

107652

TK267
2622

汽轮机设备的运行

(原文修订版)

[苏] Б.Э.卡别洛维奇 任曙译 钱钟彭 校



京电力大 00120463

水利电力出版社

Б.Э.Капелович
Эксплуатация Паротурбинных
Установок

苏联Энергоатомиздат

汽轮机设备的运行

(原文修订版)

Б.Э.卡别洛维奇

任曙 译 钱钟彭 校

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 16.75印张 377千字

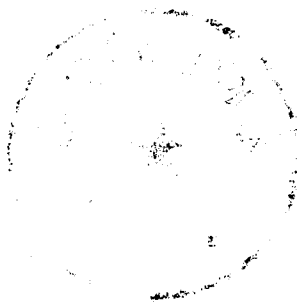
1988年10月第一版 1988年10月北京第一次印刷

印数0001—4310册 定价 6.50元

ISBN 7-126-00356-9/TK·58

内 容 提 要

本书研究了汽轮机启动、停机和正常运行等问题，还研究了调节系统、油系统、凝汽装置、冷却水循环系统和汽轮机动车间辅助设备等的运行问题；特别注意了在单元制中与蒸汽锅炉一起工作的汽轮机运行问题。本书第一版在1975年出版。当准备本书第二版时，考虑到运行技术法规的变化，以及大容量单元制机组运行经验的积累，对本书各章节的内容均予更新。



前 言

近代动力工业的发展,是以广泛采用计算机和自动控制方法的大容量单元制火力发电机组为基础。单机容量的增大和蒸汽初参数的提高,导致汽轮机热力系统、自动调节和保护系统,以及监测和控制系统明显的复杂化;同时,还增加了机组在各种不同热状态下启动的时间。根据近代动力用户耗用电能的特点,提出了对机组高度机动性的要求。而要求增加启动时间这一点,是与机组必须具有高度机动性是矛盾的。

以上所述,均要求工作人员具有较高的专业技术素质,对于汽轮机各个部件和环节的物理过程有深奥的知识,并通晓构成现代汽轮机组运行基础的理论。

本书第一版在1975年出版,任务是试图对有关汽轮机设备运行问题的大量资料,做个系统化总结,其中有运行指导性文件,也有苏联优秀动力企业先进经验条理化的内容。从动力工业各企业和高等院校对本书的评论反映,上述任务已经基本完成。

本书的第二版,同第一版一样,着重对现有资料进行系统化加工,做了大幅度的修订并补充了新的内容。大量修改的章节,有大容量动力机组的启动系统和启动方法。重要的修订和补充的,是专门讨论汽轮机车间的运行组织和启动操作组织的章节。对有关汽轮机快速启动、设备振动的可靠性以及保护设施的试验这几节,增加了内容并重新加以修订。现代单元制动力机组采用电子计算机控制这一节,进行了全部重新改写。

根据在主设备运行方面所作的新的原则性结论意见,当单元制机组承担部分负荷时,应采用蒸汽初参数滑压运行的方法。这种方法近期内获得了广泛的采用,为此专门写了一章。本书还研究了近代动力工业非常紧迫的问题,即电力负荷峰谷差的问题,阐明了不同机组备用方式的对比分析。与第一版相比,本版对机组低周振动现象及其防范措施一节有较多的补充。在有关的章节里还阐述了环境介质的保护问题。本书第一版是以容量为20~30万kW机组的经验为主,第二版则不同,是用更多的篇幅着重研究容量为50、80、120万kW单元制机组的运行问题。这些燃用有机燃料的机组,在第十一个五年计划中,将与核电站机组共同成为苏联电力工业发展的主要基础。鉴于核电站机组的运行具有其独特之处,有关这些机组的运行和管理问题,本书未加阐述。但是,像“汽轮机油系统及其设备的运行”、“凝汽器装置的运行”等若干章节,对于核电站工作人员也是有用的。

