

DIANLI SHEJI ZHUANYE GONGCHENGSHI SHOUC

电力设计专业工程师手册 ——火力发电部分

机务篇

中国电力规划设计协会 组编
杨旭中 于长友 康 慧 编著

武科大图书馆



A1089016



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANLI SHEJI ZHUANYE GONGCHENGSHI SHOUC

电力设计专业工程师手册 ——火力发电部分

机务篇

中国电力规划设计协会 组编
杨旭中 于长友 康 慧 编著



武科大图书馆



A1089016



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电力设计专业工程师手册. 火力发电部分/中国电力
规划设计协会组编; 杨旭中, 孙旺林, 武一琦主编.
北京: 中国电力出版社, 2011. 3

ISBN 978-7-5123-1487-0

I. ①电… II. ①中…②杨…③孙…④武… III. ①火
力发电-电力系统-设计-手册 IV. ①TM7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 036136 号



中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 3 月第一版 2011 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.25 印张 236 千字

印数 0001—3000 册 四篇合定价 160.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《电力设计专业工程师手册——火力发电部分》

编 委 会

主 任 李爱民

副主任 张昌斌 陈 嬿

主 编 杨旭中 孙旺林 武一琦

编 委 杨旭中 孙旺林 武一琦 陈 嬿 宋璇坤

张政治 于长友 康 慧 石 诚 闫欣军

张蜂蜜 张 刚 李炳益 徐文明 柴 玮

黄 亮

审 核 汤蕴琳 许继刚 郑慧莉 王宏斌 魏 桓

孙 进

前 言

根据中国电力规划设计协会 2010—2012 年培训计划,为提高火电专业技术负责人的政策理解、规划和专业技术水平,协会组织行业内的资深专家,编写了本手册作为培训指定用书。

作为发电专业技术负责人,均已具备多年的工作经验,熟练掌握了本专业所需的基础知识,因此,本次培训主要针对目前咨询设计工作中,与本专业有关的重大问题与疑难问题,进行阐述。

《火力发电厂设计规范》修订工作已近完成,本手册的编写主要依据其报批稿,同时,参考了相关的专题调研报告,增加了编写者的一些认识与建议,作为解决有关重大问题和疑难问题的参考资料。

本手册分为综合篇与三个专业篇(机务篇、电控篇、土水篇)两大部分,共计四篇。其中综合篇中涉及的多专业公用的技术性较强的内容,已分别编入各专业篇中,以免重复。

本篇为机务篇。其中第六章由于长友同志编写,第九章和第十章由康慧同志编写,其余各章均由杨旭中同志编写,并负责全书统稿。第四章由王宏斌同志校核。

本篇第二、三章为综合技术内容,在电控、土水专业公用部分讲课时,亦供使用。

在编写过程中参考了大量书籍(见参考文献)与有关单位资料,并得到中国电力工程顾问集团公司领导及同仁的帮助,在此一并致谢。

本手册同时可供从事火电建设、投资、咨询、设计、制造、施工、监理、调试、运行、教学及管理工作的同志参考。读者如有修改、补充建议,请及时告知编著人员,以便在使用过程中动态调整,不胜感激,预为致谢。

编者

2011年3月15日

目 录

前言

第一章 综述	1
第一节 专业设置	1
第二节 编写原则	2
第三节 专业协调	2
第二章 机组参数选择	4
第一节 标准化要求	4
第二节 机组容量	7
第三节 新蒸汽参数	12
第四节 机电匹配与额定功率	15
第五节 机炉匹配与裕度选择	18
第六节 供热机组	19
第三章 主厂房布置规划	29
第一节 布置格局改革	29
第二节 标准化文件	31
第三节 主厂房布置相关问题	33
第四节 主厂房布置格局案例	37
第五节 “十五”以来的新发展	42
第四章 输煤部分	48
第一节 概述	48
第二节 卸煤设施	50
第三节 储煤设施	54
第四节 运煤系统	57
第五节 循环流化床锅炉	59
第六节 几类电厂的特殊要求	62
第五章 锅炉部分	65
第一节 炉型选择	65

