ICS 13.230
CCS C67

T/IPF

国际粉体检测与控制联合会团体标准

T/IPF 500—2024

可燃性粉尘除尘系统防爆设计指南

Guidelines for Explosion Prevention and Protection Design of Combustible Dust Collection Systems

2024－4－29 发布 2024－10－1 实施

国际粉体检测与控制联合会 发 布

目　　次

前　　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由国际粉体检测与控制联合会提出并归口。

本文件起草单位：东北大学、汇乐因斯福环保安全研究院（苏州）有限公司、沈阳因斯福环保安全科技有限公司。

本文件主要起草人：钟圣俊、蒋关宇、王健、陈大文。

可燃性粉尘除尘系统防爆设计指南

1 范围

本文件规定了可燃性粉尘除尘系统防爆设计的基本要求。

本文件适用于：

a) 用于除去产尘点悬浮粉尘或保持密闭产尘设备微负压防止粉尘逸出的除尘系统；

b) 用于粉体生产与处理工艺将粉料从空气中分离的收尘系统；

c) 气力输送系统；

d) 中央真空清扫系统。

本文件不适用于清理沉积粉尘的移动式工业吸尘器。

本文件不适用于炸药粉尘、烟花爆竹、发火物质及其它不需要助燃气体能自身发生着火或爆炸的粉尘。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3836-12 爆炸性环境 第 12 部分：可燃性粉尘物质特性 试验方法

GB 3836-35 爆炸性环境 第 35 部分：爆炸性粉尘环境场所分类

GB/T 15604 粉尘防爆术语

GB/T 15605 粉尘爆炸泄压指南

GB/T 25445 抑制爆炸系统

GB/T 37241 惰化防爆指南

VDI 2263 Dust fires and dust explosions Hazards - assessment - safety measures（粉尘火灾与爆炸 危害 - 评价 - 安全措施）。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可燃性粉尘 combustible dust

标称尺寸 500 μm 及以下，在大气条件下可能与空气（或其它与工艺相关的气态氧化剂）形成爆炸性混合物的细微固体颗粒、纤维或飞絮。

[来源：GB/T 3836.12-2019，定义 3.1，GB/T 3836.1-2021，定义 3.20.1，修改]

3.2

杂混物 hybrid mixture

可燃性混杂物

可燃性粉尘、可燃性气体或可燃性液体蒸气与空气（或其它与工艺相关的气态氧化剂）混合而成的非均相混合物。当可燃气体和可燃粉尘的浓度达到其爆炸极限的一定比例时，混合物具备爆炸性。

注1：杂混物的点燃风险可能超过具有相同浓度的单相可燃物质，详见 GB/T 3836.35-2021 附录 A（IEC 60079-10-2:2015 Annex C）。

注2：在只有当可燃性气体或可燃性粉尘的含量均达到一定的浓度时，才形成可燃性（爆炸性）杂混物。NFPA 652-2019 规定当可燃气体浓度 ≥ 燃烧下限（LFL）的 10%，总的悬浮颗粒（或蒸气液滴）浓度 ≥ 最小可爆浓度（MEC）的 10% 时，混合物为杂混物。GB/T 3836.35-2021 的资料性附录 A 指出，如果气体 / 蒸气的浓度超过气体 / 蒸气的 LEL 的 25% ，则建议认为杂混物是爆炸性的。

[来源：GB/T 3836.35-2021，定义 3.2，GB/T 37241-2018，定义 3.13，修改]

3.3

除尘系统　dust collection system

用于捕集、输送并分离气固两相流中固体颗粒（或纤维、飞絮）的设备组合，通常由吸尘罩或吸尘柜、风管、风机、除尘器、输送装置、粉尘仓及控制装置组成。

注1：用于粉体制备工艺的除尘系统无吸尘罩或吸尘柜。在有些情况下，除尘系统无风管。

注2：除尘系统的定义既包含多个吸尘点位的除尘系统，也涵盖用于单个工艺点位或某一区域的除尘装置，例如木材加工非封闭式单机除尘器、壁柜式除尘器、金属打磨除尘一体机、抛丸一体机。