本书应用了主要的科研院所和调试单位的大量资料,书中所阐述的各种情况,均以《发电厂和电力网运行技术法规》(第十三版技术法规)有关章节所述内容为基础。

作者衷心感谢全苏热工研究院的老科技工作者,科学技术副博士弗·斯·普宁对本书审定时所给的宝贵意见。

作 者

目 录

前 言

第一章 汽轮机（锅炉-汽轮机）车间工作的组织	1
1.1 工作人员及其组织工作	1
1.2 对值班运行人员的要求，汽轮机（热机）车间运行值班人员的权利、任务和责任	5
1.3 设备运行规程	6
1.4 运行人员的培训	7
1.5 反事故演习	9
1.6 工作场所的组织及其通讯联系	10
1.7 单元控制盘	10
第二章 汽轮机启动和停机	13
2.1 概述	13
2.2 凝汽式汽轮机的冷态启动	22
2.3 背压式汽轮机和调整抽汽式汽轮机的启动	29
2.4 单元制机组启动的特点	31
2.5 装有汽包锅炉的单元制设备启动	34
2.6 装有直流炉的单元制机组启动的特点	35
2.7 汽轮机温态启动	39
2.8 高压汽轮机加速启动的措施	44
2.9 启动操作组织的完善化	48
2.10 汽轮机停机	51
第三章 汽轮机正常运行	59
3.1 运行中汽轮机的监测和维护	59
3.2 蒸汽参数变化对汽轮机运行的影响	60
3.3 汽轮机初压滑压运行	76
3.4 切除部分回热加热器时汽轮机的运行	80
3.5 汽轮机设备的机动性，电力负荷的峰谷差	82
3.6 并列运行机组之间合理负荷分配	89
3.7 汽轮机设备的振动状况	95
3.8 汽轮机通流部分结盐垢，结垢的监督及其防治措施	105
3.9 采用控制和信息处理用的计算机	114
第四章 汽轮机设备调节系统和保护元件的运行	119
4.1 调节系统的特性	119
4.2 单元制汽轮机调节系统的特点	127
4.3 调节系统的故障	129
4.4 汽轮机保护的元件	131

4.5 单元制汽轮机的保护	136
第五章 汽轮机的油系统及油务设施的运行	140
5.1 汽轮机设备油系统的部件	140
5.2 透平油的运行	152
5.3 在汽轮机供油系统里采用抗燃油	164
5.4 防止油中带水和防止油中含空气	169
5.5 发电厂油的贮存和储备定额	173
第六章 凝汽设备的运行	175
6.1 概述	175
6.2 凝汽设备的运行监测, 凝汽器的特性	181
6.3 凝汽器的真空严密性	183
6.4 汽轮机真空系统漏空气地点的查找	187
6.5 凝汽器水侧的严密性	189
6.6 凝结水的过冷却度和含氧量	194
6.7 凝汽器污秽及其清理方法	198
6.8 真空恶化的原因	209
第七章 汽轮机车间辅机的运行	211
7.1 给水泵	211
7.2 除氧器	224
7.3 回热加热器和热网加热器	234
7.4 蒸发器	245
7.5 凝结水泵和循环水泵	249
参考文献	260

第一章 汽轮机（锅炉-汽轮机）

车间工作的组织

汽轮机设备由汽轮机、发电机以及有关的辅助机械所组成，为火力发电厂的主设备。

研究汽轮机设备的运行问题，必须考虑到汽轮机是造价非常昂贵的装备，汽轮机的停运，会给国民经济带来巨大损失。汽轮机事故（或者即使是非计划停机），也可能严重影响到工业企业的生产，造成工业产品减产。汽轮机车间设备的运行，必须要使用转动机械、高压电动机和高电压设备、灼热的蒸汽管道、压力容器、有爆炸危险的气体和有毒的液体，这些对于安全技术问题提出了高的要求。

所有这些情况，要求有一个经过深思熟虑的，汽轮机设备运行的组织方法。它包括订出运行值班人员严格的工作细则，培训干部和鉴定干部的独特方法，制订生产规程和事故处理规程，执行反事故演习以及其它包括《发电厂和电力网运行技术法规》所规定的措施。运行的组织问题和科学的劳动组织问题，对于现代大容量的发电厂，具有特殊重要的意义，这些发电厂是用高蒸汽参数和超临界蒸汽参数的单元制动力机组装备起来的。这些高技术水准的设备，要求具有相应的运行水平。

1.1 工作人员及其组织工作

锅炉-汽轮机车间（简称热机车间）值班人员的组成及其人数，取决于所执行的定额，随着汽轮机型式和容量、它们的组合方式、工作条件、主设备和辅助设备的自动化程度而定。

车间全部值班人员可分为三类：行政技术人员，操作人员以及检修人员。

行政技术工作人员的职责是：

（1）将车间的主设备和辅助设备维持在高技术水平，以保证设备顺利、安全、经济地运行；

（2）在车间组织安装调试和试验研究工作，其目的是使设备运行继续完善；

（3）制订运行规程和事故处理规程，并检查其执行情况，以及检查发电厂和电力网运行技术法规的执行情况；贯彻落实部电力网运行技术总局所颁发的运行及反事故通令，并检查其执行情况；

（4）在车间内组织合理化工作和实行合理化建议；

（5）进行车间的反事故演习和消防演习；

（6）假如检修人员属于车间管辖，则组织车间内的检修工作；假如检修工作由检修车间或外来单位承担，则检查检修的工作质量和完成时间；假如在车间内进行安装工作或用安装机构的人力来进行主设备的改造工作，则检查其安装工作的质量；

(7) 检查车间的工具、材料、工作服以及特需供给等的供应情况;

(8) 培训、鉴定、分配运行工作干部, 以及检修值班人员(如该部分人员系属车间管辖);

(9) 管理技术文件和报表, 编排好值班班次人员表, 编制值班人员轮班工作表, 以及编制人员公休全年轮换表。

值班操作人员的任务是:

(1) 保证车间内主设备和辅助设备无事故、安全和经济地运行;

