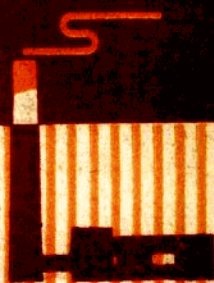


武汉工业发展史

第二册



1977 WUHAN

电厂燃油设计

湖北省电力设计院出版

内 容 提 要

《电厂燃油设计》较系统地编写了发电厂锅炉燃燃系统的计设和计算资料。本书分两册。第一册介绍燃料油的特性和油质指标；燃料油的卸油、运输和贮存；以及油泵、油罐、过滤器、加热器、油烟咀等油系统的设备。第二册介绍燃油喷嘴流量调节系统；调风器；管阀附件；油管路吹扫、伴热、保温和油漆；燃油锅炉烟气侧的腐蚀及其防止；含油污水处理；以及消防等安全措施。

本书供发电厂与锅炉专业设计和制造单位人员使用；也可以供基建、生产单位有关人员和大专院校动力专业师生参考。

电 厂 燃 油 设 计

第 二 册

《电厂燃油设计》编写组

*

湖北省电力设计院出版

(武昌何家垅)

湖北省电力设计院印刷

*

1977年12月

印数 0001—8000 册

内 部 发 行

前 言

随着我国石油工业的迅速发展，重油作为火力发电厂的燃料，已被广泛采用。为了适应燃油电厂设计的需要，根据水利电力部科研所(今规划设计院)一九七三年在西安召开的标准化会议的分工，编写出这本《电厂燃油设计》，供有关设计人员参考使用。

本书编写过程中，调查研究了锅炉燃油设施的设计、制造、安装和运行的实践经验，学习了石油、化工、商业、交通等部门的有关经验，汇编了电厂燃油有关的设备和管阀附件资料以及各类计算方法和数据，介绍了目前燃油电厂的实际做法，使用时要注意因地制宜。此外，遵照“洋为中用”的原则，选录了部分国外资料，使用时要注意批判地吸收。

编写本书时，有关专业标准和规范还在修订过程中，因此，使用时要注意查阅新颁发的标准和规范，并以新标准规范为准。

由于我们接触燃油电厂设计的时间很短，对于电厂燃油还缺乏规律性地了解，许多认识仅仅是初步的，加上水平所限，书中的错误和缺点在所难免。我们热忱地希望兄弟单位和读者提出宝贵意见，以便不断改进和提高。

本书编写过程中，曾得到有关燃油电厂、炼油厂、设备制造厂、科研设计和大专院校等单位的大力支持和协助，提供了许多宝贵资料和意见，谨此一并致谢。

参加本书编写的单位有：河北省电力勘测设计院、东北电力设计院、华东电力设计院、东方锅炉厂和湖北省电力设计院。最后由湖北省电力设计院负责编辑出版。

《电厂燃油设计》编写组

1975年12月

《电厂燃油设计》编写组由下列单位和人员组成:

东北电力设计院 左焕智

华东电力设计院 徐美檀

河北省电力勘测设计院 郭凌襄

东方锅炉厂 何佩璠

湖北省电力设计院 谢福炯 张文烈 刘大伟 朱玉清 林在胡 胡火安

裘然恒 汪自修 朱天吏 沈仕鑫 陈万钧 文启鼎

目 录

前 言

第十五章 调风器	829
第一节 概述	829
第二节 调风器的类型	833
一 国内使用的燃油调风器型式	833
二 国外使用的燃油调风器型式	835
第三节 调风器在炉室上的布置	838
一 布置尺寸概述	838
二 旋流式燃烧器在油炉上的布置尺寸	840
三 调风器在炉室中的布置方式	840
第四节 调风器的结构	851
一 蜗壳式	851
二 叶片式	853
三 对旋流式调风器的一些看法	878
四 直流式调风器	890
五 文丘里调风器	839
六 交叉混合式旋流调风器	900
第五节 调风器的稳燃器	901
一 扩流锥稳燃器	903
二 叶轮稳燃器	905
三 叶轮稳燃器的叶片	916
第六节 调风器的阻力系数	920
一 阻力系数的计算公式	920
二 出口截面的选取	924
三 调风器阻力系数的参考值	924
四 文丘里和平流式调风器阻力系数的计算	931
第七节 调风器的旋流强度	933
一 旋流强度的定义及各种表示方法	933
二 用定性尺寸 $L = \frac{\pi}{4} d$ 当计算旋流强度的公式	936
三 用定性尺寸 $L = \frac{\pi}{4} r_0$ 计算旋流强度的公式	937
四 清华大学对旋转气流特性的试验及结论	938
五 清华大学实际旋流强度“O”的表示方法及计算公式	942
六 平流式调风器的旋流强度	944
七 用旋流强度 n 当计算旋流器的程序及主要公式	945
第八节 调风器的设计及计算	946
一 蜗壳作图法	946

二	等高螺旋叶片基本尺寸的计算及其展开	947
三	轴向叶片旋流器和叶轮稳燃器	952
四	轴向叶片旋流器(锥形可动式)	960
五	切向固定叶片旋流器	970
六	切向可动叶片旋流器	973
七	文丘里调风器的设计计算	984
第九节	燃煤炉改为燃油炉的几个问题	990
一	燃烧器选型及布置	990
二	过热蒸汽温度的变化	992
三	尾部受热面防火防爆	994
四	防止高低温腐蚀及尾部受热面积灰	994
五	其它注意事项	995
六	油、煤混烧	995
第十六章	燃油喷嘴流量调节系统	999
第一节	简单油压雾化喷嘴的流量调节	999
一	母管末端和冷油再循环联合集中系统	999
二	母管节流集中调节系统	1000
三	使用离心泵时锅炉负荷分别调节系统	1001
四	使用容积泵时锅炉负荷分别调节系统	1001
五	燃油系统中影响雾化质量的因素	1004
第二节	机械雾化内回油喷嘴的流量调节	1006
一	内回油喷嘴流量调节的方法	1006
二	内回油喷嘴的流量调节特性	1010
三	恒压力流量调节系统油泵容量的选择	1017
四	恒压力流量调节系统的回油量	1025
五	恒压力流量调节系统回油管设计	1027
第三节	简单油压雾化喷嘴和带内回油喷嘴联合使用的调节系统	1032
第四节	燃油锅炉炉前喷嘴流量调节系统实例	1033
一	35(吨/时)某燃油锅炉炉前回油喷嘴流量调节系统	1034
二	120(吨/时)某燃油锅炉炉前回油喷嘴流量调节系统	1035
三	220(吨/时)某燃油锅炉炉前喷嘴流量调节系统	1036
四	410(吨/时)某燃油锅炉炉前喷嘴流量调节系统	1037
五	1000(吨/时)某燃油锅炉炉前喷嘴流量调节系统	1039
第五节	蒸汽雾化(蒸汽—机械雾化)喷嘴的流量调节系统	1040
第六节	喷嘴调节性能图表	1041
第十七章	防止锅炉烟气侧的腐蚀	1050
第一节	锅炉烟气侧的低温腐蚀	1050
一	低温腐蚀的作用机理	1050
二	烟气露点的确定	1051
三	腐蚀速度和壁温的关系	1054
第二节	锅炉烟气侧的高温腐蚀	1059
第三节	防止锅炉烟气侧腐蚀的方法	1059

