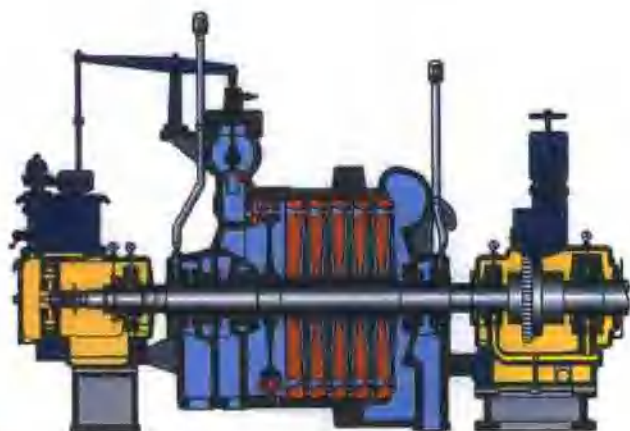


汽轮机技术问答

沈惠坊 张克舫 编



74055

中国石化出版社

汽轮机技术问答

沈惠坊 张克舫 编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书以问答的形式,介绍蒸汽轮机的结构特点、基本工作原理、辅助设备、热力系统及调节、保护装置,对汽轮机的正常运行、变工况及常见的事故处理、汽轮机的正常维护与检修也作了介绍。本书内容深入浅出、通俗易懂,实用性强,对汽轮机的安全运行、日常维护和检修等工作均具有指导意义。

本书可供从事汽轮机设备管理、检修和生产维护部门的工程技术人员和技术工人阅读。

图书在版编目(CIP)数据

汽轮机技术问答/沈惠坊 张克舫编.
—北京:中国石化出版社,2001
ISBN 7-80164-067-5

I. 汽… II. 沈… III. 蒸汽透平-技术-问答
IV. TK26-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 09125 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271859

<http://press.sinopec.com.cn>

中国石化出版社照排中心排版

海丰印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 32 开本 5 印张 112 千字 印 1—3000

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 1 次印刷

定价:9.80 元

* * * * *

* 目 录 *

* * * * *

第一章 汽轮机的分类及型号

1. 汽轮机的基本工作原理是什么? (1)
2. 冲动式汽轮机的基本工作原理是什么? (1)
3. 反动式汽轮机的基本工作原理是什么? (2)
4. 汽轮机如何分类? (2)
5. 国产汽轮机的型号如何规定? (3)
6. 汽轮机有哪些主要优缺点? (5)

第二章 汽轮机本体的结构和基本工作原理

1. 汽轮机装置由哪几部分组成? (6)
2. 汽轮机本体包括哪几部分? (6)
3. 汽轮机静止部分包括哪些主要部件? (6)
4. 基础和台板的作用是什么? 有何特点? (6)
5. 汽缸有何作用? 它的结构特点是什么? (6)
6. 喷嘴和隔板的作用是什么? (7)
7. 汽轮机第一级的喷嘴有什么特点? (8)
8. 隔板的结构特点是什么? (8)
9. 隔板有哪几种型式? 各有何特点? (8)
10. 隔板套有什么作用? (9)
11. 汽封的作用是什么? (10)
12. 汽封有哪几种类型? 它的结构特点是什么? (10)
13. 汽轮机汽封系统的作用是什么? (12)