(2) 保证在给定的供热和电能质量参数下, 按电负荷和热负荷的调度曲线完成任务;

(3) 保持设备及各自工作场所的整洁。

检修工作人员的职责是:

(1) 在规定的检修期内, 保质保量地完成车间主设备和辅助设备的检修任务;

(2) 执行检修任务时, 遵守所有的安全技术规程和防火技术规程。

行政技术人员是指车间主任及副主任、分管运行和检修的工程师以及负责车间管理工作的一般技术人员。对非单元制类型的机组设备, 每班的值班工作人员, 以班长为首, 由汽轮机司机及其助手, 给水泵司泵, 循环水泵司泵, 除氧器值班员和供热设备值班员组成。所有汽轮机司机都受班长和司机长管辖, 当具有很多台汽轮机组时, 才设置司机长。当每台汽轮机受该台的司机及其司机助手管理时, 司机助手直接受司机的管辖。如果凝汽设备间管理范围扩大, 则司机助手可以直接受司机长管辖。

每班值班人员的配置, 按设备昼夜运行、人员循环轮流来计算, 并计及休息日、公休假日和病休时可能的顶替。

采用单元制设备后, 重新考虑了有关单元制设备行政管理和操作管理结构的情况。鉴于单元制设置的条件下主设备锅炉与汽轮机构成单元, 已成为统一的工艺对象, 具有统一的控制、相互关连的调节、自动和保护系统, 因而将锅炉与汽轮机的操作控制合并为一个单元控制盘更为合适。联系到这些情况, 认为旧式车间的体系, 如单独的锅炉车间和汽轮机车间, 对于目前的这些发电厂就不再合适了。在单元制机组的发电厂, 将这样两个车间合并为一个锅炉-汽轮机车间(热机车间), 能更有效地领导值班人员以及检修人员的工作。

在具有不同类型单元制的发电厂, 或者虽属于同一类型但单元制机组超过八台的发电厂, 容许组成两个热机车间。超临界参数的发电厂, 主要属于这种情况。

在那些既有单元制又有非单元制动力设备的混合式发电厂, 当存在两个单元以上时, 单元制的那部分组成热机车间, 与发电厂非单元制部分的车间结构体系无关。这时, 非单元制的部分, 通常也组成独立的锅炉汽轮机车间。

对单元制机组的发电厂, 组织统一的热机车间, 由于车间内部减少了一些工作职务和车间内部工作人员的指挥调度更加灵活, 因而可以减少许多值班工作人员。

鉴于大容量电力设备的经济和安全运行, 在很大程度上取决于能否正确地设置干部, 这些问题已由主要的设计机构慎重地进行了研究。

表 1.1

国营地区发电厂特征			锅 炉 汽 轮 机 车 间							
总容量 (MW)	单元制个 数及功率 (MW)	燃 料	车间工作人员数(人)			操 作 人 员			共计人数 (人)	一个单元制 工作人员数 (人)
			技术 人员	工 人	小 计	技术 人员	工 人	小 计		
1200	4×300	煤, 重油	5	11	16	5	107/125	112/130	128/146	32/36.5
			5	7	12	5	76/80	81/85	93/97	23.25/24.25
1800	6×300	煤, 重油	6	14	20	5	161/187	166/192	186/212	31/35.33
			6	9	15	5	102/111	107/116	122/131	20.33/21.83
2400	8×300	煤, 重油	6	18	24	5	200/236	205/241	229/265	28.6/33.12
			6	12	18	5	133/142	138/147	156/165	19.5/20.62
3000	10×300	煤, 重油	11	22	33	10	261/305	271/315	304/348	30.4/34.8
			11	16	27	10	175/188	185/198	212/225	21.2/22.5
3600	12×300	煤, 重油	11	27	38	10	305/354	315/364	353/402	29.4/33.5
			11	18	29	10	201/215	211/225	240/254	20/21.16

注 分子表示独立单元制的工作人员数；分母表示双炉单元制(扩大单元制)的工作人员数，或装有双炉膛锅炉的独立单元制工作人员数。

表1.1列有国营地区发电厂容量为30万kW单元制的热机车间值班工作人员的人数。

当发电厂燃用气体燃料时，计算运行值班人员的总人数要乘一个系数，其范围为0.8到0.94，取决于气体燃料在发电厂燃料总平衡中所占的份额。发电厂装有ΠТ-135/165-130/5，Т-175/-130及Т-250/300-240型汽轮机时，值班人员的定额，可按容量为15，20和30万kW凝汽式单元制动力机组的人数制定，考虑检修人员时再乘以1.1系数追加。