第二节	烟风系统	67
第三节	制粉系统	71
第四节	燃油系统	73
第五节	其他辅助系统	76
第六节	循环流化床锅炉	77
第六章	除灰渣部分	80
第一节	概述	80
第二节	副产物特性	82
第三节	厂内除灰渣系统	82
第四节	厂外除灰渣系统	90
第五节	副产物综合利用及其对除灰渣设计的要求	91
第七章	汽轮机部分	94
第一节	四大主管	94
第二节	超临界机组旁路系统	95
第三节	给水泵	97
第四节	空冷机组	99
第五节	热电联产机组	100
第六节	燃气轮机电厂	105
第八章	大气环境治理措施	108
第一节	概述	108
第二节	除尘	109
第三节	脱硫	114
第四节	脱硝	124
第九章	暖通空调	134
第一节	概述	134
第二节	采暖热媒选择	134
第三节	制冷方案	138
第四节	地下卸煤沟通风除尘	140
第十章	劳动安全与职业卫生	147
第一节	概述	147
第二节	工作程序	147
第三节	投资分析	149
第四节	事故案例	152
参考文献		158

第一章 综 述

第一节 专 业 设 置

（一）国际惯例

新中国成立后，受西方列强封锁，基于社会主义计划经济体制，基本建设管理机制全面向苏联学习，实行的是“大设计”的概念，即从规划选厂、工程选厂、初步设计、施工图、工地服务直至竣工图，全过程均属于设计工作。

从改革开放起，我国逐步引进了西方发达国家的经验，即采用“大咨询”的概念，组建的咨询公司，可以提供从规划、初可、可研，初步设计、施工图，工地服务以及竣工图，全过程、分阶段或单项任务的咨询服务。

以美国一些较典型的咨询公司为例，一项火电工程，通常由两个部门先后负责。前期工作，包括编写投标文件、参与评标、直至签订合同和有关附件，即争取合同由一个部门负责；而按照合同要求，完成初步设计、施工图、工地服务以及竣工图等工作，即执行合同由另一部门负责。两个部门职责不同，人员配备与素质要求也不尽相同。

在专业设置上，一般分为工艺、电气、控制与土建四大专业部门，每一专业部门内部还根据需要，适当细分。

（二）国内情况

受历史条件限制，我国目前咨询工作负责前期，重点是投资决策，也包括后评价；设计工作负责初步设计到竣工图，为建设、施工及生产单位服务。即咨询与设计分工，各管一段并分别由国家发展改革委和住房与城乡建设部归口管理。中国电力勘察设计协会属住房与城乡建设部归口管理；它同时又是中国工程咨询协会下属的电力专业委员会，即具有双重身份。

在咨询设计单位内部，先后出现过专业室、综合室、发电部（分公司）等组织形式，但都设有专业技术负责人，起到专业带头人、专业技术问题决策人和设计文件把关人等作用。

机务专业设置也经历了由粗到细的过程。最先只有一个机务专业，基本上涵盖了各工艺专业；后又细分为热机、锅炉与管道专业；逐步成立了输煤、除灰、化学等更为专业的专业；随着环境保护要求的日益严格，还组建了环境保护与脱硫脱硝等专业。

本次培训，根据中电工程总部管理分工，基本与协会专业化管理对口，仅将化学专业划入土水部分，其他均在机务部分。

第二节 编写原则

本手册编写的原则如下：

(1) 由于电力设计院目前大多均具备咨询与设计双重资质，承担两方面的工作任务，因此，发电专业技术负责人也必须具备两个方面的知识，即除专业技术知识外，还应学习有关政策与规划方面的知识；不仅应该是一名合格的设计师，还要争取成为一名合格的投资咨询师。

(2) 作为发电专业技术负责人，均已具备多年的工作经验，熟练掌握了本专业所需的基础知识，因此，本次培训主要针对目前咨询设计工作中，与本专业有关的重大问题与疑难问题进行阐述。

(3) 《火力发电厂设计规范》修订工作已近完成，本次培训主要依据其报批稿，参考了有关专题调研报告，同时还增加了编写者的一些认识与建议。凡报批稿未尽事宜，其内容均由编写者负责，欢迎互动讨论和批评指正。

(4) 由于各电力设计院内部专业划分与分工不尽相同，为了简化培训组织工作并扩大发电专业技术负责人的知识面，即对相近工艺专业也能有一定程度的了解，机务各专业拟在一起培训，学员在学习时，可以根据自身的特点，有所侧重。

