

火 力 发 电 厂
烟风煤粉管道设计技术规程

DL/T 5121—2000

目 次

前言	686
1 范围	687
2 引用标准	687
3 总则	687
4 管道布置	691
4.1 一般规定	691
4.2 烟道	695
4.3 冷风道	696
4.4 热风道	697
4.5 原煤管道	698
4.6 制粉管道	699
4.7 送粉管道	700
5 管道规格与材料	701
5.1 管道规格	701
5.2 材料	701
5.3 焊接	703
6 道体及加固肋	704
6.1 一般规定	704
6.2 道体及加固肋设计	705
7 异形件优化选型	706
7.1 一般规定	706
7.2 异形件选型	706
8 零件和部件	712
8.1 一般规定	712
8.2 零件	712
8.3 部件	712
8.4 锁气器	714
8.5 风门	715
8.6 传动装置	716
8.7 补偿器	716
8.8 防爆门	717
9 防爆措施	719
9.1 一般规定	719
9.2 原煤仓	719

9.3 煤粉仓	720
9.4 煤粉管道	720
9.5 防爆设计压力	721
9.6 防爆门设置要求	723
10 支吊架	724
10.1 一般规定	724
10.2 支吊架选型	725
10.3 支吊架荷载计算	725
10.4 弹簧选择	728
附录 A (标准的附录) 常用的烟风煤粉管道规格	730
A1 送粉管道	730
A2 烟道、制粉管道	730
A3 圆形风道	731
A4 矩形管道	731
A5 英制送粉管道	732
附录 B (标准的附录) 常用结构钢材及其使用温度	732
附录 C (标准的附录) 常用钢材特性数据	733
C1 常用结构钢材的许用应力	733
C2 常用结构钢材的弹性模量	734
附录 D (标准的附录) 烟风道介质设计压力	734
附录 E (标准的附录) 烟风道加固肋设计荷载	735
附录 F (标准的附录) 烟风道积灰荷载	735
附录 G (标准的附录) 零件焊接图	736
附录 H (标准的附录) 加固肋焊接图	737
附录 J (标准的附录) 加固肋典型布置及内撑杆节点	
结构形式	739
附录 K (标准的附录) 本规程用词说明	741
附录 L (提示的附录) 风门旋转力矩	742
L1 带自润滑调心轴承风门旋转力矩	742
L2 铸铁风门旋转力矩	742
附录 M (提示的附录) 主要风门的操作方式	743
附录 N (提示的附录) 我国寒冷地区“冬季空气调节室外 计算温度”摘录	744
附录 P (提示的附录) 烟气腐蚀性分级	745
附录 Q (提示的附录) 相关标准及文件	746
条文说明	747

前　　言

本标准是根据原电力工业部技综〔1996〕40号文《关于下达1996年度电力行业标准制修订计划项目（第一批）》的安排，由华东电力设计院负责对DLGJ26—1982《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规定（试行）》进行修订的。

20世纪80年代初，我国引进大容量火力发电设备制造技术和电站设计技术，并随着涉外工程引进机组的日益增多，我国快速发展的电力工业火电机组的单机容量逐渐大型化。随着引进技术的采用和新技术的开发应用，DLGJ 26已不能适应大容量机组烟风煤粉管道的设计要求。

本标准是在DLGJ 26的基础上，通过对十多年来我国电站烟风煤粉管道设计、施工、运行等经验的总结，参考引进机组的资料，消化吸收国外有关标准、规程、规范中先进技术，采纳国内科研设计单位的研究成果，遵循我国国家标准、电力行业标准的规定后综合补充修订而成的。

修订工作是在原电力工业部、电力规划设计总院的直接领导和支持下进行的，并得到兄弟电力设计院的支持和帮助。先后编写了修编大纲、征求意见稿、送审稿和报批稿，并进行了逐次审查。

本标准对DLGJ 26的内容做了如下较大变动：

- 修订了烟囱出口烟速的计算方法、计算公式；
- 修订了矩形烟风道加固肋设计方法和图表；
- 补充了煤粉制备系统的防爆措施。

本标准还参照了美国1995年版NFPA 8502《多燃烧器锅炉炉膛防外爆/内爆标准》，1992年版NFPA 8503《煤粉系统标准》，前苏联1990年版《燃料输送、粉状燃料制备和燃烧设备的防爆规程》（第六版）中有关防爆压力、防爆措施的内容。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D、附录E、附录F、附录G、附录H、附录J、附录K都是标准的附录。

本标准的附录L、附录M、附录N、附录P、附录Q都是提示的附录。

本标准从2001年1月1日起实施，DLGJ 26—1982（试行）即行废止。

本标准由电力行业规划设计标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：国家电力公司华东电力设计院。

本标准起草人：钱成绪、王文元、蔡希浩。

本标准委托国家电力公司华东电力设计院负责解释。

1 范围

本标准规定了火力发电厂锅炉烟风煤粉管道（包括零部件）的布置、规格材料、加固肋、防爆措施、支吊架设计的技术要求及烟囱出口流速选择等内容。

本标准适用于容量为 65~2000t/h 等级的燃煤锅炉的钢结构烟风煤粉管道设计。对于非金属结构烟风道仅提出有关工艺设计的要求。

对于燃油和燃天然气锅炉的烟风道，以及容量小于 65t/h 和大于 2000t/h 等级的燃煤锅炉的烟风煤粉管道设计，可参照本标准执行。

涉外工程要考虑供货方或订货方所在国的情况及使用标准，可参考使用本标准。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB/T 3880—1997 铝及铝合金轧制板材
- GB 50229—1996 火力发电厂与变电所设计防火规范
- GBJ19—1987 采暖通风和空气调节设计规范
- DL435—1991 火电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程
- DL468—1992 电站锅炉风机选型和使用导则
- DL5000—2000 火力发电厂设计技术规程
- DL5022—1993 火力发电厂土建结构设计技术规定
- DL5027—1993 电力设备典型消防规程
- DL5053—1996 火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程
- DL/T 5054—1996 火力发电厂汽水管道设计技术规定
- DL/T 5072—1997 火力发电厂保温油漆设计规程
- NFPA 8502—1995 多燃烧器锅炉炉膛防外爆/内爆标准（美国）
- NFPA 8503—1992 煤粉系统标准（美国）
- 1990 年版（第六版） 燃料输送、粉状燃料制备和燃烧设备的防爆规程（前苏联）（简称《防爆规程》）

3 总则

3.0.1 设计要求。

火力发电厂锅炉的烟风煤粉管道设计，应根据烟风系统、煤粉制备系统及厂房布置条件进行，做到运行安全可靠、技术先进、经济合理、安装维修方便和可能条件下的美观，并符

合下列要求：

- 1 输送介质的流量和参数应满足烟风系统、煤粉制备系统正常运行的需要。
- 2 节省投资和降低运行费用。
- 3 运行、维修和加工、运输、安装方便。
- 4 管道、零部件及支吊架等应具有足够的强度、稳定性和耐久性。
- 5 考虑防爆、防磨、防堵、防漏、防震、防雨、防冻、防腐蚀和防噪声等问题，并采取有效措施，符合 DL 5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》的规定。

注：烟风系统又称燃烧系统。煤粉制备系统简称煤粉系统（下同）：包括原煤、制粉、送粉三部分。

3.0.2 设计范围。

烟风煤粉管道的设计范围一般包括下列管道的布置及其零部件、风门操纵装置、支吊架以及必要的平台扶梯设计：

1 烟道：锅炉空气预热器出口至烟囱前的烟道；烟气再循环管道；磨煤机干燥用的高温烟气管道；低温烟气管道和混合室至磨煤机进口的干燥管等。

2 冷风道：吸风口至空气预热器的冷风道；磨煤机及其他调温用的压力冷风道；锅炉尾部支承梁的冷却风管道；磨煤机、给煤机的密封系统管道；低温一次风机或低温干燥风机的进口和出口风道；微正压锅炉的有关密封管道；炉膛火焰检测器冷却风道、点火风机风道等。

3 热风道：空气预热器出口风箱；喷燃器的二次风道；炉排锅炉的一次和二次风道、热风送粉用的热风道；磨煤机干燥用的热风道；排粉机进口的热风道；高温一次风机进口的热风道；烟气干燥混合器的热风道；热风再循环管道；邻炉间的热风联络管道；三次风喷口冷却风管道；风扇磨密封管道等。空气预热器低温段出口至磨煤机和排粉机的温风道。

4 原煤管道：原煤仓至给煤机的给煤管和给煤机至磨煤机的给煤管；金属小煤斗；炉排锅炉炉前煤仓的落煤管等。

5 制粉管道：磨煤机至排粉机的制粉管道；细粉分离器至煤粉仓和输粉机的落粉管；输粉机的落粉管；粗粉分离器的回粉管；煤粉仓的放粉管；吸潮管；防爆门引出管等。

6 送粉管道：排粉机、磨煤机出口或一次风箱至喷燃器的一次风道；三次风道；乏气管道；给粉管道；干燥剂再循环管道等。

7 其他有关管道及专业分工中属于本专业范围的管道。

8 烟风煤粉管道部分热工测点布置的配合工作。

注：烟风煤粉管道为烟道、风道、原煤、制粉、送粉及其他有关管道的总称。

3.0.3 设计参数。

1 设计压力——管道运行中内部介质可能出现的最大压力。

煤粉系统设备、管道设计压力与燃料特性及系统形式有关，按防爆设计压力确定。

烟风系统设备、管道设计压力按最大运行及锅炉爆炸工况下可能出现的最大压力来确定。

2 设计温度——管道运行中内部介质可能出现的最高温度。

煤粉系统和烟风系统设备、管道的设计温度与燃料特性和系统形式有关，按有关规定确定。

设计压力和设计温度主要用于材料选用和加固肋计算，确定方法按 6.1.3 和 6.1.4 规定。

3.0.4 介质流速。

选择烟风煤粉管道的介质流速，应考虑介质特性、设备条件以及合理节省运行费用和基建投资等因素。对于煤粉管道和烟道，尚需考虑防止堵粉、过量积灰和磨损的要求。

应注意煤种变化对介质流速的影响。

烟风煤粉管道的设计流速按表 3.0.4 所列数值选用，表中推荐数值适用于如下条件：

表 3.0.4 烟风煤粉管道的推荐设计流速

m/s

系统	管道名称	流速
烟风系统	送风机进、出口冷风道	10~12 ¹⁾
	热风（包括温风）总风道	15~25
	空气预热器热风再循环风道	25~35 ²⁾
	干燥剂送粉、一次风机热风送粉及直吹式制粉系统的二次风道	15~25
	送风机热风送粉系统的二次风道	25~35 ²⁾
	空气预热器后通往烟囱的烟道	10~15 ³⁾
煤粉系统	通往磨煤机、高温干燥风机一次风总管和热一次风机的压力冷风道	15~25 ²⁾
	一次风总管	15~25
	通往磨煤机、高温干燥风机、热一次风机和排粉机的热（温）风道	20~25 ⁴⁾
	通往磨煤机的高温烟道和炉烟、热风混合烟道	12~28 ⁵⁾
	冷炉烟风机通往混合室的低温烟道	10~15
	磨煤机至粗粉分离器或粗粉分离器至排粉机的制粉管道	15~18
	粗粉分离器至细粉分离器的制粉管道	14~17
	细粉分离器至排粉机的制粉管道	12~16
	贮仓式系统干燥剂送粉的送粉管道	22~28 ⁶⁾
	贮仓式系统热风送粉的送粉管道	28~32 ^{6),7)}
	三次风管道	22~40
	干燥剂再循环风道	25~45 ⁸⁾
	直吹式制粉系统的送粉管道	22~28 ⁶⁾
	通往烟囱或炉膛上部的乏气管道	22~35
	密封风和火焰检测器冷却风管道	13~25 ⁹⁾

- 1) 对于非金属材料的吸风道宜取下限值。
- 2) 核算剩余压头后取用。当剩余压头较大时，推荐流速取上限值。
- 3) 空气预热器通往除尘器的烟道，当然用高灰分且磨损性较强的燃料时，宜取下限值。对于非金属材料的烟道，亦宜取下限值。湿式除尘器后的烟道，宜取上限值。
- 4) 当校核煤质原煤水分比设计煤质大得多时流速宜取下限值。
- 5) 对于内壁敷设耐火砖的高温烟道和混合烟道，当煤粉系统抽吸能力允许时，宜选取较高流速；对内壁不敷设耐火砖的混合烟道，宜选取较低流速。对钢球磨煤机贮仓式系统，应综合考虑布置、系统漏风和风机耗电等因素后选取。
- 6) 按锅炉磨煤机可能出现的较低负荷的运行方式，核算送粉管道流速是否满足 9.4.9 条规定的防爆要求。
- 7) 当气粉混合物温度超过 260℃ 时，宜取上限值；在高海拔地区，经修正后的热风送粉流速，不宜超过 35m/s。
- 8) 对于热风送粉系统，宜取下限值。
- 9) 密封风管道宜取中上值，火焰检测器冷却风管道宜取中下值流速。

1 出力条件。

——烟风道，按锅炉最大连续出力选择。

注：锅炉最大连续出力的概念适用于引进技术制造的机组或涉外工程机组，国内传统型锅炉则称为“额定出力”。

——煤粉管道及一次风道，对直吹式煤粉系统按锅炉最大连续出力时磨煤机所需出力选择；对中间贮仓式煤粉系统，按磨煤机最佳出力选择，其中热风送粉管道按锅炉最大连续出

力选择。

——按出力条件选用时取流速上限值。

2 煤质条件。

表 3.0.4 按设计煤质选用，对校核煤质应符合推荐流速上、下限的要求。

3 布置条件。

——表 3.0.4 所列数据为主管道流速。当介质流量较小及/或单位长度局部阻力较小时，可取推荐流速范围内的较大值，反之取较小值。对于短管道，可根据设备的接口尺寸确定。对于支管，可按此管道可用压降的大小，取用适当的高流速。

——送粉管道的流速下限值指对水平布置的管道。

4 煤价条件。

高煤价地区风道可取推荐流速范围内的较小值，反之取较大值。

5 特殊条件。

特殊要求的流速选择见表中的注。

3.0.5 高海拔气压修正。

确定在海拔标高大于 300m 地区的烟风煤粉管道截面时，应考虑大气压力降低的影响，对介质的容积流量和表 3.0.4 的推荐流速进行修正。

烟风道的流量修正系数为 $1013/B$ ，流速不作修正。式中 B 为当地海拔标高下的年平均大气压力，hPa。

中间贮仓式系统的制粉管道的流量、流速的修正系数为 $(1013/B)^{1/2}$ 。

中间贮仓式系统的送粉管道和直吹式系统的制粉管道、送粉管道的流量修正系数为 $1013/B$ ，流速修正系数为 $(1013/B)^{1/2}$ 。

注：1013hPa 为标准大气压。

3.0.6 烟囱出口流速。

确定烟囱出口烟气流速时，应综合考虑经济性、长期运行的安全性，以及有利于降低地面污染物质浓度等要求。

选择烟囱出口流速时，应综合考虑烟囱及其人口烟道的运行压力限制要求；综合烟气腐蚀性等级、烟囱形式、烟筒及人口烟道结构材质等因素，出口烟速按下列原则确定：

1 锥型防腐型单筒式（砖内筒）烟囱，不宜采用较高的出口流速，适用于无腐蚀性及弱腐蚀性的烟气。

当排放有腐蚀性的烟气时，允许提高出口烟速，但烟筒内的运行烟气压力应符合下列规定：

当排放强腐蚀性烟气时，筒内不应存在正压；

当排放中等腐蚀性烟气时，最大烟压不宜超过 49Pa；

当排放弱腐蚀性烟气时，最大烟压不宜超过 98Pa。

烟气腐蚀性分级列于附录 P（提示的附录）。

2 直筒型砖内筒一套筒式和多管式烟囱，可采用较高的出口烟速，但不应出现正压，适用于中等及强腐蚀性的烟气。

3 直筒型钢内筒一套筒式和多管式烟囱，宜采用较高的出口烟速，适用于强腐蚀性的烟气。

4 不论何种形式的烟囱，在锅炉最大连续出力时，其入口烟道（吸风机扩散管终端至

烟囱入口点之间)烟气运行压力应符合下列规定:

钢筋混凝土及砖结构烟道,不宜正压运行;

钢制烟道宜负压运行,在需要时(为使烟囱有较高的出口烟速),可正压运行,但必须满足合用烟囱的几台锅炉中最小容量的一台炉检修时运行烟道中不出现正压,以防炉烟倒灌,否则吸风机出口的风门应采用严密的隔离门。

5 在确定几台锅炉合用一座烟囱的出口烟速时,应使第一台最小容量机组投产初期烟囱的出口流速不低于烟囱出口处平均风速的1.5倍,且不宜在5m/s~8m/s以下运行。

6 可通过改进排烟筒的形状,设置顶部烟气扩散口,减小烟筒、烟道阻力等措施,进一步提高烟囱出口流速或降低甚至消除烟筒内的正压(剩余静压)。

3.0.7 其他。

1 烟风煤粉管道及零部件,应优先采用典型设计。

2 在烟风煤粉管道设计中,除执行本规程外,尚应遵守国家和电力部门颁发的有关标准、规程的规定。

3 配合热控等专业进行烟风煤粉管道测点布置,其测点位置应符合烟风煤粉系统流程要求,并便于检测和操作。

4 与有关专业协调好风门、燃烧设备、送粉管道的编号次序。

4 管道布置

4.1 一般规定

4.1.1 烟风煤粉管道的布置应根据烟风煤粉系统进行设计。在进行锅炉房和煤仓间的总体设计以及与锅炉制造厂进行炉架结构(包括平台扶梯)配合设计时,应充分考虑烟风煤粉管道(包括支吊架)的布置要求。

4.1.2 烟风煤粉管道的布置应符合下列要求:

1 管道内的烟气、空气和风粉混合物分配均匀。

2 避免原煤、煤粉以及飞灰的沉积和堵塞;有完善的防爆措施。

3 与设备连接的管道应考虑防止传递震动和传递荷载的设施。

4 满足热补偿要求。

5 管道短捷,选型合理,减小零部件的品种、数量。

6 管道布置宜对称,力求层次分明、整齐美观,注意整体性和一致性,不妨碍通行,不影响邻近设备、管道的操作和维修。

7 需要操作和维修的零部件设在便于操作和维修的地方。

8 考虑装设锅炉运行所需测量孔的位置,满足热效率试验的要求。

4.1.3 当锅炉为露天及半露天布置时,烟风煤粉管道宜布置在有遮盖的地方。对于室外布置的管道,其表面应采取防水和排水措施。

4.1.4 主厂房内通道上方的管道,其最低点与地面、楼板或扶梯的垂直净距应遵守下列规定:

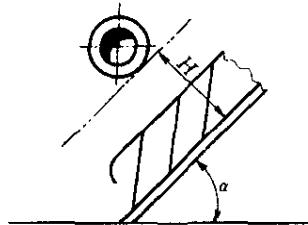


图4.1.4 扶梯上方管道布置

- 对检修时需通过机动车辆的主要通道，不宜小于2500mm。
- 对一般通道不小于2000mm。
- 布置在扶梯上方的管道（图4.1.4），其保温外表面与扶梯倾斜面之间的垂直距离不小于表4.1.4所列的数值。

表4.1.4 管道保温层表面与扶梯倾斜面之间的垂直距离H

mm

扶梯倾斜角 α （°）	38	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
H	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1200	1000	900	800

4.1.5 除受地位限制的管道（如送风机的吸风道、锅炉附近的烟风道、送粉管道以及给粉机下的送粉管道）外，相邻管道之间及管道与设备、管道与建筑物之间的净距，不宜小于表4.1.5所列的数值（对于保温管道系指保温层外表面之间的净距）。

表4.1.5 管道与周围的净距

mm

项 目	圆 形	矩 形	
		边长≤1000	边长>1000
平行管道表面之间的净距，管道与墙壁或楼板平行的净距	200~300	≥300	≥500
管道与相邻设备或梁、柱交叉的净距	≥100	≥150	≥200

4.1.6 烟风煤粉管道应采用焊接连接，仅当所连接的设备、部件为法兰接口或检修时需要拆卸的管段才采用螺栓连接。

4.1.7 “Z”形和空间弯头的两弯头内侧之间的距离宜按表4.1.7所列数值采用；当不能满足上述要求时，宜设置导流板或导向叶片。

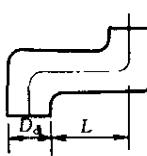
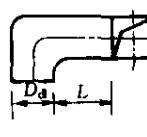
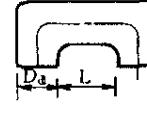
$$D_{dl} = \frac{2ab}{a+b} \quad (4.1.7)$$

式中 D_{dl} ——当量直径（圆形管道的当量直径为管道直径），mm；

a 、 b ——矩形管道的两个边长，mm。

表4.1.7 两弯头内侧之间的距离L

mm

弯管形式	“Z”形弯头	空间弯头	“Π”形弯头
图例	 $L \geq 3D_{dl}$	 $L \geq 3D_{dl}$	 $L = (1.6 \sim 2.5) D_{dl}$ 最佳值为 $2D_{dl}$

4.1.8 当弯头后紧接收缩管时，宜用收缩形弯头；当弯头后紧接扩散管时，宜用等截面弯头再接扩散管。在这些减速及转弯的管段的后面宜装设足够长的直管段，应符合 4.1.7 的要求。

4.1.9 单吸离心风机入口的直管段长度应不小于 2.5~6 倍管段当量直径；当直管段长度不能满足上述要求时应装设进风箱。

直管段长度和弯头形式可根据布置条件按 DL468《电站锅炉风机选型和使用导则》10.10.3 的规定进行优化；进风箱按本标准 8.3.4 规定采用。

4.1.10 在离心风机进风箱入口处应避免布置弯头；必须布置时，宜采用气流与转子旋转方面一致的弯头，否则应在弯头内加导流板；进风箱弯头宜采用较低的流速。

4.1.11 离心风机出口处应紧接扩散管。扩散管的长度和扩散角度按 7.2.4 规定。如果弯管必须位于离心风机出口附近，则出口弯管的布置按 DL468《电站锅炉风机选型和使用导则》10.10.2 规定进行优化。

4.1.12 离心风机出口扩散管后的弯头方向宜与风机叶轮的旋转方向一致。如起吊风机转子有困难，则在扩散管长度满足要求或装设导向叶片后，可与风机叶轮的旋转方向相反。

4.1.13 烟风道的主管道布置，要求在推荐速度时阻力为最小；主管道上应采用优化的异形件。对于剩余压头较大的支管应采用较高流速，并允许装设阻力较大且便于制作的异形件。

4.1.14 下列情况应装设补偿器：

- 1 管道自身不能补偿热膨胀和端点的附加位移。
- 2 需要控制传递震动、传递荷载的管段，例如风机进、出口处的管段。

4.1.15 管道上装设补偿器时应考虑安装、冷拉和维修所需的空间。

相邻的平行管道上的波形补偿器如不能并列布置时，可错开布置，前后错开的净距不宜小于 300mm。

垂直管道上的补偿器，除补偿热胀要求外，还可用来分配各层楼面上的荷载。当布置在楼板或地面以上时，其净空高度不宜小于 2000mm；当布置在楼板下面时，与梁、板间的净距应不小于 300mm。

4.1.16 接入炉烟混合室的冷炉烟管道、热风调温管道，宜与炉烟混合室气体出口方向取得一致；当布置有困难时，可斜接入炉烟混合室，但其夹角宜小些。

4.1.17 给煤管、回粉管、干燥剂再循环管和防爆门短管应接入磨煤机进口炉烟干燥管内，与耐火材料的内壁齐平。

给煤管接入磨煤机进口干燥管（包括抽炉烟的干燥管）的位置，应避免燃煤落入该管道的水平段内。

4.1.18 根据厂房条件，对钢球磨煤机和风扇式磨煤机进口垂直干燥段的高度宜布置得高一些。

4.1.19 风门及其传动装置的布置，应满足下列要求：

- 1 风门的布置应便于操作或传动装置的设置。
- 2 电动、气动传动装置或远方传动装置的风门，有条件时应尽量布置在热位移较小的管段上，以便传动装置可固定设置；受条件限制，无法避免布置在热位移较大的管段上时，其传动装置应设置在风门所在管段、管段平台或风门门框上。
- 3 串联装设和布置在异形管段附近的风门挡板应能完全开启，且不妨碍装设传动装置。
- 4 如需同时进行配合操作手动风门的，其风门的传动装置宜集中布置。

5 经常操作的手动风门的传动装置，宜布置在便于操作的地方。

6 为避免伺服机传动装置的有关设备受水、汽和高温的影响，风门的布置应予创造必要的条件。

7 传动装置的设备，应注意避免对通道的影响。

4.1.20 风门的操作手轮呈水平布置时，手轮面与操作层的距离宜为 900mm；当垂直布置时，手轮中心与操作层的距离宜为 900mm~1200mm。

当手轮位于操作平台以外时，手轮面或手轮中心与平台栏杆的距离不宜大于 300mm。

当几只手轮并列布置时，手轮轮缘之间的净距不宜小于 150mm。

4.1.21 再生式空气预热器的出口烟道和进口冷风道，宜装设除灰孔。当设有冲洗装置时，烟道和冷风道应有 0.05 的放水坡度，坡向烟道的放灰斗或最低处，并设放灰水管。

4.1.22 防爆门的布置应遵守下列规定并符合 9.6 的要求：

1 防爆门应设置在靠近被保护的设备或管道上，其爆破口位置应便于监视和方便维修；在制粉系统管道上，防爆门宜装在弯管方向的外侧。

2 膜板式防爆门宜向上，膜板倾斜或水平布置；室外安装时，膜板与水平面的倾角应不小于 10°。

重力式防爆门宜向上，门板水平或倾斜布置；室外安装时，门板与水平面的倾角应不小于 10°，不大于 45°。

3 防爆门入口接管的长度应不大于 2 倍防爆门当量直径，且不大于 2m。

防爆门入口接管与煤粉管道及设备的连接处应避免积粉。入口接管宜铅垂布置，当倾斜布置时与水平面的倾角不小于 45°，防爆门室外布置时应不小于 60°。

4 装在室内的防爆门，如爆炸喷出物危及人身安全或沉落在附近的电缆、油、汽管道上时，则应采用引出管，引至室内安全场所或室外。引出管布置要合理。当条件限制无法引出时，则应采取保护人员和设备安全的措施。按 GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.5 的规定，在防爆门的排放地点，应使防爆门动作时喷出的气流不危及附近的电缆、油、汽管道和经常有人通行的部分，必要时可设置隔火墙、棚盖、隔板等措施；凡防爆门排出口附近上下方的维修平台应采用无孔平台。

5 防爆门引出管尽可能不转弯，其当量直径应不小于防爆门入口接管直径。引出管长度，对于设计压力为 0.15MPa 的制粉系统应不大于 30 倍接管当量直径，对于设计压力为 0.04MPa 的制粉系统及煤粉仓应不大于 10 倍接管当量直径。当引出管的长度超过规定值时应加大其直径，直至二者阻力相当。

6 采用引出管时，防爆门仍应装在入口接管上，不应装在引出管上。在靠近防爆门的引出管上，应有便于检查防爆门的手孔和引出管活动短管或闸板门。

7 引至室外的引出管排出口处，应采用挡雨板、棚及伞形罩等防止雨、雪落人的措施，并不应对爆炸物的流出造成阻碍。

旋风分离器和煤粉仓排出的爆炸气体应引到室外。

8 装在室外的防爆门短管，应涂以防锈涂料并保温。

4.1.23 管道穿过墙壁、楼板或屋面，所设预留孔的内壁与管道表面（包括加固肋及保温层）之间的净距，一般为 30mm~50mm，当管道的径向热位移较大时，应另加考虑。管道穿过屋面或各层楼板时应有防雨或挡水措施。

4.1.24 烟风煤粉管道应按（DL/T5072）《火力发电厂保温油漆设计规程》的规定进行保温

和油漆。

外表面温度高于50℃的钢制烟、风、煤粉管道应予以保温；直吹式制粉系统中，介质温度小于80℃的送粉管道，除寒冷地区室外布置因防冻、防凝露必须保温外，宜不保温。对于表面温度高于60℃的不保温管道，在易于被人接近的部位应加防护措施，如局部保温或加栏杆等以防烫伤。防烫伤的保温表面温度不应高于60℃。

保温层厚度若小于加固肋高度，则应对保温层厚度进行调整，也可设置留置空气层的保温结构。

露天烟风煤粉管道的保温材料宜采用憎水型，除非有好的表面防渗水措施。

4.1.25 大断面的烟风道应有足够的数量供内部检查、维修和清扫的人孔，并应设置进出人孔所需的平台扶梯。

小断面的烟风道及制粉管道应有适当的检查孔或手孔。

与竖向管段上部相连通的设有人孔的水平烟风道，应在其连通端处设内部栅格，以防人员跌落。

4.1.26 对经常操作或检修的管道零部件，如风门、防爆门、锁气器、木屑分离器、煤粉取样装置、通煤孔、检查孔、手孔等，宜设置维护平台。

有孔平台和扶梯踏步应用栅格或网眼钢板制作（防爆门平台除外）；无孔平台一般用花纹钢板制作。

通行平台活荷载标准值按 $2\text{kN}/\text{m}^2$ ，检修平台活荷载标准值按 $4\text{kN}/\text{m}^2$ 设计。

凡露天设置的平台扶梯，其平台和扶梯踏步，均应有孔式，以防冬天积雪和冰冻。

大机组应采有栅格式平台扶梯。

宜采用工厂化制作的平台扶梯。

如布置条件或通道限制不能装设固定式平台扶梯时，可采用梯子、移动式平台或升降式平台。

4.1.27 送粉、制粉管道和烟道中易磨损的弯管和零件，宜采用防磨措施。当敷设防磨材料时，应避免增加阻力和造成煤粉沉积。

4.1.28 烟风煤粉管道的布置应结合厂房条件，为主要辅机及辅助设备（如磨煤机、风机、空气预热器等）创造设置检修起吊设施的条件。

4.2 烟道

4.2.1 烟囱入口总烟道的结构形式应根据烟道运行压力确定，存在剩余静压的烟道应采用钢制烟道，否则宜采用钢筋混凝土或砖砌烟道。对大容量机组宜采用钢烟道。

对燃用高硫分燃料的烟道应采取防腐措施。

4.2.2 在烟道接入烟囱时，如双侧引入，宜在烟囱中装设与烟道中心线成45°的垂直隔墙，隔墙每一侧的底板都做成斜坡〔图4.2.2(a)〕；烟气单侧引入时，应装设沿气流向上倾斜的底板〔图4.2.2(b)和(c)〕。

4.2.3 烟道布置应满足下列要求：

- 1 避免出现“袋形”、“死角”以及局部流速过低的管段。
- 2 当数台吸风机的出口烟道接入总烟道时，总烟道内各截面处的流速不宜有显著差别，并避免烟气冲撞。
- 3 进入各台除尘器的烟气分配均匀。

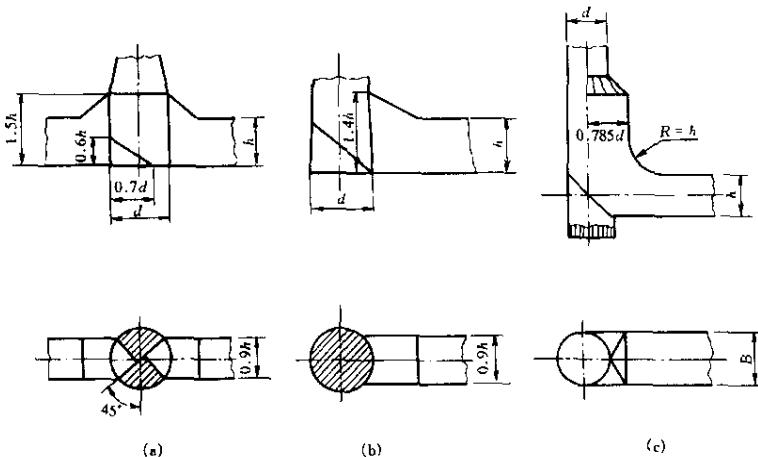


图 4.2.2 烟囱底座型式示意

- (a) 双侧引入烟道的底座 ($\zeta = 0.62$);
- (b) 单侧引入烟道的底座 ($\zeta = 0.70$);
- (c) 单侧引入烟道的带“分扇板”的底座 ($\zeta = 0.46$)

除尘器进出口的烟道走向应与设备的连接管方向一致，不应设置反向连续转弯。相邻两台水膜式除尘器出口公共烟道的气流宜与除尘器气流旋转方向一致。

电气除尘器进口的气流应分布均匀。

4.2.4 除尘器前后的烟道上一般不设隔离门，若系统运行确需隔离时，除尘器前则宜采用插板式，除尘器后吸风机前宜采用挡板式隔离门。吸风机出口处宜装设插板门或其他形式的隔离门。

4.2.5 下列各处应装设人孔：

- 1 空气预热器出口的烟道联箱。
- 2 湿式除尘器进口洗涤栅及文丘里除尘器喷嘴前的烟道。
- 3 除尘器进出口的烟道联箱。
- 4 吸风机进口烟道（进风箱上已有人孔的除外），烟囱进口的总烟道。

人孔宜设在便于出、入的烟道侧壁下部。

在容易积灰处应装设除灰孔。除灰孔设在烟道底部。

4.2.6 风扇磨煤机宜沿锅炉周围布置，以使高温炉烟管道直而短，避免水平布置。高温炉烟管道应便于敷设耐火、保温材料，并便于检修维护。

4.2.7 烟气、热风混合室应布置在抽炉烟口附近。

4.2.8 高温炉烟管道可采用碳素钢内保温方式，也可采用耐热合金钢外保温方式。当采用碳素钢管内敷设耐火材料与管外保温方式时，管壁温度不宜大于400℃。

4.2.9 高温炉烟管道上的补偿器，其结构应能补偿轴向和径向位移，并严密减少漏风。

4.2.10 高温炉烟管道上可不装设风门。但风扇磨煤机入口应设一道风门（随机供货）。

4.2.11 烟道上防爆门设置要求见 9.6.8 规定。

4.3 冷 风 道

4.3.1 送风机及一次风机吸风口的位置宜满足下列要求：

1 送风机室内吸风口的位置可靠近锅炉房的高温区域；一次风机可就地吸风。

2 露天及半露天锅炉采用室外或就地吸风。

3 室外吸风口的位置应避免吸入雨水、废气和被污染了的空气。

4 应采用低阻力的吸风口（图 7.2.7），吸风口应设置滤网。

4.3.2 当风机噪声超过标准时，应在吸风管段上采取消声措施。

轴流式风机还应设置隔声包覆。

4.3.3 布置在送风机前的暖风器宜设不经过暖风器的旁通吸风道；布置在送风机后及一次风机后且使用时间较短的暖风器，宜采用易拆卸的结构形式。

4.3.4 回转式空气预热器入口冷风道的低位点宜设放水点，且引至排水沟。露天布置的送风机入口进风箱应设低位排水孔，就地排放。

4.3.5 当一台锅炉配有一台送风机或两台及以上一次风机时，吸风道和风机与空气预热器之间的连接管道宜对称布置，使风量分配均匀。管式空气预热器进口的冷风道布置，还应避免气流对冲。

4.3.6 当送风机吸风道竖井采用非金属结构时，应充分利用厂房墙、柱结构作为风道壁。风道截面的长宽比可根据具体条件确定，但其任一边的内宽不宜小于 700mm。风道内壁应光滑。

4.3.7 送风机进口（进风箱上已有人孔的除外）、空气预热器进口风道或联箱均应装设人孔门。

4.3.8 当两台或多台风机并列运行时，每台风机的出口宜装设插板门或其他形式的隔断门。

4.3.9 制粉系统的密封总风风道上宜设置过滤器，其反冲排出物宜直接至锅炉热风道大风箱入炉燃烧。

4.3.10 送风系统风量测量装置应选用合适的形式；风道布置时，在风量测量装置两侧应留有足够的直段。

4.3.11 磨煤机干燥风采用压力冷风调温时，隔离门及其至磨煤机调温风道防爆要求见 9.5.2 的 4。

4.4 热 风 道

4.4.1 通往一次风联箱和磨煤机的热风道，均宜从空气预热器出口或其联箱单独引出。在确定接口位置时应充分考虑磨煤机的启、停和风量调节对二次风量的影响。

4.4.2 热风送粉系统一次风联箱的布置位置，应高于气粉混合器。

4.4.3 通往三次风喷口的冷却风道，应在三次风道的上方且顺着三次风气流方向接入。

4.4.4 热风再循环管接入吸风道时，应力求减小对吸风道气流动的干扰。热风再循环管宜直接至吸风道的风量测量装置的下游。

4.4.5 引入磨煤机干燥段和排粉机入口段的热风或热烟气接入管与水平面的夹角宜不小于 60°。

4.4.6 热风调温用的就地吸入冷风门，应遵守下列规定：

1 磨煤机进口热风道上的冷风门应靠近磨煤机布置。

2 磨煤机和排粉机进口的冷风门，宜装在两个挡板门之间，若装在两个挡板门之后（按气流方向），则在两个挡板门之间装设一个 DN100 的通大气门。

3 冷风门的吸入管端部应装设滤网和收缩管。

4 冷风门吸入管宜水平布置，避免朝向邻近的电缆、平台、楼梯；在吸入口附近不应有障碍物。

4.4.7 正压直吹式制粉系统中，通往每台磨煤机的干燥空气热风道宜采用严密的隔离门。

4.4.8 当两炉之间有热风联络管时，其上应串联装设两个挡板门，或设一道严密的隔离门。在两个挡板门之间应装设一个 DN100 的通大气门。

4.4.9 管式空气预热器的出口热风道或联箱上应装设人孔。

4.4.10 通往磨煤机的风道的风量测量装置的前后，宜有足够长的直管段。

4.4.11 磨煤机干燥空气热风道的防爆要求见 9.5.2 的 4。

4.5 原煤管道

4.5.1 原煤仓下宜装设圆形双曲线金属小煤斗。有条件时在小煤斗出口与给煤机进口之间可装设一段扩散形短管。

钢制双曲线型小煤斗，宜满足下列要求：

应采用圆形截面；并根据煤的水分、颗粒组成和黏结性等因素选择小煤斗的双曲型线，对于不易堵塞的煤宜按截面收缩相等的准则确定型线，其收缩率一般不宜大于 0.7；否则可按截面收缩率递减的准则确定型线，其出口处截面收缩率不应大于 0.7；下口直径不宜小于 600mm。