对于地处极北边疆地区的发电厂，值班人员的定员增加6.7%，对于一些发电厂，其所在地区条件与上述地区情况相当，则增加定员4.5%。

定员标准是以熟练掌握单元制设备，并安全运行为出发点。在启动调试阶段，值班操作人员的人数可能要增加一些。

在掌握动力单元制设备的试运阶段，补充设置下列工作岗位(掌握一个单元制动力设备)：

当容量为30万kW的单元并燃用煤或重油，或容量为15万和20万kW动力单元并燃用煤时，

锅炉设备的巡视司炉——1个工作岗位(5名)；

汽轮机巡视司机——1个工作岗位(5名)；

值班电工——1个工作岗位(5名)；

当容量为15万和20万kW动力单元并燃用重油时，

锅炉或汽轮机设备巡视司炉或司机——1个工作岗位(5名)；

值班电工——1个工作岗位(5名)。

在启动调试阶段，按规定可补充增加检修作业定员的人数(掌握一个动力单元)；

当容量为30万kW单元并燃用煤时——10名；燃用重油时——8名。

当容量为15万和20万kW单元并燃用煤时——7名；燃用重油时——5名。

掌握新设备的额定期限也有规定，容量为30万kW的单元制动力设备，其期限规定为：燃用固体燃料的机组——12个月，燃用重油和气体燃料的机组——9个月。

掌握容量为15万和20万kW动力单元制的期限：燃用固体燃料——9个月，燃用重油和气体的机组——6个月。

热机车间的行政管理和操作指挥的典型图例，见图1.1和1.2。操作管理示意图所列数字大致符合容量为240万kW、单元制机组容量为30万kW燃用固体燃料的发电厂。

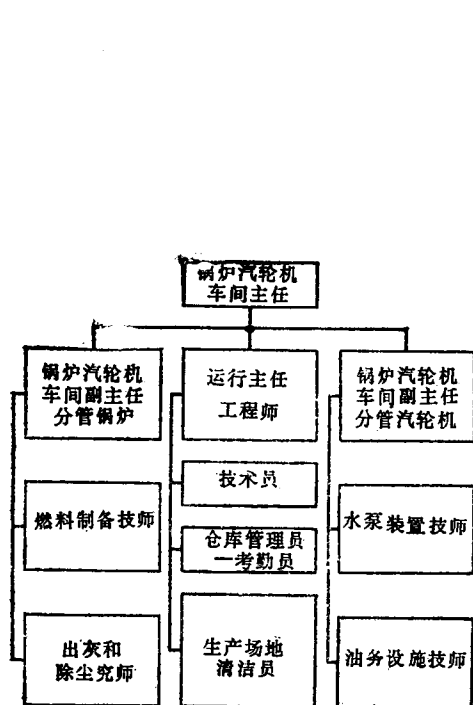


图 1.1 容量为15-20万kW单元制热机车间行政指挥系统示意图

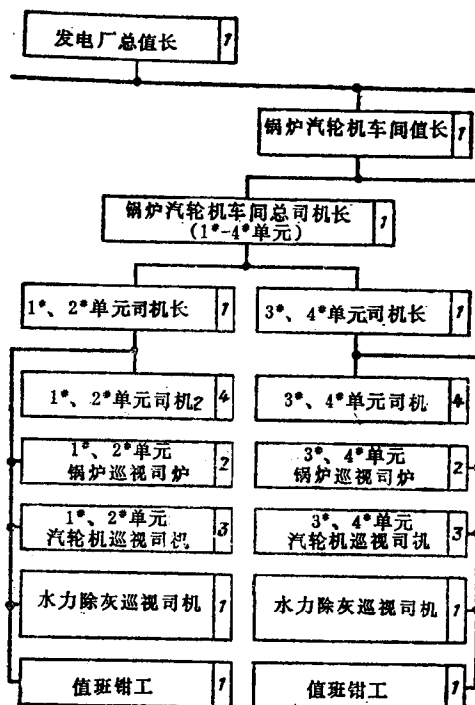


图 1.2 容量为30万kW单元制热机车间*1-4单元操作指挥系统示意图

热机车间工作人数，是根据先进的单元制机组发电厂的运行经验制订的。随着自动化和遥控技术的发展，以及计算技术的采用，有可能继续削减运行值班人员数，而单元制动力设备运行的安全性并不降低。

管理现代化发电厂这样复杂的对象及其下属主要部门，需要在科学化的劳动组织的基础上，不断地完善管理工作的组织原则。

发电厂的发展方向之一是，采用无车间的结构。发电厂的生产设备和工作区域，划分为独立的部分，这个原则适合于容量不大和中等容量设备的运行。当管理大容量单元制设备的发电厂时，这个原则就具有明显的缺点。将汽轮机车间和锅炉车间合并为统一的热机车间，以及设立统一的检修车间，是消除这些缺点的第一步。向无车间（职能分工）形式管理的过渡，是这个方向的继续发展。

在旧生产车间，领导人和工程技术干部对其所管辖范围内的所有活动负责，这种旧结构为新的管理结构所替代，实行高质量的新结构——一科，它们负责解决全发电厂同类型的问题。下列各科属于这个结构：运行科，检修科，改进与监测科，机械化与运输作业科，经营科。