一	提高空气预热器的壁温	1059
二	采用耐腐蚀材料	1061
三	采用低氧燃烧	1061
四	采用附加剂	1068
五	国内锅炉使用附加剂的情况	1070
六	国外锅炉采用的附加剂防腐系统	1074
第十八章 油管路吹扫		1078
第一节	扫线工质及吹扫管的选择	1078
第二节	厂外输油管道的吹扫	1080
第三节	卸油部分的吹扫	1080
第四节	贮油罐放水管及排污管的吹扫	1081
第五节	燃油系统设备的吹扫	1082
第六节	炉前燃油管道的吹扫	1083
第七节	全厂燃油系统的吹扫	1084
第十九章 含油污水处理		1087
第一节	含油污水处理方法	1087
一	含油污水的来源、水量和水质	1087
二	油品在污水中存在的状态	1088
三	污水处理流程的选择	1089
第二节	平流式隔油池	1090
一	工作原理	1090
二	脱油效率	1091
三	设计计算	1094
四	附属设备	1099
第三节	斜板(管)隔油池	1101
一	工作原理	1101
二	几种新型隔油池	1102
第四节	加压空气浮选	1108
一	工作原理	1109
二	脱油效率	1109
三	工艺流程	1114
四	加气方式	1116
五	加混凝浮选剂的地点	1116
六	溶气罐	1117
七	浮选分离池	1118
八	减压阀	1120
九	设计计算	1120
第五节	快速沉降罐处理	1124
一	快速沉降罐脱油系统	1125
二	主要设备	1126
第二十章 消防		1129

第一节	石油火灾及灭火机理	1129
第二节	空气泡沫消防	1129
一	泡沫消防的种类	1129
二	空气泡沫消防系统	1130
三	空气泡沫消防器材	1131
四	空气泡沫消防计算	1141
五	油罐冷却水	1145
六	消防系统设计注意事项	1147
七	空气泡沫消防计算举例	1148
八	国外空气泡沫消防简况	1151
第三节	烟雾自动灭火装置	1153
第四节	其它消防措施	1155
一	1211灭火剂	1155
二	1202灭火剂	1156
三	蒸汽灭火	1156
四	喷雾水灭火	1157
五	干粉灭火剂	1157
六	二氧化碳灭火剂	1157
七	四氯化碳灭火剂	1157
八	灭火涂料	1157
第五节	卸油作业区及燃油泵房的消防	1158
第二十一章	保温伴热油漆	1161
第一节	保温材料	1161
一	硅藻土及其制品	1161
二	水泥蛭石制品	1162
三	玻璃棉及其制品	1163
四	珍珠岩制品	1164
五	泡沫混凝土	1165
六	矿渣棉	1165
七	聚氨酯甲酸酯泡沫塑料	1166
第二节	管道保温计算	1166
一	无伴热管油管路保温计算	1166
二	带伴热管油管路保温计算	1179
三	阀门、管件的热损失计算	1224
四	计算例题	1225
第三节	管道保温层的敷设	1226
一	不带伴热管的油管路保温层的敷设	1226
二	带伴热管的油管路保温层的敷设	1227
三	垂直管路保温层的敷设	1228
四	阀门、管件的保温结构和伸缩缝	1229
五	保温层的保护层	1231
第四节	蒸汽伴热管	1233
一	蒸汽伴热的形式	1233

二	蒸汽伴热管的选择	1234
三	蒸汽伴热管的敷设	1235
第五节	电热带伴热	1239
一	电热带的计算及选择	1239
二	电热带的安装	1240
三	电热带伴热的温度自动控制	1241
第六节	油罐的保温计算	1245
一	按经济厚度计算油罐保温层厚度	1245
二	按允许热损失计算油罐保温层厚度	1245
第七节	油罐的保温结构	1249
第八节	油漆	1254
一	燃油管路的油漆	1254
二	油罐的油漆	1256
第二十二章	安全措施和其他	1259
第一节	防雷	1259
一	雷电的发生及其危害	1259
二	直接雷击的保护	1259
三	感应过电压和雷电侵入波的防护	1263
第二节	防静电	1265
一	静电的产生及其特点	1265
二	防静电措施	1265
第三节	防爆	1267
一	油品的爆炸极限	1267
二	防爆措施	1269
第四节	油区电气设备的选择与布置	1274
一	爆炸和火灾危险场所的等级	1274
二	对爆炸危险场所电气装置的一般规定	1278
三	爆炸危险场所电气设备的选型	1280
四	与爆炸危险场所相邻的变电所和配电所(室)的布置	1282
五	爆炸危险场所的电气线路	1284
六	爆炸危险场所的电气装置的接地	1286
七	火灾危险场所电气设备的选型	1286
八	与火灾危险场所相邻的变电所和配电所(室)的布置	1287
九	火灾危险场所的电气线路	1288
第五节	防毒	1289
第六节	燃油系统的热力控制和测量	1289
一	热工测量	1289
二	燃油系统的自动调节	1291
三	热工信号	1293
四	控制与联锁	1294
五	燃油控制室布置中应注意的问题	1294
第七节	通讯	1295