第三节 专业协调

发电专业技术负责人，在电力设计院内部，还要致力于专业协调。

(1) 火电工程的设计总工程师在西方发达国家认为是有专业的，即综合专业。具体负责总平面布置和主厂房布置的总体设计。由热机专业在各相关专业的协助下，负责主厂房布置的具体设计和制图。因此，在工程设计中，热机专业技术负责人要在主厂房布置设计中，协助设计总工程师做好具体设计工作，有不同意见时，请主管总工程师进一步协调。

(2) 任何一个工艺专业都要和电气、控制、土建等专业共同完成设计任务。为此，有关专业之间要相互沟通，协商处理有分歧的问题，必要时，请设计总工程师进一步协调。为了做好协调工作，通常建立“车间”司令员制度，即由工艺专业牵头，对于指定的“车间”，即一定的空间范围内的工艺、电气、控制与土建等专业的要求，统一规划，协助设计总工程师进行协调，以便更好地完成设计任务。

(3) 设计专业与技经专业要密切配合，提出准确翔实的资料，完成限额设计规定的目标，为控制工程造价作出应有的贡献。

(4) 工艺专业与控制专业要密切配合，设计好各工艺系统的管道与仪控图（P&ID图）。西方发达国家各行业设计均采用 P&ID 图的表达方式。在 20 世纪 80 年代初，我们引进美国依伯斯公司设计时，就了解了这一特点。它的出发点是设计指导运行，因此对每一工艺系统应先编制系统设计描述（SDD）文件，再由工艺与控制专业合作，共同完成 P&ID 图纸。工艺专业负责管路设计，确定仪控要求；控制专业完成仪控实施设计，共同

在一张图纸上表达。

长期以来，受苏联专业分工的影响，这一理念并未贯彻。在新颁布的 DL/T 5427—2009《火力发电厂初步设计文件内容深度规定》中已明确了这一要求，我们应向这一方向努力。

第二章 机组参数选择

第一节 标准化要求

在社会主义市场经济的条件下,国家继续高度重视标准化工作,但手段与计划经济时代有所不同,例如采用立法和单项工程审批相结合;强制性标准和推荐性标准相结合;产品标准和工程建设标准相结合;国标、行标与企标相结合等。

一、制定法规与标准体系

- (1) 颁发了《中华人民共和国标准化法》。
- (2) 组建了国家标准化管理委员会,并逐步健全下属标委会。
- (3) 颁发了《国家标准管理办法》、《全国专业标准化技术委员会管理规定》以及章程等与标委会工作有关的行政法规和实施条例。

(4) 建立了标准化体系,将标准分为:

- 1) 强制性标准与推荐性标准;
- 2) 国家标准、行业标准与企业标准;
- 3) 产品标准与工程建设标准等。

(5) 逐年审批标准文件、编制计划并进行监督检查。

二、标准化出效益

无论是实行计划经济还是市场经济,也无论是社会主义国家还是资本主义国家,各国均高度重视标准化工作,以满足内需和出口的要求,并已走向国际化,即编制了各国公认的国际通用标准。这是因为它至少有以下三个方面的效益,即“三个有利于”。

- (1) 参数系列的标准化有利于批量生产,从而降低社会生产成本,这是全局。
- (2) 参数系列的标准化有利于保证制造、设计、施工、调试和运行质量,规避新产品风险,可以积累经验,少犯错误。
- (3) 参数系列的标准化有利于规划、设计、统计、调度等各部门的管理,使它易于制定相关规章,并有统一、明确的内涵。

三、历次的国家标准

以汽轮机参数为例,发电用汽轮机参数系列先后颁发了三次。

(1) GB/T 754—1965《汽轮机参数系列》是在苏联国家标准的基础上编制的。适用于超高压及以下、供热机组为高压及以下的机组。

(2) GB/T 4773—1984《供热式汽轮机参数系列》用于供热,已根据引进技术增加了亚临界 300MW 和 600MW 机组。

(3) 现行国标为 GB/T 754—2007《发电用汽轮机参数系列》，它填补了超临界与超超临界机组的空白，单机容量也已扩大到 1000MW。从性质上看，它属于产品标准。

现行国标适应了与时俱进和向大容量、高效专用机组发展的需要，初步简化了现有品种。但由于采取了兼容并蓄的方针，品种仍然繁多。以 300MW 级亚临界机组为例，就有两种压力、四种温度、三种容量，即从理论上讲，可能有 24 种组合。对于热电联产机组而言，由于有 5 种类型，17 种供热压力，可能的组合将上千种。由于国标才发布，修改需要一定的周期，先从设计角度提出优化建议是必要的，也是可行的（相当于制订工程建设标准）；未进入优化建议的类型，如因特殊需要（例如拟扩建同型机组或供热压力、温度要求特殊），也可专门制造，作为个例由供需双方协商处理。

