止。

为了减少盘车的起动转矩从而减小盘车装置电动机的容量，汽轮机设有两台 150~300 大气压的高压顶轴油泵，供给各个轴承的顶轴油压，使大轴能抬起 0.04~0.08 毫米。

汽轮机配有下列辅助设备：

1. 两台 50-ZLQ-50 冷却水泵，用以把冷却水送入凝汽器、冷油器、射水抽气器、发电机空气冷却器及发电机水冷却器供冷却用；

2. 两台 10NL-12 型立式凝结水泵，把凝汽器中的凝结水抽出来，通过回热加热系统进入除氧器进行除氧；

3. 两台 DG-500-180 型电动给水泵，把来自除氧器水箱的给水升压，通过两台高压加热器，进入锅炉；

4. 汽轮机设有两台高压加热器，四台低压加热器。其中末级低压加热器的加热蒸汽由汽轮机第七级抽汽供给，这一级抽汽压力很低，故容积流量很大，抽汽管道很粗。为了简化管道布置及设备布置紧凑，把该级低压加热器卧置在凝汽器的喉部。其缺点是当加热器汽侧满水容易倒灌入汽轮机中去，造成水击事故。为了防止水击事故，在该级加热器上应该设置高水位报警装置；

5. 在回热系统中，设有两台疏水泵，把低压加热器中加热蒸汽的凝结水送入主凝结水的管道中去；

6. 汽轮机配有 N-5700-1 型或 N-7000-1 型表面式凝汽器。它

是在现场直接焊到低压外缸的排汽口上。N-5700-1 型为单流程对分式凝汽器。N-7000-1 型为双流程对分式凝汽器，在运行中可以适当降低负荷进行半面清洗凝汽器；

7. 在凝汽系统中，装有两台射水抽气器，在汽轮机起动及正常运行中，抽出凝汽器中的空气。它的工作水源循环方式有闭式循环和开式循环两种。所谓开式循环，即水由循环水母管来，经射水泵升压至 3~4 大气压，进入射水抽气器工作，工作后的水排入循环水出水渠。所谓闭式循环，就是用专门的水箱蓄水，射水泵从水箱中吸水升压，打入射水抽气器工作，工作后的水仍回入水箱。为了防止水箱中水温升高，影响射水抽气器工作效率，因此定期或连续的向水箱补充一部分较低温度的水。

在汽轮机的轴端，装有迷宫式轴封，用 6 绝对大气压的除氧器汽平衡管的蒸汽，温度约 140°C 左右，作为轴封蒸汽的汽源。轴封外端的漏汽用轴封冷却器吸出。轴封冷却器内 30~50 毫米汞柱的真空是由射水抽气器排水管上设置的喷嘴，利用射水抽气器排水余速建立起的，以保证轴封漏汽不冒向大气。

汽轮机配汽机构的控制，由油动机予以实现。油动机是由错油门控制，错油门则受液压调节系统的阻尼器，即调速器脉冲油压讯号，或功率-频率电液调节系统来的电气讯号，通过电液转换器转变为油压脉冲讯号控制。在液压调节系统中设有启动阀及同步器，在功率-频率电调节系统中设有转速给定及功率给定，分别控制汽轮机的转速或负荷。

汽轮机装有双重的危急遮断装置。当转速超过额定转速的 11~12% 时，危急遮断器立即动作，使自动主汽门及高、中压调速汽门迅速关闭，从而切断通入汽轮机的蒸汽。这时，由于脉冲油压被危急遮断器泄掉，使旁路系统自动打开，锅炉新蒸汽通过 I 级旁路至再热器，再通过 II 级旁路进入凝汽器，达到既保护再热器，又使锅炉能处于低负荷下稳定运行的目的。

当汽轮机失去负荷后转速上升，如危急遮断器没有动作，转速继续升高超过额定转速的 14% (3420 转/分) 时，旋转阻尼油

压达2.925公斤/厘米²及主油泵出口油压达15.08公斤/厘米²，使该两只带接点的压力表同时接通，动作电磁阀，泄掉自动主汽门及调速汽门的控制脉冲油压，使汽轮机脱扣，切断进汽，从而保证汽轮机不发生重大的飞车事故。