14. 汽轮机的滑销系统有何作用?	(13)
15. 滑销有哪几种? 各有什么作用?	(13)
16. 汽轮机转子由哪些主要部件组成? 它的作用是 什么?	(14)
17. 汽轮机转子有哪几种类型? 各有什么特点?	(15)
18. 叶轮由哪几部分组成?	(18)
19. 汽轮机叶片的作用是什么?	(19)
20. 叶片有哪几种类型?	(19)
21. 叶片由哪几部分组成?	(19)
22. 叶根有哪几种类型?	(20)
23. 叶片的安装方法有哪几种?	(21)
24. 什么是转子的临界转速?	(21)
25. 汽轮机盘车装置的作用是什么?	(22)
26. 汽轮机轴承的作用是什么? 它有哪些类型?	(22)
27. 汽轮机主轴承的结构特点是什么?	(22)
28. 轴承润滑的基本原理是什么?	(23)
29. 汽轮机工作时转子上的轴向力是如何产生的?	(24)
30. 推力轴承的作用及结构特点是什么?	(24)
31. 汽轮机级的工作原理是什么?	(24)
32. 级可分为哪几类? 各有何特点?	(25)
33. 何谓汽轮机级的反动度?	(26)
34. 汽轮机级内存在哪些主要的能量损失?	(27)
35. 何谓汽轮机级的相对内效率?	(27)
36. 什么是多级汽轮机? 为什么一般汽轮机都是多 级的?	(28)
37. 多级冲动式汽轮机与多级反动式汽轮机各有何 特点?	(28)
38. 凝汽式汽轮机、背压式汽轮机、调节抽汽式汽 轮机各有何特点?	(29)
39. 什么是中间再热式汽轮机?	(30)

40. 为什么要采用给水回热? (30)
41. 工业汽轮机有何特点? (31)

第三章 汽轮机的热力系统及辅助设备

1. 什么是汽轮机的热力系统? 汽轮机车间有哪些主要的热力系统? (32)
2. 什么是原则性热力系统? (33)
3. 典型机组的原则性热力系统举例。 (33)
4. 凝汽设备的任务是什么? 它由哪些设备组成? (34)
5. 凝汽器有哪几种类型? (34)
6. 表面式凝汽器的结构特点是什么? (35)
7. 凝汽器为什么要开有抽气口? (36)
8. 抽气器的作用是什么? (36)
9. 射汽抽气器的结构特点和原理是什么? (36)
10. 为什么要采用多级抽气器? (37)
11. 启动抽气器与主抽气器有何差别? (38)
12. 射水抽气器的特点是什么? (38)
13. 加热器有何作用? 有哪几种型式? (39)
14. 除氧器的作用是什么? (39)
15. 除氧器分哪几类? 其工作原理是什么? (40)

第四章 汽轮机的调节系统及保护装置

1. 汽轮机调节系统的任务是什么? (41)
2. 什么是直接调节? (41)
3. 什么是间接调节? 半液压式调节系统的特点是什么? ... (42)
4. 全液压式调节系统的组成及调节原理是什么? (43)
5. 什么是调节系统的静态特性和速度变动率? (44)
6. 同步器的作用是什么? (46)
7. 液压式调速器的工作原理是什么? (46)

8. 液压式传动放大机构的结构特点与工作原理是什么? … (47)
9. 油动机与调节汽阀的作用及结构特点是什么? …… (48)
10. 为什么要有反馈装置? …… (51)
11. 用方块图说明全液压调节系统的调节过程。 …… (52)
12. 工业汽轮机调节系统的特点是什么? …… (53)
13. 调压器的作用及结构特点是什么? …… (53)
14. 汽轮机有哪些主要的保护装置? …… (55)
15. 超速保护装置的作用及结构特点是什么? …… (55)
16. 轴向位移保护装置的作用及结构特点是什么? …… (58)
17. 磁力断路油门的作用及结构特点是什么? …… (60)

第五章 汽轮机的供油系统

1. 汽轮机供油系统的任务是什么? …… (62)
2. 汽轮机供油系统有哪几种类型? …… (62)
3. 容积式主油泵供油系统的特点是什么? …… (62)
4. 离心式主油泵供油系统的特点是什么? …… (63)
5. 汽轮机油系统对油品有何要求? …… (64)
6. 供油系统中辅助油泵有何作用? 它有哪些类型? …… (65)
7. 注油器有什么作用? 它有什么特点? …… (66)
8. 主油泵的结构特点如何? …… (67)

第六章 汽轮机调节系统的试验与调整

1. 调节系统试验的目的是什么? …… (69)
2. 什么是调节系统静止试验? …… (69)
3. 静止试验可以测得哪些项目? …… (69)
4. 如何进行静止试验? …… (70)
5. 自动主汽阀及调节汽阀试验的内容是什么? …… (70)
6. 严密性试验的目的是什么? 如何进行? …… (70)
7. 关闭时间试验的目的是什么? 如何进行? …… (71)