三版国标，均有为三大主机确定的参数系列及与技术条件有关的规定。

目前，作为工程建设标准的《火力发电厂设计规范》，正在从部标（行标）升级为国标，在其送审稿中将机炉选型作为专门的一章，并且明确推荐机组新蒸汽参数系列宜符合 GB/T 754《发电用汽轮机参数系列》的规定，对额定功率的确定准则提出了推荐意见，并引入了可调发电容量的概念。

四、主机产品现状与认识

(1) 20 世纪 80 年代以来，由于大批引进国外厂商生产的机组，为求成熟可靠，采用了制造企业所在国的标准，因此出现了 300MW 级和 600MW 级的概念，由于内外有别，对国内产品影响不大。

(2) 2003 年以来，通过电力工业体制改革，发电集团带动并形成了火电建设竞争的局面；加之超临界参数与超超临界机组一时尚无国标，而且受引进国家制造技术、采用标准不同等因素的影响，形成了火电主机产品品种繁多的局面。

(3) 以 600~700MW 机组为例，表 2-1 为 2007 年底投产的 172 台机组的分类统计，从表 2-1 中可看出，总计出现了 11 个品种。在这些机组中，亚临界 600MW 与超临界 600MW 机组是主流，但从工程审查看，近年审查的机组中，超临界 660MW 将成为主流。

表 2-1 600MW 级机组分类统计 (台)

新蒸汽参数	合计	600MW	630MW	640MW	650MW	660MW	670MW	700MW
亚临界	91	77	3	—	—	5	2	4
超临界	79	56	11	4	4	4	—	—
超超临界	2	2	—	—	—	—	—	—
合计	172	235	14	4	4	9	2	4

(4) 出现上述品种，是发电企业订货需求与制造企业供货能力相结合的结果，它们的存在都有一定的理由。

(5) 但是，现实的不一定都是合理的。例如，国内外在制订容量系列时，同一系列，容量成 $\sqrt{2}$ ~2 倍分档增长，同一国家内须没有以 10%~15% 进档的例子；也没有同一实体机组出现不同额定功率的做法，否则只能是品种繁多，管理混乱。

(6) 判别是否合理，应遵循以下三条原则：

1) 标准化的原则，不要随意突破，要做到“三个有利于”。

2) 成熟可靠的原则, 不要轻易开发新产品, 以规避风险。

3) 机炉电匹配的原则, 特别是不要随意制订额定功率, 以免管理工作混乱。

五、发电企业正在不断提高对标准化的认识

(1) 项目法人责任制给予项目法人从策划、建设到运营全过程的责、权、利, 同时也要求受到多方面的约束, 执行现行法规与标准就是其中重要的一项约束。

(2) 从学习科学发展观出发, 提高全局意识, 正确处理国家与企业的关系, 企业和社会的关系。

(3) 根据国有资产管理委员会的要求, 以经营效益为中心, 以节能减排为重点, 谨慎投资, 服从国家宏观调控。

(4) 通过制订设计导则、主厂房参考设计、成批开展项目后评价工作和成批开展设计总结等手段, 认真总结近年来的投资决策和建设经验, 机型选择如何优化已成为调研的重点之一。

六、制造企业是标准化的最大受益者

(1) 从“三个有利于”出发, 制造企业是标准化的最大受益者。前两版国标是电力与机械两个行业共同制定的。而第三版由于是产品标准, 是由机械行业主导, 电力行业参加制订, 这说明标准化是制造企业的需求。

(2) 目前产生这么多的品种, 应该说制造企业是被动适应的, 一方面是为了争取市场份额, 另一方面是已具备能力, 可以通过加大投入实现招标书的要求。

(3) 从电力、机械两部门制订第二版国标开始, 就明确了内外有别的原则, 国标用于电力行业内需, 制造出口产品时, 应响应招标书的要求, 可以不执行国标的推荐意见。因此, 现行产品标准(内、外需)与工程建设标准(仅用于内需)繁简可以不同。