第八节 采暖通风	1295
第二十三章 阀门、管材	1297
第一节 通用阀门	1297
一 通用阀门型号编制办法	1297
二 闸阀	1300
三 截止阀与节流阀	1312
四 止回阀	1323
五 球阀	1330
六 旋塞阀	1339
七 疏水阀	1344
第二节 调节、控制阀门及流量变送器	1352
一 气动调节阀	1352
二 电动调节、控制阀门	1366
三 其它调节阀门	1371
四 流量变送器	1376
第三节 管材	1388
一 电焊钢管	1388
二 无缝钢管	1393
三 铜管	1400
四 黄铜管	1402
五 铝及铝合金圆管	1404
六 橡胶管	1405
七 金属软管	1409
八 垫片	1410
第二十四章 其他资料图表	1415
一 发电厂使用重油油质资料补充	1415
二 世界各国燃料油指标	1419
三 哈尔滨锅炉厂的机械雾化油喷嘴新系列	1432
四 苏联重油设施有关规定	1449
五 我国发电厂建筑物和构筑物在生产过程中的火灾危险性及其耐火等级	1453
六 我国各主要城市气象资料	1455
七 常用材料的主要物理性质	1457
八 离心泵吸入性能和粘度的影响	1459
九 水蒸汽参数表	1462
十 燃烧所需空气量和烟气流简算法	1465
十一 单位换算	1470
十二 浮顶油罐和砖油罐经济指标	1478
十三 管壳式换热器总传热系数估算值	1479
十四 主要油品价格	1480
十五 补充说明	1480

第十五章 调风器

第一节 概 述

调风器是重油燃烧器的主要组成部份。

重油燃烧器主要由调风器和油喷咀两部份组成。

油喷咀的作用是把油雾化成微滴，以增大油和空气的接触面并使油雾保持一定的雾化角和流量密度分布，促进油雾和空气的混合，强化燃烧过程，提高燃烧效率。

调风器的作用是供给燃料油燃烧时足够的空气，并形成有利的空气动力场，使油雾能很好地与燃烧空气互相混合，并在低过剩空气下着火容易，火焰稳定，燃烧良好。

在设计调风器时，必须着重考虑以下四个方面的问题：

(1) 油经过油喷咀后的雾化特性。如：气流的旋流特性及空气参数对雾化密度的影响，调风器的配风和稳燃器的结构型式是否与油雾的粒度、形状、喷射角和油雾密度分布情况相适应。

(2) 空气经过调风器后形成的空气动力工况。如：气流的旋流强度、射程、回流区大小、火焰长度和火炬扩散角的变化等是否与油雾完全燃烧的要求相适应。

(3) 调风器和油喷咀相互是否配合良好。如：气流的扩散角必须和油雾的扩散角相适应，调风器所供给的风量必须和油雾在各燃烧阶段的空气需要量相适应，尽可能使油滴都能获得完全燃烧所需要的氧气，调风器的扩流锥和油喷咀的相对距离应保持最佳值等。

(4) 调风器与燃烧方式、炉型、风道和燃油管路的布置及其调节系统等是否相互协调。

根据国内外经验，从提高燃油的安全、可靠和经济性考虑，比较一致的看法是：

(1) 提高油粒雾化质量，是获得完全燃烧的首要条件。

(2) 合理和均匀配风，在燃烧器出口应有适当的回流区，以稳定火焰和加热油雾，使之蒸发并达到着火温度；重视“根部送风”，促使油雾完全燃烧；适当提高空气速度，加强燃烧后期油气的扩散混合，是衡量调风器性能好坏的主要指标。

