P61

备案号：J56—2000

中华人民共和国电力行业标准

DL / T5121 - 2000

火力发电厂

烟风煤粉管道设计技术规程

Technical code for design of thermal power plant air & flue gas ducts / raw coal & pulverized coal piping

主编部门：国家电力公司华东电力设计院

批准部门：中华人民共和国国家经济贸易委员会

批准文号：国经贸电力 [2000] 1048 号

2000 - 11 - 03 发布 2001 - 01 - 01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会发布

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—82《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规定(试行)》进行修订的。

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，DLGJ26 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 DLGJ26 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 DLGJ26 的内容作了如下较大变动：

——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 NFPA8502《多燃烧器锅炉炉膛外爆 / 内爆标准》,1992 年版 NFPA8503《煤粉系统标准》, 原苏联 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，DLGJ26—82(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。

目次

前言

1 范围

2 引用标准

3 总则

4 管道布置

4.1 一般规定

4.2 烟道

4.3 冷风道

4.4 热风道

4.5 原煤管道

4.6 制粉管道

4.7 送粉管道

5 管道规格与材料

5.1 管道规格

5.2 材料

5.3 焊接

6 道体及加固肋

6.1 一般规定

6.2 道体及加固肋设计

7 异形件优化选型

7.1 一般规定

7.2 异形件选型

8 零件和部件

8.1 一般规定

8.2 零件

8.3 部件

8.4 锁气器

8.5 风门

8.6 传动装置

8.7 补偿器

8.8 防爆门

9 防爆措施

9.1 一般规定

9.2 原煤仓

9.3 煤粉仓

9.4 煤粉管道

9.5 防爆设计压力

9.6 防爆门设置要求

10 支吊架

10.1 一般规定

10.2 支吊架选型

10.3 支吊架荷载计算

10.4 弹簧选择

附录 A(标准的附录)常用的烟风煤粉管道规格

A1 送粉管道

A2 烟道、制粉管道

A3 圆形风道

A4 矩形管道

A5 英制送粉管道

附录 B(标准的附录)常用结构钢材及其使用温度

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

C2 常用结构钢材的弹性模量

附录 D(标准的附录)烟风道介质设计压力

附录 E(标准的附录)烟风道加固肋设计荷载

附录 F(标准的附录)烟风道积灰荷载

附录 G(标准的附录)零件焊接图

附录 H(标准的附录)加固肋焊接图

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

附录 K(标准的附录)本规定用词说明

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

L2 铸铁风门旋转力矩

附录 M(提示的附录)主要风门的操作方式

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

附录 P(提示的附录)烟气腐蚀性分级

附录 Q(提示的附录)相关标准及文件

条文说明

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 65t / h ~ 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 / T3880—1997 铝及铝合金轧制板材

GB50229—1996 火力发电厂与变电所设计防火规范

GBJ19—87 采暖通风和空气调节设计规范

DL435—91 火电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程

DL468—92 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—93 火力发电厂土建结构设计技术规定

DL5027—93 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 / T5054—1996 火力发电厂汽水管道设计技术规定

DL / T5072—1997 火力发电厂保温油漆设计规程

NFPA8502—1995 多燃烧器锅炉炉膛防外爆 / 内爆标准(美国)

NFPA8503—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(原苏联)(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 DL5053《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、管道设计压力按正常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：

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。

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，当燃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

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入口烟道的运行压力限制要求；综合烟气腐蚀性等级、烟囱型式、烟筒及入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—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—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：

1 对检修时需通过机动车辆的主要通道，不宜小于 2500mm。

2 对一般通道不小于 2000mm。

3 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	38	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90

角 α(°)											
□ *H*	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1200	1000	900	800

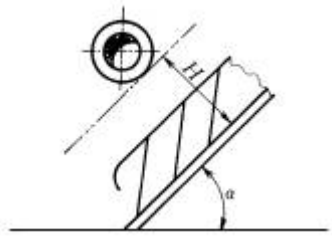


图 4.1.4 扶梯上方管道布置

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。

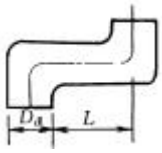
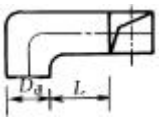
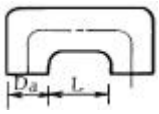
4.1.7“Z”形和空间弯头的两弯头内侧之间的距离宜按表 4.1.7 所列数值采用；当不能满足上述要求时，宜设置导流板或导向叶片。□

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

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	 $L≥3D_{dl}□$	 $L≥3D_{dl}□$	 $L=(1.6\sim2.5)D_{dl}$ 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 倍～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，可与风机叶轮的旋轮方向相反。

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、雪落入的措施，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 2kN / m^2，检修平台活荷载标准值按 4kN / 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。

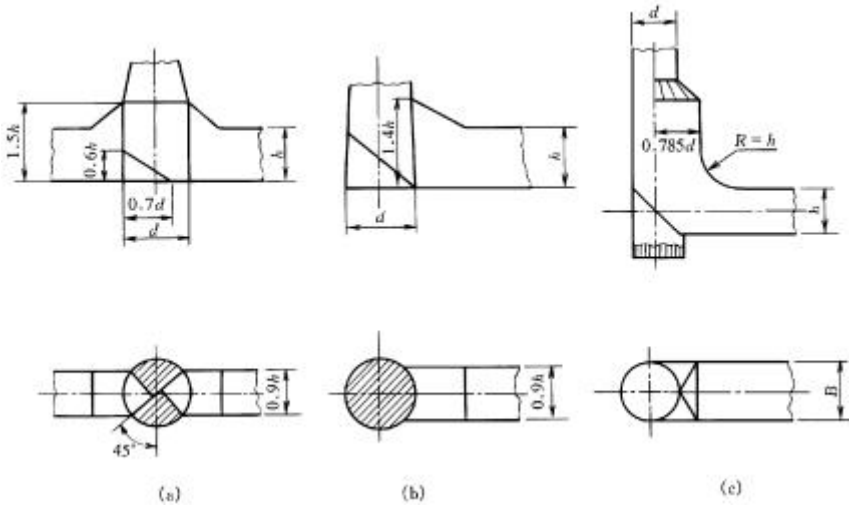
4.1.28 烟风煤粉管道的布置应结合厂房条件，为主要辅机及辅助设备(如磨煤机、风机、空气预热器等)创造设置检修起吊设施的条件。

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)]。



(a)双侧引入烟道的底座(ζ = 0.62)；

(b)单侧引入烟道的底座(ζ = 0.70)；

(c)单侧引入烟道的带“分扇板”的底座(ζ = 0.46)