七、传承与创新

应本着尊重历史、与时俱进的态度, 把传承与创新结合起来。

(1) 尊重历史指可改可不改的不要改。这符合“三个有利于”特别是有利于管理的延续性与一致性。

(2) 与时俱进指针对目前确实存在的问题, 努力加以解决, 例如热电联产机组要向大容量、高效专用机组发展等。

(3) 新型机组应通过论证、试点、总结, 经历实践检验再确定是否推广和对标准进行动态管理。切忌“一拥而上”, 到处交“学费”, 欲速则不达。

八、标准化的目标

1. 目标

(1) 根据国内外经验, 同一新蒸汽参数等级, 同一容量等级只推荐一种组合。而容量等级应按 $\sqrt{2} \sim 2$ 的等比级数确定。

(2) 上述内容是国际通常做法, 例如, 苏联的ГОСТ标准一般以2倍(个别1.5倍)进位; 日本的JIS标准主要以 $\sqrt{2}$ 进位; 50Hz与60Hz机组容量出现两个系列; 法国国家电力公司, 除核电外, 火电机组容量长期统一为125、250MW与600MW(均亚临界); 英国电力公司, 除燃机外, 火电机组长期只建660MW亚临界一种机组。

(3) 我国前两次国标中, 均符合这一要求, 故应成为工程优化推荐意见的目标。

2. 中心与重点

(1) 机炉电匹配以汽轮机工况为中心。这是由火电厂工艺流程的特点所决定的。虽然锅炉在三大主机中最贵,发电机额定功率最受重视,但从科学角度看,历来均以汽轮机工况为中心,锅炉最大连续蒸发量和发电机额定功率与它相匹配。这也是现行国标的做法。

(2) 参数系列标准化应以主蒸汽量为重点。例如,对于热电联产机组,同样的主蒸汽流量下,由于抽汽量与抽汽压力不同,故发电机端功率也不相同。以哪一头为准,我们认为应强调前者,因为主蒸汽流量决定了汽轮机的高中压缸的通流能力与锅炉的最大连续蒸发量,从而影响了火电厂绝大多数的辅机选择,自然应视为重点规范的对象。而发电机从美国机炉电标准化的做法算起,均可采用分档设计,以适应不同的需求,这样做对全厂设备的标准化影响最小,或者说,标准化成果效益最大化。

(3) 抽汽凝汽机组及大容量高效专用机组,主蒸汽量应采用与凝汽机组相同的数值,以利于标准化。这是国内外的共识,在实践中已取得了良好的效果。

(4) 对于空冷或湿冷机组,给水泵采用汽动或电动方式,甚至夏季满发背压高低也都存在类似问题,理应按照同一思路解决。

3. 主要问题

与三大主机参数系列有关的主要有四类问题,在以后各节中将根据本节的思路分别阐述。

- (1) 机组容量。
- (2) 新蒸汽参数。
- (3) 机电匹配与额定功率。
- (4) 机炉匹配与裕度选择。

第二节 机 组 容 量

一、容量等级划分

(1) 大、中、小型机组。根据《火力发电厂设计规范》,机组按容量分为大、中、小型。

- 1) 大型。300MW 级及以上的机组,采用亚临界及以上新蒸汽参数。
- 2) 中型。125MW 级及 200MW 级机组,采用超高压新蒸汽参数。
- 3) 小型。100MW 级及以下的机组,采用高压及以下新蒸汽参数。

(2) 容量等级。早在 20 世纪 80 年代,就出现了进口机组容量等级的概念。例如:

- 1) 125MW 等级,包括 110~142MW 机组。
- 2) 200MW 等级,包括 200~210MW 机组。
- 3) 300MW 等级,包括 250~362MW 机组。
- 4) 600MW 等级,包括 500~660MW 机组。

(3) 从统计口径看,目前我国通常将大型机组归为三类。即:

- 1) 300MW 级机组,250~400MW。
- 2) 600MW 级机组,500~700MW。

3) 1000MW 级机组, 800~1300MW。

二、300MW 级机组

1. 概况

(1) 原国标仅一种, 即 300MW 亚临界机组。

(2) 进口机组从 250MW (陡河电厂) 至 362MW (珞璜电厂, 采用电动给水泵), 以 350MW 亚临界机组最多, 当时统称为 300MW 级机组, 并为 350MW 亚临界进口机组编有限额设计控制指标。