4.5.2 给、落煤管道宜垂直布置。受条件限制时，则与水平面的倾斜角不宜小于 60°。

落煤管道宜为圆形。对于炉排锅炉的移动落煤管道可做成圆锥台形；固定落煤管道适宜做成从圆锥过渡成扁平扩散管，并应与炉前的加煤斗宽度相适应。

4.5.3 原煤仓至给煤机的落煤管，给煤机至磨煤机的给煤管及金属小煤斗和小煤斗的出口段，在燃用腐蚀性、黏结性较强的煤种时，可用不锈钢板或内衬不锈钢板制作。

4.5.4 在给煤机上方的落煤管上，宜设置一只煤闸门，用电动或手动操作。给煤机至磨煤机的给煤管上，一般不装设煤闸门，对于抽取高温炉烟的风扇磨煤机系统或设置 CO 浓度自动检测系统的磨煤机，则应装设电动煤闸门。

煤粉锅炉落煤管上的煤闸门位置尽量高一些，炉排锅炉落煤管上的煤闸门应设在金属小煤斗或原煤仓出口处。

煤闸门布置时应考虑检修维护的方便，必要时增设固定式或移动式维护平台。

4.5.5 正压制粉系统，应采用密闭式给煤机，严禁采用敞开式给煤机。负压制粉系统，如采用敞开式给煤机时宜加装封闭罩壳，或采用其他防止漏风的设施。

正压制粉系统的给煤机上方落煤管应有适当的密封煤柱高度，以便起到煤柱密封的作用。

4.5.6 落煤管上易堵塞的部位宜装设通煤孔。

在落煤管上应有断煤信号装置。

4.5.7 给煤管与干燥管连接时，应满足下列要求：

1 给煤管与钢球磨煤机或风扇磨煤机干燥管的连接口，距磨煤机进口端部的垂直距离应满足干燥要求。

2 从干燥段侧面接入给煤管时，在接口处的给煤管段可放缓到与水平面的倾斜角成 45°，此段长度不宜大于 300mm~400mm。

4.5.8 钢球磨煤机应设置能在运行中补充钢球的设施。

4.5.9 原煤仓和原煤管道的防爆要求见本标准的 9 防爆措施。

4.6 制 粉 管 道

4.6.1 制粉管道的布置应满足下列要求：

- 1 气粉混合物管道与水平面的倾斜角不应小于 45°；煤粉管道不应小于 50°。
- 2 与设备相连的水平管段应尽量短。当排粉机进口的水平短管上装设收缩管时，收缩管底部应做成水平的。
- 3 离心式粗粉分离器的进口管道，应有尽可能长的垂直管段。
- 4 为便于排粉机检修，其进口管上应装设可拆卸的管段。
- 5 补偿器、风门及防爆门等部件，应避免装设在有涡流冲刷或煤粉局部集中的管段上。
- 6 粗粉分离器的回粉管接在干燥管上的位置，应在给煤管接口的下方，其距离宜为 500mm~1000mm；回粉管的倾斜角不应小于 60°。
- 7 钢球磨煤机出口段应有防磨措施。
- 8 煤粉仓应有人孔和内部爬梯。

4.6.2 钢球磨煤机出口管道上的木块分离器，宜装设在运转层便于操作的地方。

4.6.3 粗粉分离器回粉管上的锥式锁气器或斜板式锁气器，宜装设在便于监视和维护的位置上。

细粉分离器的落粉管上宜串联装设两个锥式锁气器，在二者之间宜装设木屑分离器，此时两锁气器之间的净距不宜小于 1000mm。当木屑分离器装设在两锁气器之后时，两锁气器之间也不应小于 600mm。

4.6.4 排粉机进口风门前和靠近排粉机的进口管道侧面处，均应设置人孔或手孔。当管径为 700mm 及以上时，宜装设椭圆人孔；管径小于 700mm 时，宜装设椭圆手孔。

4.6.5 煤粉仓和输粉机均应装设吸潮管，并满足下列要求：

- 1 管径宜为 100mm~150mm。
- 2 吸潮管宜就近接至细粉分离器进口或出口制粉管道上，煤粉仓吸潮管应装设能远方控制的电动挡板门；其他吸潮管装设手动挡板门。
- 3 吸潮管的转弯处以及个别水平管段，可在适当位置装设煤粉吹扫孔。
- 4 煤粉仓上吸潮管的接口位置宜布置在粉仓四角，以便将煤粉仓内可能积存的潮气和可燃气体抽出而尽可能避免把煤粉抽出。
- 5 停用制粉系统煤粉仓的吸潮管设置要求按 9.3.10 的规定。
- 6 吸潮管应保温。

4.6.6 煤粉取样装置装设位置应按下列要求：

- 1 中间贮仓式制粉系统宜在细粉分离器落粉管的两个锁气器之间或之后（按介质流向）。
- 2 负压直吹式制粉系统宜在排粉机出口风箱或煤粉分离器出口管上。
- 3 正压直吹式系统宜在便于操作的送粉管道竖直段上。

4.6.7 煤粉仓上装设防爆门的开口处应设有扁钢制作的栅格，以防人员跌落。

4.6.8 煤粉仓及制粉管道的防爆要求见本标准的 9 防爆措施。

4.7 送粉管道

4.7.1 送粉管道的布置应满足下列要求：

- 1 排粉机出口风箱的形式及引出管的位置，应使各根煤粉管道气流和煤粉分配均匀。
- 2 各燃烧器的送粉管道，其阻力应尽量接近，必要时可加装缩孔或其他调节部件。
- 3 送粉管道应满足锅炉燃烧器整体设计要求。
- 4 气粉混合器前后均应有较长的直管段。
- 5 送粉管道的弯管圆心角可大于 90° 。
- 6 任何情况下水平管道不应上下分叉，以减小煤粉气流的浓度偏差。
- 7 再循环管可从排粉机出口风箱下部侧面接出，并在磨煤机进口干燥管上的粗粉分离器回粉管接口下方接入，距磨煤机进口结合面的高度应不小于 2 倍再循环管直径；除燃用无烟煤外，管道宜倾斜布置，其与水平面的倾斜角不宜小于 45° 。
- 8 再循环管上的风门，宜装设在管道的最高位置，其两侧的水平管段应尽量短；当风门位于运转层以下时，需考虑维修措施。

4.7.2 给粉机出口的给粉管应遵守下列规定：

- 1 给粉管道的布置，应使煤粉仓下粉均匀。
- 2 给粉管应顺着气流方向与气粉混合器短管相接，其与水平面的倾斜角不应小于 50° 。
- 3 给粉机出口应装设两端带法兰的短管。
- 4 热风送粉系统的给粉管，在气粉混合器接点处的热位移较大时，应装设密封式补偿器。

4.7.3 排粉机出口管道上的风门，可装设在风箱出口并位于运转层以上便于操作的地方。

热风送粉管道上的风门应设在靠近一次风箱下部出口的垂直管上。

4.7.4 送粉管道分叉管的布置，应考虑阻力、惯性力等对风粉均匀性的影响，并应满足下列要求：

1 分叉管宜布置在垂直管段上；如在水平管段上分叉，则分叉管应水平布置。

2 直吹式煤粉分离器出口的垂直管段上布置分叉管时，分叉管前应有一定长度的直管段。

3 水平管的垂直弯管后紧接分叉管时，宜使 α 角接近 90° 。 β 角不应小于 90° （图 4.7.4）。

4.7.5 直吹式送粉管道，为使煤粉分配均匀，可设置煤粉分配弯头或煤粉分配器。对大容量锅炉，宜优先选用煤粉分配器。

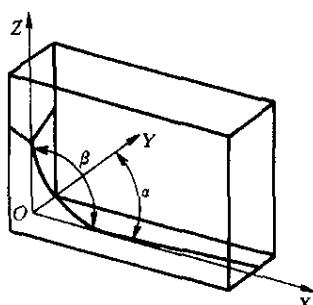


图 4.7.4 带弯管分叉管

4.7.6 送粉管道的连接，除了设备及零部件需法兰连接外，宜采用焊接。

4.7.7 直吹式制粉系统送粉管道的插板门宜设在燃烧器入口处。

4.7.8 送粉管道及伸缩节的布置应具有足够吸收热位移的能力，并留有一定的裕度，以防止发生运行中泄漏煤粉的异常情况。

4.7.9 送粉管道上宜设置密封性好的补偿装置，以吸收锅炉及送粉管道的热胀位移。

4.7.10 送粉管道的防爆要求见本标准的 9 防爆措施。

5 管道规格与材料

5.1 管道规格

5.1.1 烟风煤粉管道的壁厚应遵守下列规定：

1 烟道为 5mm，抽炉烟管道可根据工程具体情况确定。

2 风道：

1) 送风机进口为 3mm；

2) 送风机出口为 3mm~4mm；

3) 热风道为 3mm~4mm（磨煤机进口干燥管宜采用 6mm）；

4) 圆形风道公称通径 $DN \geq 2200\text{mm}$ 时为 4mm。

注：对于压力高或温度高的大截面烟风道，其壁厚可按放大 1mm 选用。

3 原煤管道与金属小煤斗为 8mm。

4 制粉、送粉管道：

1) 磨煤机至排粉机的制粉管道、回粉管、落粉管、煤粉仓放粉管为 5mm，易磨损或检修不方便的管段可局部加厚；

2) 吸潮管为 4mm~4.5mm；

3) 气粉混合器前的一次风道，当采用热风送粉时为 3mm~4mm；当采用干燥剂送粉时为 5mm；

4) 排粉机出口风箱为 8mm；

5) 直吹式系统送粉管道及气粉混合器后的一次风道为 8mm~10mm；

6) 三次风道、开式制粉系统的乏气管、再循环管均为 5mm；

7) 给粉管为 4mm~4.5mm。

5 防爆门：短管为 5mm，引出管为 3mm。

5.1.2 管道截面宜采用圆形。当布置上有困难或由此而增加较多异形件时，可采用矩形，其短边与长边之比不小于 0.4~0.5。

对容量 1000t/h 级及以上的锅炉机组的烟风道，不受圆形限制。

常用烟风煤粉管道的规格列于附录 A（标准的附录）。

5.2 材料

5.2.1 烟风煤粉管道及其零部件和加固肋材料一般可采用 Q235-A.F, Q235-A/B 号钢制作。对不需要强度计算的管道也可采用 Q215 号钢。

送粉管道可选用 10 号钢。根据具体条件，部分烟风道可采用 16Mn 低合金钢板或非金属材料制作。

5.2.2 不同种类的钢材对应有不同的适用温度，应根据介质设计温度及环境计算温度正确选用钢种。

常用结构钢材及其使用温度按附录 B（标准的附录）推荐采用。

烟风煤粉管道的介质设计温度按 6.1.3 确定。

支吊架等承重结构的环境计算温度应按 GBJ19《采暖通风和空气调节设计规范》中规定

的“冬季空气调节室外计算温度”确定，对采暖房屋内的结构可按规定值提高10℃采用。

钢材在低温条件下存在冷脆特性，在低温条件下使用时对钢材的性能有附加要求。

工程设计中的环境计算温度按气象资料确定，也可按GBJ19《采暖通风和空气调节设计规范》的附录采用或参照本标准的附录N（提示的附录）采用。

5.2.3 钢材的许用应力，应根据钢材的强度特性，取下列二式中的较小值：

$$[\sigma]^{20} \leq \frac{\sigma_b^{20}}{n_b}$$
$$[\sigma]^t \leq \frac{\sigma_s^t}{n_s} \quad (5.2.3-1)$$

式中 $[\sigma]^t$ ——钢材在设计温度下的许用应力，MPa；

$[\sigma]^{20}$ ——钢材在20℃温度下的许用应力，MPa；

σ_b^{20} ——钢材在20℃温度下的抗拉强度最小值，MPa；

n_b ——抗拉强度安全系数，取 $n_b=3$ ；

σ_s^t ——钢材在设计温度下的屈服极限最小值，MPa；

n_s ——屈服极限安全系数，取 $n_s=1.5$ 。

常用结构钢材的许用应力数据，列于附录C（标准的附录）。

常用结构钢材的弹性模量数据，列于附录C（标准的附录）。

钢材使用温度低于0℃时的许用应力按20℃时取用；低温使用限止条件按附录B（标准的附录）的规定。

钢材的许用正应力和切应力，按下列公式确定：

$$[\sigma]_z^t = 1.0[\sigma]^t \quad (5.2.3-2)$$

$$[\tau]_q^t = 0.6[\sigma]^t \quad (5.2.3-3)$$

式中 $[\sigma]_z^t$ ——钢材在设计温度下的许用正应力，MPa；

$[\tau]_q^t$ ——钢材在设计温度下的许用切应力，MPa。

5.2.4 煤粉管道的弯头和其他易磨件的防磨材料，可采用耐磨铸钢、耐磨铸铁和其他耐磨内衬或外护材料。

5.2.5 烟风煤粉管道及其支承结构常用钢材推荐选用如表5.2.5所列的焊条。

表5.2.5 常用钢材推荐选用的手弧焊焊条

钢号	焊条型号	对应牌号示例	标准号
Q215 Q235-A.F Q235-A Q235-B.F Q235-B 10 20	E4303	J422	GB5117
Q235-C Q235-D	E4316 E4315	J426 J427	
16Mn	E5016 E5015	J506 J507	
0Cr13	E-1-13-15	G207	GB983

5.2.6 连接件推荐选用材料如表 5.2.6 所列。

表 5.2.6 连接件推荐选用材料

连接件 名称	介 质 温 度 ℃				
	0~200	300	350	425	450
螺栓	Q235-A		25、35		30CrMo
螺母	Q235-A.F	Q235-A		20、30	
垫圈	Q215	Q235-A.F		20	

5.2.7 烟风煤粉管道法兰间的衬垫材料，宜采用不含石棉的材料，如硅酸铝绞绳、玻璃纤维绞绳、玻璃纤维胶绳，并应符合使用温度等级。

5.3 焊 接

5.3.1 在采用符合 5.2.5 规定的电焊条时，焊缝的许用应力按下式确定：

$$[\sigma]_y^h = 1.0[\sigma]^t \quad (5.3.1-1)$$

$$[\sigma]^h = 0.85[\sigma]^t \quad (5.3.1-2)$$

$$[\tau]_q^h = [\tau]_q^t \quad (5.3.1-3)$$

式中 $[\sigma]_y^h$ 、 $[\sigma]^h$ ——焊缝抗压、抗拉许用应力，MPa；

$[\tau]_q^h$ ——焊缝许用切应力，MPa。

5.3.2 与轴向拉力或压力垂直的对接焊缝的强度计算：

$$\sigma^h = \frac{F}{l_h \delta} \leq [\sigma]_y^h \text{ 或 } [\sigma]^h \quad (5.3.2)$$

式中 σ^h ——焊缝抗拉或抗压正应力，MPa；

F ——轴向力，N；

l_h ——焊缝计算长度，按每条焊缝的实际长度减去 10，mm；

δ ——较薄焊件的厚度，mm。

5.3.3 贴角焊缝的强度计算：

1 受拉、受压或受剪的贴角焊缝：

$$\tau^h = \frac{F}{K_u l_h} \leq [\tau]_q^h \quad (5.3.3-1)$$

式中 F ——作用在连接处焊缝上的轴向力或切向力，N；

τ^h ——焊缝承受的切应力，MPa；

K_u ——焊缝的有效高度，mm。

对于贴角焊缝 [图 5.3.3 (a)] 及圆钢与钢板 (或型钢) 焊缝 [图 5.3.3 (b)], 有效高度按下式计算：

$$K_u = 0.7K \quad (5.3.3-2)$$

式中 K ——焊缝的焊角高度，取其截面直角边的较小值，mm。

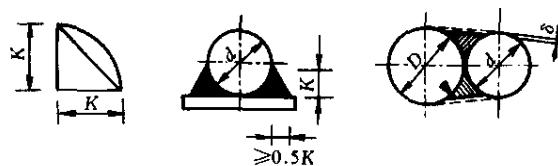


图 5.3.3 焊缝截面
(a) 贴角焊缝；(b) 圆钢与钢板焊接的焊缝；
(c) 圆钢与圆钢焊接的焊缝

圆钢与圆钢焊接 [图 5.3.3 (c)], 有效高度应按下式计算:

$$K_u = 0.1(D + 2d) - \delta \quad (5.3.3-3)$$

式中 D ——大圆钢直径, mm;

d ——小圆钢直径, mm;

δ ——焊缝表面至两圆钢公切线的距离, mm。

2 承受弯矩和剪力共同作用的贴角焊缝:

$$\tau^h = \sqrt{\tau_w^2 + \tau_j^2} \leq [\tau]_q^h \quad (5.3.3-4)$$

式中 τ_w ——焊缝承受弯矩产生的切应力, MPa;

τ_j ——焊缝承受剪力产生的切应力, MPa。

5.3.4 贴角焊缝的尺寸应遵守下列规定:

1 贴角焊缝的最小焊角高度不宜小于 4mm, 但当焊件厚度小于 4mm 时, 则与焊件厚度相同。

2 贴角焊缝的焊角高度不得大于 1.2 倍钢板厚度。

3 圆钢与圆钢、圆钢与钢板 (或型钢) 焊接的贴角焊缝的焊角高度, 不应小于 0.2 倍圆钢直径 (当焊接的两圆钢直径不同时, 取平均直径), 但不小于 3mm。

4 侧焊缝的计算长度不宜大于 60K (承受静力荷载或间接承受动力荷载时) 或 40K (承受动力荷载时); 当大于上述数值时, 其超过部分在计算中不予考虑。当内力沿侧焊缝全长分布时, 其计算长度不受此限。

5 侧焊缝或端焊缝的计算长度不得小于 8K, 但也不应小于 40mm。

5.3.5 断续焊缝之间的净距: 在受压构件中不应大于 15 倍钢板厚度, 在受拉构件中不应大于 30 倍钢板厚度; 对于加固肋与板壁间的双面断续交错焊缝, 其净距可为 75mm~150mm。

5.3.6 搭接焊接, 搭接长度不得小于 5 倍钢板厚度, 并不应小于 25mm。

5.3.7 烟风道及其法兰连接的焊接形式, 一般可按附录 G (标准的附录) 进行焊接。当施工单位有同类型机组施工经验时也可采用其他连接形式。

6 道体及加固肋

6.1 一般规定

6.1.1 烟风煤粉管道及其异形件必须具有足够的强度、刚度和整体稳定性, 避免产生强烈的振动; 既经济、安全又制作方便。

6.1.2 烟风煤粉管道加固肋按防爆要求设计。设计烟风煤粉管道加固肋, 首先应确定下列基本设计参数: 介质设计温度、介质设计压力、设计荷载。

6.1.3 介质设计温度。

介质设计温度为锅炉最大连续出力时, 介质在设计管段上的最高工作温度。

煤粉系统气粉混合物的设计温度按 GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2 确定, 并应考虑管内积粉或燃烧器回火的影响。

烟风系统及磨煤机干燥空气的设计温度按设备资料及燃烧制粉系统计算成果确定。抽炉烟管道按内部衬砌耐火材料外边的管壁温度确定。

6.1.4 介质设计压力（内压荷载）。

- 1 煤粉系统管道的介质设计压力按 9.5.3 和 9.5.4 的规定确定。
- 2 烟风系统的介质设计压力按最大运行压力、锅炉总燃料跳闸（MFT）时烟风道介质压力、最低介质设计压力确定。

- 1) 最大运行压力：每个烟风道管段运行中介质可能出现的最大压力（正或负）。
- 2) 总燃料跳闸（MFT）时烟风道介质压力：锅炉 MFT 瞬态内爆时诱发对烟风道压力的影响，与锅炉爆炸压力有关。锅炉爆炸压力按 9.5.7 方法确定。
- 3) 最低介质设计压力：任何烟风道中介质设计压力小于 $\pm 2\text{kPa}$ 时，按 $\pm 2\text{kPa}$ 采用。此 $\pm 2\text{kPa}$ 称为最低介质设计压力。

烟风道介质设计压力的选用方法列于附录 D（标准的附录）。

6.1.5 设计荷载。

烟风煤粉管道的设计荷载包括本条 1~3 项荷载的组合：

- 1 内压荷载——按 6.1.4 确定的介质设计压力（正或负）。
- 2 自重荷载——烟风煤粉管道的自重（包括加固肋、内撑杆）、保温重。
- 3 附加荷载——雪载、风载及积灰、积煤等。

自重荷载和附加荷载转化成当量荷载，结合内压荷载按对道体面板的作用效果进行组合，作为加固肋的设计荷载。

典型的烟风道加固肋设计荷载选用表列于附录 E（标准的附录）。

烟风道积灰荷载的确定方法列于附录 F（标准的附录）。

- 4 平台荷载——支承于烟风道顶部横向加固肋上的通行平台自重及活荷载的总和。

6.1.6 矩形道体宜采用横向加固肋。

纵向加固肋仅作负压道体横向加固肋防失稳用。

面板及横向加固肋均需各自满足强度、刚度和防振要求。

6.1.7 矩形烟风道面板按沿四周固定的薄板大挠度变形理论计算，其相对挠度不宜大于计算边跨距的 1/120；横向加固肋按刚架（刚接）或简支梁（铰接）设计，其相对挠度不宜大于计算肋跨距的 1/400。

6.1.8 按烟风道不同区段振动频率范围的差异，加固肋设计分为不同的等级。离心风机的出口段烟风道及流速大于 25m/s 的烟风道应按振动等级设计；其他烟风道按常规等级设计。

6.1.9 中小型机组矩形烟风道横向加固肋可不按防爆要求设计。

6.2 道体及加固肋设计

6.2.1 矩形道体相邻面板间的边接宜采用角钢内贴式，道体整体性强，方便制作；也可采用直焊式。

道体的焊接要求见附录 G（标准的附录）。

6.2.2 角钢内贴式矩形道体横向加固肋可采用刚接（形成箍状），也可采用铰接（不形成箍状）。当为铰接时，宜按三块（视侧面相同）面板肋的不同简支荷载和相同的加固肋间距各自独立进行加固肋计算，也可按三面加固肋间距和/或规格各不相同进行计算，以达到最经济的设计；当为刚接时，按三面不等角弯矩和相同的肋中心间距进行加固肋计算。

直焊式矩形道体横向加固肋应采用刚接。

刚接加固肋的转角接点应合理、焊牢，以便充分起到环箍的作用。

加固肋的焊接示例见附录 H（标准的附录）。

6.2.3 角钢内贴式矩形道体的内贴角钢规格，当为铰接式横向加固肋时，宜采用等边角钢 L70mm×7mm~L75mm×8mm；当为刚接横向加固肋时，宜采用等边角钢 L50mm×5mm~L63mm×6mm。

6.2.4 当大截面矩形道体加固肋超过频率控制极限跨度或为减小加固肋规格时宜设置横向内撑杆；对于仅需单边内撑杆的矩形道体，内撑杆也可在宽边上做成纵向桁架式。内撑杆对准每道横向加固肋设置。

负压道体内撑杆应按压杆稳定条件计算；正压道体内撑杆按受拉二力杆强度条件计算。

内撑杆节点型式示例见附录 J（标准的附录）。

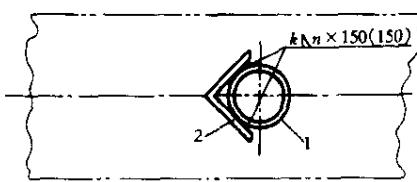


图 6.2.7 烟道的防磨内撑杆

1—内撑杆；2—角钢

6.2.5 处于负压运行的烟风道横向加固肋，应防止外翼缘受压弯扭失稳；当加固肋跨度超过不弯扭失稳的最大跨度时宜设置纵向加固肋。纵向加固肋可采用角钢。纵向加固肋应与横向加固肋自由面翼缘焊牢。

负压道体不宜采用扁钢作横向加固肋。

纵向加固肋的设置示例见附录 J（标准的附录）的图 J-2。

6.2.6 正压圆形管道规格 $\geq DN1000$ 时，应设置环形横向加固肋，以增强管道的刚度。

6.2.7 燃煤锅炉除尘器前的烟道内不宜设置内撑杆；当必须设置时，宜采用 16Mn 钢管；当用碳钢管时在迎气流的一侧应采取防磨措施（图 6.2.7）。

7 异形件优化选型

7.1 一般规定

7.1.1 异形件应根据布置条件选择最佳形状，使介质流过这些异形件时局部阻力为最小。

7.1.2 异形件的加固肋参照相当截面矩形烟风道的加固肋设置，以满足强度、刚度和振动设计要求。

7.2 异形件选型

7.2.1 矩形的烟风道弯头，宜满足下列要求。

1 矩形管道的弯头，宜为同心圆缓转弯头或内、外边均为圆角的急转弯头，弯曲半径或内、外边弯曲半径与弯头进口径向宽度的比值宜为：

缓转弯头， $R/b = 1\sim 2$ （图 7.2.1-1）；

急转弯头， $r_w/b = r_n/b = 0.4 \sim 0.6$ （图 7.2.1-2）；

布置有困难时可采用外削角急转弯头（图 7.2.1-3）。

2 需要收缩并急转弯时，可采用收缩形弯头，并使 $r_w/b = r_n/b \geq 0.3$ （图 7.2.1-4）。需要扩散并急转弯时，宜在等截面转弯后再扩散。

7.2.2 烟风道在下列条件时，宜装设导向叶片或导流板。

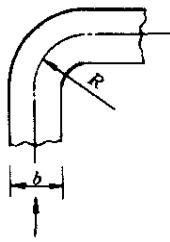


图 7.2.1-1 缓转弯头

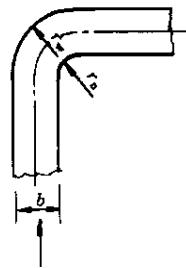


图 7.2.1-2 急转弯头

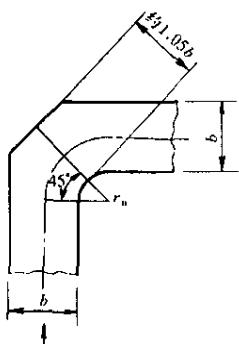


图 7.2.1-3 外削角急转弯头

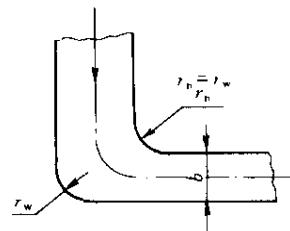


图 7.2.1-4 变截面收縮急转弯头

1 导向叶片。

急转弯头的内边弯曲半径与弯头进口口径向宽度的比值：等截面急转弯头 $r_n/b \leq 0.25$ ；扩散急转弯头 $r_n/b_1 \leq 1$ ；收缩急转弯头 $r_n/b_1 < 0.2$ 时可装设导向叶片。

导向叶片数及其间距可按图 7.2.2-1、图 7.2.2-2 和表 7.2.2 进行计算。

表 7.2.2 导向叶片数及其间距的计算方法

序号 项 目 名 称	弯头前气流分布均 匀时用最佳叶片数	降低弯头阻力时 用最少叶片数
1 叶片数	$n \approx S/r_n$	$n \approx 0.65 \frac{S}{r_n}$
2 S	$S = \sqrt{b_1^2 + b_2^2}$	
3 外边第一个 间距与内边第 一个间距之比	$S_{n+1}/S_1 = 2$	$S_{n+1}/S_1 = 3$
4 内边第一个 间距 S_1	$S_1 = \frac{2S}{3(n+1)}$	$S_1 = \frac{S}{2(n+1)}$
5 间距差值	$S_2 - S_1 = S_3 - S_2 = \dots = S_{n+1} - S_n = S_1/n$	$S_2 - S_1 = S_3 - S_2 = \dots = S_{n+1} - S_n = 2S_1/n$
6 导向叶片中 心角 φ	$A_2 = A_1$ 的 90° 弯头, $\varphi = 95^\circ$; $A_2/A_1 = 2$ 的 90° 扩散弯头, $\varphi = 75^\circ$; $A_2/A_1 = 0.5$ 的 90° 收缩弯头, $\varphi = 115^\circ$	

注： A_1 、 A_2 分别为管道进、出口截面积。

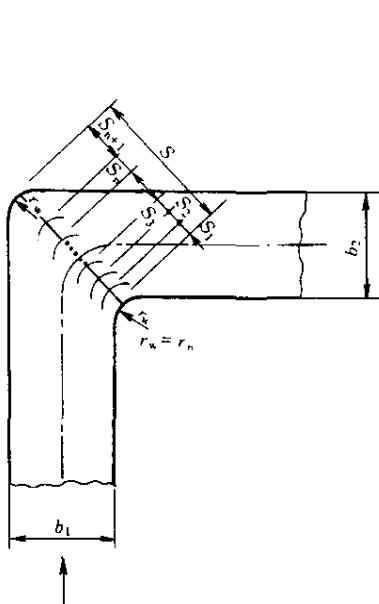


图 7.2.2-1 带导向叶片弯头

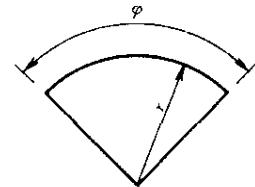


图 7.2.2-2 导向叶片

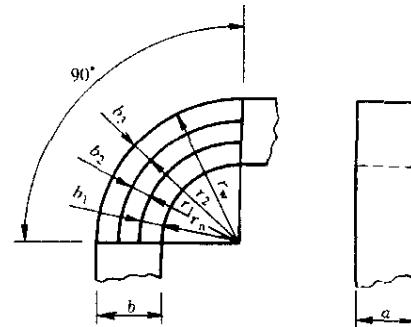


图 7.2.2-3 带导流板的弯头

导向叶片可采用与管道壁厚相等的薄钢板制成。其安装位置宜在弯头内、外两角顶点的连线上（图 7.2.2-1 和图 7.2.2-2）。为加强叶片刚度，当叶片宽度为 2000mm~3500mm 时，可在各叶片间及叶片与管道间，用扁钢（厚度朝气流方向）与对角线平行连贯焊接，当叶片宽度超过 3500mm 时，再加焊第二条扁钢，但其间距不宜大于 2500mm；如叶片弧长大于 1500mm，则应平行于对角线焊两条扁钢。

2 导流板。

在缓转弯头中，管道的两邻边的比值为 $a/b \leq 1.3$ 时宜装设导流板。当 $a/b < 0.8$ 时装设 1~2 片； $a/b = 0.8~1.3$ 时装设 1 片。

导流板宜与弯头同圆心，沿径向等间距布置（图 7.2.2-3），其刚度要求可参照本条导向叶片的有关规定。

3 装设导向叶片或导流板时，进口前气流应均匀，否则应有不小于 4.1.7 规定的直管段。若烟气的磨损或腐蚀性较大，应采取防磨、防腐措施，否则烟道不宜装设导向叶片或导流板。

7.2.3 变径管（扩散管、收缩管、方圆节）应满足下列要求。

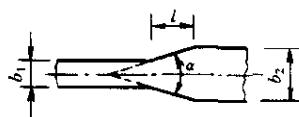


图 7.2.3-1 平面型或圆

锥形扩散管

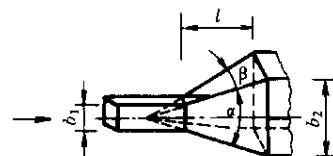


图 7.2.3-2 棱锥型扩散管

1 扩散管：扩散角 α 宜为 $7^\circ~15^\circ$ ，但不宜大于 20° （图 7.2.3-1 和图 7.2.3-2）；当扩

散角 $\alpha > 20^\circ$ 时，应采用阶梯型扩散管或曲线型扩散管（图 7.2.3-3 和图 7.2.3-4）；阶梯型扩散管后宜尽量避免直接布置弯头；当扩散角 $\alpha \geq 30^\circ$ 时，应加装导向板，其片数 n 根据扩散角 α 确定： $\alpha = 30^\circ, n = 2$ ； $\alpha = 45^\circ, n = 4$ ； $\alpha = 60^\circ \sim 90^\circ, n = 6$ ； $\alpha = 100^\circ, n = 8$ 。

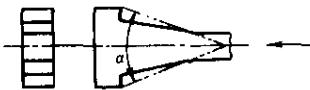


图 7.2.3-3 阶梯型扩散管

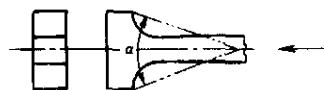


图 7.2.3-4 曲线型扩散管

导向板宜均匀布置（图 7.2.3-5）。

2 收缩管：最佳收缩角为 25° ，但不应超过 60° 。

3 方圆节：参照收缩管或扩散管的要求确定角度。

7.2.4 离心式风机出口扩散管的扩散角度宜遵守下列规定。

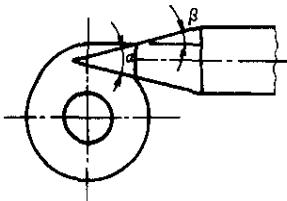
1 非对称型扩散管：当扩散角 $\alpha > 20^\circ$ 时，扩散管中心线宜偏向叶轮旋转方向，并应使风机出口外侧边的延长线与扩散管外侧边之间的夹角 $\beta \approx 10^\circ$ ；当扩散角 $\alpha \leq 20^\circ$ 时，应使夹角 $\beta \approx 0 \sim \alpha/2$ （图 7.2.4-1）。

2 对称型扩散管：扩散管宜尽量长些，一般按 $l/b = 2 \sim 6$ 选用（图 7.2.4-2）。

7.2.5 三通管宜遵守下列规定。

1 斜三通管：支管与主管间的夹角 α 宜尽量小，支管转弯应平缓，在接入主管前的支管直管段的长度不宜小于该支管的当量直径 d_{eq} ；当 $r_n/b < 0.3$ 时，该长度应适当增加（图 7.2.5-1 和图 7.2.5-2）。

在分流时，支管与主管中的流速比 (w_1/w_2) 应小于 1.5。



当 $\alpha \leq 20^\circ$ 时， $\beta = 0 \sim \alpha/2$ ；
当 $\alpha > 20^\circ$ 时， $\beta = 10^\circ$

图 7.2.4-1 离心式风机出口

非对称型扩散管

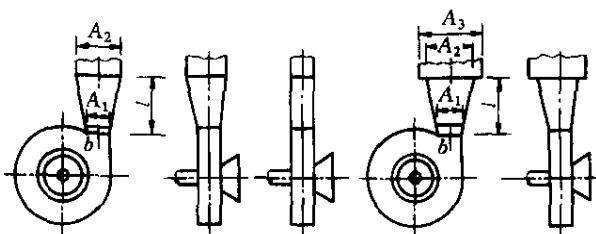


图 7.2.4-2 离心式风机出口对称型扩散管

(a) 棱锥型扩散管；(b) 阶梯型扩散管

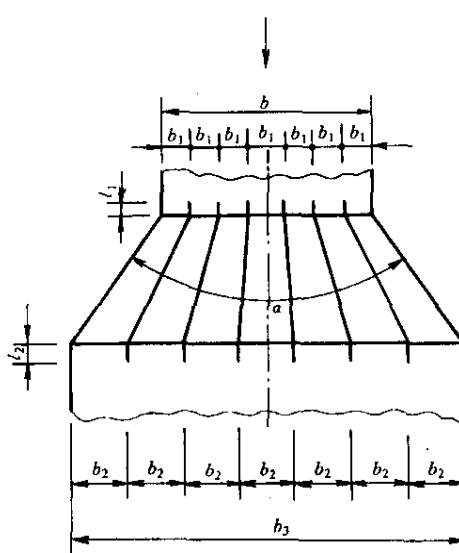


图 7.2.3-5 导向板

$l_1 = 0.1b_1$; $l_2 = 0.1b_2$

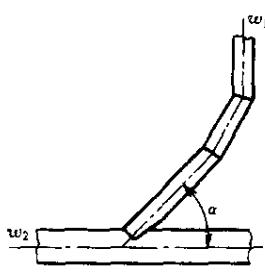


图 7.2.5-1 焊制支管斜三通

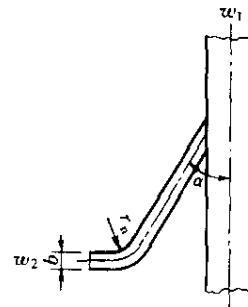


图 7.2.5-2 弯制支管斜三通

2 带隔流板的分流(合流)三通管(图 7.2.5-3 和图 7.2.5-4): 支管转弯应平缓。当两支管中的流速相等或接近($w_1/w_2=0.8\sim 1.3$)时, 隔流板的长度与其中主要支管(系指决定系统阻力的管路)的当量直径之比为 $l/d_{d1}\approx 0.5\sim 1.0$; 当流速相差较大时, 则取 $l/d_{d1}\geq 2$ 。