图 4.2.2 烟囱底座型式示意

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。

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

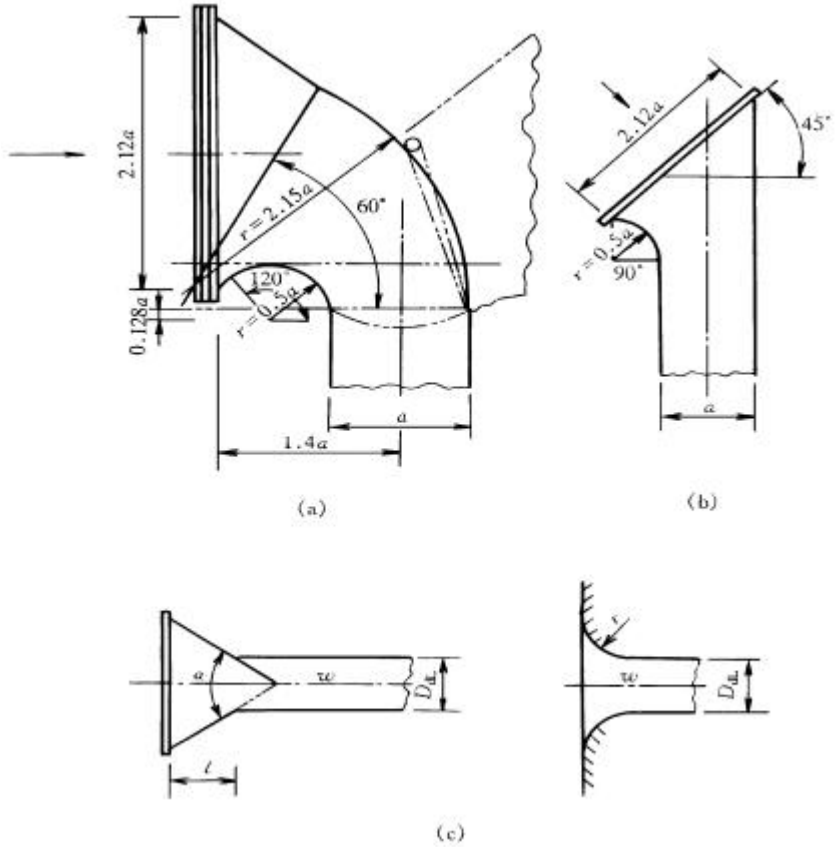
4.3.1 送风机及一次风机吸风口的位置宜满足下列要求：

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、废汽和被污染了的空气。

4 应采用低阻力的吸风口(图 7.2.7)，吸风口应设置滤网。



(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

□ α = 30° ~ 90°；$l \geq (0.2 \sim 0.3)D_{dl}$；$r / D_{dl} = 0.1 \sim 0.2$

图 7.2.7 风机吸风口

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 当一台锅炉配有两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长的直段。

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 Dg100 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)。

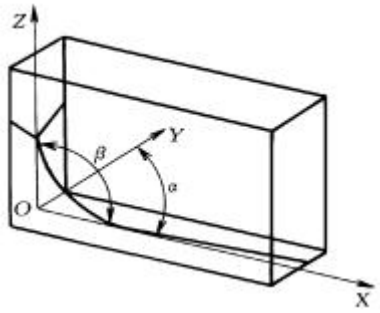


图 4.7.4 带弯管分叉管

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。

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≥2200mm 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 *Q*235-A.F，*Q*235-A / B 号钢制作。对不需要强度计算的管道也可采用 *Q*215 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□

$$[\sigma]^{20} \leq \frac{\sigma_b^{20}}{n_b}$$

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

□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□

$$[\sigma]_z^t = 1.0[\sigma]^t \quad (5.5.3\text{-}2)$$

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

□□□式中：

$[\sigma]_z^t$——钢材在设计温度下的许用正应力，MPa;

$[\sigma]_q^t$——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-AF	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

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

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

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

式中：$[\sigma]_y^h$ $[\sigma]_l^h$——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：

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

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：□□

$$\tau^{h}=\frac{F}{K_{u}l_{h}}\leq[\tau]_{q}^{h}$$ □(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；

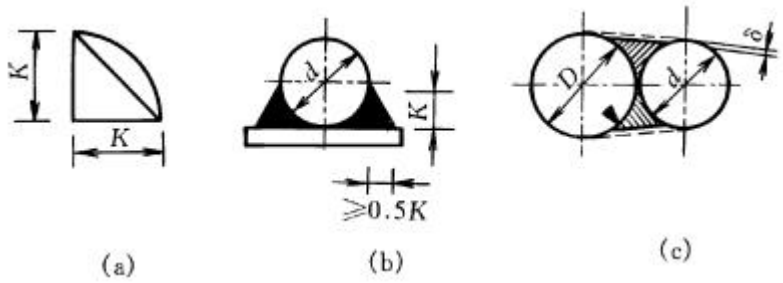
τ^{h}——焊缝承受的切应力，MPa;

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□

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

式中：K——焊缝的焊角高度，取其截面直角边的较小值，mm。



(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

图 5.3.3 焊缝截面

圆钢与圆钢焊接［图 5.3.3-(c)］，有效高度应按下式计算□

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

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：

$$\tau^h = \sqrt{\tau_w^2 + \tau_j^2} \le [\tau]_q^h \square$$

□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±2kPa 时，按±2kPa 采用。此±2kPa 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度的 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度的 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。