最重要的头三个科，由总工程师及其两名副手领导，其中改进与监测科由总工程师掌管。这样可使总工程师具有最佳手段来履行自己的主要职责，决定整个企业的技术政策，运用先进的工艺和科学的劳动组织，监督发电厂的主要各科的工作。

企业无车间（职能分工）的结构，使得管理更加具体，更有效率，提高每个人员承担自己工作部分的责任心，鼓励运用先进经验，使得能继续削减值班管理人员的数额。这种管理形式给企业以动力，在国外已经广为付诸实践，在苏联目前正在一座大容量发电厂里试行。

1.2 对值班运行人员的要求，汽轮机（热机）车间运行值班人员的权利、任务和责任

汽轮机（热机）车间的每个工作人员参加工作之前，必须经过体格检查。没有禁忌征候的人，才容许进入该车间工作。车间的工作人员无例外地、应该学习与专业有关的安全技术规程并通过考试。工程技术人员必须具有高等或中等专业教育程度，具有发电厂运行专业的理论知识和实际工作的经验。每个班的操作人员，不仅应该熟悉自己的工作岗位，还应熟悉受其管辖值班人员的工作岗位。

当班人员在自己的工作中，应该遵守下列规章制度：

- （1）发电厂和电力网运行技术法规；
- （2）发电厂热机车间工作人员安全技术规程；
- （3）岗位职责规程，运行规程以及事故处理规程；
- （4）发电厂内部的规定（厂规）；
- （5）车间防火规章，消防用水配置系统图和灭火规定；
- （6）有关公民保卫的规程。

汽轮机（热机）车间的当班人员，具有双重隶属关系，在行政上他属于车间领导管辖，在操作体制上受上级操作人员指挥。行政技术工作人员，一般不干预操作工作。只有当设备进行试验时进行安装调试工作或者消除故障时是例外，此时，车间主任或副主任可以亲自指挥，并对由此而产生的情况负全部责任。

车间内所有的业务关系，应该建立在一长制的原则基础上。对于当班的值班人员，上级操作系统领导的指示就是命令。不得发出与法规、现场运行规程规定有矛盾的指示。只有根据发电厂总工程师亲自发出的命令，在很短的运行时间内违反了规程的运行可作为例外。这种指示应记录在当班的日志里，或者登录在总工程师的命令簿里。

职责规程规定交接班业务的细则。在处理事故时，重要设备进行切换时，或者主设备正在启动或停机的操作期间，不允许进行交换班。当设备故障或运行工况异常时，只有在

车间主任决定允许时才能接班。车间当班的工作人员，按照值班表进行值班，该值班表是经过车间主任或运行副主任批准的。值班人员不准违反值班表。在特殊情况下，经过车间和班里领导的同意，才允许变换值班人员。接连值两个班是不允许的。当班的值班工作人员缺勤时，工作人员必须将此情况报告车间领导，并坚持在自己的工作岗位上，直到接班的人员到来为止。

值班工作人员对下列情况负有责任：

(1) 违反现行规章、制度、通告、技术法规、安全技术规程及其他等，特别是对于由此而导致的设备损坏、障碍或人身伤亡；

(2) 没有贯彻执行车间领导或操作系统上级领导的命令；

(3) 没有履行或没有及时履行自己的职责，以及没有充分行使自己的权利，特别是对于由此而发生的事故，造成的障碍或人身事故；

(4) 错误的命令或行为，造成生产上的事故或人身事故；

(5) 不正确或未及时填写报表：值班日志，申请单，工作票等；

(6) 违反发电厂的内部规定（厂规）；

(7) 设备运行经济性差，造成燃料消耗超标或厂用电增加。

犯有上述行为，应受到纪律处分，包括批评，警告，降职一个时期，免职。在这些处分中，最严重的情况下，不排除追究刑事责任。当违反和没有执行安全技术规程有关的规定，违反现行运行规程和事故处理规程，以及违反法规时，有严重过错的工作人员，应该就这些问题进行定期考试以外的考试。必须指出，根据现行条例，行政领导和操作值班人员，对其所领导下的工作人员不正确的行为，应负有责任。

对长期以来，无懈可击地、无事故地工作，以及在排除故障时，有积极主动和随机应变的表现的值班工作人员，应给以奖金，表扬，提高他们的工资（在工资编制表的限值内），提升其职务，并将其列入光荣榜，以及其他社会团体（指工会、共青团等）的奖励措施。

1.3 设备运行规程

苏联所有的发电厂所执行的最重要的运行规程，是运行技术法规。该法规由苏联动力和电气化部部长所批准，凡各部和各部门所属的发电厂、电力网和热力网都必须执行。运行技术法规包括了汽轮机车间设备的组织运行和检修的主要定额标准。运行技术法规吸收运行经验总结的意见，系统地修订和重版。运行技术法规新版本出版发行后，旧版本即自行失效。