对于支管与主管间夹角小于 90° 的隔流三通管, 两管中的流速比(w_1/w_3)应小于1.2(图 7.2.5-3)。

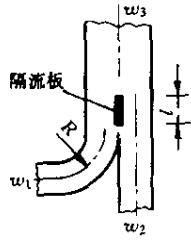


图 7.2.5-3 非对称型隔流板三通管

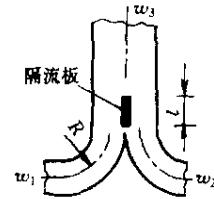


图 7.2.5-4 对称型隔流板三通管

对于直角汇流的三通管, 内置隔流板应把气流全部分离, 消除碰撞(图 7.2.5-5)。

3 扩散(收缩)型三通管: 在主管上装设扩散管(收缩管)时, 应符合本条 1 与 2 项的有关规定[图 7.2.5-6 (a) 和 (b)]。

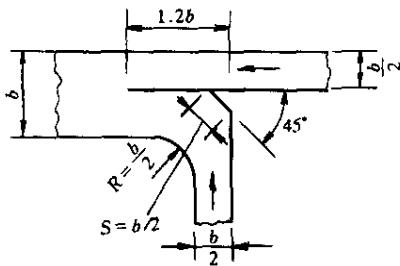


图 7.2.5-5 直角汇流隔流板三通管

支管角度 $\alpha=90^\circ$ 的非对称三通管, 扩散角 β 宜为 $10^\circ\sim 13^\circ$ [图 7.2.5-6 (c)], 有条件时, 扩散管(收缩管)长度 l 宜大于 $1.5d_{d1}$ 。

4 当某一管路的阻力不影响系统的总阻力时, 则该管路中的三通管宜尽量选用简单形式。

7.2.6 多支分流(合流)联箱, 在各变截面处的流速宜相等。

当支管数量在 $4\sim 6h$, 宜采用图 7.2.6-1 的形式, 并应符合 7.2.5-1 的要求。

当支管数量较多时, 可采用扩散型或楔型的分流(合流)联箱(图 7.2.6-2 和 7.2.6-3), 并应符合第 7.2.5-1 和 7.2.5-3 的要求。

7.2.7 风机吸风口端部应装设直径为 $4mm$ 的镀锌铁丝制作的网格, 网格孔宜为 $30mm\times 30mm$; 网格后面(按气流方向)还应设置间距为 $500mm$ 的支持格栅。

吸风口宜采用图 7.2.7 的形式: (a)、(b) 为室内、外的吸风口; (c) 为就地或设在墙壁开孔处的吸风口。

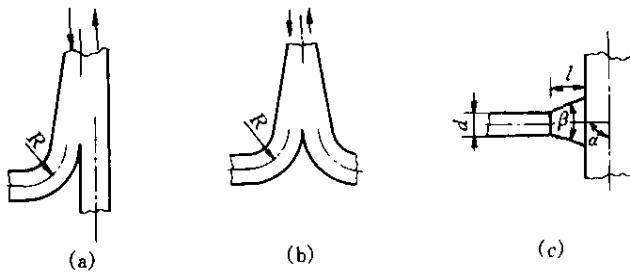


图 7.2.5-6 扩散(收缩)型三通管

(a) 非对称型; (b) 对称型; (c) $\alpha = 90^\circ$ 非对称型

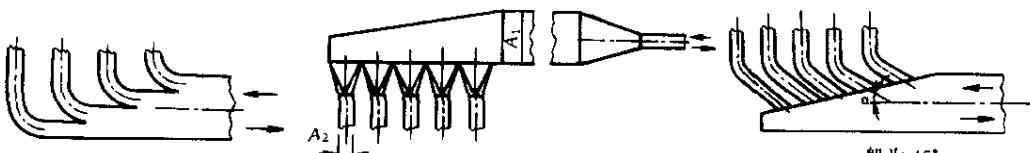


图 7.2.6-1 多支分流
(合流) 联箱

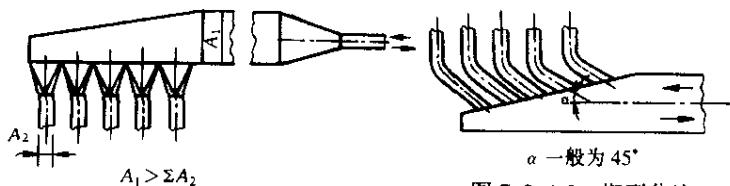


图 7.2.6-2 扩散型分流(合流)联箱

图 7.2.6-3 楔型分流
(合流) 联箱

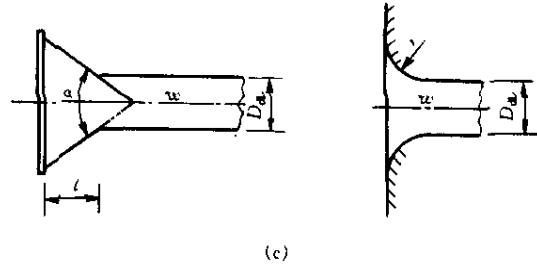
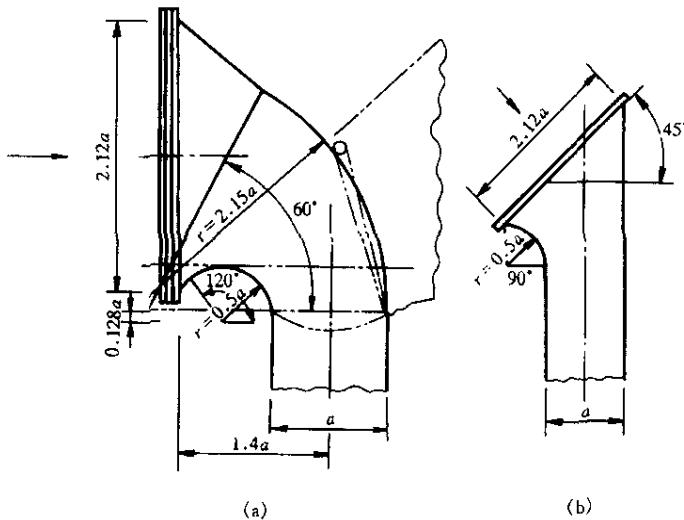


图 7.2.7 风机吸风口

(a) 切换式吸风口; (b) 直通式吸风口;

(c) 就地或设在墙壁开孔处的吸风口

$$\alpha = 30^\circ \sim 90^\circ; l \geq (0.2 \sim 0.3) D_{\text{d}}; r/D_{\text{d}} = 0.1 \sim 0.2$$

8 零件和部件

8.1 一般规定

- 8.1.1 烟风煤粉管道的零件和部件应按所在系统的设计压力和设计温度进行设计和选型，应性能良好、结构合理和坚固耐用。
- 8.1.2 零部件应优先采用典型设计，除非有合理的改进或开发了新颖的结构或材料。
- 8.1.3 零部件宜由专门的工厂制造。制造零部件的工厂应有质量保证措施。零部件出厂前应作必要的试验，以保证产品的质量。
- 8.1.4 材料、焊接、工艺等均须符合现行的国家、行业等有关标准。

8.2 零件

- 8.2.1 圆形管道弯管的弯曲半径 R ，应遵守下列规定。

1 对于 $DN \leq 400\text{mm}$ 无缝钢管的弯制弯管及热压成型弯头，其弯曲半径应按表 8.2.1 所列数据选用，或按现行《汽水管道零件或部件典型设计》选用。

表 8.2.1 弯曲半径 R

公称通径 DN	100	150	200	250	300	350	400
弯 管	600	650	1000	1370	1500	1700	
热压弯头	152	229	305	381	457	566	639

2 有缝热压弯头的弯曲半径，按下式确定：

$$DN=200, 225 \text{ 时 } R = 300 \quad (8.2.1-1)$$

$$DN \geq 250 \text{ 时 } R = DN + 50 \quad (8.2.1-2)$$

3 铸件弯头的弯曲半径，按下式确定：

$$\text{按布置需要而定，一般为 } R = 1.5DN \sim 2.5DN \quad (8.2.1-3)$$

通常宜采用 $R = 2$ ，对直径较小的管道 R 取较大值，反之取较小值。

不论何种管径，当布置上有困难时，可少量采用 $R = 1DN$ 的弯头。

4 焊制弯管的弯曲半径，按下式确定：

$$\text{烟风管道 } R = DN + 50 \quad (8.2.1-4)$$

$$\text{煤粉管道 } R \geq 3DN \quad (8.2.1-5)$$

烟风管道焊制弯管的弯管节宜由 $22^{\circ}30'$ 扇形节组合而成；煤粉管道焊制弯管的弯管节宜由 15° 扇形节组合而成。

8.2.2 烟风煤粉管道同设备、部件及部分门类之间及检修时需拆开的部位采用法兰连接。 $DN100 \sim DN400$ 的圆形法兰用钢板制作； $DN450$ 及以上可用型钢制作；矩形法兰则宜用型钢制作。法兰、螺栓、螺母的材质应符合设计温度的要求，按 5.2.6 及 5.2.7 选用。

整体制作的法兰应有足够的强度和刚度，并宜标明允许使用的压力、温度。

8.3 部件

- 8.3.1 木块分离器。

木块分离器有手动和电动两种形式，DN \geqslant 1200的木块分离器应优先采用电动式。不论手动或电动，均应操作轻便灵活，木块能安全方便地取出。

木块分离器应有前后差压信号，送到易为运行人员所监视的位置上。

8.3.2 木屑分离器。

木屑分离器仅用于贮仓式制粉系统，有利于提高系统运行的安全性和可靠性。

木屑分离器的结构应严密，操作应灵活方便。

8.3.3 挡板式换向装置。

挡板式换向装置用于制粉系统和烟风系统中需要切换通道的地方，代替两台分别装在两个通道上的风门。

换向装置分手动、电动或无须操作的三种形式。可按不同要求选用。

换向装置内部结构应关闭时严密，操作轻便。外部应有挡板方向及位置指示。

8.3.4 风机进风箱。

为提高风机的调节效率，降低离心式送、吸风机进口处的阻力，宜装设进口风箱。

风箱进口截面处的流速不应超过15m/s，其截面的相邻两边之比宜为0.3~0.5。风箱出口处的连接短管应设计成圆锥角为 $\alpha=40^\circ\sim60^\circ$ 的收缩型短管。风箱上应设人孔。露天吸风的进风箱底部应设置疏水接管。

进风箱内应设置阻旋板，防止产生旋涡而引起风机振动。

8.3.5 煤粉取样装置。

煤粉取样装置分内置固定式和外置移动式两种，内置式取样直接简便，但易受磨损并积粉，会增加局部阻力；外置式较为复杂，但不会影响系统运行，且取样代表性强，工程设计中应结合具体情况选用。

8.3.6 煤粉分配弯头及分配器。

送粉管道有多种煤粉分配均匀措施，工程设计中应结合具体条件选用。

煤粉分配器多用于大容量锅炉的直吹式制粉系统，当磨煤机自身不带分配器或煤粉均匀度不能保证时，则必须装置某种形式的煤粉分配器。

煤粉分配器有格栅型、扩散型和肋片导流型等形式，可根据分配均匀性要求及管数进行选择。

煤粉分配弯头结构简单，但煤粉均匀性较差，可用于中小型机组中。

煤粉分配弯头及分配器应采用耐磨材质制作。

8.3.7 缩孔。

缩孔用于平衡多根送粉管道之间的阻力差异，使介质分配均匀。有固定缩孔和可调缩孔两种，推荐采用可调的。

可调缩孔便于在运行中调整孔径，弥补设计误差。固定缩孔孔径应经计算后确定。

在含粉气流上的缩孔为易磨件，须用硬质耐磨合金或陶瓷贴片。

8.3.8 煤粉混合器。

应根据混合器与炉膛间送粉管道阻力大小选择不同形式的混合器。当阻力小于2kPa时，采用带托板的单面收缩混合器[图8.3.8(a)和(b)]；当阻力不小于2kPa时，用带缩放管的喷射式混合器[图8.3.8(c)]。

装设时应使其内部托板呈水平位置。

混合器宜用耐磨材料制作。混合器的托板应采用耐磨合金钢，以防磨损。

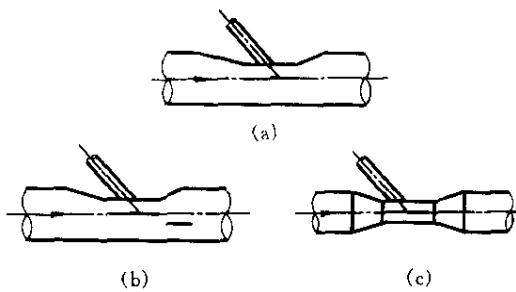


图 8.3.8 典型的煤粉混合器形式

(a) 单托板式; (b) 双托板式; (c) 收缩喷射式

8.3.9 空气过滤器。

用于需要洁净空气的风道（如磨煤机密封风）上清除杂物。过滤器应能切换或在运行中反冲洗。

8.3.10 机械式粉位测量装置。

粉锤应能浮在粉面而不被淹没，钢丝绳在轮壳上应有序排列而不乱，钢丝绳在粉仓顶壁上开孔应有密封措施，手轮应有自锁装置，标尺刻度应醒目。

8.3.11 孔类。

1 所有孔类包括人孔、手孔、吹扫孔、通煤孔、除灰孔等均应结构简单，关闭严密，并能启闭方便灵活。

2 孔类密封材料按 5.2.7 规定采用。

3 人孔门应严密不漏，其法兰与管道或保温层表面间的净距，宜为 100mm~150mm。保温管道应装设保温人孔门。

8.4 锁 气 器

8.4.1 锥式锁气器应能连续放粉，并应垂直装设，其本体上应设手孔。

锁气器上部管段作为粉柱密封管时，宜保持垂直或与垂直方向的夹角不应大于 5°。密封管上部的管段允许转弯；但与垂直方向的夹角不应大于 30°（图 8.4.1）。

锁气器粉柱密封管的垂直高度，应按下式确定：

$$h \geq \frac{2p}{9.81\rho} + 100 \quad (8.4.1-1)$$

式中 h ——粉柱密封管垂直高度，mm；

p ——细粉分离器进、出口负压和的平均值或粗粉分离器进口的负压（取其绝对值），Pa；

ρ ——煤粉密度，kg/mm³。

锁气器的直径可按下式计算：

$$DN = \sqrt{4Q / (\pi q)} \quad (8.4.1-2)$$

式中 DN ——锁气器进口管的内径，cm；

Q ——锁气器出力，kg/h；

q ——锁气器的单位出力，用于煤粉时为 $25\text{kg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{h}) \sim 35\text{kg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{h})$ 。

锥式锁气器，用于煤粉时的出力列于表 8.4.1。

8.4.2 斜板式锁气器与水平面的倾斜角宜为 65°~70°。

垂直于锁气器的粉柱密封高度，宜按粗粉分离器进口与磨煤机进口的负压差计算，但不宜小于 800mm。

锁气器的规格可按管道直径选用。

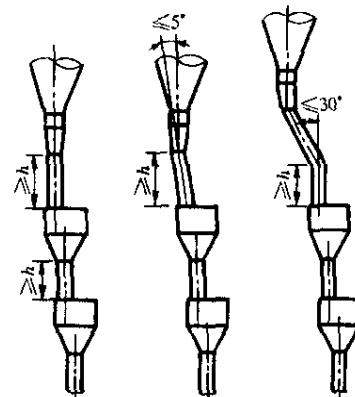


图 8.4.1 锥式锁气器示意布置

表 8.4.1 锥式锁气器的出力

序号	公称通径 DN	外径×壁厚 $D_w \times S$	q kg/(cm ² ·h)		Q kg/h	
			最小	最大	最小	最大
	mm					
1	100	108×4			1960	2750
2	150	159×4.5			4420	6180
3	200	219×6			8410	11770
4	250	273×7			13170	18430
5	300	325×8			18740	26230
6	350	377×10	25	35	25000	35000
7	400	426×10			32350	45290
8	450	480×10			41530	58140
9	500	530×10			51000	71500
10	550	580×10			61500	86200
11	600	630×10			73000	102300

8.5 风门

8.5.1 应根据系统对风门功能的要求，分别选用不同结构形式的风门，满足运行要求。

按结构形式及功能不同，风门可分为：插板式隔绝门——用于要求严密隔离的部位及含尘浓度高的管道上的运行或检修隔离；挡板式隔离门——用于运行隔离；挡板式调节门——用于运行调节。

风门轴应水平布置。当必须垂直布置时，风门轴应采用推力轴承结构。

8.5.2 风门性能要求。

插板式隔绝门应严密不漏，应用在对泄漏要求特别严格的设备隔离及含尘浓度高的管道上。

挡板式隔离门应有较好的密封措施，其泄漏率应小于2%。宜用在泄漏要求不严，含尘浓度低的烟风管道上。隔离门在全开状态时的阻力尽可能小。

挡板式调节门应有良好的调节特性。

8.5.3 风门结构要求。

插板式风门动静间隙应有密封措施。

挡板式风门的挡板之间及挡板与门框之间在接触处宜有密封措施，不宜采用无弹性的硬接触。

挡板式风门的叶片（挡板）应流线型或直板型，以降低流动阻力。

风门受含尘气流冲刷的部分应为耐磨材料，或喷涂耐磨层，以保证其使用寿命。

风门内部结构不应有积存尘粒的部位，插板式风门的密封槽应有空气吹扫接口（用于含尘气流时），严密性要求特别高时，插板四周应有气密封措施。

隔离门应能承受风门两边的最大差压而不损坏。

风门的材质应按设计温度来选择。其结构应考虑必要的膨胀，在热胀冷缩情况下开关灵活不卡死。球墨铸铁风门宜在350℃以下使用，灰口铸铁风门宜在300℃以下使用。

风门应有足够的刚度，当烟风道热胀冷缩时能承受热胀力或收缩力而不变形。框架宜采用钢板冲压成型，以减轻重量。

挡板式风门应采用非油润滑的耐高温的调心轴承，以使操作灵活，不易卡死。

8.5.4 风门制造厂应提供如下数据：

风门在全开状态下的阻力系数；

风门在全关状态下的泄漏率；

调节风门在不同开度的调节性能曲线；

风门操作力矩；

气动操作风门的空气参数及耗气量、密封空气量。

当制造厂无操作力矩值时，典型的风门旋转力矩可参照附录 L（提示的附录）采用。

8.5.5 宜优先采用钢结构风门，尤其是大规格风门。

对介质温度低、严密性要求不高的中小规格风门，允许采用铸铁结构。对大截面烟风道，宜优先采用矩形风门，当在圆形管道上采用矩形风门时，需用方圆节过渡。

8.6 传动装置

8.6.1 操作力矩不大于 300Nm 的隔离风门，采用手动传动装置；大于 300Nm 及不大于 300Nm 需自控的风门，采用伺服机操纵。伺服机形式可以是电动或气动，宜用电动。

宜采用 90°行程的伺服机。

力矩不大于 4000Nm 的电动伺服机可直接装于风门门框上，与门轴直联。

风门旋转力矩列于附录 L（提示的附录）。

8.6.2 手动风门的传动装置，应考虑灵活、轻便、结构简单、便于制造和安装。

8.6.3 手动调节或直径较大的手动风门，宜采用蜗轮箱传动装置；手动开、关或直径较小的手动调节风门，可采用立柱或杠杆传动装置。

8.6.4 当采用蜗轮箱或立柱上、下方传动装置时，如风门存在热位移，则应在风门轴上装设带伸缩节的万向接头。

8.6.5 万向接头连接管与垂直方向的夹角不得大于 30°。

8.6.6 当传动连杆的轴线位置上有障碍物或连杆过长，可装设带支座接头构件的远方传动装置。

8.6.7 布置传动装置时，手轮或手柄应装成顺时针方向转动为风门关闭的方向。对于上方风门，当门轴垂直装置时，宜尽量避免采用立柱上方传动，在必要时可用蜗轮箱上方传动。

8.6.8 传动装置的连杆，采用水煤气输送钢管，并应具有足够的强度、刚度和稳定性。

8.6.9 燃烧系统各风门（包括烟道和煤粉管道的各类门）的操作方式，宜满足下列要求：

1 自动调节、程序控制以及连锁的风门，必须采用伺服机操作。

2 运行中经常操作或事故处理时需要紧急操作的风门，应采用伺服机操作。

3 运行中不经常操作以及仅作检修隔绝用的风门，可采用手动操作。当手动操作有困难时，也可采用伺服机操作。

主要风门的操作方式，可参照附录 M（提示的附录）采用。

8.7 补偿器

8.7.1 应按介质的设计压力、设计温度及介质特性来设计和选用补偿器。

8.7.2 金属波形补偿器能吸收轴向位移，适用于烟风道及煤粉管道。

波节材料应采用弹性好、抗疲劳性能强、可焊性好的材料，当有特殊要求时，还要求材

料具有耐腐性和耐热性。

无密封（无内置防尘挡板）的金属波形补偿器，应用优质碳素钢或不锈钢制作，宜用在风道上。密封式（带内置防尘挡板）金属波形补偿器用于煤粉管道、烟道或高温炉烟管道上，并在波节内充填不可燃的软质材料。用于介质含硫量高、露点低的烟道金属波形补偿器，宜用耐腐低合金钢（考登钢）或不锈钢制作。

金属波形补偿器的装设位置，宜避免产生径向位移。

8.7.3 非金属织物补偿器能吸收轴向、径向及角位移，还能有效地吸收振动，可适用于产生三向位移的烟风道及需要隔离振动的设备接口上。

织物补偿器应有内挡板，当用在烟道上时应有防腐和防磨要求；织物及其外护层应为抗老化、寿命长的不可燃材料，并能满足介质压力、温度要求。对用于介质压力高的织物补偿器，应内置不锈钢丝网以承受介质压力。

大规格织物补偿器宜有便于运输和起吊、安装定位用的定位装置。

8.7.4 圆形波纹管式补偿装置及弹性密封填料式补偿装置可用于送粉管道，能吸收角位移及少量轴向位移。当补偿装置成对耦合设置时，能有效地吸收较大的径向位移值。

波纹管宜用不锈钢制作，适用于高温介质；波纹管式补偿装置应内置挡粉板并在波节内充填不可燃软质材料。弹性密封填料式补偿装置宜用硅橡胶密封，可用于低温送粉管道。

8.7.5 波形补偿器及波纹管式补偿装置，在安装时允许冷拉（紧）或偏装。

织物补偿器安装时，根据需要可预压缩或偏装，但不允许冷拉。

8.7.6 应按介质温度确定补偿器是否保温；保温管道上的各种补偿器均应设置保温罩壳。室外安装的织物补偿器应加防护罩。防护罩及保温罩壳应是拆卸式结构，并应不妨碍补偿器的胀缩。

8.8 防 爆 门

8.8.1 防爆门种类。

防爆门按工作原理分为重力式和膜板式两种。

重力式防爆门是利用当内部介质爆炸压力达到规定值时掀翻门板来排放泄压的原理设计的。动作压力较低，宜用在煤粉仓及烟道上，用来保护承压较低的煤粉仓及烟道不受损坏。

膜板式防爆门是利用当内部介质爆炸压力达到规定值时冲破膜板来排放泄压的原理设计的。膜板爆破压力较高，可用在制粉系统上，用来保护承压较高的设备和管道不受损坏。

8.8.2 重力式防爆门的技术要求：

1 重力式防爆门宜采用圆形或矩形结构。

2 重力式防爆门的动作压力：用于煤粉仓的重力式防爆门按 $1kPa$ 动作压力设计。用于烟道的重力式防爆门按不小于 $2kPa$ 动作压力设计。

3 重力式防爆门的门板与底座间应有良好的密封结合面，以防止泄漏。密封条应为弹性阻燃材料，密封结构应便于拆卸更换密封材料。

4 重力式防爆门的转动机构应为摩擦力小、不生锈、无油润滑的结构。

5 重力式防爆门在门板旋启 90° 左右的位置上应设置靠背架，防止门板大角度翻转时损坏转动机构。

8.8.3 膜板式防爆门的技术要求：

1 膜板式防爆门宜采用圆形，当条件限制时可采用矩形。设在室外的可为与接管成

45°角的斜面防爆门（椭圆形膜板）。

2 防爆门的膜板采用厚度为0.3mm~0.8mm的退火冷轧铝板，单咬口爆破缝，适用于内压强度为0.04MPa及0.15MPa的煤粉系统；也可采用厚度为0.4mm~0.6mm的冷轧硬铝板，刻十字槽爆破缝，适用于内压强度为0.15MPa的煤粉系统。

3 中间单条咬口接缝的膜板，应采用国标GB/T 3880《铝及铝合金轧制板材》中延伸率为20%~28%，抗拉强度为60MPa的退火冷轧铝板制作。咬口宽度不大于20mm，咬口在压紧法兰处终止，在法兰内的铝板连续拼接。

咬口位置：防爆门为圆形或椭圆形膜板时咬口应布置在膜板直径上或椭圆长轴上；矩形时应布置在一个对角线上。

4 刻十字槽的无缝膜板，应采用国标GB/T 3880《铝及铝合金轧制板材》中延伸率为3%~4%，抗拉强度为150MPa的冷轧硬铝板制作。刻槽中心深度不小于板厚的一半。

刻槽的位置：防爆门膜板为圆形时应布置在膜板的两垂直中心线上；椭圆形时应布置在长轴与短轴的夹角平分线上；矩形时，应布置在两对角线上。

5 膜板式防爆门在内侧应设置支撑栅格，栅格总承载能力应不小于1000N。栅格网尺寸应为50mm~100mm。栅格阻流截面积不应包括在防爆门计算截面积之内。

6 膜板式防爆门的爆破压力：

用于内压强度为0.04MPa煤粉系统的防爆门，爆破压力不大于25kPa；用于内压强度为0.15MPa煤粉系统的防爆门，爆破压力不大于50kPa。

8.8.4 防爆门材料。

重力式防爆门，由金属翻转门板和密封座架构成，密封材料应为阻燃或不燃弹性材料。

膜板式防爆门的形式、膜板的材料和厚度，根据防爆门的装设地点和尺寸按表8.8.4选用。

表8.8.4 防爆门形式及膜板材料、厚度

防爆门装设地点	防爆门形式	爆破压力 kPa	公称直径 DN m	膜板厚度 mm	膜板型式	材料
煤粉仓	重力式	1	0.5~1.4	金属组合件，软密封材料		
烟道		≥2	0.4~1.0			
内压强度 0.04MPa的煤粉系 统	膜 板 式	25	0.4~0.7	0.3	咬口接缝	退火冷 轧铝板
			≥0.7~1.1	≤0.5		
		50	0.3~0.5	0.3		
	膜 板 式	50	≥0.5~0.7	≤0.5		
			≥0.7~1.1	≤0.8		
		50	0.5~0.7	≤0.4	刻槽	冷轧硬 铝板
		50	≥0.7~1.1	≤0.6		

注：椭圆形及矩形膜板厚度按当量直径由上表选用。

8.8.5 防爆门制作。

各式防爆门应由专门厂家制造。防爆门的加工必须遵守工艺规程。膜板的材质、厚度、切槽深度必须符合图纸上规定的数字，以免影响实际使用效果。

8.8.6 防爆门试验。

防爆门应采用典型设计。

新设计的防爆门应通过爆破试验证实是否符合设计要求，合格产品列入典型设计系列。批量生产的防爆门应抽样做爆破试验。

9 防 爆 措 施

9.1 一 般 规 定

9.1.1 目的和范围。

1 本措施适用于锅炉燃用除无烟煤以外的煤粉制备（原煤、制粉、送粉、贮存仓）系统。

2 煤粉制备系统的防爆与设计、安装、运行三者密切相关，其中设计为首要环节。

防爆措施的设计，工艺（锅炉）专业应考虑必备的措施，并应有相应的控制系统、合理的建筑结构和必要的通风消防措施相配合。要求各专业间协调设计。

3 本措施的目的是从设计方面为安全运行创造必要的条件。

9.1.2 一般要求。

1 按 DL5000《火力发电厂设计技术规程》的要求，在制定煤粉制备系统及选择主要设备时，应考虑燃煤特性对所定系统的防爆要求。

2 煤粉制备系统的工艺布置设计应遵守 DL 5000《火力发电厂设计技术规程》、DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》和 GB 50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》、DL5027《电力设备典型消防规程》的有关规定，并应与 DL435《火电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程》相协调。

3 系统中所有设备、管道、部件和附件及贮存仓结构均应满足抗爆强度要求。

4 煤粉制备系统应设置惰化措施和灭火系统。惰化措施用于煤粉制备系统应急惰化或按惰化气氛设计。当采用的惰化、灭火介质与全厂消防介质相同时，应全厂统一考虑。

5 当规定要通入惰化介质与灭火介质时，应装设永久性的设施，并备有适当的接头($DN \geq 25$)，由快速动作的阀门控制通入量。

惰化介质与灭火介质可以是同一种介质，也可以不同种类。常用的介质为 CO_2 气体、 N_2 气、烟气、水，允许采用压力不大于 $0.35MPa$ 的过热蒸汽。当采用蒸汽时，应预先排除喷嘴前的疏水。

9.2 原 煤 仓

9.2.1 原煤仓应按燃料的性质，如湿度、黏附性和压实性等进行设计，要求燃料在所控制的流量下，保持连续流动和防止煤流出现搭拱及漏斗状流动。

9.2.2 原煤仓的设计应符合 DL5000《火力发电厂设计技术规程》4.4.4、GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.1 及 DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计技术规程》4.0.8.10 的规定。

9.2.3 封闭式原煤仓的上部空间应设置抽吸装置，保持内部在微负压状态。

敞开式原煤仓应消除煤仓顶部死角空间，防止可燃气体（甲烷）和粉尘聚积。

宜在原煤仓上部空间或金属煤斗下部通以防爆、消防用的惰性气体，并有引入管 (DN)

≥ 25) 固定接口。

9.2.4 原煤仓及其金属煤斗范围内，不宜有外来压力热空气进入贮存的煤堆内。

9.2.5 易堵煤的金属煤斗侧壁宜装电动、气动或其他形式的振动装置。

不锈钢或有光滑内衬的煤斗出口处壁面的水平倾角不小于 70°时，一般可不设振动装置。

9.2.6 煤位监测装置按自控要求决定，每只原煤仓不少于 2 点。原煤仓必须装设高低煤位信号。

9.3 煤粉仓

9.3.1 按 NFPA8503《煤粉系统标准》要求，煤粉仓应按煤粉的特性进行设计，能使煤粉以一定的速率连续流出；煤粉应能在没有任何外力情况下自仓内全部自流干净。

9.3.2 煤粉仓的设计应符合 DL5000《火力发电厂设计技术规程》4.4.5、GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.1 及 DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计技术规程》4.0.8.11~12 的规定。

9.3.3 煤粉仓上宜设置重力式防爆门，其整体强度要求按 9.5.5 规定。

防爆门设置要求按 9.6.4 及 8.8.2 规定。

9.3.4 煤粉仓应密封，尽量少开孔。任何开孔必须有可靠的密封结构。

9.3.5 煤粉仓顶部应避免有死角空间，吸潮管的位置应能排除仓内可能滞留的气（汽）体和粉尘，并符合 4.6.5 规定。

9.3.6 煤粉仓的上部应有惰化及灭火介质的引入管（DN ≥ 25 ）固定接口。介质流向应平行于粉仓顶盖，并使气（汽）流分散开，防止煤粉飞扬。

9.3.7 煤粉仓内的煤粉温度监视装置，宜在距拐角每侧仓壁 1.0m~1.5m 处垂直设置热敏元件（电阻式温度计或热电偶），测量煤粉仓交角内温度，其置入深度自煤粉仓顶盖计 1.0m~1.5m。测温点按每座煤粉仓不少于 4 点设置。

9.3.8 煤粉仓的粉位测量装置，大机组宜为电子式（或超声波式）的，并宜有机械手操式作为辅助校核用；小机组宜用机械手操式。其测点布置应满足锅炉运行要求，便于监视和方便操作。

粉仓顶盖布置的电子式（或超声波式）粉位测量装置每仓不得少于 2 点，其布点应有粉位代表性，并且应有高低粉位信号装置。

9.3.9 煤粉仓宜设放粉系统。

9.3.10 煤粉仓上宜固定设置通向邻磨或邻炉制粉系统带手动挡板门的吸潮管。挡板门仅在停磨或放粉时打开，正常运行时锁在关闭状态。

9.4 煤粉管道

9.4.1 煤粉管道的设计应符合 DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计技术规程》4.0.8 及 GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.2~5.2.4 中的有关规定。

9.4.2 正压制粉系统给煤机上方的落煤管道煤柱密封高度要求见 4.5.5 规定，以防止空气或烟气从磨煤机经给煤机进入原煤仓。

9.4.3 在各制粉系统间不应有联通气粉混合物的管道。

9.4.4 制粉系统的所有零部件，不应存在阻滞煤粉的凸出部分和不平整处。

9.4.5 钢球磨煤机接入短管和喉管，煤粉管大小头以及细粉分离器、排粉机和其他设备的煤粉进出管的布置和结构不应存在积粉的可能性。

9.4.6 钢球磨煤机入口干燥段上干燥风管、给粉管、分离器回粉管、再循环管四者间应依次由上而下按 4.4.5、4.5.7、4.6.1 的 6 及 4.7.1 的 7 的要求合理布置，防止产生积煤爆燃。

9.4.7 制粉管道的水平倾角应满足 4.6.1 的 1 和 6 的要求。

9.4.8 给粉机出口给粉管的水平倾角应满足 4.7.2 的 2 的要求。

9.4.9 送粉管道的配置和布置应防止颗粒沉积和燃烧器回火。按前苏联 1990 年版《防爆规程》规定满足下列流速条件的送粉管道允许水平布置，否则与水平面的夹角应不小于 45°：

1 热风送粉系统：在任何锅炉负荷下从一次风箱到燃烧器和从排粉机到乏气燃烧器之间的管道，流速不小于 25m/s 时。

2 干燥剂送粉系统：在任何锅炉负荷下，从排粉机到燃烧器的管道，流速不小于 18m/s 时。

3 直吹式制粉系统：在任何锅炉负荷下，从磨煤机到燃烧器的管道，流速不小于 18m/s 时。

9.4.10 应采取有效措施，使系统中气粉混合物在各路送粉管道中分配尽可能均匀。同一层燃烧器各一次风（送粉）管中粉量偏差不应超过以下规定：直吹式系统为 10%，中间贮仓式系统为 5%。

9.4.11 煤粉系统之间煤粉输送机械的设置要求，应符合 GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.4 规定。

9.4.12 煤粉系统中风门的功能、数量、形式与防爆要求密切相关，应在煤粉系统设计中确定，并与布置相协调。

9.5 防爆设计压力

9.5.1 煤粉系统的设备、部件、管道按静载法进行计算，结构设计强度必须包括机械荷载和按 9.5.2 确定的内压荷载的合成应力和磨损余度。合成应力不应超过许用应力。

9.5.2 参照 NFPA 8503《煤粉系统标准》的要求，煤粉系统中下列范围内的设备、部件、管道应按 9.5.1 的要求进行强度计算，其中内压荷载的取法按下列规定：

1 直吹式系统——自给煤机人口和磨煤机干燥空气人口、密封空气人口至燃烧器之间的部分，按 9.5.4 规定的防爆设计压力采用。

2 无惰性气氛下启动和运行的贮仓式系统及高速磨煤机直吹式系统——自给煤机至燃烧器之间凡与燃料空气混合物接触的部分，按 9.5.3 规定的防爆设计压力采用。

3 无惰性气体或惰化气氛不完备情况下，煤粉仓的设计强度应按 9.5.5 的规定。

4 无惰性气体或惰化气氛不完备条件下，磨煤机人口干燥风道及零部件的内压荷载按不同的制粉系统分别确定：设置防爆门的系统按不小于相应煤粉系统防爆设计压力下防爆门的爆破压力采用；无防爆门的系统，按煤粉系统干燥空气通风机试验台压力采用，并考虑到可能遭受来自磨煤机爆炸压力的实际情况。

5 原煤仓及其落煤管可不按防爆压力设计。

9.5.3 负压¹⁾或运行压力²⁾不超过 15kPa（低正压）的煤粉系统内的设备、部件，当按下列

内压强度设计时应装设防爆门（无烟煤及按惰化气氛启动和运行的除外）：

- 1 对于钢球磨煤机和中速磨煤机煤粉系统，内压强度为 0.15MPa。
- 2 对于高速磨煤机煤粉系统，内压强度为 0.04MPa。

注 1：“负压”系指煤粉系统中的负压部分，如贮仓式系统和负压直吹式系统的磨煤机入口干燥段至排粉机进口处为止；高速磨煤机入口干燥段。

注 2：“运行压力”系指煤粉系统中正常运行的压力值，如磨煤机干燥风入口处、排粉机出口处、高速磨煤机出口处的压力值。常用压力值一般不超过 15kPa。

9.5.4 满足下列要求的煤粉系统内的设备、部件上不应装设防爆门：

- 1 负压或最大压力不超过 15kPa（低正压）的煤粉系统，其设计内压强度为 0.35MPa。
- 2 最大压力超过 15kPa（高正压）的煤粉系统，其设计内压强度为 0.4MPa。
- 3 燃用无烟煤的钢球磨煤机煤粉系统，其设计内压强度为 0.15MPa。
- 4 中速磨、钢球磨煤机正压直吹式制粉系统上不应装设防爆门（按 0.1MPa 设计的 MPS 磨煤机除外），其设计内压强度按本条 1、2 或 3 确定。
- 5 按惰化气氛设计的制粉系统按 9.5.3 规定内压强度设计时，可不设防爆门。

9.5.5 当煤粉仓设置重力式防爆门时，煤粉仓的爆炸内压应按 DL5022《火力发电厂土建结构设计技术规定》及 GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》规定的 10kPa（10kN/m²）采用。

9.5.6 从送风机出口至烟囱之间的烟风系统，凡与炉膛相连通的烟风道必须考虑炉膛爆炸压力的影响。受炉膛爆炸压力影响的烟风道介质设计压力按 6.1.4 的 2 确定。介质设计压力是烟风道加固肋设计中的重要因素。