8. 超速保护装置应进行哪几项试验? 如何进行? (71)
9. 进行超速试验时应注意哪些问题? (72)
10. 危急保安器动作转速不符合要求时, 应如何调整? ... (73)
11. 调节系统静态特性试验的内容和目的是什么? (73)
12. 正常的调节系统应满足哪些要求? (74)
13. 调节系统不能维持空负荷运行的原因是什么? (74)
14. 同步器工作范围试验如何进行? (75)
15. 空负荷升速、降速试验的目的是什么? 如何进行?
应注意什么问题? (75)
16. 如何进行带负荷试验? 应注意什么问题? (76)
17. 调节系统动态特性试验的目的是什么? (76)
18. 进行甩负荷试验应具备什么条件? (77)
19. 调节系统速度变动率的调整方法有哪几种? (77)
20. 如何调整同步器的工作范围? (78)
21. 如何调整静态特性曲线上下限的位置? (78)

第七章 汽轮机的启动、停机和正常运行

1. 汽轮机的启动过程是指什么? (80)
2. 汽轮机的启动可分哪几类? (80)
3. 汽轮机启动的基本原则是什么? (80)
4. 额定参数下的冷态启动包括哪些步骤? (81)
5. 启动前应作哪些准备工作? (81)
6. 什么是暖管? 暖管时应注意哪些问题? (81)
7. 启动过程中, 应投入哪些辅助设备? (82)
8. 什么情况下可以冲动转子? (82)
9. 如何冲动转子? (82)
10. 升速暖机时应监视并控制哪些指标? (83)
11. 什么情况下可以并网和带负荷? (83)
12. 汽轮机在额定参数下热态启动的特点是什么? (84)

13. 什么是滑参数启动?	(85)
14. 滑参数启动对热力系统有何要求?	(86)
15. 滑参数启动有什么优点?	(86)
16. 汽轮机正常停机可分哪两类?	(86)
17. 额定参数下正常停机前应作什么准备?	(87)
18. 在减负荷过程中应注意什么问题?	(87)
19. 停机过程中应注意哪些问题?	(87)
20. 什么是滑参数停机?	(88)
21. 滑参数停机有何优点?	(88)
22. 滑参数停机过程中应注意哪些问题?	(89)
23. 什么情况下应紧急停机?	(90)
24. 紧急停机时应如何操作?	(90)
25. 什么情况下需要破坏真空紧急停机?	(90)
26. 汽轮机正常运行中的主要监视项目有哪些?	(91)
27. 运行中为什么必须注意监视段压力的变化?	(91)
28. 轴向位移指的是什么?	(91)
29. 轴向位移的极限值是根据什么确定的?	(92)
30. 运行中对轴向位移的监视应注意什么?	(92)
31. 热膨胀指示器和胀差指示器是用来监视什么的?	(92)
32. 运行中为什么要监视振动和声音? 如何监视?	(93)
33. 运行中为什么要监视供油系统?	(93)
34. 油压过高或过低有何影响? 如何处理?	(93)
35. 运行中对油温有什么要求? 如何控制?	(94)
36. 运行中对油箱油位有什么要求?	(94)
37. 对冷却器的工作应监视哪些项目?	(94)
38. 汽轮机通流部分为什么会结垢? 结垢有什么危害? ...	(95)
39. 清洗汽轮机通流部分的方法有哪几种?	(95)
40. 什么是汽轮机的带负荷清洗?	(96)
41. 带负荷清洗应注意哪些问题?	(96)
42. 凝汽器运行中应经常监视哪些项目?	(97)

43. 凝汽器真空度过低或过高有何影响? (97)
44. 引起凝汽器真空降低的因素有哪些? (98)
45. 凝结水过冷有何不好? 引起凝结水过冷的原因
是什么? (99)
46. 运行中对凝结水质有何要求? (99)
47. 为什么要对凝汽器进行清洗? (100)
48. 不停机清洗凝汽器的方法有哪几种? (100)
49. 如何进行通风干燥法清洗凝汽器? (100)
50. 如何进行反冲洗? (100)
51. 什么是胶球清洗法? (101)
52. 运行中如何检查凝汽器铜管的泄漏? (101)
53. 运行中应如何保证汽轮机的经济性? (102)
54. 如何保持最有利的真空? (102)
55. 汽轮机运行中应进行哪些试验? (103)