在运行技术法规基本规定的基础上，考虑到制造厂的要求和主要的科研、调试机构的建议，制订适用于当地运行条件的职责条例、生产规程和事故处理规程。这种规程条例由热机车间领导制订，经发电厂总工程师批准。按每台具体的汽轮机，这些规程条例对于运行技术法规都有更详细的阐述，但是其中任何一个章节，都不应该违反运行技术法规所对应章节的内容。发电厂所有的工作人员和领导人员，都必须通晓运行技术法规。

职责条例规定着:

- (1) 对工作人员的基本要求;
- (2) 从属关系;
- (3) 工作区域;
- (4) 权利与义务;
- (5) 责任。

生产规程规定:

- (1) 交接班制度;
- (2) 正常运行期间, 设备巡视、调节和管理制度;
- (3) 设备启动和停机操作的顺序;
- (4) 备用设备的检修、维护、试运行制度;
- (5) 不同参数容许波动的极限值(主蒸汽压力和温度、凝汽器压力、监视级压力、油压和油温以及其它)。

事故处理规程规定:

- (1) 汽轮机设备的事故工况;
- (2) 不同性质事故的处理顺序。

除了运行技术法规以外, 情况通报、运行和反事故通报、指令、由动力和电气化部出版的典型规程, 以及制造厂的文件, 均为编制规章的基础。必须为每台汽轮机设备单独制订生产规程和事故处理规程。对于这些规程和条例, 必须考虑到每台机组设备结构上的特点和现场条件。职责条例对所有的发电厂和电力网都属典型规程。

准确地、严格地贯彻运行规程的所有条款, 是设备无事故和经济运行的保证。应该特别注意事故处理规程的制订和掌握, 几乎所有汽轮机设备发生的事故都是很快的, 并且带有扩展的趋势, 因此, 值班人员必须能够极其迅速地判断出现事故的征兆, 并采取一切手段以消除事故状态。

1.4 运行人员的培训

在保证汽轮机设备无事故运行中, 运行人员的培训制度, 起着特殊作用。该制度包括:

- (1) 学习运行技术法规及各种规章制度;
- (2) 学完应知的工艺技术;
- (3) 在工作岗位上实习;
- (4) 进行考试;
- (5) 考察工作时期。

学习运行技术法规和学习现场规程, 是运行工作人员的基础准备。这项工作是以自学和伴之以在现场熟悉设备方式进行的。

学完应知的工艺技术, 与单纯学习规程相比, 其本身就是更高一级的学习阶段, 因为

应知的工艺技术的课程表中，规定要学习汽轮机原理，热力工程学，水泵理论和其他技术课程。按照工艺技术应知的内容，应委托最熟练的工程技术人员进行授课。

全体车间工作人员必须履行在工作岗位上实习，不受过去受教育程度的约束。目前所有的发电厂已作这样的规定，规定任何一个职务都要实习，从最低职务的工作岗位开始。这种要求同样适用于工程技术职务人员。培训高级熟练技能值班人员的第二种办法是，从低一级职务中选拔最积极主动和有培养前途的工作人员，同时必须经所在高等学校或职业学校进行夜校或函授的业余学习。在低一级的工作岗位上实习结束后，应在自己工作岗位上进行长期实习，并由在该职务上技能最熟练的专家给予指导。实习期满后，需通过专门委员会的考试，只有在这时，才容许独立工作。考试成绩载入证明记录。通过职务技能的考试，并不免除重复性学识考核、学识考核是按照早些时候制订的进度表系统地进行的。

近来，培训的技术方法广为传播。这些方法有：在一个专门的操纵台和练习台上学习；采用自动考问机；设计出设备的体积模型，单个配件。以及机械的动作模型等。

最简单测验技术知识的方法是自动考问机。这些考问机具备多种型式，但他们的基本原理，总的是在于学习者应对所提问的问题，须从若干解答中，选择正确的答案。为此，在特制的墙上或屏幕上，显示出应考者必须回答的问题，在旁边的屏幕上显示出一系列的回答。但这些回答中只有一个是正确的。应考者选择回答，按对应的按钮，然后机器就会给出《正确》或《不正确》的信号。亦有机器能汇总应考生对所有问题的回答，并按五分计分制给出该项技术知识的最终成绩。这类机器的最大优点，在于能够独立地测验自己的知识。但是这种测验知识的方法，是不能代替考试委员会所进行的考试的。

采用专用的模拟操作台的练习台是非常有效的培训方法。借助于练习台，操作人员学习主设备和辅助设备的启动和停机的主要操作，以及最有代表性的事故状态的处理。采用练习台可以缩短实习期，这样培训出来的实习生，当他走向独立工作时，将显示出更为良好的精神状态。

培训技术方法的进一步发展，是建立区域性教育-培训中心，专为操作人员成批地综合性学习，采用新的学习方法和测验方法。这些中心必须既完成初始培训的功能，又承担值班人员再教育的使命。这里可以进行地区性的操作人员专门技能的比赛，这里是造就高级熟练技能专家的重要环节。