9.5.7 锅炉应能在炉膛内爆或外爆的瞬间，任何支撑构件不发生屈服或弯曲而产生永久变形，炉膛应具备防爆能力。

1 引进型锅炉炉膛防爆设计压力按 NFPA8502《多燃烧器锅炉炉膛防外爆/内爆标准》规定应满足下列要求：

- 1) 瞬态正压按环境温度下送风机试验台风压确定，但不必要求超过 +8.7kPa（通常取 +8.7kPa）；
- 2) 瞬态负压按环境温度下吸风机试验台风压确定，但不必要求更低于 -8.7kPa（通常取 -8.7kPa）；
- 3) 当锅炉尾部采用的烟气净化设备阻力较大，环境温度下吸风机试验台风压低于 -8.7kPa 时（如 -10kPa），必须考虑增大的设计负压。
- 2 传统型锅炉的炉膛设计压力（承压能力）按 DL435《火电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程》4.2.2 规定，一般应不低于 $\pm 4\text{kPa}$ 。
- 3 在锅炉采购规范书中应提出对炉膛瞬态防爆压力或炉膛设计压力的要求，内爆和外爆绝对值可相同。

4 炉膛瞬态防爆压力与炉膛设计压力按下列关系式换算：

$$\pm p_{mft}/n_s = \pm p_{fds}$$

式中 p_{fds} ——炉膛设计压力，kPa；

p_{mft} ——在锅炉总燃料跳闸（MFT）时的炉膛瞬态防爆压力，kPa；

n_s ——材料按屈服极限确定基本许用应力时的安全系数，传统型锅炉按 5.2.3 规定的 1.5 采用，引进型锅炉取 1.67。

9.6 防爆门设置要求

9.6.1 防爆门的设置应符合 DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》中 4.0.8.9 和 GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.6 的规定，并参照执行前苏联 1990 年版《防爆规程》。

除下列常见的典型情况外，均应装设防爆门：

- 1) 全部燃用无烟煤的煤粉系统；
- 2) 抽炉烟干燥按惰化气氛设计的风扇磨煤机煤粉系统；
- 3) 设计时已考虑了承受爆炸能力的正压直吹式煤粉系统。

9.6.2 在制粉系统的设备处和部件上装设公称（当量）直径为 0.30m 到 1.1m 的防爆门，煤粉仓上装设公称（当量）直径 0.5m 到 1.4m 的防爆门。

在保证总截面积不变的条件下，应优先采用大截面防爆门，以减少防爆门的数量。

9.6.3 制粉系统上装设防爆门的总截面积应为：在按内压强度 0.15MPa 计算的制粉装置中每 $1m^3$ 容积不少于 $0.025m^2$ ；在按内压强度 0.04MPa 计算的制粉装置中，风扇磨煤机直吹式系统每 $1m^3$ 容积不小于 $0.02m^2$ 。

所有防爆门的截面积（煤粉仓上的除外）应根据整个制粉装置的容积来选择，但不包括煤粉仓和由给粉点到燃烧器的煤粉管的容积。

9.6.4 煤粉仓上装设的防爆门的截面积，应按每 $1m^3$ 煤粉仓容积为 $0.005m^2$ ，但总截面积应不小于 $1m^2$ 。其布置位置应易于排放气体。

9.6.5 在按内压强度 0.15MPa 计算的煤粉系统中，防爆门应装在下列各处：

1 在靠近钢球磨煤机进口干燥管、出口喉管、细粉分离器的进出口管以及排粉机进口管处或含粉一次风机前的煤粉管道上装设防爆门，各处防爆门的截面积应不小于该处煤粉管道截面积的 70%。

2 布置在距排粉机小于 10m 的含粉一次风箱和干燥剂乏气风箱上的防爆门截面积按每 $1m^3$ 风箱容积不小于 $0.025m^2$ 计算选择。

3 当排粉风箱距排粉机超过 10m 时，在排粉机后以及在干燥剂乏气风箱上或至燃烧器的分配器上装设防爆门。防爆门的总截面积应按煤粉管道和风箱（分配器）每 $1m^3$ 容积不小于 $0.025m^2$ 来计算选择。

4 与磨煤机分开安装的粗粉分离器上，至少应各自装设两个防爆门分别引自内外锥壳。防爆门的总截面积按粗粉分离器容积每 $1m^3$ 不小于 $0.025m^2$ 计算选择。粗粉分离器的容积系数取 1.5。

5 在细粉分离器中间出口短管的顶盖上装设一个或数个防爆门，防爆门的总截面积按细粉分离器每 $1m^3$ 容积不小于 $0.025m^2$ 计算选择；为保证总截面积，可在环形顶盖上补充设置防爆门，其直径等于环形顶盖宽度的 75%。

9.6.6 在按内压强度 0.04MPa 计算的高速磨煤机煤粉系统中，防爆门装设地点按磨煤机型式确定。

无惰性气体（烟气）干燥的风扇磨煤机系统，防爆门应装设在粗粉分离器或它的出口接管上，截面积按每 $1m^3$ 磨煤机和粗粉分离器容积不小于 $0.02m^2$ 计算选择。

9.6.7 各类防爆门的爆破（动作）压力按 8.8.2 及 8.8.3 规定。

9.6.8 锅炉至烟囱间按防爆压力设计的烟道上，不论燃用何种燃料，均不装设防爆门。

低控制水平的中小型机组配套煤粉锅炉，其烟风道加固肋不按防爆压力设计时，在空气预热器出口至除尘器进口的烟道上，宜装设防爆门（无烟煤除外）。防爆门可装在靠近空气预热器烟道的上部。从除尘器至烟囱的烟道，不论燃用何种煤种均不设防爆门。

防爆门的数量不应少于 2 个，其总截面积为：

容量不大于 220t/h 等级的锅炉，不小于 0.4m^2 ；

容量 $400\sim670\text{t/h}$ 等级的锅炉，不小于 0.6m^2 。

烟道上宜采用重力式防爆门。

10 支 吊 架

10.1 一 般 规 定

10.1.1 支吊架的布置应符合下列要求：

1 支吊架布点和选型要合理。

2 确定支吊架的间距应综合考虑管道内的介质温度，管道刚度及主厂房土建结构等条件，支吊架的间距一般宜为 $6\text{m}\sim9\text{m}$ 。

3 布置支吊点时，宜使各支吊点荷载均匀分配，并应注意拆卸风门、易磨件时荷载的转移。

支吊点应避开管道中容易磨损和堵塞的部位，以便于维护和检修。

4 水平弯管两侧的支吊架，应将其中一只设置在靠近弯管的直管段上。

5 当大小头两侧的管道截面相差较大时，应在大小头的大截面一端设置支吊架。

6 支吊架与管道的焊缝或法兰之间的净距不得小于 150mm 。

10.1.2 在吸收轴向位移的补偿器补偿量分配范围内管道的两端应设置固定支架。在该范围内的支吊架宜为导向或限位支架。

10.1.3 与设备相连接的管段宜在设备附近设置支吊架，以免设备承受管道的荷载。

10.1.4 位于 8 度及以上地震区的发电厂，支吊架的设置应考虑地震力的影响。

10.1.5 露天布置烟风道的支吊架结构强度，应考虑风、雪荷载的作用。

10.1.6 支吊架零部件的材料，应按下列原则选用：

1 凡与烟风煤粉管道直接接触的零部件，应按介质设计温度选择钢材。与管道焊接的零部件，其材料还应与管道材料相容。

2 管道保温层以外的零部件材料，根据环境计算温度按附录 B（标准的附录）选用。

10.1.7 支吊架根部结构支承梁应满足下列要求：

1 强度：根据在不同主平面内的受力情况，分别对正应力和切应力进行计算，若在受力点处开孔，还应进行补强，当作用力不通过非对称型钢轴的弯曲中心时，一般还考虑偏心扭转。

2 刚度：梁的相对挠度不应超过 $1/250$ 。

3 整体稳定：按最大刚度平面内的最大弯矩进行计算。

10.1.8 支吊架的受压构件，应满足强度和稳定度的要求。

10.1.9 吊架拉杆应满足下列要求。

1 强度计算：

$$d_0 \geq 1.13 \sqrt{F_j / [\sigma]} \quad (10.1.9)$$

式中 d_0 ——拉杆的螺纹内径, mm;

$[\sigma]$ ——螺纹拉杆的抗拉许用应力, 为附录 C (标准的附录) 所列数值的 0.56 倍;

F_j ——结构荷载, N。

拉杆截面积按螺纹根部直径计算。

2 拉杆的最小直径不得小于 10mm。

3 靠近吊架的根部和管部的拉杆两端, 应分别装有由耳子组成的铰链接头, 在两铰链接头之间的拉杆长度不应小于 $40\Delta_s$ (Δ_s 为水平方向的位移值); 当要求在安装时吊点向水平位移的反方向偏装 $0.5\Delta_s$ 时, 则拉杆长度不应小于 $20\Delta_s$ 。

4 拉杆的长度应能调整, 一般可用端部螺纹进行调整, 除装有调整螺母外还应加装锁紧扁螺母。当有困难时, 也可在拉杆中部装设花兰螺丝。

10.1.10 支吊架的管部、连接件及根部一般可按《烟风煤粉管道支吊架设计手册》选用。当另行设计时, 应进行强度、挠度和稳定性计算。

支吊架零部件组装焊缝的许用应力为附录 C (标准的附录) 所确定的较弱被焊件许用应力的 0.56 倍。

10.1.11 送粉管道 (无烟煤除外) 支吊架管部不应采用焊接吊板结构。

10.1.12 较长垂直管道上的固定支架, 刚性吊架, 应按单侧承受相应支吊点全部荷载设计。

10.2 支吊架选型

10.2.1 支吊架的选型应符合表 10.2.1 所列的使用条件。

表 10.2.1 支吊架分类

支吊架分类	使 用 条 件
固定支架	支点不允许有任何方向的位移
限位支架	支吊架只允许在一个或两个方向有位移
导向支架	支点只允许沿管道轴线方向位移 (垂直导向支架不承受垂直方向的荷载)
滑动支架	支点有水平位移, 但无垂直位移
弹簧支架	支点有垂直位移, 并有少量水平位移
刚性吊架	吊点无垂直位移, 但有少量水平位移
弹簧吊架	吊点有垂直位移, 并有少量水平位移
恒力支吊架	支吊点的垂点位移较大, 承受荷载基本不变

10.2.2 管道易震的部位可装设阻尼器。

在垂直位移较大的部位宜采用液压阻尼器, 在无垂直位移或垂直位移较小的部位宜用弹簧阻尼器或水平拉撑。阻尼器或拉撑杆不承受垂直荷载。

10.3 支吊架荷载计算

10.3.1 支吊架的管部、连接件和根部 (弹簧除外) 均以结构荷载作为强度计算的依据。

各类形式支吊架构结构荷载, 可按表 10.3.1 所列公式进行计算。

表 10.3.1 结构荷载计算公式

支吊架形式	结构荷载 F_j					
	垂直方向 F_{jZ}		水平方向 $F_{jX(Y)}$			
刚性吊架、滑动支架、水平导向支架或固定支架	两侧为刚性或恒力支吊架	$K_s F_g + F_{tZ} + F_{nZ} + F_{vZ}$	刚性吊架 滑动支架 水平导向支架	μF_{tZ}		
	两侧为弹簧支吊架	$K_s F_g + F_{tZ} + 0.18 \sum F_g + F_{nZ} + F_{vZ}$	固定支架	$\sum F_{mc} + F_{fX(Y)} + F_{nX(Y)}$ $+ F_{dX(Y)} + F_{dx(Y)}$		
弹簧支吊架	热位移向下时	$K_s F_g + F_{tZ} + F_{nZ} + F_{vZ}$				
	热位移向上时, 按右两式取较大值	$K_s F_g + F_{tZ} + F_{nZ} + F_{vZ}$ 或 $1.2 F_a + F_{tZ} + F_{nZ} + F_{vZ}$				
恒力支吊架	$K_s F_g + F_{tZ} + F_{nZ} + F_{vZ}$					
限位支吊架	根据限制管道位移的方向和具体受力状况进行计算					
导向支架	按结构情况进行受力分析					

表中: F_{jZ} 、 $F_{jX(Y)}$ ——垂直方向 Z 和水平方向 X 或 Y 的结构荷载, N;

K_s ——工作荷载修正系数, 一般取 1.4;

F_g ——工作荷载, N;

F_{tZ} 、 $F_{fX(Y)}$ ——垂直方向 Z 和水平方向 X 或 Y 的附加荷载, N;

$\sum F_g$ ——分布于该支吊点两侧至下一个刚性支吊架范围内的所有热位移向下的各弹簧支吊架工作荷载的总和, N;

F_{nZ} 、 $F_{nX(Y)}$ ——管道垂直方向 Z 和水平方向 X 或 Y 的内部风压作用于波形补偿器截面(管道截面加波节环形面)上的内压轴向推力, 按式(10.3.5-1)和式(10.3.5-4)计算, N;

F_{vZ} 、 $F_{vX(Y)}$ ——管道垂直方向 Z 和水平方向 X 或 Y 的波形补偿器热胀位移弹性轴向能力, 按式(10.3.6-1)计算, N;

$F_{dX(Y)}$ ——作用于支吊架上水平方向 X 或 Y 的地震力, N;

$\sum F_{mc}$ ——分布于支吊点两侧支吊架摩擦力的总和, N;

F_a ——安装荷载, 指管道在冷态时弹簧所承受的荷载, N;

μ ——活动支架的摩擦系数。

μ 可取下列数值:

钢与钢之间滑动 $\mu = 0.3$

钢与聚四氟乙烯之间滑动 $\mu = 0.2$

聚四氟乙烯之间滑动 $\mu = 0.1$

钢与钢之间滚动 $\mu = 0.1$

吊架 $\mu = 0.1$

10.3.2 工作荷载一般应包括下列各项的重量。

1 管道重量：管道、内贴角钢、加固肋、内撑杆和防磨件。

2 管道保温结构的重量。

3 管道零部件重量：门类、孔类、补偿器、锁气器和其他零部件。

4 烟风道顶部设置的通行平台自重。

10.3.3 支吊架工作荷载的分配可按静力矩平衡法计算，也可按下列原则进行简化计算。

1 当计算管段内无异形管件和零部件时，则两支吊架间的管道重量可按平均分配计算。

2 在支吊架之间的管道上装有补偿器时，则应按补偿器分段计算。

3 等直径的水平直管或弯管上装有较重部件（图 10.3.3-1），在支吊点 A 的工作荷载：

$$F_g^A = (1/2)g(l_1 + l_2) + K_{fx}G \quad (10.3.3-1)$$

$$K_{fx} = a/l_1 = (l_1 - b)/l_1 \quad (10.3.3-2)$$

式中 F_g^A ——支吊点 A 的工作荷载，N；

g ——管道单位长度重量，N/m；

l_1 、 l_2 ——支吊点 A 与两相邻支吊点之间的管段长度，m；

G ——部件重量，N；

K_{fx} ——部件重量在支吊点 A 的分配系数；

a 、 b ——部件与支吊点之间的管段长度，m。

4 带垂直弯管的管段（图 10.3.3-2），在支吊点 A 的工作荷载：

$$\text{当 } l_1 \geq l_2 \text{ 时} \quad F_g^A = gl_1/2 \quad (10.3.3-3)$$

$$\text{当 } l_1 < l_2 \text{ 时} \quad F_g^A = gl_1 \quad (10.3.3-4)$$

式中 l_1 、 l_2 ——水平和垂直管段的投影长度，m。

5 带三通的水平管段，可先将支管部分的荷重分配到三通处，再以集中荷重的形式按本条 3 原则分配到主管的支吊架上。

图 10.3.3-2 垂直弯管 6 悬臂管段的重量全部由邻近的支吊架承受。

段的荷重分配 **10.3.4 附加荷载**一般应包括下列各项：

1 给煤机和炉排加煤斗前的落煤管道按全部充满原煤计算。

2 事故造成的管道内积粉、积煤的重量：给粉管、落粉管、回粉管和吸潮管均按全部充满煤粉计算；给煤机后的给煤管道按全部堵煤计算；送粉管道联合支吊架的公用构件按半管堵粉计算；单根送粉管道独立支吊架时按满堵计算。

3 烟风道内积灰荷载，按附录 F（标准的附录）采用。

4 在烟风道顶部设置通行平台时，分配于支吊架上的垂直荷载（通行平台活荷载）按 4.1.26 确定。

5 露天管道由风、雪荷载所产生的重量和推力。

6 地震引起的对支吊架的作用力。

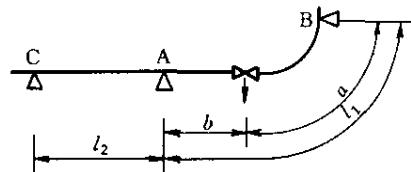
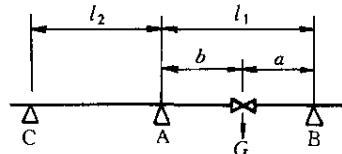


图 10.3.3-1 带部件管段的荷重分配

10.3.5 补偿器的内压轴向推力计算：

1 当为金属波形补偿器时，按下式计算：

$$F_n = F_{nl} + F_{n2} \quad (10.3.5-1)$$

$$F_{nl} = A q_0 \quad (10.3.5-2)$$

$$F_{n2} = (\pi/4)(d_f^2 - d_n^2)q_0 \quad (10.3.5-3)$$

式中 F_n ——内部风压作用于波形补偿器截面上的内压轴向推力，N；

F_{nl} ——内部风压作用于管道截面上的轴向推力，N；

F_{n2} ——内部风压作用于波形补偿器波节环形面上的轴向推力，N；

A ——管道通流截面积， m^2 ；

q_0 ——管道介质设计压力，按 6.1.4 确定，kPa (kN/m^2)；

d_n ——管道内径（或波谷直径），对于矩形管道应按当量直径计算，m；

d_f ——补偿器波峰内直径，m。

2 当为非金属织物补偿器时，按下式计算：

$$F_n = 1.1Aq_0 \quad (10.3.5-4)$$

10.3.6 补偿器的弹性轴向推力计算：

1 当为金属波形补偿器时，按下式计算：

$$F_t = K_X \Delta l_X \quad (10.3.6-1)$$

式中 F_t ——热胀位移引起的弹性轴向推力，N；

K_X ——波形补偿器轴向刚度，从产品样本上查找，N/mm；

Δl_X ——补偿器所吸收的计算管段热胀值，mm。

2 当为非金属织物补偿器时，不存在弹性轴向推力，即 $F_t=0$ 。

10.4 弹簧选择

10.4.1 管段的热胀值按下式计算：

$$\Delta l = l_j \alpha \Delta t \quad (10.4.1)$$

式中 Δl ——计算管段热膨胀值，mm；

l_j ——计算管段的投影长度，m；

α ——钢材线膨胀系数， $mm/(m \cdot ^\circ C)$ ；

Δt ——计算温度与安装温度的差值， $^\circ C$ 。

计算温度采用锅炉最大连续出力时介质的最高工作温度；安装温度可取用 $20^\circ C$ 。

送粉管道支吊点的热位移值，可按热位移近似计算法计算。

10.4.2 选择弹簧时，所取的荷载变化系数 C 不应大于 0.35，即

$$C = \frac{|F_g - F_a|}{F_g} \leqslant 0.35 \quad (10.4.2)$$

式中 C ——荷载变化系数。

10.4.3 根据支吊点处垂直方向的热位移值和所承受的工作荷载选择弹簧，应按下列公式进行计算。

1 当热位移向上时，按下式计算：

$$\Delta z_t \leq CF_2/(1+C) \quad (10.4.3-1)$$

$$F_g \leq P_2/(1+C) \quad (10.4.3-2)$$

$$F_a \leq P_2 \quad (10.4.3-3)$$

式中 Δz_t ——支吊点垂直方向的热位移值，mm；

F_2 ——弹簧最大工作负载（即弹簧所允许的最大荷载）下的变形量，mm；

P_2 ——弹簧最大工作负载（即弹簧所允许的最大荷载），N。

2 当热位移向下时，按下式计算：

$$\Delta z_t \leq CF_2 \quad (10.4.3-4)$$

$$F_g \leq P_2 \quad (10.4.3-5)$$

10.4.4 当单个弹簧不能满足支吊点的热位移值时，可将弹簧串联安装，但必须选用最大工作荷载相同的弹簧。此时，应将热位移值按各弹簧的刚度分配于每个弹簧。

由于支吊架结构及布置上的要求或工作荷载超过单个弹簧的最大工作负载时，可将弹簧并列安装。但必须选用相同型号的弹簧，其两侧弹簧至管道中心的距离应相等。荷重由并列弹簧平均分担。

10.4.5 当串联安装两个弹簧尚不能满足支吊点的热位移值时，或者要求承载基本不变时，宜装设恒力支吊架。

10.4.6 弹簧的工作高度、安装高度、安装压缩值和安装荷载应按下列公式计算。

1 工作高度 H_g 按下式计算：

$$H_g = H_0 - F_g K \quad (10.4.6-1)$$

式中 H_0 ——弹簧自由高度，mm；

K ——弹簧系数，mm/N。

2 安装高度 H_a 按下式计算：

$$H_a = H_g \pm \Delta z_t \quad (10.4.6-2)$$

热位移向上时用“-”号，向下时用“+”号。

3 安装压缩值 Δa 按下式计算：

$$\Delta a = H_0 - H_a \quad (10.4.6.3)$$

4 安装荷载 F_a 按下式计算：

$$F_a = F_g \pm \frac{1}{K} \Delta z_t \quad (10.4.6.4)$$

热位移向上时用“+”号，向下时用“-”号。

应采用与 DL/T5054《火力发电厂汽水管道设计技术规定》相同特性、规格的弹簧。

附录 A
(标准的附录)
常用的烟风煤粉管道规格

A1 送粉管道

表 A1 送粉管道 (GB3087—1982)

公称通径 DN	外径×壁厚 $D_w \times S$	材料	公称通径 DN	外径×壁厚 $D_w \times S$	材料
			mm	mm	
100	108×8	10	450	480×10	Q235-A.F
150	159×8		500	530×10	
200	219×8		550	580×10	
250	273×9		600	630×10	
300	325×10				
350	377×10				
400	426×10				

注: DN≥450mm, 亦可用焊接钢管代替; Φ580×10mm 为非标准规格。

A2 烟道、制粉管道

表 A2 烟道、制粉管道

公称通径 DN	外径×壁厚 $D_w \times S$	材料	公称通径 DN	外径×壁厚 $D_w \times S$	材料
			mm	mm	
100	108×4	Q235-A.F	1200	1220×5	Q235-A.F
125	133×4		1300	1320×5	
150	159×4.5		1400	1420×5	
200	219×5		1500	1520×5	
250	273×5		1600	1620×5	
300	325×5		1800	1820×5	
350	377×5		2000	2020×5	
400	426×5		2200	2220×5	
450	480×5		2400	2420×5	
500	530×5		2600	2620×5	
550	580×5		2800	2820×5	
600	630×5		3000	3020×5	
700	720×5		3200	3220×5	
800	820×5		3400	3420×5	
900	920×5		3600	3620×5	
1000	1020×5		3800	3820×5	
1100	1120×5		4000	4020×5	

注: 当为高温烟道时, 其材料参照表 A3 采用。

A3 圆形风道

表 A3 圆形风道

公称通径 DN	外径×壁厚 $D_w \times S$	材料	公称通径 DN	外径×壁厚 $D_w \times S$	材料
			mm		
200	219×3	$t \leq 300^\circ\text{C}$,	1400	1420×3	$t \leq 300^\circ\text{C}$
250	273×3	Q235-A.F;	1500	1520×3	Q235-A.F;
300	325×3		1600	1620×3	
350	377×3	$t \leq 400^\circ\text{C}$,	1800	1820×3	$t \leq 400^\circ\text{C}$,
400	426×3	Q235-A/B;	2000	2020×3	Q235-A/B;
450	480×3		2200	2220×4	
500	530×3	$t \leq 475^\circ\text{C}$,	2400	2420×4	$t \leq 475^\circ\text{C}$,
600	630×3	10,	2600	2620×4	10,
700	720×3	Q345 (16Mn)	2800	2820×4	Q345 (16Mn)
800	820×3		3000	3020×4	
900	920×3		3200	3220×4	
1000	1020×3		3400	3420×4	
1100	1120×3		3600	3620×4	
1200	1220×3		3800	3820×4	
1300	1320×3		4000	4020×4	

A4 矩形管道

表 A4 矩形管道典型规格

公称通径 mm									材料
300×400	600×900	1200×600	1600×1000	2200×1200	2800×1800	4000×3000	7000×4600	9000×7200	
300×500	700×500	1200×700	1600×1200	2200×1400	2800×2000	4000×3200	7000×5300	9500×5800	
300×600	700×700	1200×800	1600×1400	2200×1600	2800×2200	4500×3000	7000×6000	9500×6600	
300×700	700×800	1200×1000	1600×1600	2200×1800	2800×2400	4500×3400	7500×5000	9500×7600	$t \leq 300^\circ\text{C}$,
400×500	800×800	1200×1200	1800×900	2200×2000	3000×2000	4500×4000	7500×5600	10000×6000	Q235-A.F;
400×600	800×1200	1400×700	1800×1000	2400×1200	3000×2400	5000×3400	7500×6400	10000×7000	
400×700	800×1600	1400×800	1800×1200	2400×1400	3000×2600	5000×3800	8000×5000	10000×8000	$t \leq 400^\circ\text{C}$,
400×800	900×400	1400×900	1800×1400	2400×1600	3200×2200	5000×4200	8000×6000	10500×6200	Q235-A/B;
500×600	900×700	1400×1000	1800×1800	2400×1800	3200×2600	5500×3600	8000×6800	10500×7200	
500×800	900×1200	1400×1200	2000×1000	2400×2000	3200×3000	5500×4200	8500×5800	10500×8400	$t \leq 475^\circ\text{C}$,
500×900	1000×600	1500×800	2000×1300	2600×1600	3600×2400	5500×4800	8500×6400	11000×6600	10,
500×1000	1000×700	1500×900	2000×1600	2600×1800	3600×2800	6000×4000	8500×7200	11000×7600	Q345(16Mn)
600×700	1000×800	1500×1000	2000×1800	2600×2000	3600×3200	6000×4600	9000×5400	11000×8800	
600×800	1000×1000	1500×1200	2000×2000	2600×2200	4000×2800	6000×5000	9000×6400	11000×9400	

A5 英制送粉管道

表 A5 英制送粉管道

公称直径 DN mm	外 径 D_w mm	平均厚度 S mm	材 料	
			10	Q235-A, F
4 (101.6)	4.500 (114.3)	0.237 (6.02)		
5 (127.0)	5.563 (141.3)	0.258 (6.55)		
6 (152.4)	6.625 (168.28)	0.28 (7.112)		
7 (177.8)	7.625 (193.68)	0.301 (7.645)		
8 (203.2)	8.625 (219.08)	0.322 (8.179)		
9 (228.6)	9.625 (244.48)	0.342 (8.687)		
10 (254.0)	10.750 (273.05)	0.365 (9.271)		
11 (279.4)	11.750 (298.45)	3/8 (9.525)		
12 (304.8)	12.750 (323.85)	3/8 (9.525)		
14 (355.6)	14.00 (355.6)	3/8 (9.525)		
15 (381.0)	15.00 (381)	3/8 (9.525)		
16 (406.4)	16.00 (406.4)	3/8 (9.525)		
17 (431.8)	17.00 (431.8)	3/8 (9.525)		
18 (457.2)	18.00 (457.2)	3/8 (9.525)		
20 (508.0)	20.00 (508)	3/8 (9.525)		
22 (558.8)	22 (558.8)	3/8 (9.525)		
24 (609.6)	24 (609.6)	3/8 (9.525)		
30 (762.0)	30 (762.0)	3/8 (9.525)		
36 (914.4)	36 (914.4)	3/8 (9.525)		
42 (1066.0)	42 (1066.0)	3/8 (9.525)		
48 (1219.2)	48 (1219.2)	3/8 (9.525)		

注：1 英制规格适用于引进型机组及进口机组上。

2 可采用焊接钢管代用。

附录 B (标准的附录) 常用结构钢材及其使用温度

表 B 常用结构钢材及其使用温度

钢种与标准号	钢号	推荐使用温 度 ℃	允许的上 下限温度 ℃	使用限制条件	适用范围举例	备注		
普通碳素钢, GB700	Q215-A, F、 Q215-A	0~200	> -20, 200	仅用于非承重结构	中低温、低含尘烟风道	—		
	Q235-A, F、 Q235-B, F	0~200	> -20, 250	不适用于承受动载荷的结构如单轨梁及支吊架零部件	烟风煤及制粉管道、加固肋、支吊架、平台扶梯、单轨梁、金属煤斗、送粉管道、三次风管道等，按不同温度要求选用	除支吊架、平台扶梯、单轨梁、金属煤斗、螺栓、螺母等受力构件外其他用于制作非承重结构的烟风煤粉管道（如道体及加固肋），可按“允许的上限温度”提高50℃使用		
	Q235-A	0~300	> -20, 350	作动载荷结构如单轨梁及支吊架时，应有常温冲击及弯曲试验的合格保证				
	Q235-B			无使用限制				
	Q235-C	-20~300	> -20, 400					
	Q235-D		≤ -20, 400					

续表

钢种与标准号	钢号	推荐使用温 度 ℃	允许的上 下限温度 ℃	使用限制条件	适用范围举例	备注		
低合金高强度结构钢、 GB/T1591	Q345(16Mn)-A	0~400	>-20, 475	不宜作单轨梁及支吊架, 否则应有常温冲击试验的合格保证	耐磨用, 极低温、高温用结构材料, 高温烟风道用材	—		
	Q345(16Mn)-B							
	Q345(16Mn)-C	-20~400	$\leq -20, 475$	无使用限制				
	Q345(16Mn)-D							
	Q345(16Mn)-E							
优质碳素钢, GB699	10, 20	-20~425	$\geq -20, 475$	—	送粉管道, 高温风道	—		
不锈钢板, GB4237 (热轧)、GB3280 (冷轧)	0Cr13、1Cr13 等	—	—	—	金属煤斗, 煤斗内衬, 给煤管道、落煤管道	高温使用时宜用 1Cr18Ni9Ti 牌 (GB4238)		

附录 C (标准的附录) 常用钢材特性数据

C1 常用结构钢材的许用应力

表 C1 常用结构钢材的许用应力 MPa (N/mm²)

钢号与 标准号	Q235-A.F	Q235-A Q235-B	Q235-C Q235-D	10	20	Q345 (16Mn)
	GB700		GB699		GB1591	
σ_b^{20}	375		335	390	470	
σ_s^{20}	235		205	245	345	
设计 温 度 ℃	≤ 20	125 (113)	125	112	130	157
	100			108		
	150			116		
	200			101		
	250			123		
	300	[95]	95 (86)	92	110	156
	350		86 (77)	83	101	144
	400		[66]	77	92	134
	425			71	86	125
	450			69	83	93
	475			61		66
				41		43

注: 1 低温状态下钢材许用应力按 20℃ 时选用。

2 本表数据参照 GB150—1998《钢制压力容器》确定。

3 Q235-A/B-A.F 列中, () 内数据已乘质量系数 0.9 仅用于支吊架, 其他用途按 () 外数据采用。

4 [] 内数字供参考使用。

C2 常用结构钢材的弹性模量

表 C2 常用结构钢材的弹性模量 (E 值)

kN/mm² (GPa)

钢号与标准符号	Q215	Q235	10	20	Q345 (16Mn)	
	GB700		GB699		GB/T 1591	
设 计 温 度 ℃	20	206	198	206		
	100	200	191	183	200	
	200	192	181	175	189	
	250	188	176	171	185	
	260	187	175	170	184	
	280	186	173	168	183	
	300	184	171	166	181	
	320		168	165	179	
	340		166	163	177	
	350	[170]	164	162	176	
	360		163	161	175	
	380		160	159	173	
	400	[160]	157	158	171	
	410		156	155		
	420			153		
	430		155	151		
	440		154	148		
	450		153	146	[160]	
	460			144		
	470			141		
	480			129		

注: [] 内数字供参考使用。

附录 D (标准的附录) 烟风道介质设计压力

表 D 烟风道介质设计压力 (q_0) 选用方法

烟风道	风道介质设计压力 q_0				炉膛设计压力 $p_{fis} = p_{mf} / n_s$	烟道介质设计压力 q_0				
	① 消声器	② 调温风 密封风、冷却风	③ 热风送粉管 热风再循环	大风箱	炉膛	空气预热器	除尘器	引风机	水平总烟道	烟囱
区段	风机	点火风	空气预热器	磨煤机干燥风						
设计要求	常规	离心—振动 轴流—常规	常规	①	常规	常规	离心—振动 轴流—常规	常规		
设计压 力 $\pm p$ 设计	(-)2kPa	1.5倍 风机运行压头	0.7(-) p_{fis} (当 MFT 时) 1.2倍风机 运行压头	(-) p_{fis} (当 MFT 时) 对值大者	p_{mf} 值为: 风 机 T、B 点压头 或 ± 8.7kPa 取绝 值	1.1(-) p_{fis} (当 MFT 时) (+)2kPa	1.2(-) p_{fis} (当 MFT 时) (+)2kPa	锥型筒 (-)2kPa 直型筒 (+)2kPa		

注: (+) p_{fis} —炉膛设计正压; (-) p_{fis} —炉膛设计负压; p_{mf} —炉膛在 MFT 工况下的瞬态压力; ± 2kPa—烟风道标准最低介质设计压力。

① 炉膛瞬态压力 (p_{mf}) 下相应的炉膛设计压力 (p_{fis}) 取为 $|(+)\ p_{fis}| = |(-)\ p_{fis}| = \pm p_{mf} / n_s$ 。表中所列 ± 8.7kPa 为适用于电气除尘器的炉膛瞬态压力典型数据, 工程设计中按锅炉技术协议书规定采用或按 9.5.7 规定采用, n_s 为屈服极限安全系数。

② 至磨煤机的调温风道、密封风道、炉膛火焰检测器冷却风道、点火风机后的风道按常规设计; 其介质设计压力与炉膛 MFT 无关, 仅按表列方法确定。

③ 空气预热器出口的热风送粉热风管道、磨煤机干燥风道、热风再循环管道等不与炉膛相连, 其介质设计压力按最大运行压力采用。

④ 脱硫装置后的烟道, 无升压风机时按常规设计, 升压风机后的烟道按风机形式确定设计等级。烟囱人口前的总烟道按常规设计。

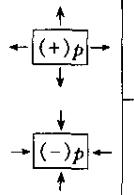
⑤ 空气预热器出口水平热风道及其联络风道, 一般按 $(0.7)(-)\ p_{fis}$ 设计, 当底面按 1.2 倍风机运行压头的组合荷载大于按 $0.7(-)\ p_{fis}$ 组合荷载绝对值时, 则底面按 1.2 倍风机运行压头采用。

附录 E

(标准的附录)

烟风道加固肋设计荷载

表 E 典型烟风道加固肋设计荷载选用

内压荷载 q_0^* kPa	自重荷载(当量压力)										附加荷载(当量压力)			
	冷风道		热风道				烟道				积灰荷载 q_3 kPa	雪载 q_4 kPa	风载 q_5 kPa	
1m ² 板肋重 q_1	1m ² 板肋重 q_1	1m ² 保温重 q_2		1m ² 板肋重 q_1	1m ² 保温重 q_2		板厚 mm	重量 kPa	容重 kgf/m ³	温度 ℃	保温重 kPa			
板厚 mm	重量 kPa	板厚 mm	重量 kPa	容重 kgf/m ³	温度 ℃	保温重 kPa	板厚 mm	重量 kPa	容重 kgf/m ³	温度 ℃	保温重 kPa			
 $* q_0$ 按附录 D 确定。 $* * T2.1、T2.2$ 和 $T3.1.3$ 计算见《六道 技规计算方法》	3 ↓  ↑	3 0.35	3 0.35	120	250	0.29	5 0.59	120	120	150	0.24	按附录 F 确定	按 T2.2** 计算 * *	按 T2.1** 计算 * *
					350	0.34								
					400	0.38								
					250	0.29								
	4 0.47	4 0.47	220	350	0.34	220	220	220	150	0.36				
				400	0.38									
				250	0.45									
				350	0.54									
3 0.35	3 0.35	220	400	0.61	220	220	220	250	0.45					
			350	0.54										
			400	0.61										
			350	0.54										
4 0.47	4 0.47	220	400	0.61	220	220	220	250	0.45					
			350	0.54										
			400	0.61										
			350	0.54										

使用说明：

1 道体壁面设计荷载 Σq 由 $q_0 \rightarrow q$, 各力在壁面上按 T3.1.3** 方法组合而成。

2 保温材料：软质为岩棉、矿渣棉制品，硬质为硅酸钙制品。如其他制品，则容重应作修正。“保温重 q_2 ”中已包括保温结构辅料在内，按 $0.1\text{kPa}/\text{m}^2$ 采用。

3 平壁保温厚度取 120 (150℃), 140 (200℃), 160 (250℃), 200 (350℃), 230 (400℃) mm

附录 F

(标准的附录)

烟风道积灰荷载

F.0.1 除尘器前水平烟道积灰高度。

除尘器前水平烟道按锅炉允许经常运行的低负荷，并保持烟道内烟气流速为 8m/s 时，所剩余的截面作为积灰截面计算，其积灰截面高度即为积灰高度 h_{sp} (湿式除尘器及回转式空气预热器出口烟道低位段，按湿灰比重计算)。

F.0.2 除尘器后水平烟道积灰高度。

除尘器后水平烟道积灰与除尘方式有关，经常低负荷或除尘设备故障运行时的积灰高度 h_{sp} 按下列条件近似确定：

- 1 高效率（如电气、布袋）除尘器，取 $1/6$ 烟道高度；圆形管道取 $1/6$ 流通截面积。
- 2 低效率（如多管式、文丘里水膜式）除尘器，取 $1/4$ 烟道高度；圆形管道适宜取 $1/4$ 流通截面积。