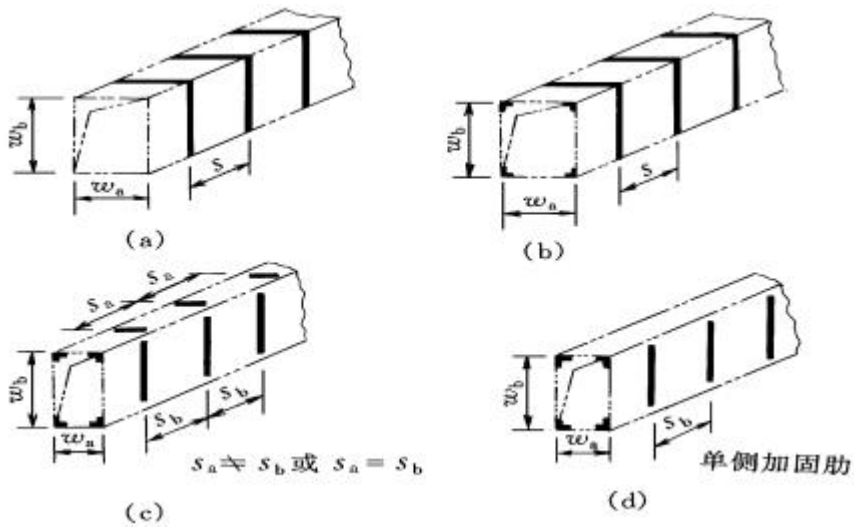
负压道体内撑杆应按压杆稳定条件计算；正压道体内撑杆按受拉二力杆强度条件计算。

内撑杆节点型式示例见附录 J(标准的附录)。

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。



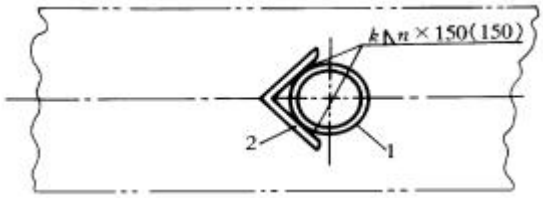
(a)直焊式道体刚接加固肋；(b)角钢内贴式道体刚接加固肋；

(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 J-1 横向加固肋典型布置

6.2.6 正压圆形管道规格≥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)。



1—内撑杆；2—角钢

图 6.2.7 烟道的防磨内撑杆

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 ~ 2(图 7.2.1-1)；

急转弯头，□r_w / b = r_n / b = 0.4 ~ 0.6 □(图 7.2.1-2)；

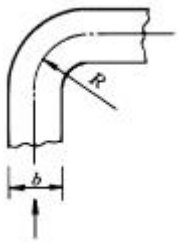


图 7.2.1-1 缓转弯头

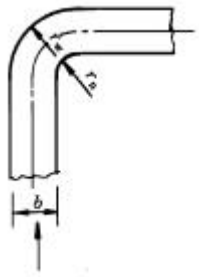


图 7.2.1-2 急转弯头

布置有困难时可采用外削角急转弯头(图 7.2.1-3)。

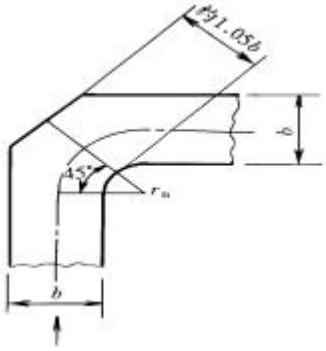


图 7.2.1-3 外削角急转弯头

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。

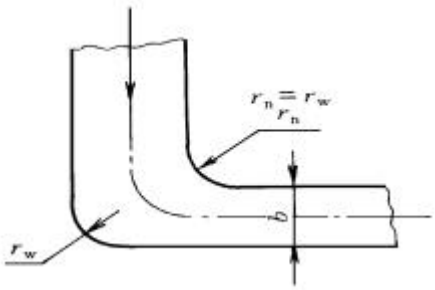


图 7.2.1-4 变截面收缩急转弯头

7.2.2 烟风道在下列条件时，宜装设导向叶片或导流板。

1 导向叶片。

急转弯头的内边弯曲半径与弯头进口径向宽度的比值：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。

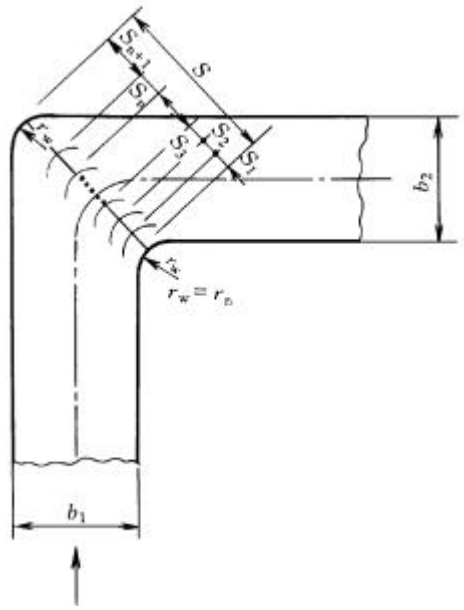
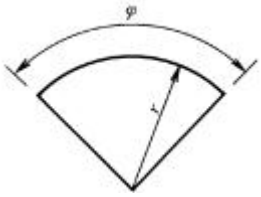


图 7.2.2-1 带导向叶片弯头图



7.2.2-2 导向叶片

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	$S=\sqrt{b_1+b_2}$	
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	$S_2 - S_1 = S_3 - S_2 = \cdots = S_{n+1} - S_n = S_1/n$	$S_2 - S_1 = S_3 - S_2 = \cdots = S_{n+1} - S_n = 2S_1/n$
6	导向叶片中心角 φ	$A_2=A_1$ 的 90°弯头，$\varphi=95°$； $A_2/A_1=2$ 的 90°扩散弯头，$\varphi=75°$； $A_2/A_1=0.5$ 的 90°收缩弯头，$\varphi=115°$	
注：A_1、A_2 分别为管道进、出口截面积			

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；$a/b = 0.8 \sim 1.3$ 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。

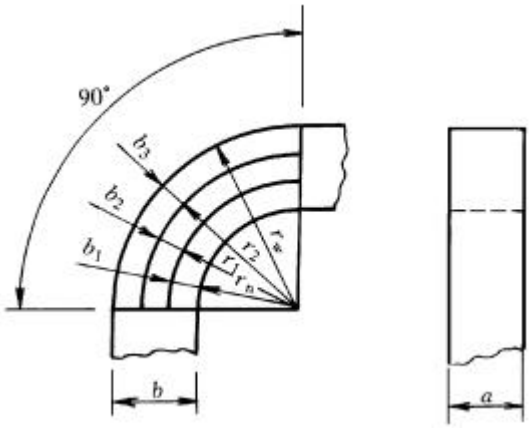


图 7.2.2-3 带导流板的弯头

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。

1 扩散管：扩散角 α 宜为 7°～15°，但不宜大于 20°(图 7.2.3-1 和图 7.2.3-2)；当扩散角 $\alpha > 20°$ 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 $\alpha \geq 30°$ 时，应加装导向板，其片数 n 根据扩散角 α 确定：$\alpha = 30°$，$n = 2$；$\alpha = 45°$，$n = 4$；$\alpha = 60° \sim 90°$，$n = 6$；$\alpha = 100°$，$n = 8$。

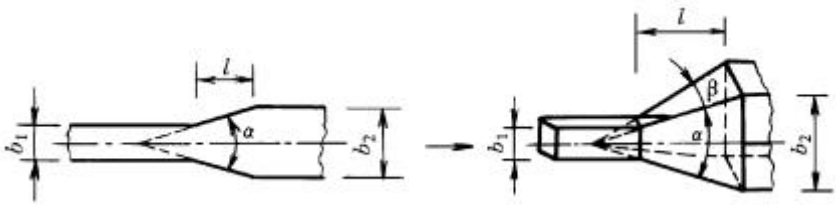


图 7.2.3-1 平面型或圆锥型扩散管图 7.2.3-2 棱锥型扩散管

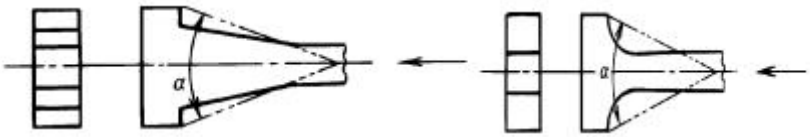
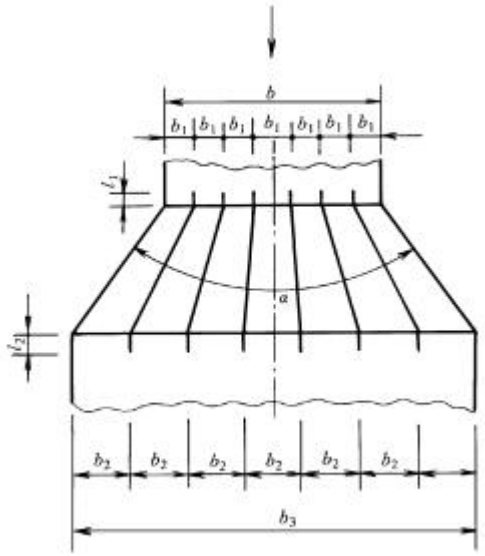


图 7.2.3-3 阶梯型扩散管图 7.2.3-4 曲线型扩散管

导向板宜均匀布置(图 7.2.3-5)。



$l_1 = 0.1b_1$；$l_2 = 0.1b_2$

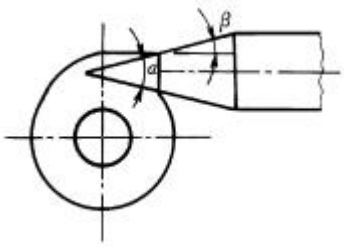
图 7.2.3-5 导向板

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$\alpha > 20°$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$\beta \approx 10°$；当扩散角$\alpha \leq 20°$时，应使夹角$\beta \approx 0 \sim \alpha / 2$(图 7.2.4-1)。



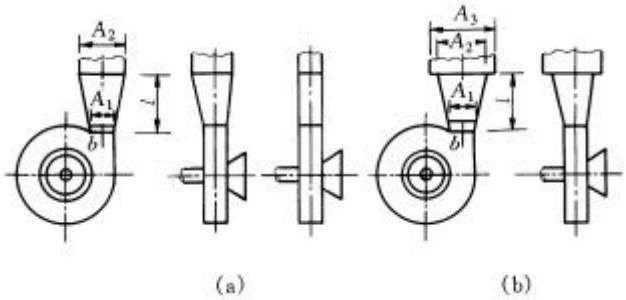
当 $\alpha \leq 20°$ 时，$\beta = 0 \sim \alpha / 2$；

当 $\alpha > 20°$ 时，$\beta = 10°$

图 7.2.4-1 离心式风机出口

非对称型扩散管

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

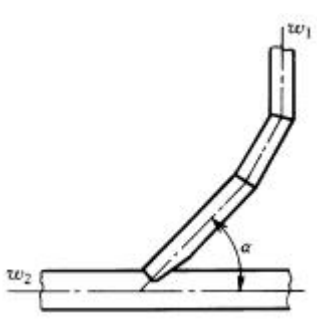


(a)棱锥型扩散管；(b)阶梯型扩散管

图 7.2.4-2 离心式风机出口对称型扩散管

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_{dl}；当 $\gamma_n / b < 0.3$ 时，该长度应适当增加(图 7.2.5-1 和图 7.2.5-2)。