第八章 汽轮机的变工况

1. 什么是汽轮机的变工况? (104)
2. 汽轮机负荷变化时, 汽轮机各级级前压力如何变化? ... (104)
3. 汽轮机负荷变化时, 汽轮机各级的焓降如何变化? (105)
4. 汽轮机变工况时, 汽轮机各级的反动度如何变化? (105)
5. 汽轮机变工况时, 轴向推力如何变化? (106)
6. 汽轮机的主要配汽方式有哪两种? 各有什么特点? (106)
7. 新蒸汽压力变化对汽轮机工作有何影响? (108)
8. 新蒸汽温度变化对汽轮机工作有何影响? (109)
9. 排汽压力变化对汽轮机工作有何影响? (109)
10. 变转速汽轮机的变工况特点是什么? (110)

第九章 汽轮机的事故处理

1. 汽轮机发生事故的主要原因是什么? 处理原则

是什么?	(111)
2. 汽轮机振动过大有什么危害?	(111)
3. 造成汽轮机振动过大的主要原因是什么?	(112)
4. 什么是水冲击? 有什么严重后果?	(112)
5. 水冲击有什么象征? 如何处理?	(113)
6. 真空急剧下降时应如何处理?	(113)
7. 真空缓慢下降时应如何处理?	(114)
8. 供油系统常见故障有哪些?	(115)
9. 主油泵故障的可能原因有哪些?	(115)
10. 供油系统漏油的原因有哪些? 应如何处理?	(116)
11. 轴承油温升高的原因是什么?	(117)
12. 如何防止轴承缺油断油事故?	(117)
13. 高压辅助油泵失常的原因是什么? 应如何处理?	(118)
14. 运行中如何防止供油系统进水?	(118)
15. 供油系统着火的原因是什么? 应如何处理?	(119)
16. 汽轮机运行中叶片损坏或断落有何象征? 应如何 处理?	(120)
17. 叶片损坏或断落的原因是什么?	(121)
18. 运行中如何防止叶片损坏?	(121)
19. 引起汽轮机超速的原因有哪些?	(122)
20. 汽轮机超速时有何象征? 应如何处理?	(122)
21. 推力轴承烧损的原因有哪些? 有何象征? 应如何 处理?	(123)
22. 支持轴承烧损的原因有哪些? 有何象征? 应如何 处理?	(123)

第十章 汽轮机的检修

1. 汽轮机检修的内容是什么?	(125)
2. 汽轮机汽缸检修包括哪些内容?	(125)

3. 汽缸螺栓拆装时应注意哪些问题?	(126)
4. 什么情况下才可起吊汽缸上盖?	(126)
5. 汽缸上盖起吊时应注意什么问题?	(127)
6. 如何检查汽缸结合面的严密性?	(127)
7. 汽缸结合面产生间隙的原因是什么?	(128)
8. 汽缸法兰变形的原因是什么?	(128)
9. 对汽缸法兰变形、漏汽应如何处理?	(128)
10. 汽缸裂纹常产生在哪些部位?	(129)
11. 汽缸产生裂纹的原因是什么?	(129)
12. 如何检查汽缸裂纹?	(129)
13. 汽缸产生裂纹后如何处理?	(130)
14. 引起滑销损坏的原因有哪些?	(130)
15. 如何测量滑销的间隙?	(131)
16. 滑销间隙过大或过小时应如何处理?	(131)
17. 吊装隔板时应注意什么问题?	(131)
18. 对隔板应进行哪些检查?	(132)
19. 隔板需要进行哪些测量和调整?	(132)
20. 隔板常见的缺陷有哪些? 如何处理?	(132)
21. 如何拆装汽封?	(133)
22. 对拆下的汽封应进行哪些检查?	(134)
23. 常见的汽封缺陷有哪些? 如何处理?	(134)
24. 盘车装置常见的缺陷有哪些? 如何处理?	(135)
25. 对支持轴承应进行哪些检查?	(135)
26. 对轴承与乌金表面局部缺陷应如何处理?	(136)
27. 什么情况下应更换轴瓦? 如何进行?	(136)
28. 对推力瓦块应进行哪些检查?	(136)
29. 如何测量推力间隙?	(137)
30. 刮研轴瓦垫铁时应注意哪些问题?	(137)
31. 转子起吊和就位应注意哪些问题?	(138)
32. 如何对转子进行清扫?	(139)