F.0.3 回转式空气预热器出口处水平联络风道积灰高度 h_{sp} 按 0.3m 取用。

F.0.4 倾斜烟风道积灰高度。

倾斜烟风道积灰高度 h_{qx} 按下式计算：

$$h_{qx} = h_{sp}(1 - \tan \alpha) \quad (\text{F1})$$

式中 α ——烟风道底面与水平面的倾角， $^\circ$ ；

h_{sp} ——水平烟风道 ($\alpha = 0^\circ$) 的积灰高度，m；

h_{qx} ——倾角为 α 时的积灰高度，m。

F.0.5 积灰密度。

按试验数据或同煤种工程实测数据采用；当无依据时可按如下数据近似采用：

干灰， $\rho_F = 8 \sim 10 \text{kN/m}^3$ (神府东胜煤 12kN/m^3)；

湿灰， $\rho_F = 15 \text{kN/m}^3$ ；

湿式脱硫加热装置前、后的烟道分别按湿、干灰计算。

F.0.6 积灰荷载。

积灰荷载按如下公式计算：

$$q_F = h_F \rho_F g \quad (\text{F2})$$

式中 q_F ——积灰荷载 (在加固肋计算中 $q_F = q_3$)，kPa；

h_F ——积灰高度，即为 h_{sp} 或 h_{qx} ，m；

ρ_F ——积灰密度， kN/m^3 。

g ——重力加速度， m^2/s 。

附录 G
(标准的附录)
零件焊接图

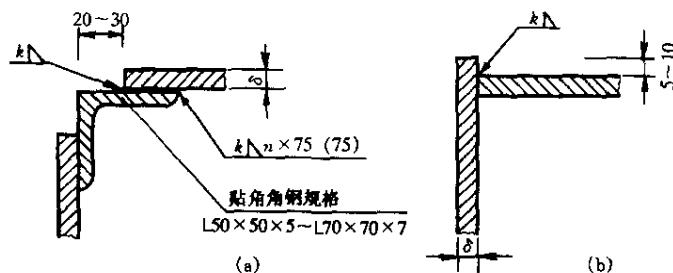


图 G1 矩形管道的焊接

(a) 角钢内贴式 (不宜用于小于 3m^2 的矩形道体); (b) 直焊式

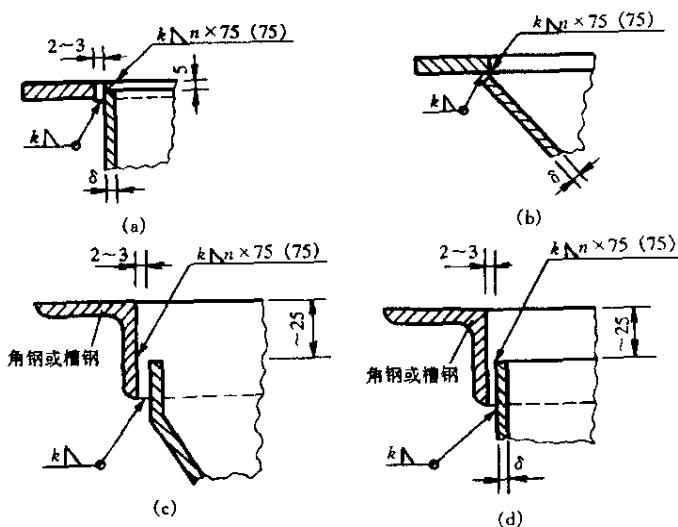


图 G2 法兰与管道的焊接

(a) 扁钢法兰; (b) 变径管的扁钢法兰; (c) 变径管的型钢法兰; (d) 角钢或槽钢法兰

附录 H (标准的附录) 加固肋焊接图

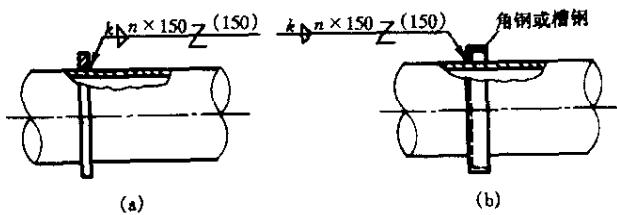


图 H1 圆形管道加固肋焊接

(a) 扁钢加固肋; (b) 角钢或槽钢加固肋

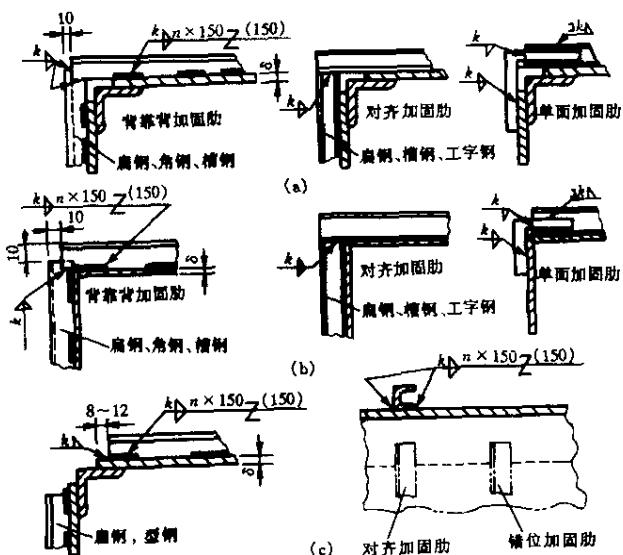


图 H2 矩形道体的加固肋焊接

(a) 角钢内贴式道体的加固肋——刚接; (b) 直焊式道体的加固肋——刚接;
(c) 角钢内贴式道体的加固肋——铰接

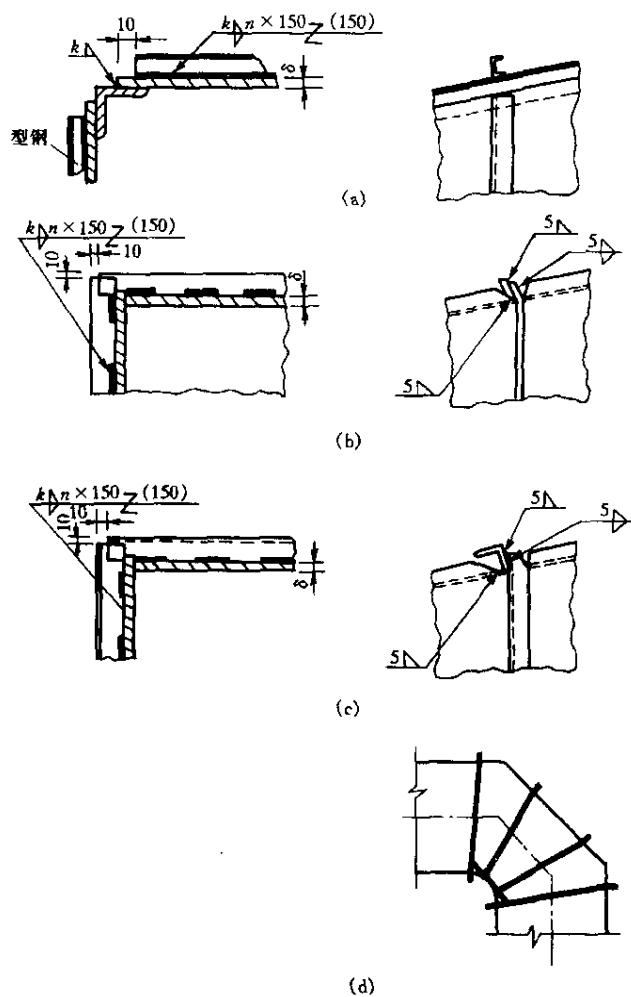


图 H3 异形管道的加固肋焊接

- (a)槽钢、工字钢加固肋；
- (b)扁钢加固肋；
- (c)角钢加固肋；
- (d)弯头加固肋示例

附录 J
(标准的附录)
加固肋典型布置及内撑杆节点结构形式

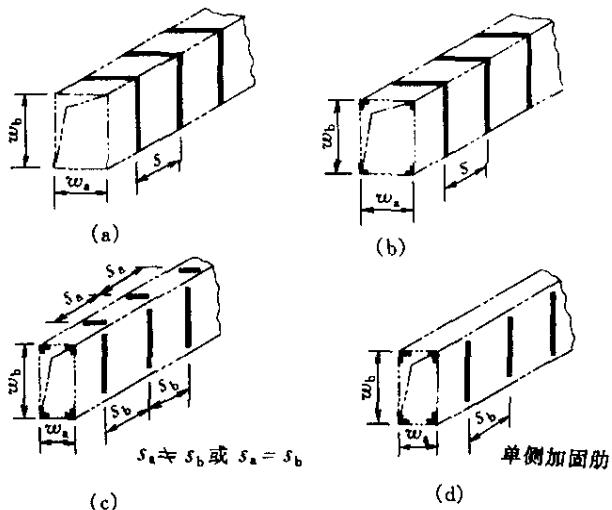


图 J1 横向加固肋典型布置

(a) 直焊式道体刚接加固肋;(b) 角钢内贴式道体刚接加固肋;
(c) 角钢内贴式道体铰接加固肋;(d) 角钢内贴式道体铰接加固肋(单边)

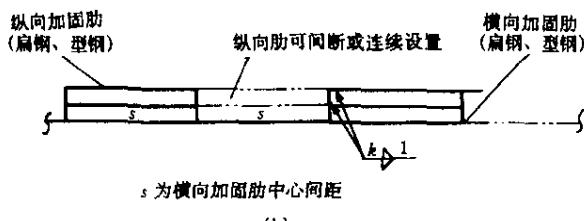
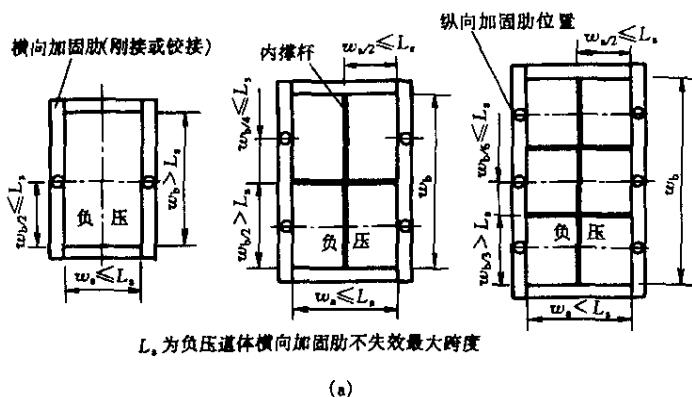


图 J2 纵向加固肋典型布置

(a) 纵向加固肋与内撑杆关系;(b) 纵向加固肋与横向加固肋关系

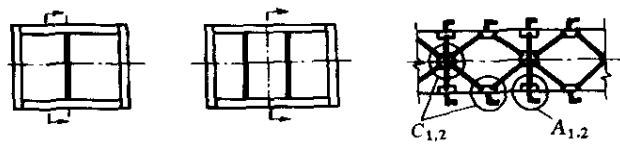
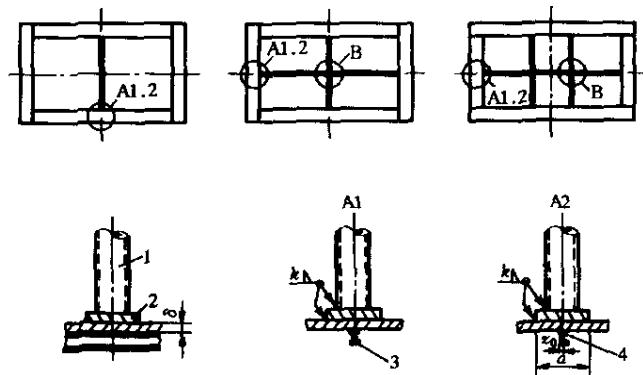
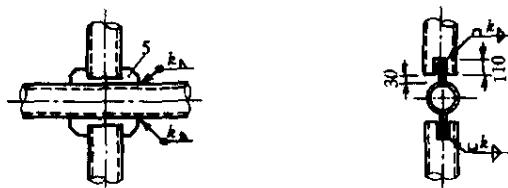


图 J3 纵向桁架式内撑杆



A型节点



B型节点

图 J4 横向刚接内撑杆

- 1—内撑杆钢管；
- 2—衬板， $\delta=5$ ，1块；
- 3—扁钢、工字钢加固肋；
- 4—槽钢、角钢加固肋（尺寸 z_0 为重心距离）；
- 5—连接板，2块

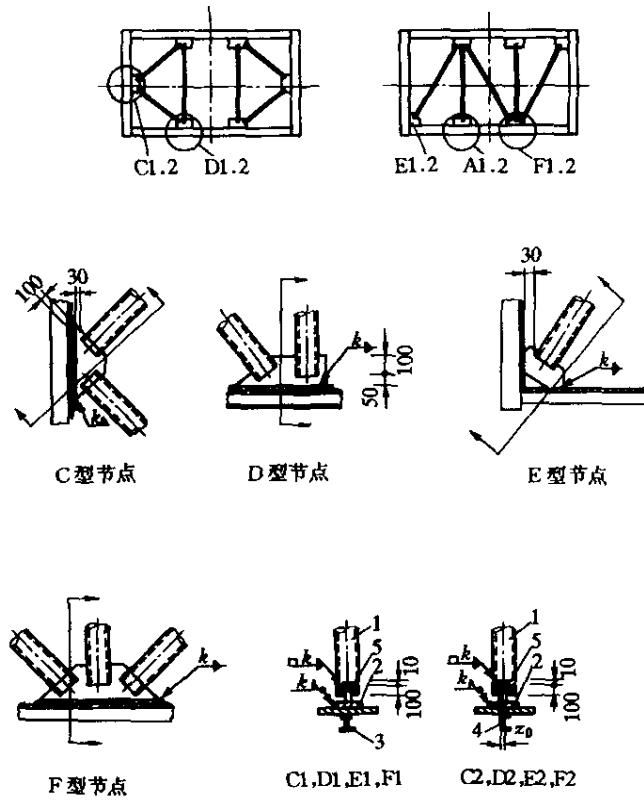


图 J5 横向铰接内撑杆

- 1—内撑杆钢管；
- 2—衬板， $\delta=5$ ，1块（E型节点不设衬板）；
- 3—扁钢、工字钢加固肋；
- 4—角钢、槽钢加固肋；
- 5—连接板， $\delta=5$ ，1块

附录 K (标准的附录) 本规程用词说明

K.0.1 本规程条文执行严格程度的用词，说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的用词

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词

正面词采用“宜”或“允许”；

反面词采用“不宜”。

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词

正面词采用“可”；

反面词采用“不可”。

K.0.2 本规程条文中指明应按其他有关标准规范的规定执行的，其一般写法为“应按……执行”或“应符合……要求或规定”。如非必须按照所指定的标准规范执行的，采用“可参照……”。

附录 L
(提示的附录)
风门旋转力矩

L1 带自润滑调心轴承风门旋转力矩

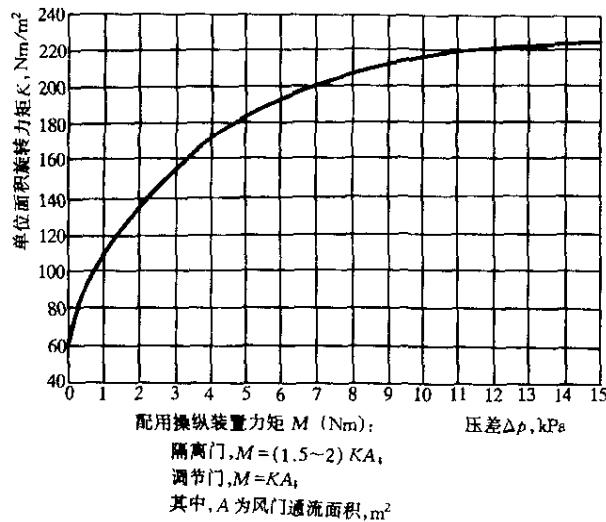


图 L1 带自润滑调心轴承风门旋转力矩

L2 铸铁风门旋转力矩

表 L2 铸铁矩形风门

铸铁矩形风门旋转力矩 K Nm/m^2	160 115 120 111	一轴 二轴 三、四轴 五轴
配用操纵装置力矩 M Nm		1.3KA

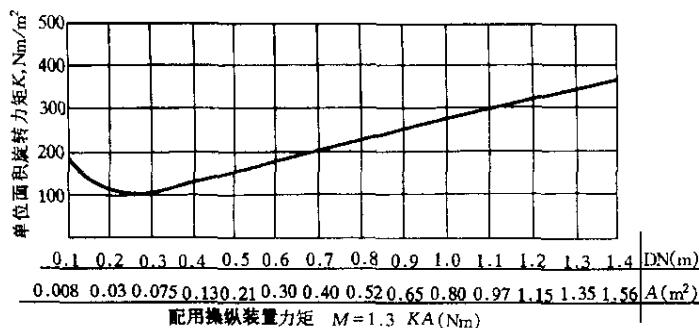


图 L2 铸铁圆风门

附录 M
(提示的附录)
主要风门的操作方式

表 M 风门操作方式

序号	风门名称	操作方式					
		65~130 t/h 等级	220~420 t/h 等级	670~1000 t/h 等级	1000~2000 t/h 等级		
1	烟风系统	送引风机进口调节装置					
2		送引风机出口挡板或插板门		手 动	伺服机操作		
3		回转式空气预热器进口烟气挡板		—	伺服机操作		
4		热风再循环风门		手 动	伺服机操作		
5		二次风分风门		手动或伺服机操作			
6		二次风总风门		手动			
7		邻炉热风联络管风门					
8	干燥系统	磨煤机入口关断风门		手动	手动或伺服机操作		
9		高温干燥风机入口调节风门		伺服机操作			
10		热风调节风门					
11		温风调节风门					
12		就地吸入冷风调节风门					
13		压力冷风调节风门					
14		冷炉烟调节门					
15	制粉系统	干燥剂送粉系统排粉机入口风门			伺服机操作		
16		热风送粉系统排粉机入口风门		手动			

续表

序号	风 门 名 称	操作 方 式					
		65~130 t/h 等级	220~420 t/h 等级	670~1000 t/h 等级	1000~2000 t/h 等级		
17	负压直吹式制粉系统排粉机入口调节风门	伺服机操作					
18	竖井上部关断挡板		—	—	—		
19	干燥剂再循环风门	手动	手动或伺服机操作	伺服机操作			
20	一次风调节风门 (热风或干燥剂送粉系统)		手动或伺服机操作				
21	一次风关断风门 (直吹式制粉系统)	手动	伺服机操作				
22	三次风调节风门		手动				
23	三次风管冷却风关断风门		手动或伺服机操作				
24	排粉机入口备用一次风源系统 (干燥剂送粉系统) 关断风门	手动	手动或伺服机操作	伺服机操作			
25	热风调节风门		伺服机操作				
26	温风调节风门		伺服机操作				
27	就地吸入冷风调节风门		伺服机操作				

附 录 N
(提示的附录)
我国寒冷地区“冬季空气调节
室外计算温度”摘录

表 N 我国寒冷地区“冬季空气调节室外计算温度”

北京市	延庆, -16; 密云, -14; 北京, -12
天津市	蓟县, -12; 天津, -11
河北省	承德, -17; 张家口, -19; 唐山, -12; 保定, -11; 石家庄, -11; 邢台, -11
山西省	大同, -20; 阳泉, -13; 太原, -15; 介休, -13
内蒙古自治区	海拉尔, -37; 锡林浩特, -30; 二连浩特, -30; 通辽, -22; 赤峰, -20; 呼和浩特, -22
辽宁省	开原, -25; 阜新, -20; 抚顺, -24; 沈阳, -22; 朝阳, -19; 本溪, -23; 锦州, -17; 鞍山, -21; 营口, -18; 丹东, -17; 大连, -14
吉林省	通榆, -24; 吉林, -28; 长春, -26; 四平, -25; 延吉, -22; 通化, -27

续表

黑龙江省	爱辉, -35; 伊春, -33; 齐齐哈尔, -28; 鹤岗, -26; 佳木斯, -29; 安达, -29; 哈尔滨, -29; 鸡西, -26; 牡丹江, -27; 绥芬河, -26
山东省	德州, -11; 莱阳, -11; 淄博, -12; 潍坊, -11
四川省	甘孜, -13
西藏自治区	索县, -21; 那曲, -25; 日喀则, -11
陕西省	榆林, -19; 延安, -15
甘肃省	敦煌, -17; 酒泉, -19; 山丹, -21; 兰州, -13; 平凉, -13
青海省	西宁, -15; 格尔木, -18; 都兰, -18; 共和, -17; 玛多, -29; 玉树, -15
宁夏回族自治区	石嘴山, -18; 银川, -18; 吴忠, -16; 盐池, -19; 中卫, -16; 固原, -17
新疆维吾尔自治区	阿勒泰, -33; 克拉玛依, -28; 伊宁, -25; 乌鲁木齐, -27; 吐鲁番, -21; 哈密, -23; 喀什, -16; 和田, -14

注：1 数据单位为℃。

2 本表摘自 GBJ19—1987《采暖通风和空调设计规范》中低于-10℃的地区

附录 P (提示的附录) 烟气腐蚀性分级

P.0.1 烟气腐蚀性指数 K_C 由下式计算：

$$K_C = \frac{100S_{ar}}{A_{ar}\sum R_x O} \quad (P1)$$

$$\sum R_x O = CaO + MgO + Na_2O + K_2O \quad (P2)$$

式中 S_{ar} , A_{ar} ——燃煤中收到基硫和灰分含量的质量百分比；

$\sum R_x O$ ——燃煤灰分中碱性氧化物总含量的百分比。

当 $K_C > 0.5 \sim 1.0$ 时，为有腐蚀性烟气。

P.0.2 烟气对烟囱结构腐蚀性等级分类见表 P1。

表 P1 腐蚀性烟气分级

烟气分级	除尘方式	烟气腐蚀性指数 K_C			
		>2.0	1.5~2.0	1.0~1.5	0.5~1.0
强	湿式	△	△		
	干式	△			
中	湿式			△	
	干式		△		
弱	湿式				△
	干式			△	无侵蚀

P.0.3 当设有脱硫装置时，烟气对烟囱的腐蚀性等级可按表 P1 降低一级考虑，但排放弱腐蚀性烟气时，不再降低。

P.0.4 对不设脱硫装置电厂的烟囱，当计算为排放无腐蚀性烟气时，也应按排放弱腐蚀性烟气考虑。

说明：本附录摘自《火力发电厂土建结构设计技术规定》7.4.1 及 7.4.2 规定及电规土水（1997）8号

文附件“火力发电厂高烟囱设计研讨会议纪要”的有关内容。

附 录 Q
(提示的附录)
相关标准及文件

GBJ17—1988 钢结构设计规范

GBJ9—1987 建筑结构荷载规程

GB150—1998 钢制压力容器

电力工业部电技(1996)435号文 进口大容量电站锅炉及附属设备技术谈判指南

电力工业部电安全(1993)540号文 加强大型燃煤锅炉燃烧管理的若干规定

——火力发电厂煤粉制备系统设计和计算方法(1999年版)

DL/T5095—1999 火力发电厂主厂房荷载设计技术规程

电规土水(1997)8号文附件 火力发电厂高烟囱设计研讨会纪要

——煤粉制备和燃烧设备的防爆规程(前苏联1975年版)

——锅炉设备空气动力计算(标准方法,第三版)(前苏联1977年版)

火 力 发 电 厂

烟风煤粉管道设计技术规程

DL/T 5121—2000

条 文 说 明

目 次

前言	749
1 范围	750
2 引用标准	750
3 总则	750
4 管道布置	754
5 管道规格及材料	761
6 道体及加固肋	763
7 异形件优化选型	766
8 零件和部件	767
9 防爆措施	773
10 支吊架	785
附录 F 烟风道积灰荷载编制说明	787
附件《计算方法》项目与《六道技规》条款对照表	788

前　　言

本标准是在原 DLGJ26—1982《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规定》的基础上进行修订的。修订任务的来历、要求、修订依据及审查过程已在本标准“前言”中说明。

本标准条文是根据 DL/T600—1996《电力标准编写的基本规定》编制的。按该规定要求，凡属手册、教材、科技书、产品说明书中一般性、常识性的内容不应写入标准条文，因此本标准在编写时将烟囱出口流速、加固肋、支吊架、各类荷载计算等内容列入《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程配套设计计算方法》（简称《计算方法》）单独出版，供参考使用。

为便于使用，附上《计算方法》项目与本标准适用条款的对照表，以利查找。

1 范 围

原《规定》¹⁾第1.0.2条的修改补充条文，作为本标准²⁾的“范围”。

注1：原《规定》即DLGJ—1982《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规定》的简称。

注2：本标准即本次修改版《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程》的简称。

原《规定》适用于火力发电厂容量为65~1000t/h等级的燃煤锅炉，随着国民经济发展，对机组容量增大的迫切要求及制造技术的引进，“九五”及其后一段时间内600MW等级的机组将逐渐成为我国发电装机的主力机组，其相匹配锅炉的最大连续蒸发量为2000t/h等级，因而本条文将适用范围扩大至2000t/h等级的锅炉。

另外，考虑到国内发电厂采用进口的发电设备，以及国产发电设备用于国外建造发电厂等情况，本条文补充了“涉外工程要考虑供货方或订货方所在国的情况及使用标准，可参考使用本规程”的规定。

限于循环流化床锅炉（CFB）、烟气脱硫脱硝系统、燃气—蒸汽联合循环机组、双进双出钢球磨直吹式制粉系统在我国尚处于起步阶段，工程中使用得不多，除了CFB外又大多为国外成套引进，缺乏自行设计的经验；国内设计制造的CFB目前还处于小容量阶段，对特殊要求的烟风煤粉管道的设计经验还不成熟，尚需经验总结。鉴于以上原因，上述四项的烟风煤粉管道设计，暂不列入本标准。但对其中的常规烟风煤粉管道设计可参照使用本标准，如CFB本体外的烟风道，联合循环机组余热锅炉的烟风道，脱硫装置前后烟道，双进双出钢球磨分离器后的送粉管道。

2 引 用 标 准

新增条文。

在条文中列入了所引用的相关标准。

本标准涉及到的国内外其他有关标准见附录Q（提示的附录）。

3 总 则

3.0.1 原《规定》第1.0.1条的内容作少量补充，作为按本标准进行设计的锅炉烟风煤粉管道应该达到的目标和技术要求，明确为本标准的“设计要求”。

燃烧系统，国外一般称烟风系统（Air & Flue Gas System），煤粉制备系统国外一般称煤粉系统（Coal Preparation System）。本标准中采用“烟风煤粉”的提法，与本标准的名称《烟风煤粉管道设计技术规程》相吻合，与“燃烧制粉”的传统叫法通用。

烟风煤粉系统的设计应先于烟风煤粉管道的设计，待管道设计后再对系统设计作必要的补充和修改。

烟风煤粉管道设计除了满足工艺及结构要求外，补充了“在可能条件下的美观”的要

求，这对大容量机组来说，不失为一个重要设计内容。在美观整齐的条件下，能更好地运行管理，有利于文明生产。对于易磨、易漏、易爆……的防治措施中，补充了应符合原电力工业部有关劳动安全和工业卫生标准的要求，以克服过去老式发电厂中的“脏、乱、差”环境，使现代化的火力发电厂真正成为“美观、整洁、文明”的生产场所。

3.0.2 原《规定》第1.0.3条文，作少量增补。

冷风道范围内增加炉膛火焰检测器（扫描）冷却风道及点火风机风道。

制粉管道中输粉机的品种有螺旋式、埋刮板式及鼠梳式，不限于螺旋式一种，故取消“螺旋”二字。

补充“其他有关管道及专业分工中属于本专业范围的管道”内容。这是指由于锅炉容量大小、燃烧方式、炉型等不同及烟风煤粉（燃烧制粉）系统的差别，在本条文中未列入的或由于各设计单位专业分工不同而无法明确的烟风煤粉管道。如中速磨煤机石子煤排出及输送管道（系统），有的设计单位将水力冲洗的属出灰专业设计，干式机械输送的属锅炉六道专业设计，有的设计单位将干式、湿式全部归出灰专业设计。再如省煤器、空气预热器下部灰斗下灰管道，也存在着专业分工问题。类似这类分工不明确的管道在本条文中未列出。

随着机组容量的增大，自动化程度的不断提高，烟风煤粉管道的热工测点数量也相应增多。工艺专业应配合控制专业进行部分测点的合理布置和协调，并配置必要的平台扶梯，满足运行和检修的要求。

3.0.3 新增条文。

主要说明烟风煤粉系统中的设备及管道的设计压力和设计温度的定义和影响因素，因设计参数与加固肋设计密切相关，故具体确定方法列在标准6.1中。

3.0.4 原《规定》第1.0.4条的补充修改条文。

本标准对推荐流速补充了适用条件，便于设计人员掌握和正确应用推荐流速的确定方法，根据工程的具体情况，对照适用条件，可在推荐流速范围内找到适合于工程特定条件下的流速值。

1 出力条件是决定断面尺寸的基本条件。

烟风道尺寸与锅炉出力有关，煤粉管道及一次风道尺寸与磨煤机出力有关。在按锅炉最大连续出力的磨煤机出力条件下决定断面尺寸时，其流速应取推荐流速范围的上限值，以免在低出力运行时流速过低。

在按出力条件选择设计流速初始值后，再按其他条件对其进行修正。

2 煤质条件是决定断面尺寸的重要条件。

不同煤种在相同锅炉出力下，其燃煤量、燃烧空气量和烟气生成量均有差异，以设计煤种选定流速后的断面尺寸，需按校核煤种来核算其流速，并应符合推荐流速的上、下限要求，必要时重新选定设计流速初始值。

3 布置条件是烟风道流速选择的反馈条件。

推荐流速适用于烟风道主管道，不论其走向和形状变化，其流速选择与该管道内的流量及/或局部阻力有关，单位流量愈小及/或单位长度局部阻力愈小则流速愈大，反之则愈小；其量值变化趋势及规律可参照前苏联《锅炉设备空气动力计算》（标准方法）（第三版）表Ⅲ-1。

在工程设计中，总是流速选取先于布置，即按其他适用条件选取流速，确定断面尺寸后再进行布置，在初步布置条件确定后，按其单位长度局部阻力的大小对断面尺寸进行适当修

正。

4 煤价条件是流速选择的参考条件。

由于我国地域辽阔，煤源分布不均，电厂燃煤的质量和产地各异，电厂的煤价差异较大，煤价是确定经济流速的关键因素，因此对于煤价较高或较低的机组，宜适当考虑烟风道速度的修正。

5 特殊条件是流速选择的安全条件。

考虑防堵、防磨、防爆等安全因素，对烟道、煤粉系统管道的流速应满足一些特殊要求；针对不同管道的特殊要求已在备注中提出。

本标准对原《规定》表 1.0.4 的推荐设计流速作以下变更和补充：

将流速按烟风（燃烧）系统和煤粉（制粉）系统分别列出。

烟风系统的流速与原《规定》相同；煤粉系统的流速参考电力部西安热工研究院主编的《火力发电厂煤粉制备系统设计标准和计算方法》简称《设计标准和计算方法》的推荐流速，并有少量变动。

原《规定》中“送风机通往磨煤机、高温干燥风机和高温一次风机的压力冷风道”，本次修改中，把“送风机”取消，这样压力冷风风源范围较广，可来自送风机，也可来自一次风机，如中速磨直吹式冷一次风机系统的压力冷风（即调温风）即来自一次风机出口，而非来自送风机。将流速由 $20\text{m/s} \sim 25\text{m/s}$ 下调至 $15\text{m/s} \sim 25\text{m/s}$ 。

同一机组的压力冷风流速应低于热风流速，这是因为由于压力冷风温度低、密度大，低流速可保证在磨煤机等设备入口处压力冷风有充裕的压头超过来自同一风源而流速为 $20\text{m/s} \sim 25\text{m/s}$ 的热风压头，以保证较好的调温性能，并且能避免高流速冷风所引起的振动。国外一些公司将该流速取得较低，如岳阳工程英国 BEL 公司规定为 $16\text{m/s} \sim 18\text{m/s}$ ，平圩工程中 CE 公司确定的流速低于 10m/s 。

“通往磨煤机的高温烟道和炉烟、热风混合烟道”即抽炉烟管道的介质流速，其高限值原按元宝山工程取用。按前苏联推荐值为 $12\text{m/s} \sim 25\text{m/s}$ ；德国专家推荐为吸入烟气管道速度不能超过 35m/s ，出口管垂直段为 22m/s ，水平段为 20m/s 。现《设计标准和计算方法》中推荐为 $12\text{m/s} \sim 28\text{m/s}$ 是合适的，为本标准所采用。

补充“密封风和火焰检测器冷却风管道”流速，参考岳阳工程规定的 $16\text{m/s} \sim 25\text{m/s}$ ，核算平圩工程密封风管为 16.5m/s ，火焰检测器冷却风管为 13.2m/s ，故将以上二管道速度定为 $13\text{m/s} \sim 25\text{m/s}$ 较为适中。密封风管的流速宜取中上值，冷却风管流速宜取中下值。

3.0.5 原《规定》第 1.0.5 条的保留条文。

3.0.6 原《规定》第 1.0.6 条的修改补充条文。

烟囱作为火力发电厂的一个主要构筑物，同时也可作为一个重要设备来看待，其设计是否合理对电厂的安全运行和工程造价都有较大的影响，而合理的出口烟速则是设计是否合理的关键。

确定烟囱出口流速应综合考虑经济性、安全可靠性及有利于降低地面污染物浓度等因素，体现在要考虑烟气经济流速、环境保护、烟囱负压运行等方面。其中环保要求烟囱出口有较高的流速，规定了流速的下限；烟囱负压运行条件又规定了流速的上限；经济流速涉及因素较多，技术经济计算相当复杂，目前尚不能定出适合我国的烟囱出口经济流速数据。现阶段比较可行的，且能保证烟囱安全可靠运行的方法是根据烟气腐蚀性等级，按烟囱内不出现正压或允许局部正压的条件计算烟囱出口流速，并按环保对出口流速的要求，经多方案比

较后（技术和经济）确定烟囱形式、高度及其辅助措施，最终确定的烟囱应具有合理的外型，以便于施工。

原《规定》中，钢筋混凝土烟囱及砖烟囱在确定烟囱出口流速时，只考虑在烟囱入口处静压为“零”的条件，未考虑烟筒内的负压条件，因此出口烟速偏高，筒内出现正压，很多设计院调研结论为大多数锥型烟囱外筒出现程度不等的裂缝，严重的甚至报废。

理想的出口流速应使烟囱和烟道均为负压即全程负压。本次修改按满足烟筒内限定烟压及允许烟囱入口烟道局部正压的条件，作为烟囱出口烟速选择的基础；按烟气腐蚀性等级确定烟筒内负压或允许局部正压运行；按不同的烟压对烟筒及烟道材质提出不同的要求。

烟囱出口烟速与诸多因素有关，应按烟气腐蚀性等级及环保排放对出口烟速的最低限度要求，先锥型后直筒型，先砖内筒后钢内筒的次序来选择。出口烟速及烟囱形式的选择过程也是工艺、环保、土建专业之间相互协作配合并不断优化的过程。在由规划总院主持召开的火力发电厂高烟囱设计研究会议的《纪要》中对烟囱结构形式选择作了如下规定：

- 1) 当排放强腐蚀性烟气时，应采用多管式或套筒式烟囱（直筒型内筒）；
- 2) 当排放弱腐蚀性烟气时，应采用防腐蚀型单筒式烟囱（锥型内筒）；
- 3) 当排放中等腐蚀性烟气时，宜优先采用防腐蚀型单筒式烟囱，如工程具体条件适合，并经技术、经济比较论证合理时，也可采用多管式或套筒式烟囱。
- 4) 当采用多管式或套筒式烟囱时，其内管是采用砖还是钢结构，应根据腐蚀性烟气等级，地震裂度，工程地质条件等因素，经技术经济综合比较后确定。

上述规定为烟囱选型提供了选择捷径，与工艺专业有关，应遵照执行。

烟囱在不出现正压条件下出口烟速偏低，不符合环保要求。但随着技术的进步，在理论上和实践上有办法处理和控制烟囱内烟压的定性和定量分布规律，藉此，本次修改力求烟囱负压运行，但不强调烟囱必须负压运行，而是创造条件让烟囱升压提速，达到既满足排放要求又经济合理的目的。

根据DL5022《火力发电厂土建结构设计技术规定》（简称《土规》）及电规土水（1997）8号文附件《火力发电厂高烟囱设计研讨会议纪要》（简称“纪要”）中有关对烟囱结构形式的提法和对烟筒内运行烟压的规定，本次修改中对典型结构烟囱出口烟速的选择作如下原则规定。

1 锥型钢筋混凝土防腐型单筒式（砖内筒或内衬）烟囱，即至今广泛采用的传统型烟囱，其保持筒内负压运行时的出口烟速较低，略高的出口烟速便会在筒内产生正压，致使烟囱外筒产生裂缝，故对强腐蚀性的烟气不允许正压运行。通过多年来对烟囱形式、裂缝和腐蚀问题的研究，新型耐酸防腐材料的研制，密封防腐措施的改进和经验积累，施工技术水平的提高，使锥型单筒式烟囱达到防腐型水平，允许局部正压运行。根据《纪要》规定：当排放弱腐蚀性烟气时，最大烟气压力不宜超过98Pa；当排放中等腐蚀性烟气时，最大烟气压力不宜超过49Pa。在实际工程中选用正压值时，应尽量避免选用接近98Pa的极端值，因为在这个烟气正压水平下，整个烟筒自上而下将接近甚至全部正压，而不是局部正压。