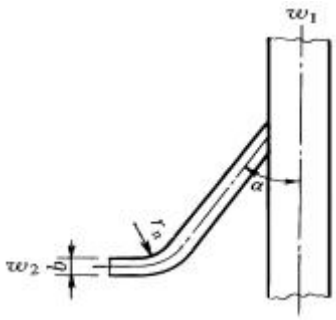


图 7.2.5-1 焊制支管斜三通图 7.2.5-2 弯制支管斜三通

在分流时，支管与主管中的流速比(w_1 / w_2)应小于 1.5。

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 ~ 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}≈ 0.5 ~ 1.0；当流速相差较大时，则取l / d_{d1}≥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)。

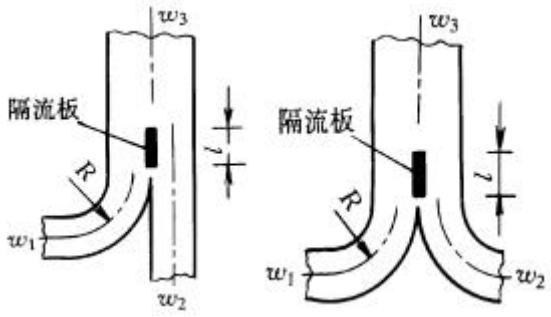


图 7.2.5-3 非对称型隔流板三通管图 7.2.5-4 对称型隔流板三通管

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

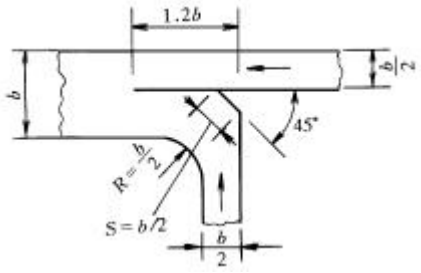
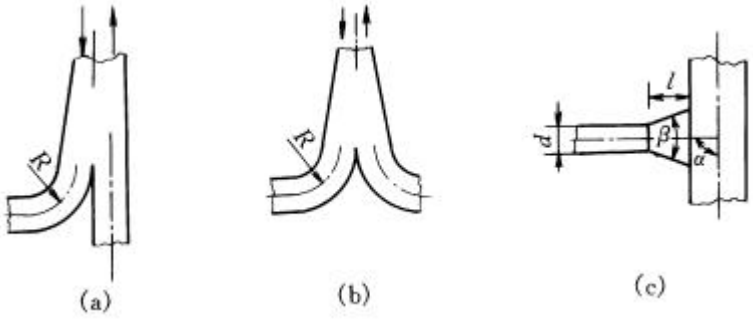


图 7.2.5-5 直角汇流隔流板三通管

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)]。

支管角度 α = 90°的非对称三通管，扩散角β宜为 10° ~ 13° [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}。



(a)非对称型；(b)对称型；(c) α = 90°非对称型

图 7.2.5-6 扩散(收缩)型三通管

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 4～6 个时，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。

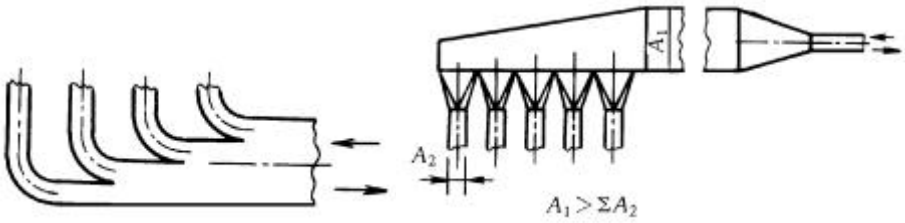
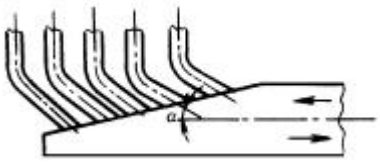


图 7.2.6-1 多支分流(合流)联箱图 7.2.6-2 扩散型分流(合流)联箱



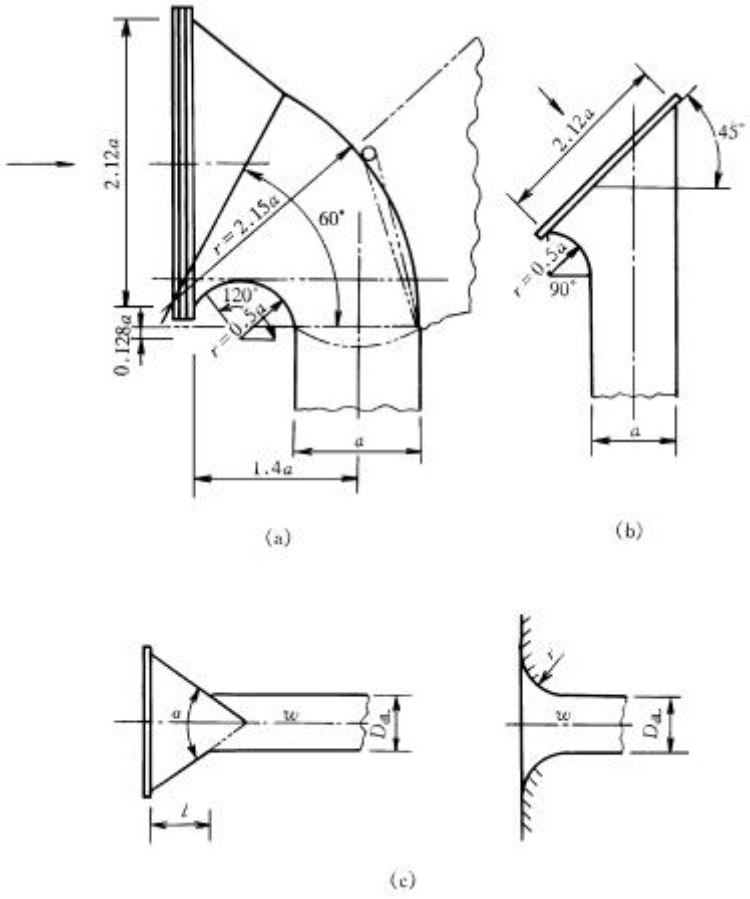
α 一般为 45°

图 7.2.6-3 楔型分流

(合流)联箱

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×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。



(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

□ α = 30° ~ 90°；$l \geq (0.2 \sim 0.3)D_{dl}$；$r / D_{dl} = 0.1 \sim 0.2$

图 7.2.7 风机吸风口

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≤400mm 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 □ mm

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

DN200，225 时 $R = 300$(8.2.1-1)

DN≥250 时 $R = DN + 50$(8.2.1-2)

3 铸件弯头的弯曲半径，按下式确定

按布置需要而定，一般为 $R = 1.5 \sim 2.5DN$(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

烟风道□ $R = DN + 50$(8.2.1-4)

煤粉管道 $R \geq 3DN$(8.2.1-5)

烟风道焊制弯管的弯管节宜由 22°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。DN100～400 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≥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 α = 40°～60°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。