(3) 国产机组, 目前有 300、330 (采用电动给水泵)、330MW (采用汽动给水泵) 和 350MW 亚临界机组以及 350MW 超临界机组。

(4) 在新国标中已初步简化, 只推荐 250、300 和 330MW (采用电动给水泵) 三种机组。

(5) 由于 250MW 目前仅有进口机组, 因此只需要重点研究是否推荐 330MW 亚临界机组 (采用电动给水泵) 与是否增加 350MW 超临界机组两个问题。

2. 关于 330MW 亚临界机组

(1) 330MW 机组最早是由北京重型汽轮发电机有限公司 (以下简称北重) 引进 ALSTOM 公司制造技术生产的, 由于与原国标相比, 不仅容量不同, 主蒸汽压力 (已从 17.4MPa 改为 17.8MPa)、主蒸汽与再热蒸汽温度 (540℃)、给水温度 (高压缸不开孔、少一级高压加热器) 和给水泵驱动 (采用电动) 均不相同, 原电力工业部明确表示只同意生产 8 台, 以收回引进成本。

(2) 实际上该厂生产一直未停, 近年来订货还有所增加, 并扩大到其他制造厂商, 这主要是其额定功率 330MW 有吸引力的结果。进一步分析证明, 这一功率是由于采用 IEC 最低标准, 比国标多了 15MW; 采用电动给水泵, 比汽动泵多 9MW, 实际上可比出力仅为 306MW, 只增加了 2%。从原配锅炉 BMCR 仅 1004t/h 也可看出, 它比国标机组还少 2%, 这是给水温度低与热耗略低的结果。

(3) 此机组不仅违反了标准化的原则, 给机炉分岛招标造成困难, 而且使其他制造厂商感觉为不公平竞争; 仅在北重坚持下, 才在新国标中得以保留。因此, 仍建议不作为工程优化推荐机组。

(4) 目前 330MW 机组已出现仅容量与 300MW 机组不同的产品 (即采用汽动给水泵), 这是由于与北重产品竞争及分岛招标的需要, 应项目法人要求而产生的。它虽然比常规 300MW 机组单位造价低, 抽汽量随主蒸汽流量加大而加大, 发电量也大一些, 但这是容量加大后的一般规律, 由于比 300MW 仅大 10%, 在新国标中并未纳入, 故也不宜推荐。

3. 关于 350MW 超临界机组

应国家能源局的要求, 中国电力工程顾问集团公司 (以下简称中电工程) 组织了专题研讨会, 会议中多数代表赞成推荐, 理由是:

(1) 节能要求。尽管与 600MW 超临界机组相比, 其泄漏损失相对较大, 汽轮机内效率有所降低, 但与 300MW 亚临界机组相比, 热耗仍有较大的降低 [预计在 154kJ/(kW·h) 左右]。由于热耗高于 600MW 亚临界机组, 故对节能调度有利。

(2) 苏联 ГОСТ 标准, 300MW 及以上均采用超临界参数; 日本 JIS 标准, 450MW 及以上均采用超临界参数, 此方式在其他国家已有类似先例。

(3) 工程设计论证认为, 标煤价格在 600~700 元/t 以上, 电价有可能持平, 即热耗下降的效益与增加的投入大致相当。在煤价普遍上扬以后, 全国有不少地区已达到此限值。

(4) 热电联产机组因城市能源、环境条件限制, 对于节能要求更为迫切, 目前已有一批订货。

(5) 制造厂商认为其新蒸汽量与 300MW 亚临界机组相当, 不存在技术障碍。

(6) 建议先作为工程推荐意见, 成熟后再补入产品国标。

三、600MW 级机组

1. 概况

(1) 原国标仅一种, 即 600MW 亚临界机组。

(2) 除 500MW 亚临界机组从苏联和捷克各进口 4 台外, 600~700MW 机组已有 11 种, 详见表 2-1。

(3) 目前超临界机组已成为主流, 亚临界机组比重下降; 以近几年中电工程审查的工程为例, 600MW 级(亚临界与超临界)共 50 项, 其中 660MW 超临界已 36 项, 占主流地位。

(4) 600MW 亚临界机组无论新、老国标均为推荐机组, 在工程实践中仍有其使用范围, 例如在西部建坑口电厂或作为调峰机组等。

(5) 630、670、680 与 700MW 机组, 大多因为额定功率确定准则, 即考虑湿冷、空冷机组和给水泵驱动方式等差别而产生的, 解决了这些问题后, 不难统一。