33. 何谓转子的晃度? 什么情况下应测量?	(139)
34. 何谓转子的瓢偏度? 什么情况下应测量瓢偏度?	(139)
35. 测量动静间隙的目的是什么?	(140)
36. 对轴颈和推力盘应作哪些检查?	(140)
37. 对叶片应作哪些检查?	(140)
38. 如何检查叶片裂纹?	(141)
39. 叶片出现缺陷应如何处理?	(141)
40. 什么情况下需要拆装叶轮? 叶轮常见的缺陷有 哪些?	(142)
41. 检修时如何检查凝汽器铜管泄漏?	(142)
42. 如何清扫凝汽器水侧?	(143)
43. 如何更换凝汽器铜管?	(143)
44. 凝汽器常见的缺陷有哪些? 如何消除?	(144)
45. 射水抽气器应检查哪些部位?	(144)
46. 射汽抽气器如何检修?	(144)
47. 除氧器应如何检查、清洗?	(145)
48. 如何检查加热器泄漏?	(145)
参考文献	(147)

第一章 汽轮机的分类及型号

1. 汽轮机的基本工作原理是什么？

汽轮机是利用水蒸气的热能来作功的旋转式原动机。汽轮机在工作时先将水蒸气的热能转变为水蒸气的动能，再把水蒸气的动能转变成转轴旋转的机械功。

图 1-1 是最简单的单级汽轮机结构示意图。

固定在转轴 1 上的叶轮 2，装有许多工作叶片 3（也叫动叶片）。具有一定压力和温度的水蒸气首先通过固定不动的、环状布置的喷嘴 4，蒸汽在喷嘴通道中压力降低，蒸汽的速度增加，在喷嘴出口处得到速度很高的汽流。在喷嘴中完成了由蒸汽的热能转变为蒸汽动能的能量转换过程。从喷嘴出来的高速汽流以一定的方向进入装在叶轮上的工作叶片通道（也称为动叶栅），在动叶栅中蒸汽速度的大小和方向发生变化，对叶片产生一个作用力，推动叶轮旋转作功，完成由蒸汽动能到轮轴旋转的机械功的转变。

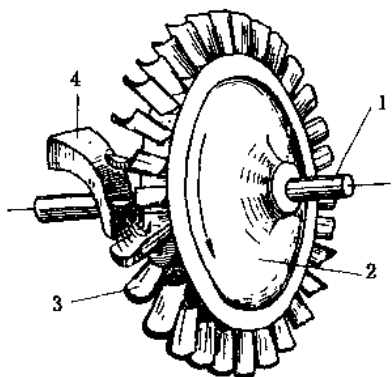


图 1-1 最简单的汽轮机结构示意图

1—转轴；2—叶轮；
3—动叶片；4—喷嘴

2. 冲动式汽轮机的基本工作原理是什么？

在冲动式汽轮机中，蒸汽的膨胀只发生在喷嘴中，在动

叶栅中蒸汽不继续膨胀，其压力保持不变，其速度(指相对速度)的大小在理论上保持不变(实际上略有变小)，只是改变了方向，对叶片产生一个冲动力，叶轮只是在这个冲动力作用下旋转作功，因而叫冲动式汽轮机。

3. 反动式汽轮机的基本工作原理是什么？

在反动式汽轮机中，蒸汽不仅在喷嘴中膨胀加速，而且在流经动叶片通道时，蒸汽继续膨胀加速，即蒸汽在动叶栅中，不仅汽流的方向发生变化，而且其相对速度也有所增加。因此，动叶片不仅受到喷嘴出口高速汽流的冲动力作用，而且还受到蒸汽离开动叶栅时的反作用力，即反动式汽轮机既利用了冲动原理作功，又利用了反动原理作功。