建立在特利波尔国营地区发电厂（Трипольская ГРЭС）的教育-培训中心，按照苏联动力和电气化部所作的相应决定，设有学习和测验的各班级，均装备有最先进的设施。培训中心重要的部分是心理物理实验室，拥有测验操作人员对职业适应性的功能。

培训的初始阶段，有分组的和单独的程序设计教育的班级，装备有电视机，录相机，已经设计好程序的教具和教练机器。

随后的培训，在分区练习台的班级里进行，以及在中央练习台进行，该中央练习台模拟整个单元制机组的控制台。

教育-培训中心的建立，可以迅速提高学习质量，并缩短干部培训的周期。

1.5 反事故演习

反事故演习，是工作人员在工作岗位上训练处理事故方法的有效措施。

进行反事故演习的目的在于：

(1) 考核值班人员对于设备、热力系统、运行技术法规、生产规程和事故处理规程的知识；

(2) 发展到能自动采取典型事故的处理方法；

(3) 培养对很少机会发生因而在实际工作中值班工作人员未曾遇到过的重大事故处理的熟练技巧；

(4) 对操作人员在事故状态条件下工作的精神准备。

反事故演习分为车间的和整个发电厂的。

车间的反事故演习是在车间主任的领导下进行的，带有局部性质，不牵涉到其它车间的设备。

整个发电厂的反事故演习，是在发电厂总工程师领导下进行的，尽可能包括该值的全部运行人员。

演习题目的选择，要考虑到设备的特性和技术状态、常见的事故和故障，以及相类似设备在发电厂发生的事故。演习的选题还必须考虑到当地的气象条件、水文条件以及地震条件。

最危险的事故是要向其它对象扩展事故状态的那些事故。在组织事故演习中，正是要彻底演习这些情况。此时，在事故处理上，可能由于意外的条件（自然灾害、火灾及其他等）而增加困难。反事故演习的题目，事先是不告诉值班人员的。

反事故演习的领导人，务必详细地编制反事故演习的组织提纲，并领导进行演习。在提纲中，必须事先考虑好设备的工况、热力系统、演习课题的解答方案、监督人员按工作岗位的配置、假设的信号以及联系顺序。

值班人员的反事故演习，通常是在机械上和设备上悬挂上“已断开”“已合闸”“已投入运行”“停止运行”等标志。

进行操作的次序和在系统里切换部件所花的时间，由在工作场地的观察员记录下来。

演习结束后，要分析每个演习参加者和全值整体的行动。在演习期间，对于犯过差错和发生过不正确的动作者，必须给以补充指示，进行计划外的演习，或者进行额外的知识考核。假如大多数演习的参加者获得的成绩不好，对这个题目的演习必须重复进行。假如在演习进行期间，发现了某种应采取的事故处理措施，则必须将它记录在反事故演习的日志里，在这之后，车间主任必须实行这些措施。

在单元制设备时，所有的切换操作，都在单元控制盘上实现。这时，反事故演习可以用贴标签和贴字条的办法实现，但是最优质的演习，是在专用的模拟控制台的练习台上进行的，当时的事故状态，则由另一个指导员的控制台发出来。

1.6 工作场所的组织及其通讯联系

车间值班工作人员的工作场所，必须这样来组织：能保证安全工作，对运转着的设备视野好，距离控制设备和监测仪表近。工作场所的环境条件，对于工作人员的正常活动，具有重大意义，这里是指的照明度，空气调节，低噪音。工作场所必须配置全套必需的系统图表，生产规程和事故处理规程，设备技术特性，部套图纸，工况的记录和图表。最重要的操作系统图，布置在工作场所，必须配以专门的玻璃框架。这些系统图必须尽可能用彩色图，并带有阀门编号的标志。最先进和最方便形式的系统图，是助记忆的系统图，上面带有远方控制开关的状态，并有调节机构状态的信息化表示。这些系统既广泛应用于主控制盘，也广泛应用于局部控制盘。工作场所必须供给必要的文件资料：日报表，通知单表格，值班日志，命令记录本，设备缺陷登记本。工作场所要配备齐全必需的规程，备用的监测仪表，补充润滑油的设施，衬垫材料，手电筒和工作服。所有的工作场所应设有急救药箱和单独的消防设备。值班人员无差错和积极主动地工作，在很大程度上取决于工作场所的正确组织。因此，工作场所的完善，必须是劳动组织的科学化计划的首要任务。

对于值班人员精确的工作和迅速消除事故，具有重大意义的是正确地安排好工作场所之间的通讯联系。

在汽轮机车间和锅炉车间采用下列几种通讯联系的形式：直接对讲话筒，机组联系信号装置，电话和高音通讯设施。直接对讲话筒是汽轮机司机与其在凝汽器标高位置的司机助手之间主要的通讯手段。直接对讲话筒装有声光信号，以资引起工作人员对呼叫的注意。随着司机助手扩大其管理设备的区域，直接对讲话筒将丧失其意义。