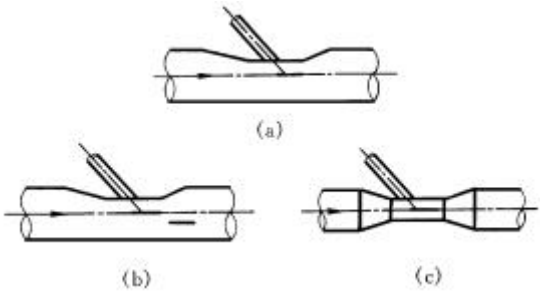
可调缩孔便于在运行中调整孔径，弥补设计误差。固定缩孔孔径应经计算后确定。

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。



(a)单托板式；(b)双托板式；(c)收缩喷射式

图 8.3.8 典型的煤粉混合器形式

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)。

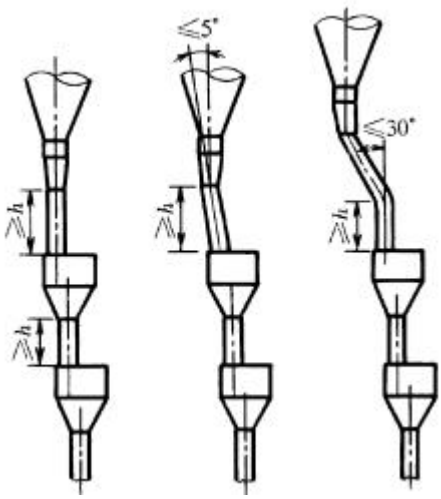


图 8.41 锥形锁气器示意布置

锁气器粉柱密封管的垂直高度，应按下式确定

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

□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。

锁气器的直径可按下式计算□□

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

□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 25kg / (cm^2·h) ~ 35kg(cm^2·h)。

锥式锁气器，用于煤粉时的出力列于表 8.4.1。

表 8.4.1 锥虐锁气器的出力

序ε 号	公称通径 DN	外径×壁厚 D_w×S	□ q kg / (cm^2·h)		□ Q kg / h	
	mm		最小	最大	最小	最大
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

8.4.2 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。

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、刚度和稳定度。

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、程序控制以及联锁的风门，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、露点温度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要否保温；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 lkPa 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 / T3880《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 / T3880《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、厚度表

<table>
<tr><th>防爆门装设地点</th><th>防爆门形式</th><th>爆破压力 kPa</th><th>公称直径 DN m</th><th>膜板厚度 mm</th><th>膜板型式</th><th>材料</th></tr>
<tr><td>煤粉仓</td><td rowspan="2">重力式</td><td>1</td><td>0.5～1.4</td><td colspan="3" rowspan="2">金属组合件，软密封材料</td></tr>
<tr><td>烟道</td><td>≥2</td><td>0.4～1.0</td></tr>
<tr><td rowspan="3">内压强度 0.04MPa 的煤粉系统</td><td rowspan="5">膜板式</td><td rowspan="2">25</td><td>0.4～0.7</td><td>0.3</td><td rowspan="4">咬口接缝</td><td rowspan="4">退火冷轧铝板</td></tr>
<tr><td>≥0.7～1.1</td><td>≤0.5</td></tr>
<tr><td rowspan="3">50</td><td>0.3～0.5</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">内压强度 0.15MPa 的煤粉系统</td><td>≥0.5～0.7</td><td>≤0.5</td></tr>
<tr><td>≥0.7～1.1</td><td>≤0.8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">0.5～0.7</td><td>≤0.4</td><td rowspan="2">刻槽</td><td rowspan="2">冷轧硬铝板</td></tr>
<tr><td>≥0.7～1.1</td><td>≤0.6</td></tr>
<tr><td colspan="7">注：椭圆形及矩形膜板厚度按当量直径由上表选用</td></tr>
</table>

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 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》和 GB50229《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≥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《火力发电厂及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《火力发电厂及变电所防火设计规范》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 制粉系统的所有另部件，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。按原苏联 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 NFPA8503《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——自给煤机入口和磨煤机干燥空气入口、密封空气入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，磨煤机入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 / m^2)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 / 内爆规程》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±4kPa。

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

$$\pm p_{\mathrm{mft}} / n_{\mathrm{s}} = \pm p_{\mathrm{fds}}$$

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，并参照执行原苏联 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^3，但总截面积应不小于 1m^3。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，宜装设防煤门(无烟煤除外)。防煤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 400～670t / 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 6m～9m。

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：

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

□式中：□d_0——拉杆的螺纹内径，mm；

□σ——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 40Δs(Δs 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 0.5Δs 时，则拉杆长度不应小于 20Δs。

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$F_{jX(Y)}$

<table>
<tr><td rowspan="3">刚性吊架、滑动支架、水平导向支架或固定支架</td><td>两侧为刚性或恒力支吊架</td><td>$K_sF_g + F_{fZ} + F_{nZ} + F_{tZ}$</td><td>刚性吊架
滑动支架
水平导向支架</td><td>μF_{jZ}</td></tr>
<tr><td>两侧为弹簧支吊架</td><td>$K_aF_g + F_{fZ} + 0.18\Sigma F_g + F_{nZ} + F_{tZ}$</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>固定支架</td><td>$\Sigma F_{mc} + F_{fX(Y)} + F_{tX(Y)} + F_{dX(Y)}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">弹簧支吊架</td><td>热位移向下时</td><td>$K_sF_g + F_{fZ} + F_{nZ} + F_{tZ}$</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>热位移向上时，按右两式取较大值</td><td>$K_sF_g + F_{fZ} + F_{nZ} + F_{tZ}$
或 $1.2F_a + F_{fZ} + F_{nZ} + F_{tZ}$</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>恒力支吊架</td><td>$K_sF_g + F_{fZ} + F_{tZ} + F_{nZ}$</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>限位支吊架</td><td colspan="4">根据限制管道位移的方向和具体受力状况进行计算</td></tr>
<tr><td>导向支架</td><td colspan="4">按结构情况进行受力分析</td></tr>
</table>

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

ΣF_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_{tZ}、$F_{tX(Y)}$——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；

ΣF_{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，□ μ = 0.3；

钢与聚四氟乙烯之间滑动，□ μ = 0.2；

聚四氟乙烯之间滑动，□ μ = 0.1；

钢与钢之间滚动，□ μ = 0.1；

吊架：□ μ = 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：

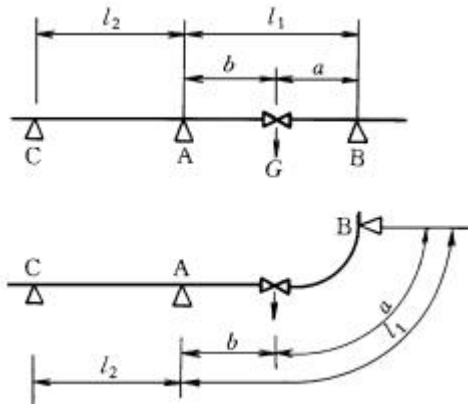


图 10.3.3-1 带部件管段的荷重分配□□

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

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

□式中：□F_g^A——支吊点A的工作荷载，N；

□ g——管道单位重量，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：

当$l_1 \geq l_2$时，$F_g^A = gl_1 / 2$ (10.3.3-3)

当$l_1 < l_2$时，$F_g^A = gl_1$□□(10.3.3-4)

式中：l_1、l_2——水平和垂直管段的投影长度，m。

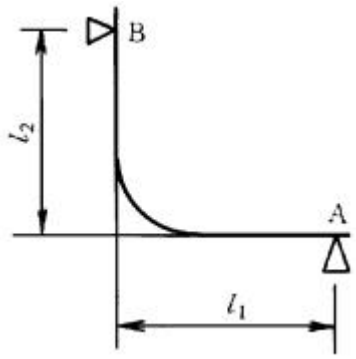


图 10.3.3-2 垂直弯管

段的荷重分配

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。

6 悬臂管段的重量全部由邻近的支吊架承受。

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。

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□□

$$F_n = F_{n1} + F_{n2} \quad (10.3.5\text{-}1)$$

$$F_{n1} = Aq_0 \quad (10.3.5\text{-}2)$$

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

□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_{n1}——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

$$F_n = 1.1A_{q0} \quad (10.3.5\text{-}4)$$

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

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

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：

□□$\Delta l = l_j \alpha \Delta t$(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·℃)；