4. 汽轮机如何分类？

汽轮机的分类方法有很多，如表 1-1 所示。

表 1-1 汽轮机的分类

分类	类 型	简 要 说 明
按工作 原理	冲动式汽轮机	由冲动级组成
	反动式汽轮机	由反动级组成
	混合式汽轮机	一般前几级为冲动级，后几级为反动级
按热 力 过 程 特 性	凝汽式汽轮机	除少量回热抽汽外排汽在高度真空状态下进入凝汽器凝结成水
	背压式汽轮机	没有凝汽器，排汽在高于大气压力状态下排出，直接用于供热或工业用汽
	调节抽汽式汽轮机	从汽轮机某级后抽出一定压力的部分抽汽对外供热或工业用汽，根据用户需要对抽汽压力进行自动调节。分一次调节抽汽和两次调节抽汽
	中间再热式汽轮机	进入汽轮机的蒸汽膨胀到某一压力后，被全部抽出送往锅炉的再热器再次加热，再返回汽轮机作功
	抽汽背压式汽轮机	具有调节抽汽的背压式汽轮机

续表

分类	类 型	简 要 说 明
按新蒸汽参数	低压汽轮机	新蒸汽压力小于 1.5MPa
	中压汽轮机	新蒸汽压力为 2MPa ~ 4MPa
	高压汽轮机	新蒸汽压力为 6MPa ~ 10MPa
	超高压汽轮机	新蒸汽压力为 12MPa ~ 14MPa
	亚临界汽轮机	新蒸汽压力为 16MPa ~ 18MPa
	超临界汽轮机	新蒸汽压力超过 22.2MPa
按汽流方向	轴流式汽轮机	各级叶栅沿轴向依次排列, 汽流方向的总趋势是轴向的, 大多数汽轮机是轴向的
	辐流式汽轮机	各级叶栅沿半径方向依次排列, 汽流方向的总趋势是沿半径方向的
按用途	电站汽轮机	用于拖动发电机, 转速固定不变, 主要为凝汽式, 也有热电联供的
	工业汽轮机	用于拖动风机、水泵等转动机械, 其转速是变动的
	船用汽轮机	驱动船舶螺旋桨

5. 国产汽轮机的型号如何规定?

汽轮机的种类很多, 为便于使用, 通常用一定的符号来表示汽轮机的基本特性, 这个符号组称为汽轮机的型号。目前国产汽轮机的型号组成如下:



第一组用汉语拼音符号表示汽轮机的型号, 具体见表 1-2。汉语拼音符号后面的数字表示汽轮机的额定功率, 单位为 MW。

第二组蒸汽参数用数字表示，分为几组，中间用斜线分开，各组数字代表的意义见表 1-3。表 1-3 所用的单位：

蒸汽压力——MPa；

蒸汽温度——℃。

第三组数字表示变型设计的序号，按原型设计制造的汽轮机，无此序号。

表 1-2 汽轮机类型代号表

代 号	类 型	代 号	类 型
N	凝汽式	CB	抽汽背压式
B	背压式	H	船 用
C	一次调节抽汽式	G	工业用汽轮机
CC	两次调节抽汽式		

表 1-3 蒸汽参数的表示方法

类 型	参数表示方法
凝汽式	—蒸汽初压/蒸汽初温—
中间再热式	—蒸汽初压/蒸汽初温/再热温度—
一次调节抽汽	—蒸汽初压/调节抽汽压力—
两次调节抽汽	—蒸汽初压/高压抽汽压力/低压抽汽压力—
背压式	—蒸汽初压/背压—
抽汽背压式	—蒸汽初压/抽汽压力/背压—

例(1)N100-8.826/535 型汽轮机表示为凝汽式、额定功率为 10MW，新汽压力为 8.826MPa ($90\text{kg}/\text{cm}^2$)、温度为 535℃ 的汽轮机。

例(2)CC12-3.43/0.98/0.1176 型汽轮机表示为两次调节抽汽式、额定功率为 12000kW、新汽压力为 3.43MPa、高压抽汽压力为 0.98MPa、低压抽汽压力为 0.1176MPa 的汽