(3) 调节性能良好，阻力较小，结构简单，操作维护方便。

(4) 为防止和减轻锅炉积灰和高低温腐蚀，应采用比较有效的低氧燃烧措施。

调风器按气流流动工况可分为直流式及旋流式两大类：

1. 直流式调风器

直流式调风器的出口气流是属直流气流。直流气流的特点与自由射流接近，假定空间的介质温度与气体温度相同，喷咀出口处速度是均匀分布，则理想的自由射流结构如图15—1所示^[44]。

气流自圆形喷咀流出，呈紊流运动，同时气体分子作横向运动，部分气体窜入周围介质，并使周围介质和它一起运动。这样，射流的宽度逐渐增加，而射流本身的速度则下降。

在射流边界层上，轴向速度为零。另外，周围介质的分子也向射流气体内部扩散，使射流速度降低。在图 15—1 中，ABC 范围内的射流气体还没有受到周围介质的影响，保持初速不变，叫做射流核心。在核心以外的射流气体则速度逐渐降低。图 15—1 中还表示出射流在不同截面上速度场的变化。射流核心结束的截面叫做过渡截面，过渡截面以前叫做起始区域或原始区域，过渡截面以后叫做基本区域。

实验证明，射流的边界接近于直线。

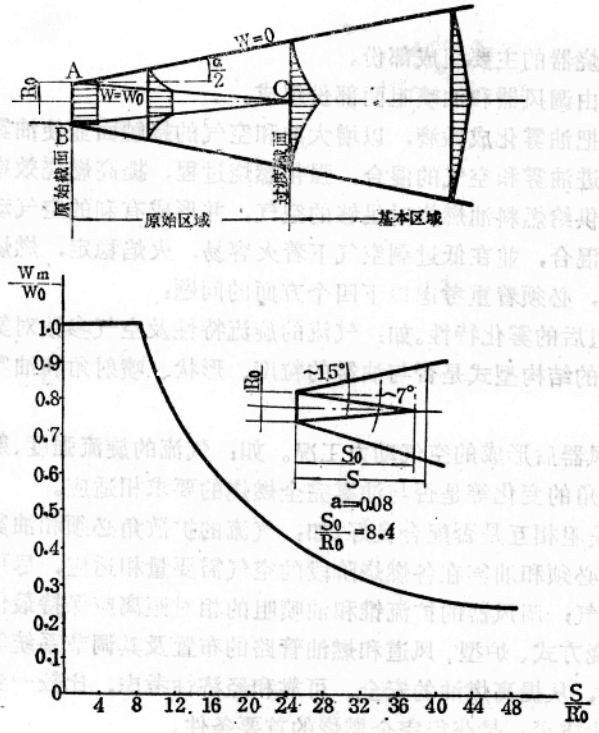


图15—1 自由射流的速度分布

对圆形截面的喷口，射流基本区域内中心线上的速度变化符合以下规律：

$$\frac{W_m}{W_0} = \frac{0.96}{\frac{as}{R_0} + 0.29}$$

式中：

- W_0 —射流出口的初速度，〔米/秒〕；
- W_m —射流基本区域内某一截面中心线上的轴向速度，〔米/秒〕；
- s —该截面离开喷口的距离，〔米〕；
- R_0 —喷口半径，〔米〕；
- a —气流结构系数，决定于喷口出口截面上速度场的均匀性，表示其扰动度， $a = 0.07 \sim 0.08$ ，速度越不均匀， a 越大。