2 直筒型砖内筒的套管式和多管式烟囱，理论上在直筒型筒内不存在动静压转换产生剩余静压，利用这一特性，使直筒型内筒的烟囱适用于强腐蚀性的烟气，可有较高的流速且不出现正压。但砖内筒内表面毛糙且有凸肩（ $\lambda = 0.05$ ），太高的出口流速产生的摩擦阻力超过烟囱自拔力时，筒内也会存在局部正压，在强腐蚀性烟气的条件下是不允许的，因此直筒形砖内筒的出口烟速低于钢内筒，但高于锥型烟囱。

3 直筒型钢内筒的套筒式和多管式烟囱 ($\lambda = 0.015$)，是所有烟囱中档次最高的烟囱。其出口烟速为直筒型砖内筒的 1.8 倍以上，适用于烟气腐蚀性特别强的烟囱，在地质条件、地震烈度等因素制约下直筒型砖内筒烟囱无法适应时才采用。由于钢内筒磨擦阻力系数低，可采用较高的流速，以便有较小的烟筒直径，降低烟囱造价；但钢内筒烟速也不宜过高，因为过高流速产生的过大摩擦阻力超过烟囱自拔力时，烟囱变成正压烟道，藉吸风机压头来排烟，影响运行经济性，是不合适的。

4 烟囱入口烟道应与烟囱相适应。一般而言，锥型烟囱的出口烟速的提高受烟筒内静压条件的限制，而烟道一般处于负压状态下运行，宜采用钢筋混凝土或砖结构烟道；直筒型烟囱则相反，出口烟速受烟道内静压（正压）条件的限制，提速后烟道处于正压状态下运行，因此宜采用钢制烟道。

对于钢筋混凝土及砖结构的烟道，正压泄漏会使烟道受损，给厂区环境带来污染，因此设计中应考虑烟道保持在负压运行状态。对于钢制烟道，无泄漏问题，可正压运行，其静压值应满足如下条件：多台锅炉公用烟囱中最小容量一台锅炉检修时其余运行锅炉的总烟量减小，烟囱出口烟速下降，烟囱及烟道内剩余静压会降低，应使降低后的剩余静压小于零（即负压），不会对检修锅炉产生炉烟倒灌现象；如果仍存在正压，则在引风机与总烟道间应设置严密的隔离门，以防倒烟影响检修。

5 原《规定》第 1.0.6 条段落的基本保留内容。

6 对于钢筋混凝土锥型烟囱，由于受正压的限制，明显地限制其出口烟速；直筒型烟囱是防止出现筒内正压的最佳形式，但过高的直筒型，土建结构有难度且不经济。提高出口烟速防止正压的其他途径为采用组合型烟囱，如简一锥型、直筒型，其空气动力效果优于单筒锥型，又有合理的土建结构；采用烟囱出口扩散口，用略微牺牲出口烟速的方法来明显改善烟囱静压，而不用放大烟囱直径的方法来降低烟囱静压，类似用小烟囱替代大烟囱，降低了造价，适合于锥型烟囱，特别适用于正压锥型老烟囱的改造。

烟囱出口流速计算方法及典型条件下的出口流速表列于《计算方法》T1。

3.0.7 原《规定》第 1.0.7 条和第 1.0.8 条的合并条文。

将专业之间的设计配合工作及设备编号作为设计内容列入本条中。

4 管 道 布 置

4.1 一 般 规 定

4.1.1~4.1.6 原《规定》第 2.1.1~2.1.6 条的保留条文。

4.1.7 原《规定》第 2.1.7 条的修改条文。“Z”形和空间弯头的距离，按《锅炉设备空气动力计算》标准中有关阻力系数曲线图表进行了修改，更便于使用。

4.1.8 原《规定》第 2.1.8 条补充条文。

烟风道中的介质，在急剧减速、平缓减速的区段以及转弯（特别是急转弯）时，速度场发生较大的不均匀性，使其后面的异型件的阻力系数显著地增大，所以在这些管段的后面宜设置足够长的直管段。

4.1.9 新增条文。

风机的进、出口管道与风机组合在一起，在运行中产生系统效应损失，为使效应损失最

小，应对进、出口管的布置进行优化。对于单吸离心风机，要求入口段有一定长度，具体数值按 DL468《电站锅炉风机选型和使用导则》的 10.10.3 规定进行选择，如果达不到此要求，则应采用进风箱。

对于双吸离心风机和轴流风机，其入口 90°方向的进风箱由制造厂成套供货，无需进行选型。

4.1.10 新增条文。

对于进风箱入口弯头，当气流转弯方向与转子旋转方向一致时，主要影响风机的提升压头，对效率影响不大；方向相反，则影响风机效率，因此进风箱入口处应避免布置弯头。必须布置时，应考虑弯头方向，并有较低的转弯流速。

4.1.11 新增条文。

为了使离心风机出口管道的系统效应损失尽可能小，对出口扩散管道长度提出了最低限度要求。风机出口管道和弯管的优化尺寸可按 DL468 的 10.10.2 计算。扩散管长度和扩散角度应同时满足要求。

4.1.12 原《规定》第 2.1.9 条的基本保留条文。

4.1.13 新增条文。

烟风道的布置，应使气流主管道的阻力损失最小，尽可能采用局部阻力系数较小的异型件，以降低运行电耗。其他剩余压头较大的支管应按较高流速来设计，用附加节流来消耗过剩压头。

4.1.14~4.1.21 原《规定》第 2.1.10~2.1.17 条保留条文，仅作少量补充。

4.1.22 原《规定》第 2.1.18 的修改补充条文。

本条按前苏联 1990 版防爆规程修改，主要做了如下变动：

1) 修改了防爆门及入口接管的倾角要求；

2) 修改了防爆门引出管的长度，按不同的制粉系统压力，分为 30 倍和 10 倍接管当量直径；

3) 取消了膜板前接管长度不大于 10 倍接管当量直径的规定。无论有无引出管，膜板前接管长度应不大于 2 倍接管当量直径，且不大于 2m。

此外，补充了重力式防爆门入口接管及门板倾角要求。

4.1.23 原《规定》第 2.1.19 的保留条文。

4.1.24 原《规定》第 2.1.20 条补充修改条文。

按国外习惯，直吹式制粉系统的送粉管道一般不作保温。本次修改中提出对于介质温度小于 80℃ 的直吹式系统送粉管道宜不保温，作为保温设计中的一个特例，可节约投资又方便管路布置。但对于寒冷地区露天布置的送粉管道，由于防结露需要，仍需要保温。本改动可视为 GB4272《设备及管道保温技术通则》标准中属于“工艺生产中不宜或不需保温的部位”的范围，在 DL/T5072《火力发电厂保温油漆设计规程》中也有类似规定。

其他管道按 DL/T5072《火力发电厂保温油漆设计规程》规定，凡外表面温度高于 50℃ 者均需保温，并按该规定的防烫伤管道进行保温处理或加栏杆围护结构。

保温层厚度略小于加固肋高度时，适当调整保温层厚度；二者明显差距时，可采用 DL/T5072 附录 A.0.5 “留置空气层”的结构或其他措施。

对于露天管道建议采用不吸水保温材料，因室外易受雨水侵袭，引起支吊架超载并影响保温材料性能。

4.1.25 新增条文。

对人员能够进入的大断面烟风道（如风门两侧、暖风器等设备，测点前后处）设置必要的人孔、小断面烟风道设置检查孔以及相应的平台扶梯，其目的是为维修提供方便，避免临时切割破坏烟风道的完整性。

在竖向风道上部（与水平风道相接处）设置栅格，是必须的安全措施，以防止人员跌落。烟道内由于腐蚀和磨损等因素，不宜设置栅格。

4.1.26 原《规定》第 2.1.21 条文补充。

平台分为运行平台和检修平台，活荷载标准值分别按 $2\text{kN}/\text{m}^2$ 及 $4\text{kN}/\text{m}^2$ 设计。

平台及扶梯形式分为无孔和有孔两种，除了 4.1.22-4 防爆要求采用无孔平台外，其余的均应采用有孔平台及扶梯。栅格式有孔平台、扶梯具有较好的刚度，宜推荐采用，特别是在大机组上应采用。小机组可用网眼板有孔平台。

工厂化生产的平台、扶梯，用专用模具制作，具有较好的外观和尺寸精确度，有条件时宜推荐采用。

当布置平台扶梯有困难时，推荐采用移动式升降平台，可改善布置环境和便于通道畅通。

4.1.27 原《规定》第 2.1.22 条的保留条文。

4.1.28 新增条文。

设计布局时，应为主辅机的起吊创造条件，不仅布置合理美观，又方便检修。

4.2 烟道

4.2.1 原《规定》第 2.2.1 条的修改条文。

烟囱进口总烟道，对大容量机组宜采用钢烟道，以便解决在大通流截面下烟道壁的承压问题。

对烟囱进口总烟道采用何种材料制作，与烟囱出口流速、烟道内静压（参见 3.0.6 说明）及烟囱内筒结构等有关，应予统一考虑。

4.2.2 新增条文。

烟道在烟囱接入口处的形式及烟囱内隔墙的形式，决定了局部阻力的大小，影响到烟囱出口流速（参见 3.0.6 说明），应结合工程具体情况作出最佳布置方案。本条推荐的是一般做法，并可参考前苏联《锅炉设备空气动力计算》（标准方法）图 III-49 烟囱底座部分的建造简图。

4.2.3 原《规定》第 2.2.2 条的保留条文。

4.2.4 原《规定》第 2.2.3 条的补充条文。

电除尘器前后是否需要隔离门，决定于除尘器有否必要在运行中隔离检修以及隔离门的严密性。由于以往习惯采用挡板门隔离，其密封面经不起高浓度烟尘冲刷，运行 1~2 年后，密封面全无，无法对除尘器隔离检修。山东地区几个装有 300MW 机组的电厂认为，电除尘器故障原因较为复杂，既有机械原因，也有电气部分原因，找原因相当困难，短期内无法修复，只有在小修、大修期间修复，因此电厂从未有在运行过程中修理电除尘器的记录，从某种意义上讲，双室电气除尘器进出口无需烟气隔离门。山东地区大机组的这个习惯和做法，具有代表性。本次修改中，考虑到存在的这一客观实际情况，因此增加了“除尘器前后的烟道上一般不设隔离门”的条文。如果系统运行中确需检修隔离，则在人口处采用插板式，而

出口采用挡板式。

4.2.5 原《规定》第 2.2.5 条的基本保留条文。

4.2.6 原《规定》第 2.2.6 条的修改条文。

风扇磨煤机宜沿锅炉周围布置，目的在于抽吸高温炉烟管道直且短，阻力小（因风扇磨煤机扬程有限），省材料。同时一次风管道短，阻力均衡，煤粉分配不再成为问题。200MW 及以上机组应按此方式布置，小机组或不抽高温炉烟的机组可视情况而定。

4.2.7 原《规定》第 2.2.7 条的保留条文。

4.2.8 原《规定》第 2.2.8 条的修改条文。

由于高温炉烟管道采用碳素钢内保温方式，内衬耐火砖易脱落且难以维修，不受电厂欢迎。近 10 多年来，国内设计的工程中大多采用耐热合金钢管外包保温，故补充这种方式。

4.2.9 原《规定》第 2.2.9 条的修改条文。

高温炉烟管道上使用波形补偿器问题较多，近 10 多年来，大多数采用套筒式补偿器。高温炉烟管道布置虽然直而短，但也难免有径向位移，因而对套筒式补偿器的结构提出要求。

4.2.10 原《规定》第 2.2.10 条的修改条文。

抽吸高温炉烟管道的出口处，德国的电厂有的装设风门，有的不装。元宝山电厂进口的 300MW 机组装设了水冷风门，但进口的 600MW 机组就不再装设。其原因是此门在高温下易变形，难以操作，又不严密。在风扇磨煤机进口处，由制造厂随机供货一道风门，停磨时关闭以减少向炉内漏入的冷风量，并在锅炉微正压时，作为对应的磨煤机检修隔断用，在高温炉烟管道上再装设风门作用不大。因此允许高温炉烟管道上不装设风门。

4.2.11 新增提示性条文。

4.3 冷 风 道

4.3.1 原《规定》第 2.3.1 条的补充修改条文。

补充应采用低阻力结构的风机吸风口，并设置滤网。

4.3.2 新增条文。

从环保治理要求，提出对风机防噪声要求。离心式风机一般可加设入口消声器，轴流式风机除入口消声器外还采用机身加包覆隔音材料的方法。

4.3.3 原《规定》第 2.3.2 条的保留条文。

4.3.4 新增条文。

冷风道低位放水点，用于排除回转式空气预热器冲洗时倒入的灰水，引至排水沟。露天布置的进风箱排水孔，用以排除吸风时带入的雨水，就地排放即可。

4.3.5 原《规定》第 2.3.3 条的基本保留条文。

4.3.6 原《规定》第 2.3.4 条的保留条文。

4.3.7 原《规定》第 2.3.6 条的保留条文。

4.3.8 原《规定》第 2.3.7 条的基本保留条文。

4.3.9 新增条文。

过滤器用来清除密封风中的悬浮杂物，以防止堵塞通道和易燃物进入磨煤机。过滤器一般为惯性式，宜采用反冲洗式过滤器，也可用其他形式。不论何种形式，其反冲排放的杂物宜直接入锅炉大风箱并入炉燃烧。上述方式适用于每台炉设公用密封风的系统（如 HP、MPS

磨系统)。

4.3.10 新增条文。

风量测量装置阻力要求，其形式应适合于布置需要。两侧长度应保证测量精度要求，一般采用 2(人口)/1(出口) 倍风道当量直径，工程设计中结合布置条件与热控专业商定。

4.3.11 新增提示性条文。

4.4 热 风 道

4.4.1~4.4.3 原《规定》第 2.4.1~2.4.3 条的保留条文。

4.4.4 原《规定》第 2.3.5 条的补充条文。

热风再循环接至引风道风量测量装置的下游，可避免再循环风量重复计量。

4.4.5 新增条文。

热风或热烟气插入磨煤机干燥段或排粉机入口段时，与水平面的夹角不小于 60°，目的是为了不使煤或煤粉在此接口堆积。

4.4.6 原《规定》第 2.4.5 条的保留条文。

4.4.7 新增条文。

磨煤机入口干燥空气隔离门，对保护磨煤机，给煤机的安全运行和方便检修起到重要作用。其结构形式和动作时间影响其功能的发挥。对于正压直吹式制粉系统推荐采用插板式风门作为热风隔离门；对负压制粉系统可采用其他形式隔离门。

插板门具有较好的严密性，可有效地防止热空气漏向停用的磨煤机。国内 300MW 机组上已发生多起由于采用挡板式或其他形式不严密的风门，热风漏入停用磨煤机和给煤机而将给煤机烧坏的事故。

对不同制粉系统的隔离门关闭速度有不同的要求；正压直吹式系统的关闭速度要快于负压贮仓式制粉系统。按德国做法，对正压直吹式系统，不论燃用什么煤种，其隔离门关闭时间一般不超过 3s。目前国内常用气动或电动隔离门，其关闭时间超过 3s，一般在 10s~15s。关闭时间尚与风门尺寸大小有关。

4.4.8 原《规定》第 2.4.6 条的补充条文。

补充当邻炉热风隔离门严密不漏时，可只用一道门隔离。

4.4.9 原《规定》第 2.4.7 条的保留条文。

4.4.10 新增条文。

磨煤机入口风道在测量装置前后的长度，应保证测量的精度要求，不論文丘里或机翼型，一般采用 2(人口)/1(出口) 倍风道当量直径长度。工程设计中结合布置条件与热控专业商定。

4.4.11 新增提示性条文。

4.5 原 煤 管 道

4.5.1 原《规定》第 2.5.1 与 4.2.8 条的合并修改条文。

推荐采用圆形双曲线金属小煤斗，也可采用其他形式变截面小煤斗，其出口段与水平面的倾斜角不应小于 60°。实践证明达到 70°~72° 的小煤斗可消除堵煤。对 65t/h 锅炉小煤斗下口直径可小于 600mm。

4.5.2 原《规定》第 2.5.2 条的保留条文。

4.5.3 新增条文。

原煤管是落煤管（原煤仓至给煤机）和给煤管（给煤机至磨煤机）的总称。

金属小煤斗、落煤管、给煤管等凡与原煤接触的金属部分，为了达到防堵和防腐蚀的目的，采用不锈钢内衬甚至用不锈钢板制作，光滑且不锈蚀、使用效果较好。如在国内大机组上使用不锈钢，加上角度较陡，堵煤现象普遍得到改善。由于不锈钢价格昂贵，故本条规定在燃用腐蚀性或黏结性较强的煤种时推荐采用。由于高分子塑料类内衬板经不起燃煤隐燃高温作用，故未作规定，但可用在贮存无烟煤的场合。

4.5.4 原《规定》第2.5.4条的修改补充条文。

给煤机上方，一般一只煤闸门已满足给煤机检修隔离要求，大机组用电动煤闸门，小机组用手动煤闸门。给煤机下方给煤管上，一般不设置煤闸门。当磨煤机设置CO浓度自动检测系统，因防爆要求自动隔离磨煤机时，应设置电动门。对抽吸高温炉烟的风扇磨煤机制粉系统，给煤机至磨煤机的给煤管上应装设电动煤闸门，该门在停磨时关闭。目的在于磨煤机停运（或备用状态）而锅炉正在运行时，减少漏风对锅炉的影响；同时，如果给煤机正在打开检修，锅炉冒正压或“放枪打炮”时，避免高温炉烟通过炉烟管道对人员造成伤害或损坏给煤机。

落煤管煤闸门位置适当提高，可以改善堵煤条件，因为在煤闸门后的煤处于松散状态，不易堵煤；高的煤闸门位置，便于在给煤机上方设置伸缩节，并为给煤机检修留出必要的空间。

煤闸门维护平台推荐采用移动式平台或移动式升降平台，这样，一只平台可供多台炉合用。

4.5.5 原《规定》第2.5.5条的补充修改条文。

正压制粉系统采用密闭式给煤机，防止热风煤粉外泄；负压制粉系统推荐采用密闭式给煤机，如果采用敞开式，则宜加闭封罩壳，减少内漏对制粉系统的影响并防止煤尘飞扬。

正压制粉系统，在正常运行中给煤机上方保持适当密封煤柱高度，可防止给煤机密封空气及磨煤机内正压热介质上串到原煤仓，影响原煤仓安全。其煤柱高度与磨内介质压力有关，美国要求不小于3m，有些国家要求不小于2m（前苏联），本标准则推荐采用2m~3m。

4.5.6 原《规定》第2.5.6条的补充条文。

断煤信号是制粉系统安全运行的重要措施，目前大机组上，常用的密闭式给煤机一般带有断煤信号。中小机组使用敞开式给煤机，一般无此信号装置。按典型配置要求，宜在落煤管（煤闸门）上方设置断煤信号装置，以判别堵煤或放空状态。

4.5.7 原《规定》第2.5.3条的保留条文。

4.5.8 原《规定》第2.5.7条的保留条文。

4.5.9 新增提示性条文。

4.6 制 粉 管 道

4.6.1 原《规定》第2.6.1条的保留条文，作少量补充。

4.6.2 原《规定》第2.6.3条的保留条文。

4.6.3 原《规定》第2.6.4条的保留条文。

瓣阀式锁气器锁气性能较好，仅需安装一台，代替两台锥板式锁气器；此时木屑分离器的相对位置，按其工作原理应在瓣阀式锁气器的下方。瓣阀式锁气器已在珞璜电厂使用，宜

总结提高后推广。

4.6.4 原《规定》第 2.6.5 条的保留条文。

4.6.5 原《规定》第 2.6.6 条的补充条文。

将吸潮管的排出口由粗粉分离器的进口管或出口管改至细粉分离器的进出口管上，可提高抽吸能力。煤粉仓吸潮管上设置能远方控制的电动挡板防隔离门，按需调节煤粉仓内的负压值；其他吸潮管设置手动挡板门作调节或隔离用。

煤粉仓吸潮管接口布置在煤粉仓的四角处，既远离落粉口又便于抽出仓内的废气。

补充对停用磨煤机的煤粉仓吸潮管要求，详见 9.3.10 条文说明。

4.6.6 原《规定》第 2.6.9 条的补充条文。

增加正压直吹式制粉系统的煤粉取样测点位置。

4.6.7 新增条文。

在煤粉仓上防爆门开口处设栅格，是必要的安全措施。

4.6.8 新增提示性条文。

4.7 送 粉 管 道

4.7.1 原《规定》第 2.7.1 条的补充修改条文。

补充了在水平管道上应避免上下分叉，因为这种分叉会造成较大的煤粉气流浓度偏差。

提出了送粉管道应满足锅炉燃烧器整体设计要求。因为随着锅炉容量的加大，直吹式制粉系统的采用，磨煤机与燃烧器层次匹配相当密切。并随着燃烧技术的不断发展，浓淡分离燃烧器的采用，要求送粉管道的布置与之相适应。

取消直流式燃烧器前直管段的要求，国外无此要求，实际上也难以达到此布置要求。

4.7.2~4.7.4 原《规定》第 2.7.2~2.7.4 条的保留条文。

4.7.5 原《规定》第 2.7.5 条的补充条文。

增加煤粉管道分配器作为煤粉分配均匀性的措施，比分配弯头具有更好的性能，因此在大容量锅炉中优先推荐采用。

4.7.6 新增条文。

送粉管道的连接，采用焊接方法，可减少泄漏点。

4.7.7 新增条文。

直吹式制粉系统送粉管道在燃烧器入口处设置插板式隔离门，目的在于停磨检修时用来隔离运行炉膛的热烟气，保持设备和人员安全。插板门可采用气密封式。气密封的作用是用压缩空气吹扫密封槽，便于插板门关闭，并在关闭后用气体密封，防止泄漏。

原《规定》第 2.7.7 条吹扫孔取消说明：

原《规定》第 2.7.7 条的送粉管道在易堵处宜装设吹扫孔的规定取消。根据省院联合会的调研结论，吹扫孔作用不大；引进工程的送粉管道上也很少设吹扫孔，故本次修改时作取消该条文处理。但在吸潮管上仍采用吹扫孔来消除阻塞。

4.7.8 新增条文。

煤粉管道特别是热风送粉管道，热胀力的作用会在法兰上及伸缩接头上形成弯矩而产生单边缝隙，造成漏粉现象。凡漏粉比较严重的送粉管道，一方面由于伸缩节结构不佳，另一方面，由于伸缩节布置的不合理，不能有效吸收管道的热胀位移，引起翘曲漏粉。因此，设计中应合理布置伸缩节，并留有补偿能力的余量。

4.7.9 新增条文。

送粉管道上宜设置密封性能好的补偿装置。老式结构的绞接式、耦合式伸缩节被逐步淘汰，各种形式的伸缩节逐步推广使用，其中比较好的如波纹管式和带耐热弹性密封填料的各式接头。波纹管式具有无漏泄，膨胀量大，能吸收角位移的优点；其缺点为存在盲板力和弹性力的合力对管道的作用力，需设置固定支架来抗衡，填料式接头成对安装后具有较大的补偿能力和吸收多向位移的优点，其密封性能不如波纹管式。

4.7.10 新增提示性条文。

5 管道规格及材料

5.1 管道规格

5.1.1 原《规定》第3.1.1条的修改条文。

热风道及气粉混合器前的一次风道（当采用热风送粉时）由原《规定》的3mm改为3mm~4mm。因为机组容量增大后，这些风道的断面尺寸相应加大，适当增加壁厚，提高其整体强度和刚度是必要的。

对于压力较高或温度较高的大截面烟风道，可采用较厚的钢板，目的是使加固肋间距不致太小，并可提高整体强度和刚度。特别是高压头（>12kPa）一次风机的出口段（强振动区），宜用较厚钢板。

5.1.2 原《规定》第3.1.2条补充条文。

圆形烟风道制作简单，在空气动力工况相同时，在金属及保温材料消耗量上都小于矩形或正方形烟风道，因此较长的烟风道优先采用圆形。对于大容量机组（1000t/h级及以上），由于截面积大，设备接口也大多为矩形，如采用圆形则增加了方圆节；且圆截面风道拐弯时，难以设置导向叶片，因此采用矩形截面更显方便。国外公司两种做法都有采用，如CE公司习惯采用矩形，BW公司则习惯采用圆形。

5.2 材 料

5.2.1 原《规定》第3.2.1条的修改补充条文。

近年来，有关钢材的国家标准陆续不断修订。新国标中Q235类结构钢代替了老国标中的普通碳素钢3号钢，且Q235类钢材既保证机械性能又保证化学成分，优于原来的3号钢，故可用Q235-A.F、Q235-A分别代替A3F及A3钢。Q215类钢材性能低于Q235，可用于不需要强度计算的管道零部件上，代替原《规定》中的B3F。

随着国产防腐钢（又称考登钢）的产量增加、成本下降，对于强腐蚀性的烟气，可适当采用防腐钢制作烟道。防腐钢烟道，在国外已较为普遍。

5.2.2 新增条文。

增补了“常用结构钢材及其使用温度”表（附录B），推荐了常用钢材的使用温度范围，并提出了允许的上下极限温度值。各温度值的取用主要依据为GB150《钢制压力容器》及DL/T5054《火力发电厂汽水管道设计技术规定》（简称《管规》）。考虑到烟风煤粉管道运行压力很低，但截面又很大，与汽水管道危险程度不同，不属于压力容器范围，按原《规定》的使用经验，提出用于制作烟风煤粉管道的钢材上限使用温度可按表所列数值提高50℃使

用，并已在备注中说明使用范围。这样可节约投资费用又不失安全。

原《规定》中，A3及A3F钢的允许使用温度为400℃及350℃，对非承重结构的零部件可达450℃及400℃，经多年来在无烟煤机组上使用中未发生过问题。如娘子关电厂100MW无烟煤锅炉热风温度约为390℃，用A3钢制作，1978年至今有近20年运行经验；重庆电厂200MW、白马电厂200MW锅炉热风温度均为385℃，采用A3及A3F材料，分别于1986年1990年投运；还有其他类似工程的经验表明，A3、A3F级材质在400℃温度级使用是安全可靠的。

Q235-A/A.F材料，分别优于A3、A3F，因此本标准在附录B中将Q235-A/B及Q235-A.F/B.F允许使用上限温度提高至400℃及300℃用于制作非承重结构（如热风道），比原《规定》中A3、A3F还留有一定的裕度。

对介质温度高于400℃的热风道材料，可选用Q235-C/D、Q345（16Mn）或10、20号钢，高于475℃时可按《管规》选用，一般可用含Cr、Mo元素的低合金钢。支吊架等受力构件不允许提高材料使用温度。

附录N附上“我国寒冷地区冬季空气调节室外计算温度摘录”，便于工程设计中直接采用，其数据摘自GBJ19标准，对于北方寒冷地区露天支吊架尤为重要，防止由于钢材冷脆带来的危害。不采用极端最低温度而采用本冬季计算温度方法是遵循了GBJ17《钢结构设计规范》的规定。

附录B中，材料允许的低温值参照GBJ17标准中直接承受动力荷载的焊接结构钢材低温要求确定（偏安全），即Q235沸腾钢只能用于高于-20℃而Q235镇静钢在补做冲击韧性、弯曲试验并合格后可用在不低于-20℃的条件下。GB150《钢制压力容器》标准规定Q235的下限温度为0℃。由于烟风煤粉管道的使用工况更接近于钢结构，因此本规程中将Q235材质的低温允许值参照GBJ17确定，较符合实际情况。

美国用于制作烟风道的板、型钢、圆钢等采用ASTM规范中的结构钢A36，其屈服极限为248MPa，略高于Q235；内撑杆（管子）为A53，其屈服极限为331MPa，略低于Q345（即16Mn）钢。

5.2.3 原《规定》第3.2.2条的补充修改条文。

“基本许用应力”一词，目前已无此称谓，现通用“许用应力”一词，因此本标准按此修改。

原《规定》中，钢材的许用应力取 $\sigma_b^t/2.4$ 与 $\sigma_s^t/1.5$ 中的较小值。 σ_b^t 无使用意义，在其他标准中已停止使用，本标准改为 $\sigma_b^{20}/3.0$ 与 $\sigma_s^t/1.5$ 中的较小值作为钢材的许用应力。原《规定》中强度极限安全系数 n_b 为2.4，主要考虑烟风煤粉管道处于低压力（<0.05MPa）下工作，不属于承压管道或容器一类，因而取得较小。考虑到烟风煤粉管道支吊架属于受力构件，并能与汽水管道支吊架取得一致，因此本次修订中将强度极限安全系数 n_b 取为3.0，与《管规》、《应规》统一。屈服极限安全系数 $n_s=1.5$ 不变，也与《管规》、《应规》一致。

在实际使用中，由于难以获得 σ_s^t 高温值，因此将《钢制压力容器》中的许用应力值乘以1.6/1.5系数后转化为本规程的许用应力值（其中1.6为《钢制压力容器》所采用的 n_s 系数）。对于Q235-A.F及Q235-A/B的质量系数0.9，也为《钢制压力容器》所规定。本标准将此0.9系数的许用应力特定用于制作支吊架的管部、连接件、根部（不包括支承梁）。

关于支吊架材料许用应力取值的如下差异，有待统一：

1) 《管道支吊架》(GB/T17116.1—1997)规定：凡制作支吊架[包括管道连接部件

(即管部)、中间连接件、建筑结构连接件(即根部)]钢材的许用应力，与美国MSS标准取法基本一致；Q235-A.F、Q235-A/B材料考虑0.9质量系数。

2) DL/T5054《火力发电厂汽水管道设计技术规定》中对用作支吊架螺纹拉杆的许用应力取材料许用应力的0.56倍，以与美国MSS标准取得一致(见《管规》7.5.3.2条文说明)；但对Q235-A.F、Q235-A/B未考虑质量系数0.9。

3) 本标准螺纹拉杆的许用应力(见本标准10.1.9条文说明)与《管规》相同的是同样按0.56折考虑，不同的是本标准对Q235-A.F、Q235-A/B的许用应力用作支吊架时考虑了质量系数0.9。

5.2.4 原《规定》第3.2.3条的补充条文。

送粉管道的耐磨材料，目前使用较好的为稀土高铬铸铁(硬度高、强度好、具有钢的特性、能车削)、高铬铸铁(硬度极高、脆性大、不能车削)、合金耐磨铸钢；用普通碳素钢管制作的热压弯头或普通铸铁弯头，由于不耐磨，须内衬陶瓷或外护铸石等非金属耐磨材料，其中以陶瓷的耐磨性能为好。

5.2.5 原《规定》第3.2.4条的修改条文。

将常用材料焊接所需的电焊条按新的国标牌号列出供参考。

5.2.6 新增条文。

将螺栓、螺母、垫圈按温度要求列出常用材料推荐采用。

5.2.7 原《规定》第3.2.5条的修改条文。

由于烟风煤粉管道法兰连接使用的场合较多，法兰规格大小差别较大，要求不同大小直径的石棉绳来适应不同规格法兰的需要，故修订中将衬垫规格取消。

对于石棉制品的危害性有众多说法，有些国家禁止使用，我国也在其列，故未将石棉绳列入条文中。根据近期工程使用情况，推荐采用硅酸铝绞绳(耐温650℃，弹性差)、玻璃纤维绞绳(耐温360℃，弹性中等)，玻璃纤维(硅橡胶)胶绳(耐温250℃～360℃，弹性好)。

5.3 焊 接

5.3.1～5.3.2 原《规定》第3.3.1～3.3.2条的保留条文。

5.3.3 原《规定》第3.3.3条的修改条文。

焊缝有效高度K_u值的计算公式按GBJ7《钢结构设计规范》修改，并与《管规》一致。

5.3.4 原《规定》第3.3.4条的修改条文。

侧焊缝的计算长度与《管规》统一。

5.3.5～5.3.7 原《规定》第3.3.5～3.3.7条的保留条文。

6 道体及加固肋

6.1 一 般 规 定

6.1.1 原《规定》第4.1.1条的修改补充条文。

烟风煤粉管道及其异型件应满足强度、刚度外，还应满足整体稳定性，且要防止振动。不少工程的烟风道存在振动问题，使道体开裂，加固肋脱落。本次修订中考虑了防振措施。

要求设计的烟风道及其加固肋既经济又安全，还要制作方便；适当加大加固肋规格，可减少内撑杆，降低运行阻力和磨损，可达到既经济又安全的目的。

6.1.2 原《规定》第 4.1.1 条的修改补充条文。

烟风煤粉管道的加固肋的设计，如同设计汽水管道一样，首先应确定基本参数，作为计算的原始数据。

由于煤粉系统及炉膛存在爆炸的危险，因此烟风煤粉管道的加固肋除按最大运行工况考虑外，还必须按防爆要求设计。

6.1.3 原《规定》第 4.1.1 条之二的补充条文。

介质设计温度是材质选用的重要依据，并影响材料的消耗量。

煤粉系统及烟风系统的介质设计温度应从安全运行考虑，根据煤种特点，依据有关的法规规定，结合锅炉本体资料，通过燃烧制粉系统计算后确定，对于送粉管道还应考虑积粉、回火隐燃等特殊情况。

6.1.4 原《规定》第 4.1.1 条的修改补充条文。

介质设计压力是加固肋设计的主要决定因素，影响材料的消耗量。本条文对设计压力作出具体规定。

煤粉管道需按煤粉系统的抗爆要求即防爆压力来决定。

烟风系统按可能出现的最大运行压力、锅炉 MFT 工况时的压力来决定，但最低的设计压力按 $\pm 2\text{kPa}$ 采用。将上述三者关系列成附录 D 的图表方式，便于使用。

6.1.5 原《规定》第 4.1.1 条的修改补充条文。

对加固肋设计有关的各种荷载是进行分类组合而成的，工作荷载（死荷载）包括内压荷载和自重，附加荷载（活荷载）包括风载、雪载及不正常的积灰积煤产生的荷载。由于地震荷载主要影响支吊架的受力，对加固肋计算影响不大，故未列入附加荷载之内。补充通行平台荷载内容。

将自重和附加荷载转换成当量压力，结合内压荷载对道体壁面作用效果进行组合，得到加固肋的设计荷载。风载的影响，对道体四个面都有大小、方向不同的作用力，按作用效果采用。

将各种荷载的取值方法列入附录 E 的图表，以方便使用。

风、雪荷载的计算方法列于《计算方法》 T2.1、T2.2。

6.1.6 新增条文。

矩形道体的加固方法，国际上不同厂家有不同的方法，大多采用横向加固肋，如 CE、STEIN、BW、意大利 TOSI、MHI 公司；少数以纵向肋为主横向肋为辅的如英国 BEL 公司；也有纵横几乎并重的如美国 FW 公司。本次修改中，参照国际上的大多数做法，并沿袭原《规定》的习惯，采用横向加固法。

纵向肋不起加固作用，仅作为负压道体横向肋防失稳用。

面板及横向加固肋，除了满足强度、刚度条件外，本次修改增加了防振要求。

6.1.7 原《规定》第 4.1.2 条的修改条文。

明确壁面的变形按薄板大挠度中的塑性弯曲理论进行计算，烟风道的实际变形量即使按 1/200 挠度控制，还是超过小挠度范围，故应以大挠度理论计算较合适。经计算，本标准挠度采用 1/120，比原《规定》的 1/200 有所提高，但面板在中高荷载下仍受控于强度条件。在引进工程中，有些外国公司的烟风道实测壁面挠度在 1/100 ~ 1/200，有的甚至超过

1/100。横向加固肋挠度，则保持原《规定》的1/400不变。

形成箍状（刚接）的加固肋按刚架计算，不形成箍状（铰接）的加固肋按简支梁计算。

6.1.8 新增条文。

由于受离心风机机械不平衡和涡流脉动、失速脉动的影响，在风机出口部位的管段容易引起振动，故将此部位的管段按防振条件设计，对高速烟风道也按此要求。其余部位按常规设计。防振的原理在于使烟风道的自振频率避开来自风机的脉冲频率，防止产生共振。

按国外风机振动实验室试验结果报告，国内电厂烟风道振动实测数据，确定避开共振时限定面板和加固肋的自振频率，防振设计要求不小于40Hz，常规设计要求不小于20Hz。

6.1.9 新增条文。

中小型机组配套的传统型煤粉炉（见9.6.8条文说明），烟风道不按防爆要求设计时，其矩形道体的横向加固肋可按《计算方法》T7采用。

6.2 道体及加固肋设计

6.2.1 新增条文。

道体四块壁面间的连接方式有两种：国内的传统方式为直接焊接，另一种为采用角钢贴角。外国公司设计中这两种方式都有，但当采用直接焊接时，一般道体壁面较厚。通常认为：采用贴角后烟风道整体稳定性、刚度均有提高，且制作方便，但较为耗工耗料。本标准推荐采用贴角的方式，也可采用直焊式。前者一般用于大断面，后者用于较小断面，因为小断面道体由于内焊接困难，但也不受此限制。

6.2.2 新增条文。

道体的四块面板，在运行中的受力是各不相同的，可分为三种不同的受力面（侧、底、顶）。铰接式的特点是加固肋可做到最经济的设计（可不对齐），将三个面单独按简支梁选择加固肋，但对设计、制作都带来不便；如果考虑设计、备料、制作方便，可将顶、底面为同一种规格，侧面为另一种规格。宜采用对齐肋铰接式，以利于支吊点处的断面刚度。刚接式的特点是形成刚架，其最大弯矩在角侧，转角两端宜采用相同惯性矩的加固肋，以便于计算。

角钢贴角的矩形道体横向加固肋宜成箍状（刚接），以减小加固肋规格并有利于刚度。也可不形成箍状（铰接），能得到最经济的设计：即上、下两侧四个面板加固肋间距相等时，加固肋规格不同；或间距不等而规格相同；或间距、规格均不相同。