Δ_t——计算温度与安装温度的差值，℃。

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℃。

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

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

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

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

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

$$F_a \leq P_2 \quad (10.4.3\text{-}3)$$

□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□□

$$\Delta z_t \leq C F_2 \quad (10.4.3\text{-}4)$$

$$F_g \leq P_2 \quad (10.4.3\text{-}5)$$

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□□

$$H_g = H_0 - F_g K \quad (10.4.6\text{-}1)$$□□

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□□

$$H_a = H_g \pm \Delta z_t \quad (10.4.6\text{-}2)$$□

□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□□□

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

4 安装荷载F_a按下式计算□□

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

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—82)

公称通径 DN	外径×壁厚 □D_w×S	材料	公称通径 DN	外径×壁厚 □D_w×S	材料
Mm			mm		
100 150 200 250 300 350 400	108×8 159×8 219×8 273×9 325×10 377×10 426×10 10	10	450 500 550 600	480×10 530×10 580×10 630×10	10 Q235-A.F
注：DN≥450mm,亦可用焊接钢管代替； $\phi 580\times 10$mm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×S	材料	公称通径 DN	外径×壁厚 □D_w×S	材料
Mm			mm		
100	108×4	Q235-A.F	350	377×5	Q235-A.F
125	133×4		400	426×5	
150	159×4.5		450	480×5	
200	219×5		500	530×5	
250	273×5		550	580×5	
300	325×5		600	630×5	
700	720×5	Q235-A.F	2000	2020×5	Q235-A.F
800	820×5		2200	2220×5	
900	920×5		2400	2420×5	
1000	1020×5		2600	2620×5	
1100	1120×5		2800	2820×5	
1200	1220×5		3000	3020×5	
1300	1320×5		3200	3220×5	
1400	1420×5		3400	3420×5	
1500	1520×5		3600	3620×5	
1600	1620×5		3800	3820×5	
1800	1820×5		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×S	材料	公称通径 DN	外径×壁厚 □D_w×S	材料
mm			mm		
200	219×3	t≤300℃，	1400	1420×3	t≤300℃，
250	273×3	Q235-A.F；	1500	1520×3	Q235-A.F；
300	325×3		1600	1620×3	

350	377×3	*t*≤400℃，	1800	1820×3	*t*≤400℃，
400	426×3	Q235-A / B；	2000	2020×3	Q235-A / B；
450	480×3		2200	2220×4	
500	530×3	*t*≤475℃，	2400	2420×4	*t*≤475℃，
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

400	600×900	1200×600	1600×1000	2200×1200	2800×1800	4000×3000	7000×4600	9000×7200	
500	700×500	1200×700	1600×1200	2200×1400	2800×2000	4000×3200	7000×5300	9500×5800	
600	700×700	1200×800	1600×1400	2200×1600	2800×2200	4500×3000	7000×6000	9500×6600	
700	700×800	1200×1000	1600×1600	2200×1800	2800×2400	4500×3400	7500×5000	9500×7600	t≤300℃
500	800×800	1200×1200	1800×900	2200×2000	3000×2000	4500×4000	7500×5600	10000×6000	Q235-A
600	800×1200	1400×700	1800×1000	2400×1200	3000×2400	5000×3400	7500×6400	10000×7000	
700	800×1600	1400×800	1800×1200	2400×1400	3000×2600	5000×3800	8000×5000	10000×8000	□ t≤400
800	900×400	1400×900	1800×1400	2400×1600	3200×2200	5000×4200	8000×6000	10500×6200	Q235-A
600	900×700	1400×1000	1800×1800	2400×1800	3200×2600	5500×3600	8000×6800	10500×7200	
800	900×1200	1400×1200	2000×1000	2400×2000	3200×3000	5500×4200	8500×5800	10500×8400	t≤475℃
900	1000×600	1500×800	2000×1300	2600×1600	3600×2400	5500×4800	8500×6400	11000×6600	10，
1000	1000×700	1500×900	2000×1600	2600×1800	3600×2800	6000×4000	8500×7200	11000×7600	Q345(16
700	1000×800	1500×1000	2000×1800	2600×2000	3600×3200	6000×4600	9000×5400	11000×8800	
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
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)	10
7(177.8)	7.625(193.68)	0.301(7.645)	
8(203.2)	8.625(219.08)	0.322(8.179)	Q235-A.F
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 B1 常用结构钢材及其使用温度表

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
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、平扶梯、单轨梁、属煤斗、螺栓、母等受力构件外他用于制作非承结构的烟风煤粉道（如道体及加肋），可按“允许的限温度”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		> - 20，400			
	Q235-D	- 20～300	≤ - 20，400			

合金高强度 构钢，GB / 591	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			无使用限制		
	Q345(16Mn)-C					
	Q345(16Mn)-D	- 20～400	≤ - 20,475			
	Q345(16Mn)-E	- 40～400	≤ - 40,475			
质碳素钢， GB699	10、20	- 20～425	≤ - 20,475	—	送粉管道，高温风道	—
不锈钢板， GB4237(热 轧)、 3280(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 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 / mm^2)

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						
	150				108		
	200	116(105)		116	101	123	
	250	104(94)		104	92	110	156
	300	[95]	95(86)	95	83	101	144
	350		86(77)	86	77	92	134
	400		[66]	79	71	86	125
	425				69	83	93
	450				61		
	475				41		
					41		
					41		

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。

3Q235-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 / mm^2(GPa)

钢号		Q215	Q235	10	20	Q345(16Mn)	
		GB700		GB699		GB / T1591	
设计温	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	

度 ℃	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			155	153		
	430				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 $p_{sh}=p_{mh}/n_s$	烟道介质设计压力 q_0							
区段 设计要求	消声器	风机	②调温风 密封风，冷却风 点火风	空气预热器	③热风送粉管 热风再循环 ⑤ 磨煤机干燥风	大风箱	炉膛	空气预热器	→	除尘器	→	引风机	④	水平总烟道	烟囱
设计等级	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±p设计	(－)2kPa	1.5倍 风机运行压头	0.7(－)p_{sh} (当MFT时)	(－)p_{sh} (当MFT时)	1.2倍风机 运行压头	p_{mh}值为：风机T、B点压头或±8.7kPa取绝对值大者		1.1(－)p_{sh} (当MFT时)	1.2(－)p_{sh} (当MFT时)		(＋)2kPa		锥型筒 (－)2kPa 直型筒 (＋)2kPa		

注：(＋)p_{sh}—炉膛设计正压；(－)p_{sh}—炉膛设计负压；p_{mh}—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_{mh})下相应的炉膛设计压力(p_{sh})取为：$|(+)p_{sh}|=|(-)p_{sh}|=\pm p_{mh}/n_s$。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。

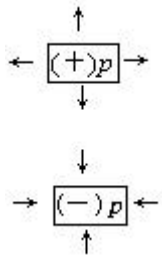
④脱硫装置后的烟道，无升压风机时按常规设计，升压风机后的烟道按风机形式确定设计等级。烟囱入口前的总烟道按常规设计。

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_{sh}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_{sh}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 典型加固设计荷载选用表