机组联系信号装置是汽轮机司机与电气主控盘通讯联系用的，借助于它，从这一端或从另外一端，可以给出简单词汇的命令，像“注意”“增加”“减少”“机组在危险状态”等等。机组联系信号装置的小方格是作声光信号用的。

在发电厂内采用电话，可以对电厂内任何一个设电话点进行通讯联系，也可以用作操作的通讯联系。前一种为通过交换台和电话总机相联系的电话，后者则为直通电话。由于从工作场所彼此通话点数量有限，通常这些电话广泛采用带键盘呼号的电话，它可以加快呼叫用户的过程。由于工作场所噪音很大，电话装设在隔音的小亭子里，采用声光信号，以显示有电话呼叫。

近来，发电厂广泛采用高音通讯手段，这个系统包括安装在工作地点的大功率扩音器和保证双方通讯的麦克风（微音话筒）。这种通讯手段很能随机应变，在处理事故时特别适用。由于使用了麦克风，对于发生在车间的事态情况，全体运行人员和行政管理人员都能瞭解，此外，还能使车间主任或总工程师参加处理事故。但在正常运行条件下，这个通讯设施一般只用作找人的通讯手段，并不建议采用它作为长时间的通话手段，因为它将增加车间的噪音，并且分散值班人员的注意力。

1.7 单元控制盘

主设备结构采用单元制后，自然要过渡到这些单元新的控制原则。这些原则是组成单

元制设备单一的中央控制系统，所有该系统的部件均安置在单元控制盘上。

单元制控制系统本身包括监控仪表，自动仪表，事故报警和远距离控制。单元控制盘还有与工作场所及中央控制盘的通讯联系。此外，如事先设计了安装计算机设备时，在单元控制盘上还安装有控制和信息计算机。

控制系统的所有元件，都布置在操作桁格和控制台上。在单元控制盘上也布置有电气桁格：发电机—变压器单元，操作工艺保护，调节器，电源，中央信号和其它非操作的桁格。在控制台上，布置有阀门远距离启闭和电动机的操作把手，藉以对单元制机组进行启动，停机和正常运行。备有助记忆系统图和事故信号的桁格，无论在正常运行条件下或在事故条件下，都可以减轻操作人员的工作。从单元控制盘上，也可以将发电机并网。

根据已定型的实践，可以在一座单元控制室内，布置两组单元制设备的控制。它可以扩大其控制的区域而不降低运行的可靠性。

应该指出，目前，即使对同一类型的设备，也还缺乏这种布置桁格和控制台的统一规范。其原因是如何对单元制监控各元件进行最方便和最合理的布置还在寻求中。图1.3展示容量为20万kW单元制机组的单元控制盘的平面图。该控制盘的控制台和操作桁格采用闭合型布置方案，两台单元制的桁格对称布置。每台单元制机组布置九个操作回路的桁格：01—发电机，02—厂用变压器，03到06—汽轮机，07到09—锅炉；其余的桁格属于非操作回路用。

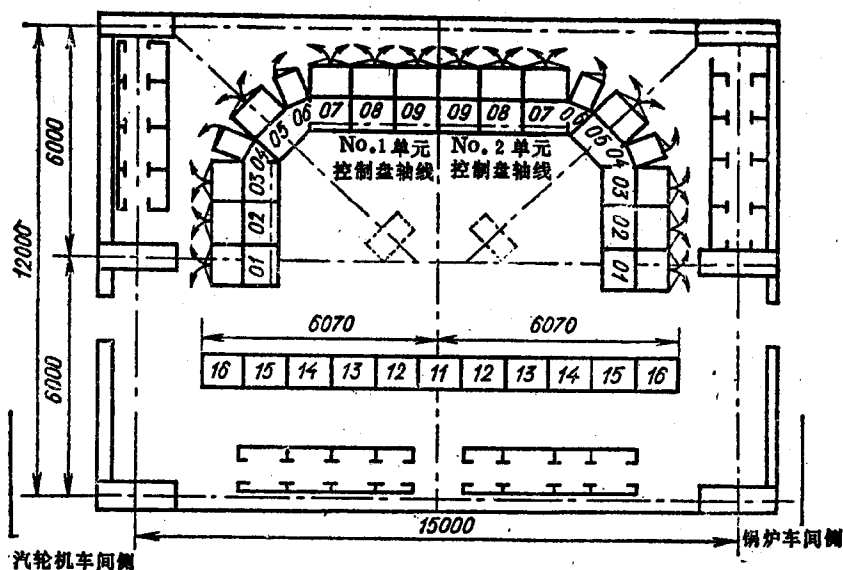


图 1.3 单元控制盘的平面图

采用单元控制盘，可以将单元制机组所有的控制集中于一个地方，使得设备的运行能够更加随机应变，在事故情况下尤其如此。现代设备的自动化、测试技术和远距离控制，已达到了高水平，保证了这个问题的解决。随着中央控制方法的实现，由于废除了永久性工作地点设在靠近运行设备的地方，改善了安全工作的条件；单元控制盘的隔音设施，良