直焊式矩形道体横向加固肋必须形成箍状，否则角侧处易开裂，对整体刚度、强度、稳定性均不利。

刚接时相邻面互焊的两肋规格宜接近，以满足强度计算中假设截面惯性矩相等（ $I_a = I_b$ ）的推导，但由频率条件选择加固肋的除外。

由于刚接加固肋角端受到来自二直角面板的力矩大大超过加固肋跨中弯矩，因此要求角端接点结构合理，焊接牢固。

矩形烟风道横向加固肋可按下列步骤操作并列于《计算方法》T3中：

加固肋设计荷载组合方法及加固肋选用说明列于T3.1。

不设加固肋的矩形烟风道道体面板允许宽度列于T3.2。

横向加固肋最大中心间距列于T3.3。

刚接式及铰接式横向加固肋选型曲线列于T3.4。

加固肋组合断面特性列于《计算方法》T4。

6.2.3 新增条文。

角钢内贴式道体，在刚接或等间距肋铰接横向加固肋中，内贴角钢不受扭矩作用，可采用较小规格。铰接加固肋且经济设计时，因相邻两边面板上横加固肋相互错位，在内贴角钢上产生来自两边加固肋的扭矩，应采用较大规格角钢。为简化计算，按涉外工程中的经验，提出了本条文中推荐的角钢规格。

6.2.4 原《规定》第4.3.2条的修改条文。

原《规定》为大截面矩形烟风道宜采用内撑杆，本次修改为大截面道体加固肋超过频率控制极限跨度或为减小加固肋规格时宜采用横向内撑杆较为确切。

频率控制的横向加固肋极限跨度 L_z 列于《计算方法》T3.5。

对于道体相邻两壁面中仅需单面内撑杆的矩形道体，也可采用纵向桁架式内撑杆结构，其优点是可提高道体的纵向刚度，适用于支吊架跨度较大的场合。

负压道体的内撑杆按压杆稳定计算；对于正压道体的内撑杆仅为受拉二力杆，按正应力小于许用应力的条件计算。

内撑杆规格选用表列于《计算方法》T3.7。

6.2.5 新增条文。

负压道体的横向加固肋，由于外翼缘受压易引起失稳弯扭，因此宜设置纵向加固肋，以确保其整体稳定性。纵向加固肋的规格应远小于横向加固肋，一般可采用小于 $L10 \times 10$ 的角钢。纵向肋应与横向肋自由面翼缘焊牢，表面齐平。

扁钢的自由翼缘在侧向力作用下易失稳，故不宜在负压道体上作横向加固肋用。

横向加固肋不产生弯扭失稳的最大跨度 L_s 列于《计算方法》T3.6。

6.2.6 原《规定》第4.3.4条的修改条文。

圆形管道一般仅在正压冷热风道上使用。圆形管道的环形横向加固肋仅用于增强管道的刚度，加固肋不作具体计算。国外某些公司的经验：管径小于 DN1000 的不需加固；加固肋的最大间距一般为管道外径的 1.5 倍，最大间距为 3m；一般采用 $L75 \times 50$ 不等边角钢；加固肋作为支吊架管部时应按荷载进行计算，最大加固肋不应超过 $L125 \times 100$ 角钢，否则应在管道内设内撑加强。本条按此原则修改。

圆形管道横向加固肋推荐规格见《计算方法》T3.1.10 和 T3.8。

6.2.7 原《规定》第4.3.3条的修改条文。

因为磨损严重，除尘器前的燃煤锅炉烟道内不宜设置内撑杆，可用加大加固肋规格的方法来避免设置内撑杆。当必须设置内撑杆时，采用角钢防磨措施或用 16Mn 钢管。

7 异形件优化选型

7.1 一般规定

7.1.1 新增条文。

异形件是烟风管路连接系统中达到介质转向和分配的必不可少的组成部分。其压头消耗份额占系统阻力的很大部分，甚至是绝大部分。优良的异形件设计不但能减小阻力损失，而且能使运行中避免振动和噪声。世界上很多国家、著名厂商或公司重视异形件的试验和研究

工作，优化异形件设计，有成套标准异形件供工程选用。本标准所列的异形件阻力系数较小，可在工程设计中推荐采用。在实际使用中，由于布置情况各异，故不限于此，但要求阻力系数愈小愈好。

7.1.2 新增条文。

由于异形件的形状各异，其加固肋无固定的加固方法可循，设计中可灵活掌握，其加固肋的规格及间距参照直段连接管路的加固肋设置，以满足设计要求。

7.2 异形件选型

7.2.1 原《规定》第4.2.1条的补充条文。

补充了收缩形弯头的附图。

设计中宜采用收缩形急转弯，不宜采用扩散形急转弯。宜用等截面转弯后再扩散的方法来代替扩散形转弯，因为扩散形转弯易产生涡流损失。当布置有困难时，也可采用。

7.2.2~7.2.4 原《规定》第4.2.2~4.2.4条的保留条文。

7.2.5 原《规定》第4.2.5条的补充条文。

在本条2中，补充带隔流板的直角汇流三通，适用于引风机出口与总烟道的连接，对降低烟囱入口烟道阻力，提高烟囱出口流速，保持烟囱、烟道负压运行有一定的作用。

7.2.6 原《规定》第4.2.6条的保留条文。

7.2.7 原《规定》第4.2.7条的修改条文。

原风机吸风口网格孔为 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 尺寸偏大，时有发生鸟类进入的现象，故减小至 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ 。

8 零件和部件

8.1 一般规定

8.1.1 新增条文。

零件、部件的设计或选型应符合所在系统设计压力和设计温度的要求，满足强度、刚度条件，并应性能良好、结构合理、便于维护、方便操作。

8.1.2 新增条文。

零部件的典型设计，是以往工程运行实践经验总结的成果，具有实用性和适用性等特点，应优先采用。随着经济技术的不断发展，国外新技术的引进和吸收，性能优良的新的零部件产品经试用和鉴定后可逐步推广采用。

8.1.3 新增条文。

零部件宜由专业工厂制造，以能保证产品质量。具备制造资格的工厂应有质量保证措施、人员素质要求和设备加工能力。零部件出厂前应按图纸和供货合同或技术条件书要求作必要的试验，如性能试验、严密性试验、密封试验等，以保证产品质量。

8.1.4 新增条文。

制造零部件所用的材料、焊接均须符合现行的国家标准，制造工艺应符合国标或行业标准。

8.2 零件

8.2.1 原《规定》第 5.1.2 条的补充条文。

1 在原无缝弯管基础上增补热压弯头的弯曲半径 R ，其 R 值按现行《火力发电厂汽水管道零件及部件典型设计手册》（简称《典管》）取用。

2 增补有缝热压弯头的弯曲半径 R 值，按《典管》取用。

3 增补铸件弯头的弯曲半径 R 值。按以往工程的经验， R 常在 $(1.5 \sim 2.5) DN$ 范围内，且以 $R = 2DN$ 居多。由于布置及重量等因素，小管道的弯头 R 值可偏大，大管道的弯头 R 值取较小值。对布置有困难的弯头可取 $R = 1DN$ ，如中速磨出口第一只弯头（在运转层以下布置时），及燃烧器入口处的弯头。

4. 焊制弯管的弯曲半径，按原《规定》不变。为便于工程采用，常用角度的烟风道焊制弯管的弯管节可增设 15° 扇形节。

8.2.2 新增条文。

现行的《烟风煤粉管道典型设计手册》（简称《典道》）中， $DN 100 \sim 400$ 的圆形法兰用钢板制作， $DN 450$ 及以上的用扁钢制作。对于大直径的圆形烟风道法兰，采用的扁钢虽然很厚（如 $DN 3600$ 时，法兰厚度 $\delta = 22mm$ ），但成型后的刚度较差，易变形，而且厚的法兰与薄的烟风道壁厚不成比例。建议大口径的圆形法兰 $DN \geq 1000$ 用角钢、 $DN \geq 2000$ 用槽钢制作，使整体刚度和强度都提高，法兰端面平整度有保证，起吊运输均方便。上述在条文中未作具体规定，均统称为型钢。

在《典道》中，矩形法兰全部用不同规格的角钢焊制，对于大规格的矩形法兰，存在与上述圆形法兰同样的问题。建议法兰只要有一边不小于 $3m$ ，就应采用槽钢或压型钢板制作。

整体制成的法兰应尺寸正确，便于装配；端面平整便于密封；有足够的强度和刚度，在起吊运输过程中不产生永久变形。

8.3 部件

8.3.1 新增条文。

木块分离器是 20 世纪 60 年代逐步发展起来的新部件，能较好地分离出未被钢球磨煤机磨掉的木块及其他杂物，促使运行安全，在钢球磨贮仓式制粉系统中已广泛使用。目前，木块分离器使用较多的是翻转网格式，少量使用旋转网格式，各种形式的木块分离器尚存在积粉、卡塞等一些不足之处，有待进一步改进提高。

木块分离器有手动和电动两种，电动木块分离器用于较大的规格上，以减轻操作强度。木块分离器的前后应设置差压报警装置，以提醒运行人员及时进行木块清理或实施程控操作。

8.3.2 新增条文。

木屑分离器安装在细粉分离器的下粉管上，用来分离被钢球磨磨碎成絮状的木料，避免给粉机卡塞。其结构应严密，防止空气漏入。现行产品结构必须用人工操作，无法实现自动化。

8.3.3 新增条文。

有两处应设置换向挡板：一为细粉分离器下粉，用于煤粉仓与输粉机之间的切换，必须用外力（电动或手动）来进行切换操作，其内部结构应防止产生积粉，关闭时应严密；另一

为中速磨直吹式系统，两台密封风机出口汇流成一路的切换，利用风机出口风压，推动挡板自动切换，无需外力。两种切换装置均应有挡板外部位置指示器。

8.3.4 原《规定》第 5.1.3 条的补充条文。

中南电力设计院和东北电力设计院在烟风道振动的调查报告中提出，消除风机及风道振动的有效措施之一是在原进风箱内设置阻旋板，即在进风箱底部向上至人口中心线之间加一块隔板，防止进入进风箱的不正气流产生涡流，能有效地防止因旋涡而引起风机的振动，在实践中收到明显效果，应在进风箱设计中采用。

8.3.5 新增条文。

两种取样方法有两种不同的工作原理。内置式取样是利用固定设置在煤粉管道截面中心的带孔套管截留煤粉后取出，这种方式的缺点是易受磨损，并增加系统的阻力，但结构简单。对于外置式取样，仅需在取样时将取样管插入事先开好的带有气密封结构的取样孔（同一煤粉管取样截面上分布相隔 90° 的两个取样孔），利用微型旋风分离器进行抽吸分离取样；取样分离装置为移动式，系公用设备，具有使用灵活方便，取样代表性强等优点。

8.3.6 新增条文。

煤粉分配弯头及分配器，均起到均流煤粉的作用。分配器的性能优于分配弯头，但内部结构复杂，体积大，在大容量锅炉的直吹式制粉系统中宜采用。

8.3.7 新增条文。

缩孔是另一种比较简便的均配气流和煤粉的措施，布置方便，不占空间。特别是可调缩孔使用灵活，不需要更换内件，在工程中宜推广使用。

固定缩孔结构简单，但系统需精确计算；一旦缩孔磨损，管道间风量分配平均偏差达到 25%，当明显影响炉内燃烧工况及锅炉效率时，需更换缩孔孔板。

8.3.8 原《规定》第 5.1.4 条的修改条文。

《典道》中双托板的煤粉混合器，大部分工程使用中没有问题，少数工程反映有堵粉现象，其原因可能与送粉管道阻力有关。本次修订按前苏联有关资料，按混合器与炉膛间送粉管道阻力的不同，采用不同形式的混合器，可在工程实践中试用，并总结提高。

8.3.9 新增条文。

空气过滤器用于正压直吹式系统磨煤机密封风系统上，防止杂物阻塞细小通道。该过滤器不用一般滤网结构，因为滤网被杂物缠绕后不易清洗和反冲，而应采用惯性分离的原理将杂物分离并反冲入炉膛烧掉。

8.3.10 新增条文。

机械式测粉装置在原《典道》编制时取消，代之以各种电气式粉位测量装置。机械式具有直观、可靠的优点，特别在小工程上仍然被广泛采用；电气式存在易故障失灵缺点，大机组上希望有机械式作为备用，故本次修订中恢复机械式测粉装置。

8.3.11 原《规定》第 5.1.8 条的补充条文。

孔类在烟风煤粉系统中使用广泛，品种繁多，要求结构简单、关闭严密、操作简便。孔类用的密封材料，按 5.2.7 规定采用。温度低于 250℃ 时，可采用硅橡胶包覆的玻璃纤维绳，具有较好的弹性，某电厂 300MW 机组的电除尘器，石棉绳密封的人孔门泄漏，后改用此密封条，效果较好。

8.4 锁 气 器

8.4.1 原《规定》第 5.1.5 条的补充条文。

对新增的 DN500、550、600 三种锁气器规格，按单位出力补充了最大和最小的出力。

8.4.2 原《规定》第 5.1.6 条的保留条文。

8.5 风 门

8.5.1 新增条文。

系统中的风门应按其所需的功能、管路形状和对严密性要求来选择。风门按其功能分为隔离门和调节门；按外形分为矩形风门、圆风门；按结构分为插板式风门、挡板（百叶窗）式风门；按材质分为钢风门和铸铁风门。目前常用的为：矩形钢结构插板隔离门，矩形钢或铸铁多轴挡板隔离门，圆形铸铁单轴挡板隔离门，矩形钢结构多轴挡板调节门。

风门轴位置应水平布置；当垂直布置时应设置推力轴承，以承受挡板的自重轴向力。

8.5.2 新增条文。

插板式隔离门的严密性优于挡板式风门，用于要求严密隔离的部位（运行中检修设备时需要）及含尘浓度高的气流通道上。如中速磨入口热风隔离门，不少工程由于该风门不严，停磨时热风漏入烧坏皮带给煤机；燃烧器入口隔离门，由于煤粉浓度高及停磨检修安全要求，唯有插板隔离门才能满足防磨和隔绝要求；除尘器前的烟气风门，如果考虑除尘器检修，必须采用插板式风门，即使不考虑检修也不能采用挡板式风门。某电厂除尘器前烟道上采用了进口的和国产的挡板门，由于烟气含尘量高，运行两年停炉检查，从空气预热器出口至除尘器入口一路上的挡板门的不锈钢密封条全部磨掉，部分百叶挡板被磨穿，已起不到隔离或密闭作用。

由于挡板式风门的严密性不如插板式的，且挡板受气流冲刷，因此宜用于含尘浓度低，泄漏要求不严的烟风道上，如除尘器出口及其后的烟道和其他冷热风道上，其使用的范围比插板式风门广泛。

按美国要求，挡板式风门的泄漏率为 2%（风门在关闭差压下的漏风量与额定风速下风道送风量之比定义为风门漏风率）。国内某电厂采用国产挡板门，经测试泄漏率小于 2%，DL486 导则中也有小于 2% 的要求，故本标准按此作为泄漏标准。

在全开状态下，插板式风门无附加阻力。挡板风门的阻力与叶片形状及框架密封结构有关，由于一般空心挡板的通流截面减少较多，与直板式叶片相比，其阻力较大。

调节挡板门，一般为挡板反向转动，利用节流来调节风量，具有等百分比或线性的性能曲线。

8.5.3 新增条文。

从多年来风门使用的情况和存在的问题，有针对性地从强度、刚度、密封、防卡等方面对风门的结构提出了要求，为成品在使用中带来方便，并能保证系统安全、可靠运行。

8.5.4 新增条文。

要求制造厂提供风门各有关性能数据，供设计、运行使用时参考。

8.5.5 新增条文。

由于铸铁风门的密封为硬密封，密封性能比不上钢结构的弹性密封，因此宜优先采用钢结构的风门；尤其是大规格的风门，铸铁风门的重量明显大于钢结构风门的重量，不利于支

吊架荷载。基于重量、密封性能及耐温限制等原因，铸铁风门宜用于中低温、严密性要求不高的中小规格烟风道上。但铸铁风门整体耐磨水平略好于钢风门。

由于圆形风门的圆曲线密封较困难，故应优先采用矩形风门。当圆形管路上需采用矩形风门时，需在风门两边用方圆节过渡。

8.6 传动装置

8.6.1 新增条文。

风门操纵方式有手动操纵和伺服机操纵两种，可按风门在系统中的控制要求而定。在《典道》标准中的现有最大操作力矩为300Nm的手动传动装置，因此本标准规定力矩不大于300Nm的风门为手操，力矩大于300Nm时及不大于300Nm需自控时，则采用伺服机操纵。伺服机有电动、气动、液动，一般采用电动和气动，且以电动居多，很少用液动（因液动需液压站，系统复杂）。

如果需要，功率不大于400Nm的电动伺服机可与风门直接连接，这给位移大的风门伺服机驱动装置的布置带来了方便，并能满足4.1.19-2的要求。

伺服机驱动装置90°角全行程时间应不大于45s，一般已能满足系统运行要求（用于安全保护的快速门除外）。

附录中风门力矩表说明：风门驱动力矩，与风门截面尺寸、制造工艺、结构形式、两侧压差有关，决定因素很多，一般按经验数据取用。

带自润滑调心轴承风门（矩形挡板钢风门）的旋转力矩，按国产引进型风门的经验曲线取用。铸铁圆风门及矩形风门旋转力矩按前苏联标准取用，配用操纵装置力矩的安全裕量为1.3。

8.6.2~8.6.5 原《规定》第5.2.1~5.2.4条的保留条文。

8.6.6 原《规定》第5.2.5条的补充条文。

连杆规格为直径1英寸及直径11/4英寸的水煤气管，过长的连杆自身有较大的挠度，易晃动，影响传动的精确度，因此决定连杆长度控制在5m以内为宜。

8.6.7~8.6.9 原《规定》第5.2.6~5.2.8条的保留条文。

8.7 补偿器

8.7.1 新增条文。

补偿器的形式较多，功能各异，应根据介质设计压力、设计温度及介质特性来设计和选用补偿器。

8.7.2 新增条文。

金属波形补偿器，新老产品均有生产，制造厂家也多，本标准根据使用方面的要求，提出对金属波形补偿器产品的结构要求及选型要求。

8.7.3 新增条文。

非金属织物补偿器，国外早已使用，我国从80年代后期才开发，目前已逐步推广使用。该产品在吸收三向位移及隔振方面具有其他补偿器无法比拟的优点。本标准对材质、结构方面提出了具体的要求。

8.7.4 新增条文。

圆形波纹管式补偿装置是从汽水管道上移植过来的，弹性密封填料式是按引进技术制造

的，二者各有独特的优点。用于送粉管道并成对安装后能起到吸收大位移的作用，代替了《典道》中绞接式、耦合式补偿器。波纹管材料为不锈钢时，有较好的耐高温性能，多用在热风送粉管道上；弹性密封填料式补偿装置的填料目前多用硅橡胶一类，其耐温性能小于250℃，多用在直吹式及乏气送粉的低温送粉管道上，如果采用其他非橡胶类填料，则使用温度可望有提高。

8.7.5 新增条文。

波形补偿器及波纹管式补偿装置，安装时允许冷拉或冷紧，但给安装带来了一些困难。一般情况下不宜冷拉或冷紧。装有上述两种补偿器的管道，当用于吸收轴向位移时，应在远离补偿器的管道两端设固定支架或撑架，在靠近补偿器处的两端管道上设置两点（至少一点）导向支架或拉撑架，防止补偿器产生径向位移，确保补偿器正确动作。在固定支架上应考虑补偿器弹性力和内压推力的合力影响。

织物补偿器不允许冷拉，应按大于位移值预压缩，以防运行时拉坏。运行中无弹性力和内压推力，支吊架水平力只考虑管道断面上的介质轴向力。

8.7.6 新增条文。

室内低温管路上的补偿器不保温，保温管路上的补偿器应有保温罩壳。室外不保温管道上的织物补偿器，为避免化纤物质受太阳光紫外线照射老化，应加设防护罩壳。防护罩或保温罩壳应是拆卸式的，以便于检查维修，其结构应不影响补偿器伸缩。

8.8 防 爆 门

本节在原《规定》第5.1.9条基础上，根据前苏联1990年版《防爆规程》及我国在重力式防爆门方面的使用经验作了较大的修改和补充。主要的修改补充内容为：

- 1) 按不同的煤粉系统压力采用不同爆破压力的防爆门，不同的使用地点采用不同形式的防爆门。
- 2) 增补了重力式防爆门使用范围和结构要求，原《规定》中仅推荐在负压烟道上使用，本规定推荐在煤粉仓上使用，且强调了在煤粉仓上应优先采用。经工程实践该类防爆门使用效果较好。
- 3) 膜板式防爆门的结构，在材质、厚度、爆破口形式等方面有较大的修改，如表1所示。

表1 膜板式防爆门结构

标 准	膜板材质	厚 度	爆破口 成型方式	单个防爆门截面积
原《规定》	退火铝板	1~2mm	刻十字槽	$\leq 0.8m^2$
原《规定》	镀锌(或锡)钢板	1.5mm	咬口接缝	$\leq 0.3m^2$ (排粉风箱上用)
本标准	退火铝板	0.3~0.8mm	咬口接缝	$DN=0.3~1.1m(0.08~1m^2)$
本标准	硬铝板	$\leq 0.4~0.6mm$	刻十字槽	$DN=0.5~1.1m(0.22~1m^2)$
本标准	取消镀锌(锡)钢板			

上述变化主要反映在：同样采用退火铝板，原《规定》用较厚的铝板，刻十字槽；而本次规定用较薄的铝板，咬口接缝，并且提出了对铝板在延伸率和抗拉强度方面的性能要求。

4) 考虑到防爆门特别是膜板式防爆门手工制作时误差较大，影响动作的正确性。要求能专门设计，做爆破试验，形成典型设计，然后在专业工厂采用专用设备加工制作，以保证动作性能符合设计要求。

专业加工的防爆门，应进行批量抽样做爆破试验。

5) 煤粉仓重力式防爆门动作压力见 9.5.5 条文说明。烟道重力式防爆门的动作压力则按烟道不低于最低介质设计压力 2kPa 确定。

膜板式防爆门的爆破压力取自前苏联 1990 年版《防爆规程》。

9 防 爆 措 施

本章为新增内容。

9.1 一 般 规 定

9.1.1 目的和范围。

1 由于燃煤和煤粉（除无烟煤以外）在贮存和输送时有自燃倾向，悬浮的煤粉在输送系统、制粉系统中有爆炸的危险，因此许多国家制定专门的防爆规程来防止和减小煤粉制备系统爆炸的可能性。比较系统和完整地作出了规定的，如美国国家防火协会的《煤粉系统安全和运行标准》(NFPA8503) 和前苏联部颁《燃料输送、粉状燃料制备和燃烧设备的防爆规程》，并且随着技术进步和经验积累，不断进行了更新。上述规程的适用范围，前苏联 1975 版为适用于除无烟煤和半无烟煤以外的煤种，1990 年版则改为除无烟煤以外的煤种；美国 NFPA8503 规定适用于干燥基挥发分高于 8% 的煤种；在我国煤种分类中没有“半无烟煤”这一档，故确定本措施适用于除无烟煤以外的煤种的煤粉制备系统，即凡锅炉燃用单一煤种或混煤中只要有一种煤种的干燥基挥发分高于 10% 时，其煤粉制备系统应考虑防爆措施。

2 完整的防爆系统应由工艺（锅炉）、控制、土建、消防、暖通等专业协调设计来完成；防止煤粉制备系统的爆炸，除设计时应充分考虑外，还与施工、安装和运行方面密切相关。在前苏联和美国的防爆规程中，对设计、施工、安装和运行及工艺、自控、土建、消防等专业方面均作出了详细规定。我国尚无较完整、系统的专门规程可遵循，目前已形成的类似规程，如 DL5000《火力发电厂设计技术规程》、DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》、DL435《火电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程》、DL5027《电力设备典型消防规程》、GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》从不同的角度对防爆、安全方面提出了主要的也是关键性的要求，但限于这些《规程》各自的主题要求，无法对整个煤粉制备系统的防爆问题作出全面的规定。

在尚无防爆规程的条件下，本措施就工艺布置设计方面作出规定，重点在烟风煤粉管道的布置、附件和部件的选用，以及贮存仓的防爆措施方面。限于本标准的主题范围，煤粉制备系统的制定及主要设备的选择应按 DL5000《火力发电厂设计技术规程》的有关条文执行，不属本措施的内容。但系统和布置是不可分割的、相互有关联，因此应统一考虑。

3 制定本措施的目的，在于煤粉制备系统在制定工艺布置设计方面为运行、维护和人身安全方面提供最低限度的标准，以使煤粉系统爆炸的可能性和出现爆炸时造成的影响减少

到最低程度。但仍不能保证消防爆炸的可能性。

9.1.2 一般要求。

1 煤粉制备系统的系统设计和工艺布置设计二者之间有不可分割的联系，前苏联和美国把系统和布置的防爆要求完整地融合在一个规程内，并且还提出对其他专业的要求。完整的防爆要求，就离不开对系统的要求，而且重要的、原则性的防爆措施必须在系统设计时依据燃煤特性来确定。系统防爆设计的主要依据为上述的四个《规程》和一个《规范》。

2 所列《规程》、《规范》中的有关防爆方面的内容，有涉及系统设计的，也有涉及工艺布置设计的，因此工艺布置设计中也应遵守这三个《规程》和一个《规范》，并应与DL435《火电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程》相协调。

3 防爆措施的目的是尽可能地减小爆炸的可能性和减少爆炸的影响程度，不可能完全消除爆炸的可能性，因此要求系统中各部分能承受爆炸压力，当一旦发生爆炸时能保护设备和系统不致损坏，使损失最小。

4 为了防止煤粉系统在异常情况下可能发生的爆炸，应设置惰化措施和灭火系统，用于应急惰化或按惰化气氛设计两种情况。

——应急惰化用来临时稀释设备内可燃气体（如 CO）浓度，避免发生火灾或爆炸，仅在需要时投入。一旦发生火焰或温度骤升时，需要灭火系统投入，防止事故扩大。惰化和灭火可以是同一介质。

对于干燥无灰基挥发分大于 35% 的煤种，其爆炸指数大于 70%（达到最高爆炸等级），极易爆炸，如采用 CO 检测装置，将运行中测得的 CO 浓度及时显示及报警，人工或自动投入惰化介质，可及时消灭事故隐患避免事故发生。国内若干电厂也装有这套装置，但使用效果不理想。

煤粉系统内的灭火系统与主厂房的消防系统为两个不同的系统，可以采用不同的灭火介质；前者属锅炉专业，后者属消防专业；前者是制粉系统内部灭火，后者是火焰扩大到系统外部后的灭火。当采用的灭火介质相同时，也可以是同一个系统，应由消防专业对全厂进行统一考虑。

——惰化气氛系在制粉系统中掺入惰化介质，起稀释作用，使含氧浓度降低至煤粉空气混合物不能点燃的条件。

GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.6 及 DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》4.0.8.8 中，按我国实际使用情况提出了仅在风扇磨系统上采用惰化气氛设计且采用烟气作为干燥惰化介质；美国、前苏联、德国的相应规程，则不限于风扇磨系统；从技术发展和长远观点考虑，本措施对惰化气氛设计适用范围未作限定，一般来说，采用烟气作为干燥和惰化介质是一种不失为经济、安全、可靠、实用的办法。

煤粉系统可燃物防燃爆的最低含氧浓度，各国家标准不一。DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》4.0.8.8 条文说明中列出了气粉混合物中含氧的极限浓度值。以下所示的数据，在具体工程中可根据不同的惰化介质参照采用。

前苏联 1990 年版《防爆规程》：在采用炉烟干燥时，设备末端（对于直吹式系统为磨煤机或粗粉分离器后，对于中间贮仓式系统为排粉机后）煤粉烟风混合物中容积含氧量应不高于 16%（不计水蒸气含量）；并应在系统所有运行工况（启动、停止、正常运行和断煤）下都予以保证。

美国 NFPA69：在空气—二氧化碳混合物中防止可燃粉尘悬浮物燃烧的最大含氧浓度对

于烟煤为 17%，次烟煤为 15%。当利用氮作为淡化剂时，烟煤的最大含氧浓度为 15.8%，次烟煤为 13.2%。

德国 TRD 413：在大气压力条件下，氧的极限浓度（容积）对于褐煤为 12%。在制粉系统中可采用如下经验数据：在磨煤机内——烟煤 12%，褐煤 12%；在煤粉仓内——烟煤 12%，褐煤 10%。

5 惰化和灭火设施应固定装设。不论手动或自动喷射均需采用快速阀门，以及时发挥作用。

惰化、灭火介质，以气体为好，不易污染设备，清理方便，但消耗量较大。 CO_2 液体产生的干冰，具有低温和覆盖作用，是较好的惰化、灭火介质，但低温对运行中的高温金属表面易产生裂缝，使用后的污染，需用人工清理，并且液体 CO_2 的贮存和管道系统在运行和管理上较复杂。氮气 (N_2) 使用上比 CO_2 方便，但价格较贵。水蒸气是使用较为广泛且易取得的廉价介质。允许采用压力不大于 0.35MPa 的过热蒸汽是考虑制粉系统的抗爆压力限制和尽量少带水分，并且 250℃左右的温度对系统有降温作用。水雾是一种灭火介质，具有低温价廉的优点，但使用后的污染清理工作量大，采用冷炉烟气是较为经济、实用和便于实施的一种惰化方法，双鸭山电厂煤粉仓充添冷炉烟气取得良好的防爆效果。

9.2 原 煤 仓

9.2.1~9.2.2 原煤仓的设计应有合理的符合物料流动规律的形状，对于湿度大，黏性强、颗粒细的煤种，原煤仓应有较陡的和光滑的壁面，使煤屑均匀下降，防止漏斗状（老鼠洞）的流动和搭拱堵煤。DL5000《火力发电厂设计技术规程》、GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》和 DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》中的有关条文，对原煤仓的防堵措施作了具体规定。

9.2.3~9.2.4 为防止原煤仓的隐燃和燃烧爆炸事故的发生，要求上部空间结构尽量消除可燃气体和粉尘积聚的可能性，可采取抽吸或堵死角方法。应避免原煤仓及其金属煤斗有外来压力热空气进入而引起爆燃的危险，NFPA8503 规定落煤管道要有足够高度，防止来自磨煤机的压力热空气或烟气窜入原煤仓，前苏联 1990 年版《防爆规程》规定应避免压缩空气射向煤斗。

当煤仓发现火情或停用隐燃时，可采用底部侧壁上设置 1~2 个惰性气体接口的方法或在上部喷射惰性气体覆盖、隔绝空气的方法来消除危险。

9.2.5 不锈钢或具有光滑内衬表面的原煤仓，当出口断面处仓壁与水平面夹角不小于 72° 时，不会堵煤。早期引进型 300MW 和 600MW 机组上的不锈钢原煤仓，按依柏斯柯公司规定，符合此倾角要求，均未装设振动装置，亦无堵煤现象。

9.2.6 煤位测量的目的是为了控制所测煤仓的进煤量，是电气、控制专业的设计范围。

煤位测点数量应能反映煤位真实情况，因为点数的多少代表了煤位的准确性，这也是锅炉运行人员所关心的。测点数量、布置位置等要求应配合电控专业商定。

对于采用负载传感器称重的原煤仓，不需要另设煤位测量装置。

9.3 煤 粉 仓

9.3.1~9.3.2 煤粉本身具有较好的流动性，煤粉仓的形状应能藉煤粉自重在仓内自流干净而无任何障碍。DL5000《火力发电厂设计技术规程》、GB50229《火力发电厂与变电所设计

防火规范》及 DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》的有关条文提出了防止堵粉的措施。

9.3.3 一旦发生煤粉仓爆炸，煤粉仓的结构强度要能承受抗爆压力，防爆门必须动作灵敏，能及时泄压并配备必要的灭火措施。

煤粉仓上宜采用重力式防爆门，其理由见 9.5.5 说明。

9.3.4~9.3.6 煤粉仓的爆炸时有发生。除煤粉仓的形状符合要求外，煤粉仓结构要严密不漏，仓壁上尽量少开孔，凡开孔处必须有可靠的封口措施；堵住顶部死角，加强抽吸及通入惰性介质和监视煤粉温度，是防止煤粉仓爆炸的有效措施。

9.3.7 煤粉仓的温度和粉位测量属热控专业的设计范围，是制粉系统安全运行和防爆的重要信息来源和控制依据。本措施所推荐的是最低限度的要求，与工艺布置有关，应配合热控专业予以实施。

9.3.8 机械手操式测粉装置属锅炉专业的设计范围，多在小机组中使用，并也可作为大机组的辅助测粉手段。

9.3.9 为防止制粉系统停用时煤粉仓爆炸，宜设置放粉系统。放粉系统无固定模式，应就地置宜。本措施建议向邻磨（与本制粉系统不合用煤粉仓的磨煤系统）或向邻炉吹送或抽吸。其设施应固定装设，使用时临时与给粉机出口处接通。

9.3.10 为防止停磨后煤粉仓上部粉尘和可燃气体的积聚，每只煤粉仓上附加增设通向邻磨或邻炉带手动挡板门的吸潮管。正常运行时抽吸管阀门处于关闭状态并加锁锁住，以防误操作，以符合 9.4.3 要求。附加吸潮管每只煤粉仓不少于两点，并彼此远离。

9.4 煤 粉 管 道

煤粉（原煤、制粉、送粉）管道综合说明如下：

1 送粉管道水平布置时防沉积的极限流速，对于直吹式制粉系统，在前苏联 1975 年版和 1990 年版的标准中规定：在锅炉任何负荷下均为不小于 18m/s。

对于热风送粉系统，前苏联 1975 年版标准规定，在锅炉额定负荷下不小于 25m/s；而 1990 年版标准规定，在锅炉任何负荷下要求不小于 25m/s；本措施按高的要求，选用不小于 25m/s。由于热风送粉的温度较高，取较高的低限速度有利于安全。

对干燥剂送粉系统，其气粉混合物的温度与直吹式系统相仿，取与直吹式系统相同的低限流速，即不小于 18m/s。

2 各路送粉管道中风量和煤粉浓度的偏差值，随着机组负荷的变化而改变；在相同的机组负荷下，不同出力的磨煤机之间（直吹式系统）同样也存在偏差；随着投运时间的增长，同一台机组的管路部件磨损后也会产生新的浓度偏差。在设计时应经过计算，使各煤粉管道分配尽量均匀。

《进口大容量电站锅炉及附属设计技术谈判指南》规定直吹式系统分离器出口各煤粉管道风量偏差一般不大于 10%，粉量偏差一般不大于 5% 的要求。

宝钢电厂的中速磨直吹式制粉系统，采用加装节流缩孔的方法平衡各路送粉管道间的阻力，同一台磨煤机出口各路管道，实测风量偏差在 $\pm 7\%$ 以内，在磨煤机额定出力时，煤粉浓度偏差不超过 10%。按 CE 规定，当一台磨出口的几根送粉管道中的一次风量的不均匀性超过 25%，并明显影响燃烧工况时应更换节流孔板。

本标准中的偏差值，摘自电力工业部安全监察及生产协调司电安生〔1993〕540 号文

《加强大型燃煤锅炉燃烧管理的若干规定》中的有关规定。

由于仓贮式制粉系统的送粉管路中风量与煤粉可单独控制（其风量由风门调整，粉量由给粉机转速控制），其调节精确度均比直吹式系统高，故应比直吹式系统送粉管道的分配有较小的风量偏差和煤粉浓度偏差。

3 GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.4提出对磨制高挥发分煤种的煤粉系统之间不宜设置输送煤粉的机械，但未界定挥发分含量；前苏联90年版《防爆规程》中则对褐煤、长烟煤、气煤类煤种禁止采用输粉机。为方便设计采用，本措施推荐在褐煤系统中禁止采用，在 $V_{daf} > 35\%$ 的烟煤系统中不宜采用输粉机，因为这类煤种具有极高的爆炸性指数。

4 DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》4.0.8及GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.2中对煤粉系统的防火要求作了具体规定，设计应遵照执行。

本章的其他有关条文是防堵、防爆的有效措施，在本标准第4.0章的有关章节中具体实施。

9.5 防爆设计压力

9.5.1 由于煤粉系统中的介质密度比较低，流速不高，无振动源存在，故按静荷载进行强度计算已满足安全要求。强度计算方法，按防爆内压应力与机械荷载应力的合成应力小于等于许用应力作为安全条件，另加磨损裕度。磨损裕度与煤质的磨损指数有关，指数愈高磨损愈厉害，裕度愈大。

煤粉系统中，材料许用应力的取法，各国标准不一。前苏联1975年版规定许用应力采用蠕变极限值，1990年版修改为许用应力等于屈服极限。美国NFPA8503中对许用应力有复杂的规定，采用了比本规程略大的安全系数。从安全角度出发，本标准采用附录C所列钢材许用应力作为煤粉系统的强度条件。

9.5.2 煤粉系统中的设备、部件、管道按9.5.1要求进行计算，其中内压应力应按不同系统不同的防爆压力作为计算条件，一般可按下列分类选取。

1 正压直吹式系统无惰化气氛，不设防爆门，按9.5.4规定的防爆内压计算内压应力。这些设备、部件、管道包括（但不限于）：

给煤机及其出口料斗、煤闸门（当采用时）和至磨煤机的给煤管；

所有需要承受内压的磨煤机部件；

磨煤机出口至燃烧器的管道、部件、分配器；

与磨煤机连接的石子煤斗及部件。

2 贮仓式系统，美国规定中分为两种工况：一种为按NFPA 69《防爆系统标准》在惰性气氛下启动和运行，系统不需要按防爆压力设计；另一种为系统不处于惰性气氛下启动和运行，则必须满足防爆压力要求，仅允许在煤粉分离器及煤粉仓上设置防爆门排气口。前苏联标准中有采用快速灭爆及惰化方法，但更多的是广泛采用防爆门作为安全措施，在英国的某些电站中也有类似做法。我国习惯采用的也是在惰化气氛下启动和运行。目前国内在少数大机组上采用了磨煤机防爆检测系统，但惰化措施不完备，也尚无足够的运行经验，故本标准仍按惰性气氛考虑。