<table>
<tr><td>内压荷载</td><td colspan="12">自重荷载(当量压力)</td><td colspan="3">附加荷载(当量压力)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">介质设计压力
q_0*
kPa</td><td colspan="2">冷风道</td><td colspan="3">热风道</td><td colspan="5">烟道</td><td rowspan="2">积灰荷载
q_3
kPa</td><td rowspan="2">雪载
q_4
kPa</td><td rowspan="2">风载
q_5
kPa</td></tr>
<tr><td colspan="2">1m^{2}板肋
重q_1</td><td colspan="2">1m^{2}板肋
重q_1</td><td colspan="3">1m^{2}保温
重q_2</td><td colspan="2">1m^{2}板肋
重q_1</td><td colspan="3">1m^{2}保温
重q_2</td></tr>
<tr><td>板厚
mm</td><td>重量
kPa</td><td>板厚
mm</td><td>重量
kPa</td><td>容重
kg / m^3</td><td>温度
℃</td><td>保温重
kPa</td><td>板厚
mm</td><td>重量
kPa</td><td>容重
kg / m^3</td><td>温度
℃</td><td>保温重
kPa</td></tr>
<tr><td rowspan="8">  </td><td rowspan="4">3</td><td rowspan="4">0.35</td><td rowspan="4">3</td><td rowspan="4">0.35</td><td rowspan="8">120</td><td>250</td><td>0.29</td><td rowspan="4">5</td><td rowspan="4">0.59</td><td rowspan="3">120</td><td>150</td><td>0.24</td><td rowspan="8">按附录
F 确定</td><td rowspan="8">按 T2.2**
计算
</td><td rowspan="8">按 T2.1
计算
**</td></tr>
<tr><td>350</td><td>0.34</td><td>200</td><td>0.27</td></tr>
<tr><td>400</td><td>0.38</td><td rowspan="2">120</td><td>150</td><td>0.36</td></tr>
<tr><td rowspan="4">4</td><td rowspan="4">0.47</td><td rowspan="4">4</td><td rowspan="4">0.47</td><td>250</td><td>0.29</td><td>200</td><td>0.41</td></tr>
<tr><td>350</td><td>0.34</td><td colspan="7" rowspan="8">使用说明：
1 道体壁面设计荷载Σq由q_0→q_s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，则容量应作修正。“保温重q_2”中已包括保温结构辅料在内，按 0.1kPa / m^{2}采用。
3 平壁保温厚度取 120(150℃) ,140(200℃) ,160(250℃) ,200(350℃)，230(400℃)mm</td></tr>
<tr><td>400</td><td>0.38</td></tr>
<tr><td rowspan="6">*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》</td><td rowspan="3">3</td><td rowspan="3">0.35</td><td rowspan="6">220</td><td>250</td><td>0.45</td></tr>
<tr><td>350</td><td>0.54</td></tr>
<tr><td>400</td><td>0.61</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4</td><td rowspan="3">0.47</td><td>250</td><td>0.45</td></tr>
<tr><td>350</td><td>0.54</td></tr>
<tr><td>400</td><td>0.61</td></tr>
</table>

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

$$h_{qx} = h_{sp}(1 - \mathrm{tg}\,\alpha)\text{(F-1)}$$

式中：□ α——烟风道底面与水平面的倾角，(°)；

□h_{sp}——水平烟风道($\alpha = 0°$)的积灰高度，m；

□h_{qx}——倾角为 α时的积灰高度，m。

F.0.5 积灰重力密度。

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□

$$q_F = h_F \rho_F \square \text{kPa}(\text{kN} / \text{m}^2) \square \text{(F-2)}$$

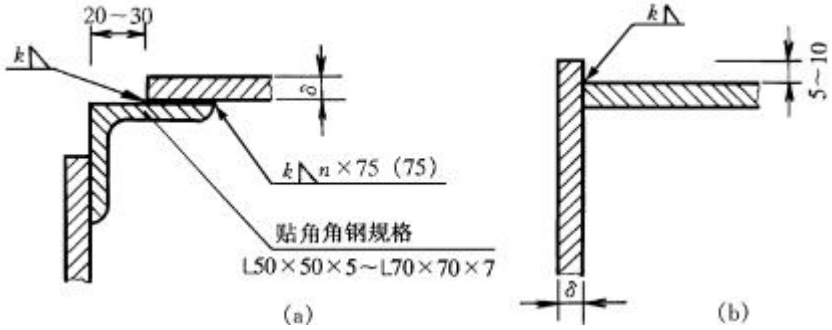
式中：□q_F——积灰荷载(在加固肋计算中$q_F = q_3$)，kPa；

□h_F——积灰高度，即为h_{sp}或h_{qx}，m；

□ρ_F——积灰重力密度，kN / m^3。

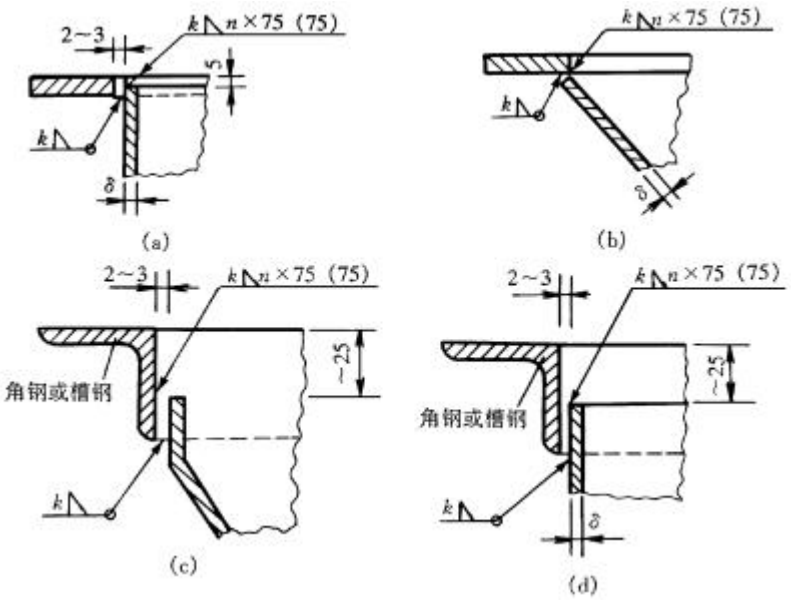
附录 G(标准的附录)