3.4

自动清灰阀　automatic dust cleaning valve

一种设置在主管道末端，或者主管道侧壁专用支管的阀门。在除尘系统的专用清扫时段，停止工艺设备，关闭工艺设备的吸尘口，开放清扫阀门，以高速气流进行管道清扫。

3.5

燃烧级别　burning class

按 VDI 2263-1 规定的标准测试方法测得的表征粉尘层点燃后燃烧行为的分级数。

注：参见 VDI 2263，定义 burning class number。

3.6

爆炸下限　lower explosion limit, LEL

按标准方法测定的恰好能发生爆炸的可燃性物质（可燃性气体／蒸气或可燃性粉尘）与空气混合物中，可燃性物质的最小浓度。

注1：可燃气体／蒸气的爆炸下限也被称为燃烧下限（lower flammable limit, LFL），粉尘的爆炸下限也被称为最小可爆浓度。

注2：可燃气体／蒸气的爆炸下限通常采用体积比计算，可燃粉尘的爆炸下限采用单位体积的质量计算。

3.7

最小可爆浓度　minimum explosible concentration, MEC

粉尘的爆炸下限。

3.8

粉尘最小点燃能量　minimum ignition energy, MIE

在规定的试验条件下，粉尘云处于最容易着火浓度条件下，使粉尘云着火的点火源能量的最小值。

3.9

极限氧浓度　limiting oxygen concentration, LOC

可使粉尘云爆炸的混合物中氧含量的最小体积浓度。

3.10

最大爆炸压力　maximum explosion pressure, p_{max}

在规定的试验条件下，系统改变可燃性物质浓度所测得的爆炸压力的最大值。

3.11

受控爆炸压力　reduced explosion overpressure, p_{red}

采取了爆炸泄压或爆炸抑制等爆炸控制措施后，受保护围包体内发生爆炸的压力峰值。

注：如爆炸控制措施为爆炸泄压，受控爆炸压力也称泄爆压力。如爆炸控制措施为爆炸抑制，受控爆炸压力也称抑爆压力。

3.12

最大受控爆炸压力　maximum reduced explosion overpressure, $p_{red,max}$

在爆炸极限内系统地改变可燃物的浓度，测得受控爆炸压力的最大值。

注：如果爆炸控制措施为爆炸泄压，最大受控爆炸压力也称最大泄爆压力。如爆炸控制措施为爆炸抑制，最大受控爆炸压力也称最大抑爆压力。

3.13

惰化　inerting

一种爆炸预防方法，向存在可燃性物质和气态氧化剂的容器或设备（被保护系统）充入惰化气体或惰化粉体，使得混合物不能形成爆炸性环境，或使爆炸性环境在正常运行条件下难以被点燃。