贮仓式和负压直吹式系统的正压部分一般为低正压（≤15kPa），故其负压和正压部分

一般均需设防爆门，除非存在高正压 ($\geq 15\text{kPa}$)；高速磨煤机无惰化气体干燥的直吹式系统，一般为低正压，也需设置防爆门。同样是低正压，但有不同的防爆压力和不同的防爆门爆破压力。设置防爆门时系统按 9.5.3 规定的防爆压力计算内压应力。这些设备、部件、管道除正压直吹式系统所列之外，还包括（但不限于）：

- 粗、细粉分离器；
- 输粉机；
- 排粉机及其出口风箱；
- 锁气器；
- 给粉机；
- 木块分离器；
- 木屑分离器；
- 换向挡板；
- 磨煤机入口干燥段；
- 制粉管道及其部件；
- 送粉管道及其部件；
- 磨煤机再循环管道；
- 粗粉分离器回粉管道；
- 吸潮管；
- 干燥剂送粉系统的三次风管及其部件；

热粉送粉系统中自热风送粉母管接口至燃烧器的送粉管道及部件。

3 无惰性气氛下的煤粉仓设置防爆门是比较经济安全的方法，用旋启重力式代替膜板式防爆门，具有动作压力小，且灵敏的优点，确保煤粉仓在发生爆炸时不致损坏。

4 无惰性气体或惰化气氛不完备情况下，磨煤机入口干燥风道（热风、冷风）应能承受由于磨煤机内或磨煤机入口堵煤爆炸引起的冲击波影响，美国、德国、英国有关标准对此管道均有防爆要求。

我国负压制粉系统钢球磨入口均设有防爆门，爆炸的机率很高。英国某电站发生钢球磨入口处爆炸时，非但膜板式防爆门动作，还使干燥空气隔离门产生严重变形。由于球磨机人口通道、干燥段、人口干燥剂风道之间极为畅通，因此爆炸波涉及面大。为安全考虑，本标准对装有防爆门的系统，此段风道按不小于相应煤粉系统压力下防爆门的爆破压力进行内压荷载选择。

对于正压直吹式系统，磨煤机入口不设防爆门，此段风道按相应煤粉系统干燥空气通风机试验台压力作为内压荷载的选择依据；按 NFPA8503 规定，此管道除能承受上述压力外，还应考虑来自磨煤机爆炸压力的影响。德国 TRD 规定，与磨煤机连接的风道长度在内径 8 倍长度范围内的防爆强度与磨煤机同等对待。可见对此风道的防爆要求很高。

在工程设计中，此段需防爆的干燥风道长度（含干燥段）按 8 倍主风道当量直径采用。

5 原煤仓及其落煤管在运行时充满煤，只有隐燃可能而无爆炸危险。NFPA8503 中规定仅给煤机上方 0.61m 以内的落煤管列入防爆范围，为简化起见，本标准不将落煤管列入防爆范围。

9.5.3 和 9.5.4 综合说明：

1 煤粉系统的防爆问题，涉及到电厂设备运行和人身安全。各国家根据各自的经验和

条件作出的规定，具有一定的参考价值。我国尚无权威性的防爆规程，故暂参考国外的经验，并结合国内的具体情况，编制出本措施。

本标准主要参考了前苏联 1975 年版、1990 年版的《防爆规程》和美国 NFPA8503—1992, NFPA8502—1995 年版的规程以及其他国家的一些资料，这些国家的规程内容本身也随着经验的积累在不断修改之中。为便于比较，将有关国家的防爆压力列成对照表，见表 2。

表 2 煤粉系统防爆内压强度对照

资料来源	设 置 防 爆 门	不设防爆门
前苏联 1975 年版 《制粉设备 防爆规程》	<p>$p_{\text{运行}}:$ 负压或不大于 15kPa。 强度条件：(无烟煤及半无烟煤除外) 钢球磨、中速磨系统 $p = 0.15 \text{ MPa};$ 高速磨系统 $p = 0.04 \text{ MPa}$ (未提及防爆门爆破压力)</p>	<p>抗爆强度条件：(无烟煤及半无烟煤除外) $V_{\text{def}} > 35\%$ $p = 0.35 + 4.5 p_{\text{运行}} (\text{MPa});$ $V_{\text{def}} \leq 35\%,$ $p = 0.25 + 3.5 p_{\text{运行}} (\text{MPa})$</p>
前苏联 1990 年版 《制粉设备 防爆规程》	<p>$p_{\text{运行}}:$ 负压或不大于 15kPa。 强度条件：(无烟煤除外) (1) 设备——煤粉仓、给粉机、给煤机及落煤管、锁气器、输粉机等, $p = 0.04 \text{ MPa}.$ (2) 元件——磨入口短管至燃烧器之间： a. 高速磨直吹式系统, $p = 0.04 \text{ MPa};$ b. 钢球磨、中速磨系统除(1)外, $p = 0.15 \text{ MPa};$ c. 锤击磨仓贮式系统： 带内分离器时, 第(1)条中设备, $p = 0.04 \text{ MPa};$ 其余设备、元件, $p = 0.15 \text{ MPa}$ (0.04MPa 系统, 防爆门爆破压力 25kPa; 0.15MPa 系统, 防爆门爆破压力 50kPa)</p>	<p>① $p_{\text{运行}}:$ 负压或不大于 15kPa。 抗爆强度条件： 褐煤、泥煤、高 V_{def} 烟煤, $p = 0.35 \text{ MPa};$ 烟煤(无烟煤除外), $p = 0.25 \text{ MPa}.$ ② $p_{\text{运行}}: > 15 \text{ kPa}.$ 抗爆强度条件： 褐煤、泥煤、高 V_{def} 烟煤, $p = 0.35 + 4.5 p_{\text{运行}} (\text{MPa});$ 烟煤(无烟煤除外), $p = 0.25 + 3.5 p_{\text{运行}} (\text{MPa})$</p>
美国 NFPA 8503—1992	<p>贮仓式系统, 按 NFPA 69 要求在惰性气氛下启动和运行时, 无防爆要求, 不按抗爆强度条件设计；若不按 NFPA 69 要求, 即无惰性气氛启动和运行时, 则</p> <p>(1) 按抗爆强度条件设计；或 (2) 按 NFPA 69 要求在细粉分离器, 煤尘收集器及煤粉仓上装设防爆门, 其他部件按抗爆强度设计</p>	<p>抗爆强度条件： (1) $p_{\text{运行}}: \leq 14 \text{ kPa};$ 设备和管道, $p = 0.35 \text{ MPa}.$ (2) $p_{\text{运行}}: > 14 \text{ kPa}$ 设备 $p = 3.4 p_{\text{运行}} (\text{绝对}) \text{ MPa};$ 管道 $p = 3.4 p_{\text{运行}} (\text{绝对}) \text{ MPa};$ 管道 $p = 13.6 p_{\text{运行}} (\text{绝对}) \text{ MPa} (\text{NFPA 85F1988 年版}).$ (3) 直吹式系统, p 按(1)和(2)规定</p>
本规程	<p>负压或 $p_{\text{max运行}} \leq 15 \text{ kPa}.$ 强度条件：(无烟煤及按惰化气氛设计者除外) 钢球磨、中速磨系统 $p = 0.15 \text{ MPa}$ (防爆门爆破压力 50kPa); 高速磨系统 $p = 0.04 \text{ MPa}$ (防爆门爆破压力 25kPa)</p>	<p>抗爆强度条件： (1) 负压或 $p_{\text{max运行}} \leq 15 \text{ kPa};$ 设备及管道, $p = 0.35 \text{ MPa}.$ (2) $p_{\text{max运行}} > 15 \text{ kPa};$ 设备、管道 $p = 0.40 \text{ MPa}.$ (3) 正压直吹式系统, p 按(1)、(2)规定。 (4) 无烟煤煤粉系统, $p = 0.15 \text{ MPa}.$ (5) 按惰化气氛设计者： 高速磨系统, $p = 0.04 \text{ MPa};$ 钢球磨、中速磨系统, $p = 0.15 \text{ MPa}$</p>

根据我国电站设计的经验和习惯，负压制粉系统中使用防爆门的经验主要来自于前苏联，故本规程中对负压系统的防爆设计压力按前苏联的方法确定；近年来，我国从西方国家引进了不少大容量正压直吹式制粉系统，并且引进了制造和设计技术，故正压直吹式制粉系统的防爆设计压力主要参照 NFPA8503 中的方法确定。

2 设置防爆门时系统运行压力的取值。

1) 在前苏联规程中，将设置防爆门时的系统运行压力定在负压或不大于 15kPa (低正压) 的范围内。防爆门主要是针对负压系统或者说是对制粉系统中的负压部分设置的，在国内已普遍采用；至于在不大于 15kPa 的正压系统中，仅在为数不多的场合采用防爆门，主要是指高速磨（锤击磨及风扇磨）碾制高挥发分的直吹式系统及贮仓式或直吹式系统排粉机后的低正压系统中。东北电力设计院在《关于风扇磨煤机制粉系统设计的几点意见》中推荐：如采用热风干燥，且一次风管道设计较长时，应在磨煤机出口分离器上装设防爆门；如采用热风加炉烟干燥，且磨煤机围绕锅炉布置，一次风管道较短时，制粉系统不装设防爆门。

对负压或不大于 15kPa 的低正压系统，只要满足抗爆强度（防爆压力）条件，可以不设防爆门，但投资较大；相比之下，设置防爆门的方法是既经济又不失安全的行之有效的方法，在我国已有长期实践经验，应继续推广使用。

2) 在美国 NFPA 8503 中，规定直吹式制粉系统按抗爆强度设计，不设防爆门。贮仓式制粉系统则有两种可能：若系统按 NFPA 69 《防爆系统标准》要求，处于惰性气体下启动和运行，则任何部件不需要按抗爆强度设计；若系统不按 NFPA 69 要求，即不在惰性气体下启动和运行，则应按抗爆强度设计，其中细粉分离器、煤尘收集器、煤粉仓三项也可按 NFPA 68 《爆燃排气导则》装设防爆门或排气口，与我国的习惯作法一致。

3) 基于目前国内负压系统的设计习惯于前苏联的方法，故本标准仍沿用前苏联的规定，即防爆门设置在负压系统及不大于 15kPa 的低正压煤粉系统上。

3 设置防爆门时系统的抗爆强度取值。

前苏联 1990 年版中关于抗爆强度的分类较细，不便使用，1975 年版分类简便，使用方便且偏于安全，故本标准按 1975 年版的分类作为选用依据，即对钢球磨及中速磨系统，抗爆强度满足 0.15MPa 对高速磨系统为 0.04MPa。

4 不设防爆门时系统运行压力的取值。

1) 前苏联 1975 年版《防爆规程》中，防爆压力仅与燃料的 V_{daf} 有关，只要系统满足抗爆强度条件，则不装防爆门。1990 年版中，分为负压或不大于 15kPa 及大于 15kPa 两种不同运行压力，并分别有不同的抗爆强度。负压或不大于 15kPa 工况与设置防爆门的工况相同，说明在这种工况下，设与不设防爆门及如何选择，应由系统的安全性（煤种爆燃特性）及经济性比较而定。

2) 美国 NFPA 8503 中，按正常运行压力分不大于 14kPa 和大于 14kPa 两类工况，并分别有不同的抗爆强度要求，与前苏联 90 年版分类相似。

3) 本标准综合上述两个不同国家的类似分类方法，选定工况为：①负压或不大于 15kPa，②大于 15kPa，并分别有不同的抗爆强度要求。

4 几点说明：

——将负压列入工况①中，使低压力的工况适用范围更广些。

——选定 15kPa 压力点为界，以便和设置防爆门的系统压力值相衔接。

——为便于计算取值，将磨煤机入口处压力源的最大值 (p_{max}) 替代磨煤机内正常运行

压力值($p_{运行}$)，如冷一次风机正压直吹式系统取磨煤机入口处压力，高速磨直吹式取磨出口风压，排粉机取出口风压。这样的替代是偏安全的。

——目前国内300MW、600MW机组，较多采用的是冷一次风机中速磨正压直吹式制粉系统，一次风机的压头一般在11kPa~15kPa之间，扣除空气预热器、风道及风门等阻力损失后，磨煤机中的压头在正常运行工况下不会超过14kPa(平圩电厂600MW机组，中速磨入口的热一次风母管压力在9kPa左右)，属于第①类工况，工程中很少有压力大于15kPa的第②类工况。

5 不设防爆门时系统抗爆强度取值。

- 1) 制煤系统可能产生的“最大爆炸压力”与运行压力、温度、煤种等因素有关。
- 2) 对于负压或不大于15kPa的制粉系统的设备、部件，前苏联90年版规程中，对中低挥发分的煤取0.25MPa，对高挥发分的煤取0.35MPa。

NFPA 8503—1992年版中，不大于14kPa时，设备和管道均为0.35MPa。

本标准对负压或最大运行压力不大于15kPa的系统，设备及管道均按0.35MPa计算。

3) 对于大于15kPa系统中的设备，前苏联90年版公式与NFPA 8503所列公式不同，但其计算结果接近，如系统为15kPa~20kPa压力时，前苏联公式计算的抗爆压力在0.418MPa~0.44MPa之间，NFPA 8503公式计算得抗爆压力在0.391MPa~0.408MPa之间，二者结果相差不大，都在0.4MPa左右。

本标准设备抗爆强度取0.4MPa。

4) 对于大于15kPa系统的管道，前苏联规程中，没有单独提出对管道的要求，美国和英国则考虑冲击波引起的超压问题。英国所定的1.4MPa压力认为机率在95%以上的爆炸可经受得住，机率在5%以下的爆炸只会引起较小的局部损坏。按美国(NFPA85F—1988年版)的计算公式的计算结果略高于英国，如15kPa~20kPa，计算得抗爆压力为1.56kPa~1.63MPa，但在NFPA8503—1992年版中，则改为与设备的抗爆压力相同。

本标准取用0.4MPa，与美国标准相近。

5) 燃用无烟煤的(钢球磨中速磨)系统，选用内压强度为0.15MPa，但不设防爆门，系统运行无爆炸危险，因而是安全的。选用较低的内压强度是较经济的做法。

6) 按惰化气氛设计的制粉系统，如同无烟煤一样，没有爆炸危险，故可按低压力设计而不设防爆门。

7) 大部分适用于正压直吹式系统的磨煤机具有0.35MPa的承压能力，不必装设防爆门，而MPS磨则有0.1MPa及0.35MPa两种承压能力，对于0.1MPa的MPS磨则宜采用加防爆门或惰化气氛的方法，或其他防爆措施。

6 系统、设备、管道等的防爆设计压力与防爆门的关系见表3。

表3 防爆设计压力与防爆门

防爆门	系统及运行压力	防爆设计压力	防爆门及爆破压力	适用条款及备注
设	钢球磨、中速磨系统	0.15MPa	膜板式,50kPa	9.5.3的1
	高速磨系统	0.04MPa	膜板式,25kPa	9.5.3的2
	煤粉仓	10kPa	重力式,1kPa	9.5.5
	磨煤机入口风道	>50/25kPa	50/25kPa	9.5.2的4

续表

防爆门	系统及运行压力		防爆设计压力	防爆门及爆破压力	适用条款及备注
不设	无烟煤系统		0.15MPa		9.5.4 的 3
	负压或不大于 15kPa 的系统		0.35MPa		9.5.4 的 1
	> 15kPa 系统		0.4MPa		9.5.4 的 2
	正压直吹式系统		0.4/0.35/ 0.15MPa		9.5.4 的 4
	惰化 气氮	钢球磨、中速磨系统	0.15MPa		9.5.4 的 5
		高速磨系统	0.04MPa		
	锅炉	引进型	± 5.8(5.2)kPa		9.5.7 的 1, 爆破 ± 8.7kPa
		传统型	± 4.0kPa		9.5.7 的 2
	烟道		± 2kPa ~ (-) 1.2p _{ds}		9.5.6, 9.6.8 和附录 D
	送粉管道		1.6MPa		9.5.4 的 2
	隔离门后磨煤机入口风道		干燥通风机试验台 压力, 并考虑磨爆炸影响		9.5.2 的 4

9.5.5 煤粉仓设计内压的确定。

根据中南电力设计院的调查, 制粉系统爆炸部位以分离器及磨煤机入口居多; 煤粉仓的爆炸机率不高, 但一旦爆炸, 其危害特别大, 造成人身伤亡和重大经济损失, 恢复生产的时间也较长。煤粉仓爆破总是发生仓顶被掀开, 而不在仓体本身。粉仓顶盖是个薄弱环节, 特别是对于混凝土预制板结构的粉仓, 当其结构不合理时尤为严重。

按设计规定, 煤粉仓的顶盖上总是装有防爆门, 过去习惯采用传统的膜板式防爆门。膜板式的爆破压力较高及加工精度上的误差也是造成煤粉仓爆破的原因之一。

老的设计规定中, 膜板式防爆门的爆破压力为 1.1 倍绝对大气压 (10kPa), 而掀开仓顶的爆炸力只相当于 2kPa 内压力 (按 100mm 厚连同板肋在内的混凝土预制的搁置板自重约为 200kgf/m² = 2kPa), 说明顶盖自重承受内压的能力比防爆门的爆破力低得多, 造成掀盖而防爆门不动作, 同时也说明原规定选用的防爆门结构及爆破力的选值不合适。

根据几年来的实践, 采用爆破力较小的重力式防爆门能有效的泄放爆炸力, 保护煤粉仓的安全而不损坏。

本标准中明确规定, 煤粉仓上应采用重力式防爆门, 其动作压力按 1kPa 设计。

当采用重力式防爆门时, 其煤粉仓的设计内压力, 考虑防爆门制造误差以及门盖粘粉, 铰链长期不动作的锈蚀不灵活等因素, 选用大于防爆门爆破压力作为粉仓的最小设计内压力, 现行 DL5022《火力发电厂土建结构设计技术规定》(简称《土规》) 规定煤粉仓的爆炸力为 10kN/m² (10kPa), 是足够安全的, 与 GB 50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.1.3 规定的按承受 9.8kPa 的爆炸内压设计基本一致。

按前苏联 90 年版规定, 煤粉仓内压强度按 0.04MPa 计算, 防爆门爆破压力为 25kPa, 明显高于我国过去常规的防爆门爆破压力 10kPa 的数值。

9.5.6 烟风道设计内压的确定。

烟风道设计内压的采用，在原《规定》第4.1.1条中规定管道内可能出现的最大风压（负压）仅需按风机特性曲线上的最大风压值选取。这个方法可适用于送风机，不适用于引风机，因为与炉膛瞬间爆炸工况不相吻合，没有反映出内爆瞬间温度急剧下降的吸风机压头的变化。在CE公司的资料中，用风机零流量的压头来判别炉膛爆炸瞬态压力，此法只适用于离心风机，对于轴流风机来说，零流量时恰为风机压头处于接近最低时，与炉膛爆炸瞬间工况也不相吻合。

与锅炉相连通的烟风道设计内压要考虑最恶劣的工况，其最具破坏力的工况是在炉膛发生爆炸的情况下，因此其设计内压应是在炉膛爆炸瞬间受爆炸压力波及的影响与吸风机压头的组合，本标准附录D中与炉膛相连的烟风道设计内压取用数据或计算公式反映了这种波及的影响。

9.5.7 炉膛设计压力的确定。

1 炉膛外爆的基本原因是积聚在炉膛内部或烟气通道内的过量可燃混合物的引燃，产生急剧的不可控制的燃烧而引起的向外爆炸。炉膛外爆在运行的煤粉锅炉上偶有发生。在未考虑有足够的防爆压力的锅炉上一旦发生爆炸，将使炉膛产生永久变形，刚性梁弯曲或局部炉墙破损。

炉膛内爆是由于烟气侧压力过低而造成的。当送引风机运行不正常导致炉膛处于过高的引风压头下，同时由于燃料输入量迅速减小或总燃料跳闸（MFT）导致炉膛烟气温度和压力急剧降低，这两种恶劣工况的组合将导致非常急剧的炉膛内爆（吸瘪）。内爆易发生在自动化程度较高的大型悬浮燃烧炉膛内，一旦自控失灵或误动作，容易失调而酿成内爆事故。在美国NFPA8502标准中，强调了对防止炉膛内爆的保护措施，但任何标准都不能保证完全消除炉膛内爆。一旦发生爆炸应使损失为最小，保持设备完好，因此对炉膛本身强度和刚度提出了如何承受爆炸压力的问题。

NFPA 8502标准中，按送引风机在环境温度下的试验台（T、B点）能力作为炉膛爆炸时的瞬态承压能力，为不使锅炉造价过高，将承压能力限制在 $\pm 8.7\text{kPa}$ 的范围内，这对于常规的烟气净化设备，如电气除尘器、多管式除尘器一类的电厂，已满足要求。如果尾部采用的烟气净化设备的阻力较大如布袋除尘器、烟气脱硫装置、烟气升温暖风器，致使吸风机负压偏高时，又必须增加设计负压以保护锅炉安全。

上海锅炉厂引进CE技术设计生产供外高桥、嘉兴、嵩屿电厂等300MW机组工程的配套锅炉，其炉膛最大瞬态承压能力为 $\pm 8.728\text{kPa}$ ，炉膛设计压力为 $\pm 5.247\text{kPa}$ 符合NFPA 8502的要求（其中 n_s 为1.67）。

国内几家锅炉制造厂均能按引进技术设计制造大中型锅炉，将其称为引进型锅炉。本标准对于引进型锅炉的瞬态防爆压力采用与NFPA 8502规定相同数据，即 $\pm 8.7\text{kPa}$ ，相应的设计压力为 $\pm 5.2\text{kPa}$ ，其中 n_s 为1.67。

在《进口大容量电站锅炉及附属设备技术谈判指南》中规定炉膛瞬间承受能力应不低于 $\pm 8.7\text{kPa}$ ，炉膛的设计承压能力一般按大于 5.8kPa 考虑（此处按 $n_s=1.5$ 计算）。

2 国内中小型锅炉，生产的厂家更多，一般为自行设计制造，是在前苏联的设计标准上发展起来的称为传统型锅炉，其炉膛防爆设计压力低于美国标准，按DL435《火电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程》4.2.2规定，一般不低于 $\pm 4\text{kPa}$ 。

在前苏联1990年版防爆规程中，容量大于 $60\text{t}/\text{h}$ 的锅炉，炉膛防爆设计压力要求不小

于 $\pm 3\text{kPa}$, 其相应的瞬态防爆压力为 $\pm 4.5\text{kPa}$, 在此示出供参考。

3 锅炉炉膛瞬态防爆压力与烟风系统的阻力有关, 按送引风机的压头来确定。国外习惯, 送引风系统由锅炉制造厂成套配制, 其炉膛防爆压力由锅炉制造厂自行确定。国内习惯, 电厂的送引风系统由设计单位配套, 其炉膛防爆压力理应由设计单位提供, 在锅炉采购规范书(或技术协议书)中应标明要求炉膛承受的防爆压力。

引进型锅炉炉膛瞬态防爆压力的确定方法, 一般有如下几种:

——如果烟风系统中的设备, 如烟气脱硫装置、送引风机、烟风道布置等已经确定, 则计算方法是计人炉膛负压、锅炉本体阻力及烟气系统设备、烟道阻力后得到的总需要吸风压头作为锅炉额定出力时的吸风机运行压头, 然后考虑引风机压头裕量, 得到吸风机在运行工况下的设计压头, 将此压头修正到环境温度下, 即得到环境温度下的吸风机试验台压头(T 、 B 点), 作为炉膛瞬态负压, 用同样的方法可得到送风机在环境温度下的试验台正压, 取其中绝对值大的作为炉膛瞬态防爆压力, 除以安全系数 n_s 后, 得到炉膛设计压力。

——上述精确计算的方法, 仅当在施工图前期落实好烟风系统设备后才能进行。为了能在初步设计前编写锅炉规范书时提供炉膛瞬态防爆压力, 则需按可行性研究审批意见中确定的锅炉、烟风系统设备, 参考同类工程, 估计出锅炉及烟风系统的总阻力, 采用与上述相同的换算方法, 得到基本可行的瞬态防爆压力和设计压力。

4 利用钢材在瞬时应力接近屈服极限不发生永久变形的特点, 使锅炉设计节约钢材。安全系数 n_s 值, 在不同国家有不同的标准, 美国标准为1.60, CE公司为1.67, 国内引进CE技术的锅炉也按1.67采用, 本规程5.2.3采用1.5。在相同的瞬态防爆压力下, 采用不同的 n_s 值会有不同的炉膛设计压力。尽管 n_s 各不相同, 但炉膛瞬态防爆压力应是相同的。在工程设计中应向锅炉制造厂询问锅炉设计中所采用的 n_s 值。

9.6 防爆门设置要求

9.6.1~9.6.6 新增条文。

DL5053《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》4.0.8.9和GB50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》5.2.6中规定了防爆门所适用的煤粉系统范围, 与我国目前习惯使用的范围相一致。本节汇集了原《规定》中分散在各章节(第2.4.4、2.6.2和2.7.6条)的内容, 参照前苏联90年版标准作了补充, 并将90年版标准中的个别内容作删节。具体修改内容如下:

1) 煤粉仓的防爆门总截面积, 前苏联75年版标准为每 1m^3 煤粉仓容积为 0.0025m^2 且不得大于 0.5m^2 (原《规定》中为 $0.5\sim 1.0\text{m}^2$); 现改为每 1m^3 煤粉仓容积为 0.005m^2 , 且不小于 1m^2 (见9.6.4)。防爆门总截面积增加了一倍, 设计中应予以注意。

2) 原《规定》风扇磨防爆门装在入口处, 按70%计算面积。参照前苏联90年版标准, 防爆门装在粗粉分离器或它的出口接管上, 并按容积计算防爆面积。

3) 在 0.04MPa 系统中, 本措施中删去了锤击式磨煤机系统, 保留了风扇磨, 因国内锤击式磨煤机本来就极少使用, 原《规定》中也未列入。

9.6.7 新增条文。

本条目的为便于查找不同煤粉系统的防爆门爆破(动作)压力, 具体内容列于8.8.2及8.8.3。

9.6.8 新增条文。

按引进技术设计制造的引进型锅炉，炉膛本身及其后的烟道已按防爆压力进行设计，故不必设置防爆门。对传统型煤粉炉，原则上按不同的自动化水平考虑，当除尘器前后的烟道按防爆压力设计时（锅炉具备 MFT 自控功能），无论燃用何种燃料也不必装设防爆门；不按防爆压力设计时（无 MFT 自控功能），宜设置重力式防爆门，其设置要求摘自原《规定》。

10 支 吊 架

10.1 一 般 规 定

10.1.1 原《规定》第 6.1.1 条的保留条文。

10.1.2 原《规定》第 6.1.2 条的修改条文。原《规定》“在波形补偿器的两侧宜设置支吊架”比较含糊，改为设置固定和导向或限位支架。固定支架是为了补偿器有力量能伸缩，又能防止管道振动或晃动；导向支架是为了防止补偿器整体偏离产生角位移或径向错位。其设置要求见 8.7.5 说明。

10.1.3 原《规定》第 6.1.3 条的保留条文。

10.1.4 原《规定》第 6.1.4 条的修改条文。

将符合《工业设备抗震鉴定标准》改为考虑地震力影响，并补充地震力近似计算法，便于操作。

地震力的近似计算法列于《计算方法》T2.3。

10.1.5 原《规定》第 6.1.5 条的保留、补充条文。

补充了风、雪荷载的近似计算法，按 GBJ9—1987《建筑结构荷载规范》方法针对烟风道的特点进行了简化。主要简化有：由于位置较低，不考虑风振系数影响；由于烟风道尺寸较大，故圆形管道的体型系数 μ_s 直接按尺寸选用；对矩形管道，按原《规定》采用，虽比 GBJ9 中输煤栈桥的 μ_s 为小，但比英国标准为高，故原《规定》数据适中。

风、雪荷载的近似计算法列于《计算方法》T2.1、T2.2。

10.1.6 新增条文。与管道直接接触的支吊架管部，其材质应符合温度要求；当为焊接时又要求与管道材料相容，以利于焊接。外露在保温层外的支吊架材料按环境计算温度选用，特别应注意寒冷地区的露天支吊架材质，具体要求见 5.2.2 规定。

10.1.7~10.1.8 原《规定》6.1.7~6.1.8 条的保留条文。

10.1.9 原《规定》第 6.1.8 条的补充条文。螺纹拉杆的抗拉许用应力按附录 C 所列钢材许用应力数据（其 n_b 为 3.0）的 0.56 倍取用，与汽水管道标准一致，并与美国标准相符。

10.1.10 原《规定》第 6.1.9 条的补充条文。

支吊架零部件组装焊缝的许用应力的折减系数采用 0.56，与汽水管道一致，并与 ANSI B31.1 相符（见 5.2.3 条文说明）。

支吊架管部，连接件及根部计算方法列于《计算方法》T6。

10.1.11 新增条文。

送粉管道（无烟煤除外）有可能会因锅炉回火而引起管内积粉燃烧也可能因直吹式系统磨煤机爆燃后的火焰向送粉管道扩展，把管子烧红，降低吊板与管道间的焊缝强度，因此不能采用与管道直接焊接的吊板结构，而宜采用抱箍最好采用带管支座的横担结构。

10.1.12 新增条文。

由于管道受力矩、位移的影响，较长垂直管道上的固定支架、刚性吊架，易出现单侧脱载，故增设本条规定。

10.2 支吊架选型

10.2.1 原《规定》第6.2.1条的保留条文。

10.2.2 原《规定》第6.2.2条的补充条文。

水平拉撑是防止烟风道水平振动的简单有效方法，宜创造条件设法采用。在引进工程的烟风道上已普遍采用。

10.3 支吊架荷载计算

10.3.1 原《规定》第6.3.1条的补充条文。

补充了部分材料的摩擦系数。计算公式中补充了波形补偿器的弹性力。

10.3.2 原《规定》第6.3.2条的修改条文。

不论是经常性或事故性的管道内积煤、积灰，其荷载均系人为确定，不应再考虑工作荷重修正系数 K_s ，故将其移至附加荷载项内。

本条文还补充了设于烟风道的作为通行的平台自重荷载。

10.3.3 原《规定》第6.3.3条的保留条文。

10.3.4 原《规定》第6.3.4条的补充条文。

将积煤、积灰荷载作为附加荷载移入；并补充了烟风道顶部横向加固肋上的通行平台活荷载计算。

风、雪荷载作用力的计算见《计算方法》T2.1、T2.2。

地震荷载的近似计算见《计算方法》T2.3。

10.3.5 原《规定》第6.3.5条的修改条文。

将波形补偿器环形面上轴向推力的计算公式简化，使之便于运算。补充了织物补偿器管道的轴向推力计算，因织物的柔软性受压后有扩张趋势，故其截面按略大于管道内截面考虑。

10.3.6 新增条文。

增补波形补偿器轴向推力的计算公式，其轴向刚度由产品样本上查取，或由产品制造厂提供。织物补偿器具有柔性特征，不会产生弹性力。

10.4 弹簧选择

10.4.1~10.4.3 原《规定》第6.4.1~6.4.3条的保留条文。

热位移的近似计算法列于《计算手册》T5。

10.4.4 原《规定》第6.4.4条的修改条文。

串联弹簧的热位移值按弹簧的刚度分配给每个弹簧较为确切。

10.4.5~10.4.6 原《规定》第6.4.5~6.4.6条的保留条文。

用于支吊架的普通圆柱螺旋弹簧，近年来已进行了系列优化，修改后的系列与汽水管道的标准一致。

附录 F

烟风道积灰荷载编制说明

1 历史和现状。

1) 对于除尘器前后烟道积灰量大小，外国公司也有各自的规定，而且差异很大。美国某公司规定得很低，除尘器前的水平烟道按积灰 152mm 高度考虑，除尘器后烟气流速低于 12.2m/s 时积灰 152mm，而高于 12.2m/s 时则不考虑积灰。欧洲某公司则规定无论除尘器前后均按 8m/s 流速的剩余截面作为积灰高度。国外公司的这些规定，都是鉴于大机组且为高效率除尘器条件下规定的。

2) 原《规定》各种型式除尘器中，其低效率除尘器（如多管式、文丘里水膜式）为数较多的条件下，按 8m/s 流速的剩余截面作为积灰截面计算。

3) DL 5022《火力发电厂土建结构设计技术规定》（简称《土规》）按机组容量大小和干、湿两种除尘方式确定了除尘器后钢筋混凝土或砖烟道的土建结构设计标准荷载（即净荷载）。

4) DL/T 5095《火力发电厂主厂房荷载设计技术规程》（简称《荷载规程》）为与《土规》一致，沿用了《土规》中的规定，并补充了大机组烟道的积灰数据，综合成表 4。

表 4 除尘器后水平烟道积灰荷载

单机容量 MW	≤125		<300		≥300~600 级
	干式	湿式	干式	湿式	
除尘方式	干式	湿式	干式	湿式	干式
荷载 kPa	15	20	10	15	20
说明	《土规》规定				《荷载规程》补充

2 分析与结论。

1) 分析。

(a) 原《规定》中 8m/s 流速条件下的积灰，可用于除尘器前，因为含尘浓度高。在环保日益高标准严要求的条件下，工程中不允许继续采用落后的低效率除尘器，因此除尘器后的烟道积灰不再适用 8m/s 的流速。

(b) 《荷载规程》中的数据，小于 8m/s 剩余截的积灰量，但大于 152mm 的数值。《土规》编写时曾做过国内调研，其数据有可信度。但积灰荷载不分烟道大小定量取值，对小截面的烟道是不合理的。

(c) 《荷载规程》中的积灰量，按定量的取法，从宏观上看，是符合规律的，因为机组愈大，烟道截面愈大则积灰量愈大，湿式烟道的积灰又要高于干式烟道。但同样容量的机组，由于共用主烟道所容纳的机组台数不同，且同一机组主次烟道截面也不一，因此采用同一积灰荷载值就显得不合理。不同大小的烟道截面应有不同的积灰量，按低流速限值或截面高度份额来确定积灰量比较合理。

2) 结论。

本标准在确定水平烟道积灰荷载时考虑下列原则：

(a) 除尘器前的烟道，按 8m/s 流速的剩余截面计算；

(b) 除尘器后的烟道,按除尘器除尘效率的高低取 $1/6 \sim 1/4$ 烟道高度作为积灰高度计算。

按(b)方式确定的除尘器后烟道积灰量的特点是:

——机组或烟道截面大小不同,则积灰量随之不同;

——按截面高度份额确定积灰高度,其实则与流速有关;

——其积灰荷载与《荷载规程》中的积灰荷载表基本一致。

本标准积灰荷载是在参照《土规》和《荷载规程》的基础上做出的,总的来说尚属保守,相比大多数国外公司来说是偏高的。

表5 分别以660MW、300MW、200MW、125MW和50MW机组的烟囱入口主烟道为例列出不同除尘方式下的烟道积灰量。

表5 不同除尘方式下的烟道积灰量

机组 MW	除尘 方式	烟气量 m^3/s	烟道面积 m^2	烟道尺寸 $h \times w$ m	按本规程积灰量		按《荷载规程》 积灰荷载 kPa
					高 度 m	荷 载 kPa	
660	电除尘	约1000	约71	约 10.5×6.8	$10.5/6 = 1.75$	17.5	
300	电除尘	约450	约32	约 7×4.6	$7/6 = 1.17$	12	20
	多管式				$7/4 = 1.75$	17.5	
200	电除尘	约333	约23	约 6×3.8	$6/6 = 1.0$	10	10
	多管式				$6/4 = 1.5$	15	
	水膜式					22.5	15
125	电除尘	约208	约14	约 4.8×3.0	$4.8/6 = 0.8$	8	15
	多管式				$4.8/4 = 1.2$	12	
	水膜式					18	20
50	多管式	约91	约6.5	约 3.2×2.0	$3.2/4 = 0.8$	8	15
	水膜式					12	20

附 件

《计算方法》项目与《六道技规》

条款对照表

《计算方法》项目		《六道技规》条款
前 言		“条文说明”之前言
T1	烟囱出口烟速选择计算	3.0.6、4.2.2
T2	风、雪及地震荷载的近似计算法	
T2.1	风荷载	6.1.5、10.1.5、10.3.4
T2.2	雪荷载	6.1.5、10.1.5、10.3.4
T2.3	地震荷载	10.1.4
T3	烟风道加固肋及内撑杆选择	
T3.1	加固肋及内撑杆选择方法说明	6.2

续表

《计算方法》项目		《六道技规》条款
前 言		“条文说明”之前言
T3.2	无加固肋矩形道体面板允许宽度	6.2.2 6.1.7
T3.3	横向加固肋最大中心间距	6.2.2 6.1.7
T3.4	矩形道体横向加固肋选型	6.2.2 6.1.7
T3.5	加固肋频率控制极限跨度	6.2.4 6.1.8
T3.6	负压道体横向加固肋不失稳最大跨度	6.2.5
T3.7	内撑杆规格	6.2.4
T3.8	圆形管道横向加固肋	6.2.6
T4	加固肋组合截面特性	
T5	热位移的近似计算法	10.4.1
T6	支吊架结构计算	10.1.8、10.1.10
T7	中小型机组用矩形烟风道的横向加固肋	6.1.9