零件焊接图



(a)角钢内贴式(不宜用于小于 3m^2的矩形道体)；(b)直焊式

图 G-1 矩形管道的焊接

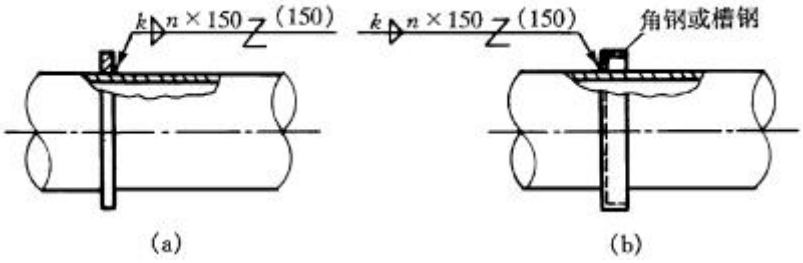


(a)扁钢法兰；(b)变径管的扁钢法兰；(c)变径管的型钢法兰；(d)角钢或槽钢法兰

图 G-2 法兰与管道的焊接

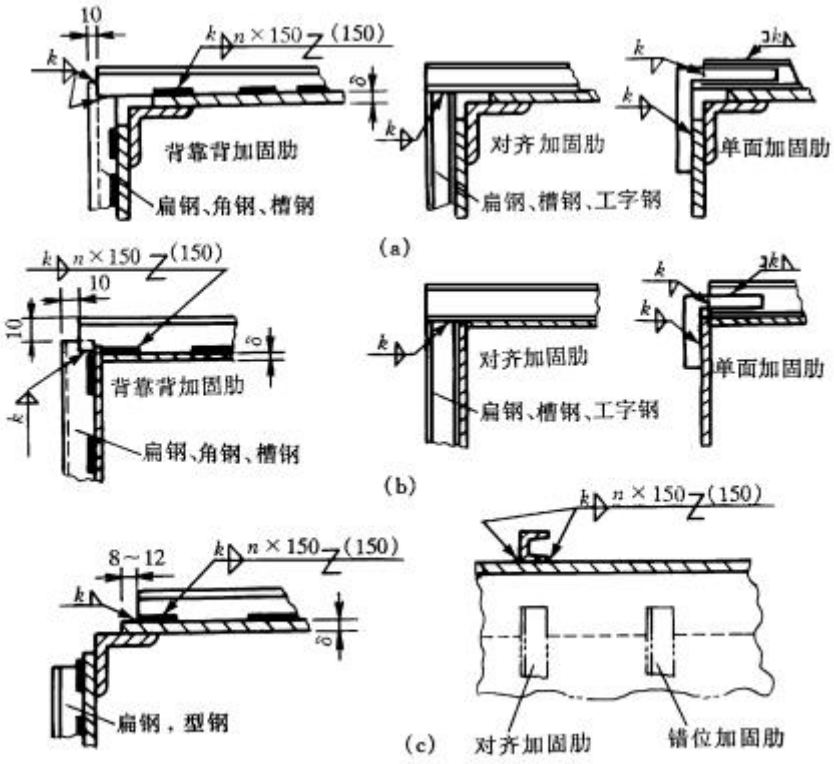
附录 H(标准的附录)

加固肋焊接图



(a)扁钢加固肋；(b)角钢或槽钢加固肋

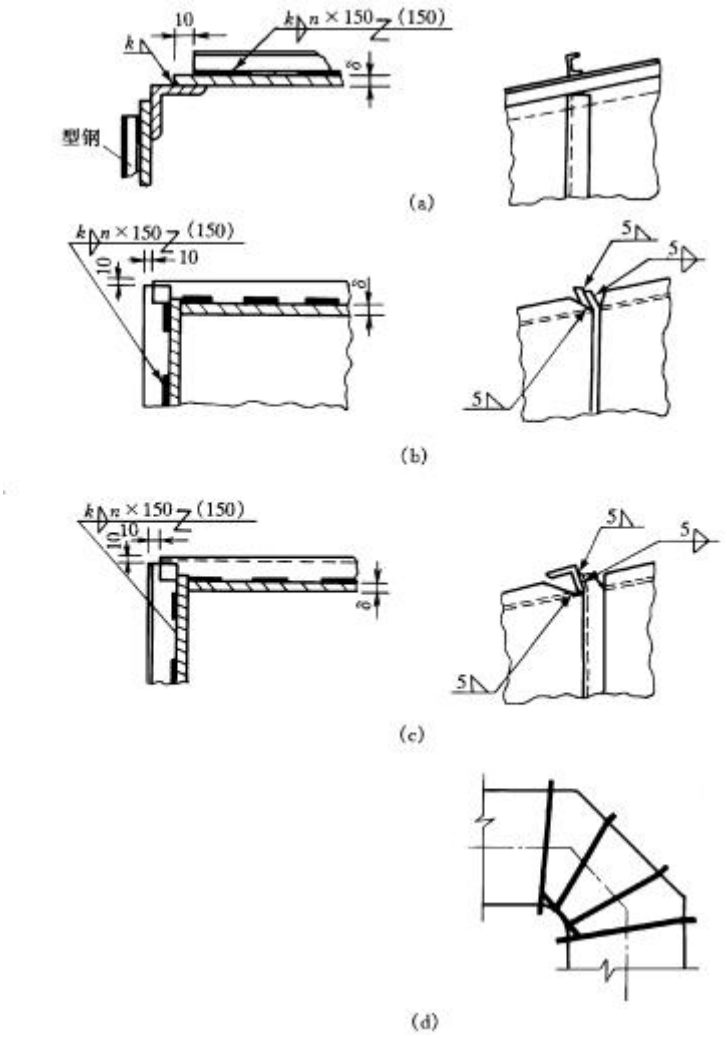
图 H-1 圆形管道加固肋焊接



(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 H-2 矩形道体的加固肋焊接



(a)槽钢、工字钢加固肋；

(b)扁钢加固肋；

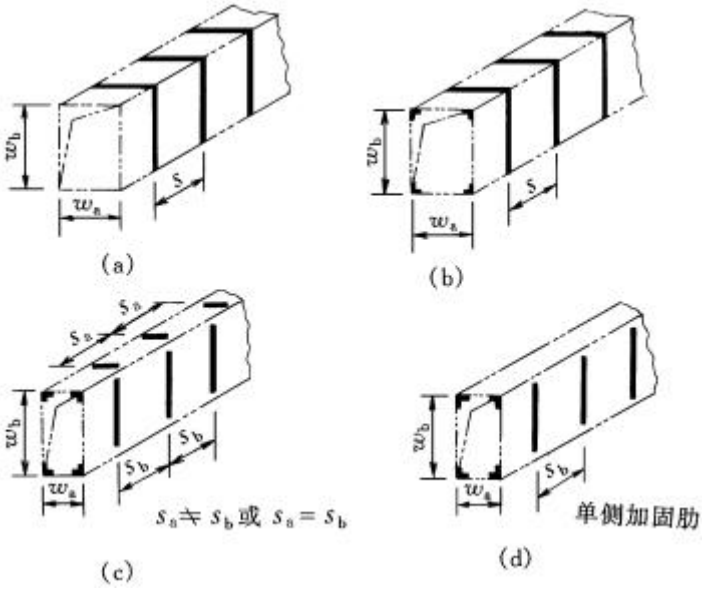
(c)角钢加固肋；

(d)弯头加固肋示例

图 H-3 异形管道的加固肋焊接

附录 J(标准的附录)

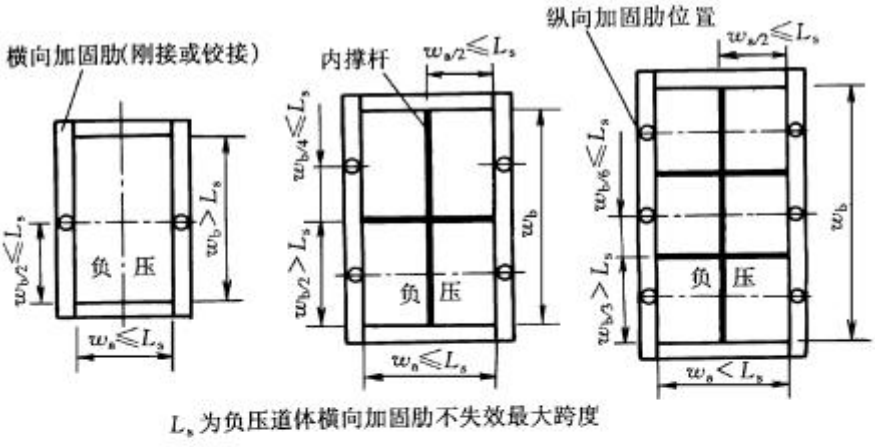
加固肋典型布置及内撑杆节点结构形式

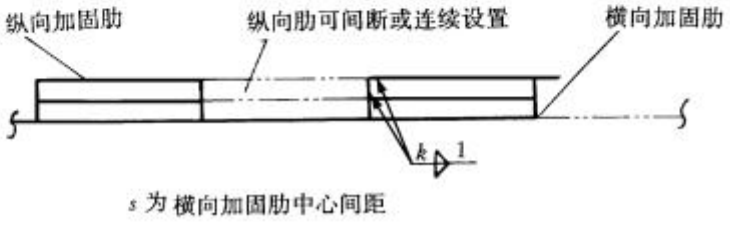


(a)直焊式道体刚接加固肋；(b)角钢内贴式道体刚接加固肋；

(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 J-1 横向加固肋典型布置





(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 J-2 纵向加固肋典型布置