射流的扩散角 α 又可由下式计算:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 3.4a$$

当 $a = 0.08$ 时, $\alpha = 30^\circ$

图15—1表示当 $a = 0.08$ 时, 射流中心线上的速度变化和射流的一些主要尺寸。

喷口半径 R_0 越大, 速度 W_m 降低得越慢, 亦即射程越远。 W_0 越大, 射程也越远。

2. 旋流式调风器

旋流式调风器的出口气流属于强旋转气流。气流在调风器中作螺旋运动, 在调风器出口处不仅有轴向速度, 同时还有一个使气流扩散的切向速度。当气流进入炉膛后, 如果没有外力作用, 它应当沿螺旋线的切线方向运动, 形成辐射状的环形气流, 如图15—2所示, 实际上可以分成下述两种情况。

(1) 封闭气流

由于气流的中心部份是负压, 它的压力低于周围介质的压力, 因而气流受到挤压形成中心回流区, 气流呈封闭状, 叫“封闭气流”。

中心回流区有助于保持火焰稳定。对容易燃烧的燃料油, 并不要求有较大的中心回流区。

(2) 开放气流

在炉膛内, 气流四周和炉墙之间也会产生负压, 使气体吸到环形气流根部, 形成回流区, 即所谓外回流。当旋转强烈, 扩散角足够大时, 四周的负压可能大于中心的负压, 气流受到内压力作用, 这时, 在调风器出口, 气流就贴墙运动, 形成所谓“飞边”, 这种开放状的气流叫“开放气流”。