汽轮机装有轴向位移保护装置，当转子轴向位移达极限允许值，且推力瓦钨金温度达100°C时，保护动作，关闭高、中压主汽门及调速汽门，及时停止汽轮机，以避免汽轮机动、静部分相碰的危险。

汽轮机装有低真空保护装置，当凝汽器真空下降至600毫米汞柱时，向汽轮机司机发出报警讯号，当凝汽器真空降至470毫米汞柱时，真空继电器动作，关闭高、中压主汽门及调速汽门，使汽轮机停机。

第二节 汽轮机热力系统

N125-135-550/550型汽轮机为超高压中间再热凝汽式机组，因此锅炉与汽轮机的热力系统采用单元制布置。它的优点是：节约钢材、管道阻力小、便于集中控制和管理操作简单等。但也有其不足之处，如停机时就应停炉，或停炉时就必须停机。

本机组的基本热力系统如图1-3所示。汽轮机的新蒸汽由两根 $\phi 270 \times 20$ 管道经电动隔绝门，分别进入位于机组高压汽缸两侧的高压自动主汽门及四只调速汽门，再用四根进汽导管与高压汽缸相接。新蒸汽管道材料为X20CrMoWV121，进入高压汽缸的导汽管材料为10CrSiMoV7。

蒸汽在高压汽缸内膨胀作功后，排汽经两根 $\phi 470$ 的管道进入锅炉再热器加热。高压汽缸排汽至再热器进口的蒸汽管道简称再热蒸汽冷段母管。在靠近汽轮机侧管道上设置有摇板式逆止门，以防止蒸汽倒回入汽轮机高压汽缸中去。再热器冷段母管材料为20号碳钢。

再热后的蒸汽由两根 $\phi 470 \times 19$ 的管道分别进入位于机组中

压汽缸两侧的中压联合汽门，再分四根导汽管进入中压汽缸继续作功。再热器出口至中压汽缸的蒸汽管道简称再热蒸汽热段母管。第一台12.5万瓩中间再热机组的热段母管由10CrMo910和10CrSiMoV7两种钢材构成。

中压汽缸作功后的蒸汽经两根低压导汽管进入低压汽缸，蒸汽作功膨胀后排入凝汽器凝结成水。再由凝结水泵打出，经过轴封加热器及四台低压加热器进入两台225吨/小时，6绝对大气压的喷雾式除氧器，再由4000瓩电动给水泵打出，经两台高压加热器，在额定工况下，将给水加热至239℃进入锅炉。由于锅炉的排污及热力循环中泄漏有损失，需要有一定的补充水量。这补充水由老厂的凝结水或化学处理过的除盐水，由除氧器头部补入。由于机炉在起动过程中，因凝结水水质不合格不能回收，需要大量补水，因此每台除氧器的补水量设计应不少于40吨/小时。

为了适应再热机组的起停需要，保证锅炉在低负荷能稳定运行，同时保证再热器有足够的冷却流量，以保护再热器不干燥，在热力系统中设有两级快速减温减压装置，简称旁路系统。在额定工况下，Ⅰ级旁路蒸汽参数由135绝对大气压降到26绝对大气压，温度由550℃降到330℃，最大流量为120吨/小时，减温水用给水泵出口的给水，其喷水量为20吨/小时。Ⅱ级旁路参数由26绝对大气压降到6绝对大气压，温度由550℃降到160℃，其减温水来自凝结水泵出口的凝结水。

旁路容量的大小是根据锅炉的最低稳定负荷来考虑选择的，N125-135/550/550型机组的旁路容量是锅炉额定容量的30%。

Ⅰ级旁路位于主蒸汽管道与再热器进口冷段母管之间。它的具体布置有两种方案，一种是将减温减压装置靠近锅炉侧布置；另一种是靠近汽轮机侧布置。根据汽轮机热态起动时的需要，Ⅰ级旁路设置在汽轮机侧为宜，这样主蒸汽管道中的低温蒸汽及疏水能及时通过Ⅰ级旁路排除；同时当汽轮机冲转起动时，不会有疏水或低温蒸汽带入温度很高的汽轮机中去。但是也有其不足之处，即在热态起动锅炉点火初期，不可避免地会有冷蒸汽进入温