(6) 需要重点研究的问题是超临界与超超临界机组采用 600MW 还是 660MW 容量的问题。

2. 关于 660MW 机组

(1) 超临界 660MW 机组大多是由汽轮机厂引进日欧制造技术产生的, 这些国家的标准中, 多规定额定功率为 700MW, 由于执行 IEC 最低标准, 大致相当于我国标准的 660MW。由于它成熟可靠, 且符合项目法人希望加大额定功率的合理要求, 故建议推荐这类机组。

(2) 600MW 亚临界机组原配的发电机, 试制时执行的是美国标准, 即它具有最大连续容量为汽轮机最大连续出力 110% 的能力。当冷却器进水温度为 33℃ 时, 在氢压为 0.5MPa 的条件下, 视在功率为 733MVA。当功率因素为 0.9 时, 有功功率为 660MW。现行 DL 5000—2000《火力发电厂设计规程》规定, “发电机的额定容量应与汽轮机的额定出力相匹配; 发电机的最大连续容量应与汽轮机的最大连续出力相匹配; 但其冷却器进水温度宜与汽轮机相应工况下的冷却水温度相一致。”由于汽轮机的最大连续出力一般为额定出力的 105%, 而发电机冷却器进水温度降低到与汽轮机相应工况下的冷却水温一致, 即 18~24℃ 时, 发电机最大连续容量至少可以增加 5% 以上, 故通常可以挖掘潜力或小型技改解决。

(3) 660MW 机组诞生时尚无相应的国标, 不存在违反国标推荐意见的问题。新国标

中只规定了 600MW 与 700MW 两种容量,级差仅 15%左右,建议先推荐 660MW,以后再修改产品国标。新国标前言中指出,“本标准中设计的额定功率等级,其数值可以在附近波动,不要求严格完整”,已为此推荐意见留了余地。

(4) 超超临界机组目前已有 660MW 机组,可以保留。

(5) 扩建工程,也可采用与老厂同型的 600MW 超临界机组。

四、1000MW 级机组

1. 概况

(1) 我国 1000MW 机组是从成套引进起步的,包括绥中电厂从俄罗斯引进的 2 台 800MW 超临界机组和外高桥二期从西方引进的 2 台 900MW 超临界机组。

(2) 国产化的 1000MW 机组发展迅速,2007 年底投产 7 台,2008 年投产达 11 台,现已大致相当于全球其他各国的总和。

(3) 新国标已扩展到 1000MW 超超临界机组。

(4) 目前需要重点研究的问题是要不要按新国标发展 800MW 机组,与进一步发展 1200~1500MW 机组。

2. 关于 800MW 机组

(1) 新国标中已进入参数系列。

(2) 据了解与有出口印度订货需求等因素有关。

(3) 承担出口任务的制造企业认为有一定的优越性。

(4) 从容量等级来看,介于 660MW 与 1000MW 之间,级差仅为 20%~25%,过密。

(5) 建议仍内外有别,即国内暂不推荐。

3. 关于 1200~1500MW 机组

(1) 发电企业希望扩大容量,机组容量也想争第一。但从全球情况看,1000MW 级机组除我国外迄今仅 20 台左右,据了解,主要还是从可靠性角度考虑。机组容量越大,出事故即将停机的元件越多,即强迫停机率会增加。以 2008 年度统计为例,其可靠性指标见表 2-2。

表 2-2 2008 年大机组可靠性指标

新蒸汽参数	机组容量	等效可用系数 (%)	非计划停运次数 (次)	非计划停运小时 (h)	等效强迫停运率 (%)
超超临界	7×1000MW 2×600MW	90.14	1.00	59.5	1.00
超临界	600~660MW	92.14	1.16	70.0	0.60
亚临界	500~700MW	92.37	0.80	39.8	0.38
全部机组	500~1000MW	92.03	0.97	54.6	0.51

与此同时,随容量的进一步加大,单位投资下降与热耗下降均趋于平缓,经济效益并不显著。

(2) 制造企业想挖潜,例如单轴机组有可能达到 1200MW,但在三大主机中,汽轮机仅其中之一,而汽轮机又有许多部件,单个部件挖潜的确可以增容;但影响到其他设备许许多多部件的改动,不利于标准化,因此应取慎重态度。