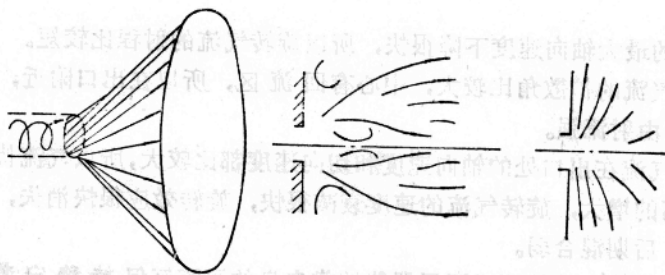


图15—2 旋转气流

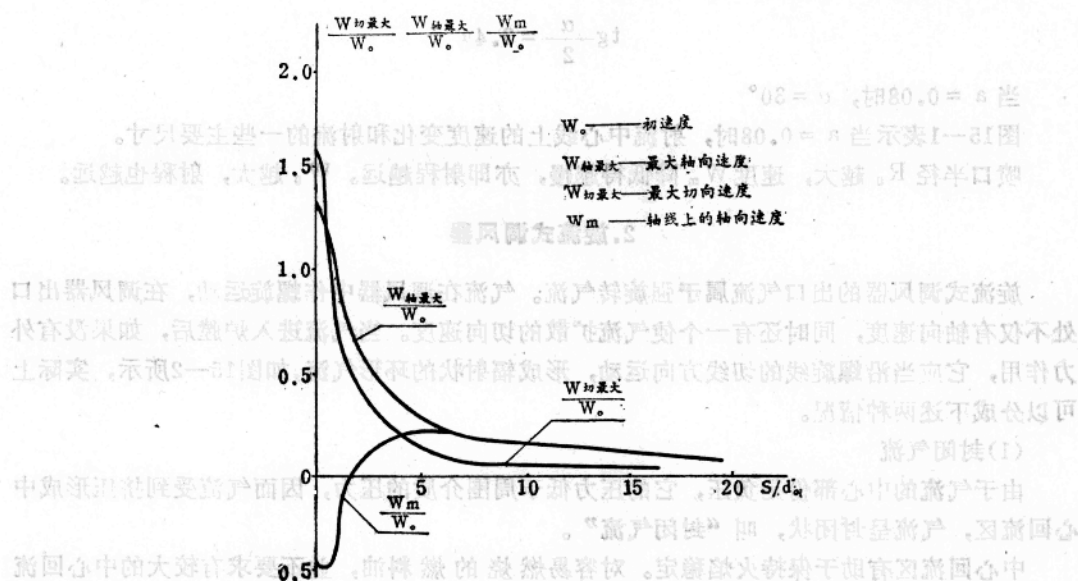


图15—3 旋转气流内的速度分布

开放气流的中心回流区比较大，容易使火焰贴墙。油炉调风器形成开放气流后，会使气流扩散角过大，不利于风和油雾的混合和燃烧。

图15—3表示旋流式调风器出口速度的变化规律^{〔6〕〔44〕}。由图可见：

(1) 旋转气流的扩散角较大，出口处轴线上的轴向速度为负值，有中心回流区，回流区结束后才变为正值。

(2) 切向速度在开始时很大，但很快消失，亦即气流的旋转效应很快消失，以后基本上沿轴向运动。

(3) 旋转气流的最大轴向速度下降很快，所以旋转气流的射程比较短。

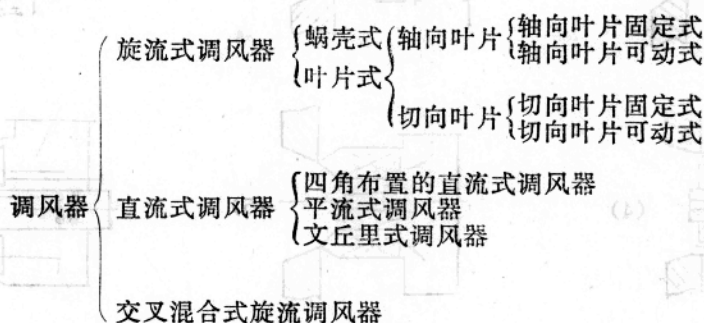
(4) 由于旋转气流的扩散角比较大，中心有回流区，所以在出口附近，旋转气流卷吸周围介质的能力比自由射流强。

(5) 由于旋转气流在出口处的轴向速度和切向速度都比较大，所以气流扰动和混合强烈。但是随着轴向距离的增大，旋转气流的速度衰减很快，旋转效应很快消失，使后期混合差，亦即前期混合强，后期混合弱。

旋转气流的这些特点使旋流式调风器能够靠自身的回流区保持稳定着火，且着火性能较好，对燃料的适应性较好。

第二节 调风器的类型

调风器按气流特性和进风方式可分为：



一 国内使用的燃油调风器型式

调风器的型式和使用单位见表15-1，图15-4。

国内电厂使用的燃油调风器〔7〕

表15-1

型 式	结 构	使 用 电 厂
旋 流 式	切向固定叶片式	安达、南市*9炉。
	切向可动叶片式	新华、杨柳青。
	油煤两用切向可动叶片式	淮 南
	轴向可动叶片式	高 桥〔注1〕
	轴向固定叶片式	前郭、杨柳青。
	多通道式 低旋流式	杨树浦、南京、闵行、闸北。
	蜗 壳 式	富热、吉热、辽电、抚顺。
直 流 式	四 角 布 置	圆 型 风 口 辽电*1、*4炉。
		方 型 风 口 辽电*10炉。
		油 煤 分 层 燃 烧 闸电*9炉、高桥*3炉。
		油 煤 两 用 辽电*2、*4、*5炉。
		油 煤 两 用 闵电*8、*9炉。
		煤粉燃烧器烧油 闵电*7炉。 白杨河*1、*2炉。 杨树浦*33炉。
	前、侧墙布置的平流式	抚顺、闵行。
	文丘里式	大连石油二厂、大连石油七厂。
	交叉混合式旋流调风器	杨柳青电厂*3炉、茂名电厂410吨/时炉

注1：高桥电厂现已改为直流式四角布置油燃烧器。

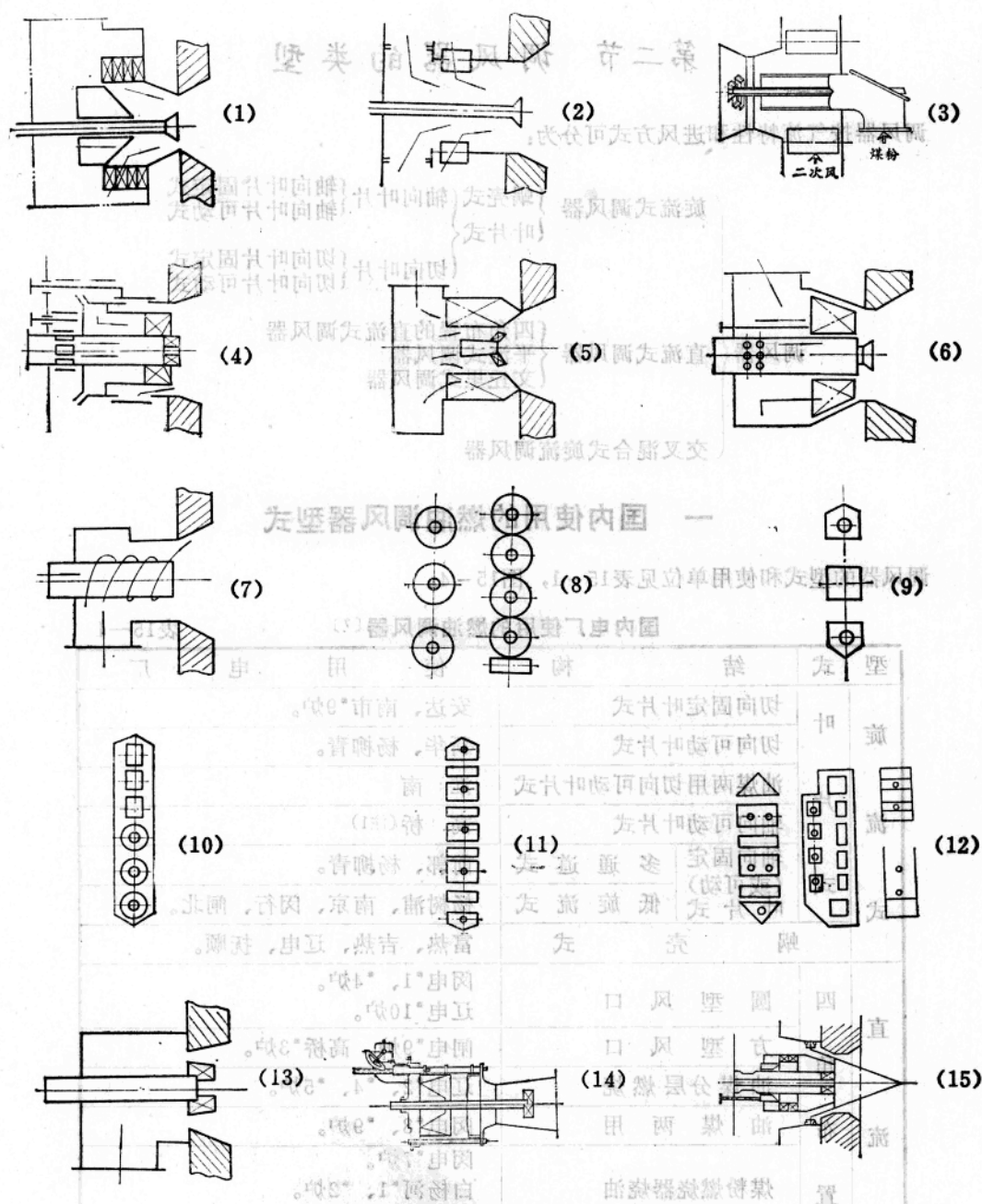


图15—4 国内发电厂使用的调风器

1—切向固定叶片式；2—切向可动叶片式；3—油煤两用切向可动叶片式；4—轴向可动叶片式；5—轴向固定叶片式（多通道）；6—轴向可动叶片式（低旋流）；7—蜗壳式；8—圆型风口；9—方型风口；10—油煤分层燃烧；11—油煤两用；12—煤粉燃烧器烧油；13—侧墙布置平流式；14—文丘里式；15—交叉混合旋流式。