注1：气态氧化剂通常为空气。

注2：惰化气体为不燃气体，不与被保护系统中的任何物质反应。典型的惰化气体如氮气、二氧化碳、氩气等稀有气体。

注3：惰化粉体为不燃粉体，不与被保护系统中的任何物质反应。典型的惰化粉体如碳酸钙、滑石粉等。

3.14

气氛惰化　atmosphere inerting

采用惰化气体降低被保护系统中气态氧化剂浓度的惰化方法。

3.15

粉体惰化　powder inerting

采用惰化粉体与被保护系统中可燃性粉尘混合，使得可燃性粉尘混合物失去或减弱爆炸特性的惰化方法。

3.16

完全惰化　absolute inerting

完全气氛惰化或完全粉体惰化。

3.17

完全气氛惰化　absolute atmosphere inerting

一种气氛惰化方法，使被保护系统内惰化气体的浓度足够高，无论可燃物与气体氧化剂的比例如何变化都不会形成爆炸性环境。

3.18

完全粉体惰化　absolute powder inerting

一种粉体惰化方法，向可燃性粉尘中添加惰性粉体的比例足够高，使得形成的粉尘混合物为不可燃粉尘。

4　通用要求

4.1　设计目标

除尘系统的防爆设计应满足以下目标：

——生命安全：人员不应受到火灾、爆炸的致命伤害。

——建筑结构完整性：建筑结构应在发生火灾或爆炸时保持其结构的完整性。

——控制火灾和爆炸传播：应控制火灾和爆炸不传播到建筑内相邻的区域，或传播到相邻的建构筑物。

——任务连续性：生产和设备的作业能力的损失控制在可接受的程度。

4.2　系统设计

4.2.1　管道的互联

4.2.1.1　以下管道不应互联共用同一除尘系统：

a)　处理不相容的物料（混合后可能发生加剧爆炸危险）的管道；

b)　处理含有浓度超过 25% 爆炸下限（LEL）的可燃气体 / 蒸气的管道和处理可燃性粉尘的管道；

c)　处理含有火花等点火源的粉尘的管道和处理可燃性粉尘的管道；

d)　除 4.2.1.2 所述情形之外的，连通不同防火分区的除尘管道。

注：本条中的爆炸下限的取值，应考虑管道途径高温区域等情况下导致温度升高的影响。

4.2.1.2　当中央清扫系统满足以下条件之一时，可以连通不同防火分区：

a)　最大管径不超过 100 mm，或，

b)　当最大管径超过 100 mm 时，经风险评估认为风险在可接受范围内。

4.2.1.3　通风与空调系统不应用于局部产尘点的粉尘捕集。

4.2.2　材质

4.2.2.1　除尘器、管道等材质应为钢质材料。

4.2.2.2　除尘管道上的观察窗、软连接可采用可燃材料。

4.2.2.3　在静电喷粉工艺中，当有避免粉末粘黏需要时，喷粉房宜采用内衬薄层的金属主体，而不宜采取可燃材料作为主体。

4.2.3　开机与停机时序

4.2.3.1　除尘系统与气力输送系统的开机程序应设计为：当粉尘进入系统前，管道风速应达到其设计值。

4.2.3.2　正常停机程序应设计为：当除尘系统、气力输送系统停机前，系统内的物料都被清空。

注：该条款不适用于紧急停机程序。

4.2.4　密封要求

除了吸尘口、卸料口和排风口，除尘系统的所有部件的设计应保持对粉尘与气体密封。

4.3　吸尘点／吸尘罩

4.3.1　风量

4.3.1.1　每个吸尘点的的风量应能满足产尘点粉尘捕集的要求。

4.3.1.2　设计文件应明确每个吸尘口的风量。

4.3.2　面风速

每个吸尘口的面风速（或者吸尘口的风量）应能满足产尘点粉尘捕集的要求。

4.4　风管

4.4.1　防止管道积尘

4.4.1.1　除尘系统的设计应满足：所有风管的风量及风速使风管内不出现粉尘堵塞、管道内壁无粉尘积聚。

4.4.1.2　变径管道的设计应能防止粉尘集聚，锥角不应大于 30°。

4.4.1.3　如管道有结露风险，应采取防结露措施。

4.4.2　管道及其支承结构的强度

4.4.2.1　干式除尘系统的进风风管的设计强度应符合下列要求：

a)　如除尘器进风管道设置了隔爆阀，隔爆阀与除尘器之间的风管强度应不小于除尘器的强度；
b)　如除尘器进风管道未设置隔爆阀，进风管道的强度应不低于除尘器本体的强度；
c)　分段风管之间的连接、检查口与清理口的强度应不低于管道强度。

4.4.2.2　管道的支承设计应能支撑管道、其输送物料和安装在管道的其它装置的预期重量。

4.4.2.3　当管道内设置自动喷淋系统时：

a)　管道的支承设计应考虑管道内预期积水重量，或，
b)　在管道较低位置设计排水阀。

4.4.3　软管与软连接

4.4.3.1　软管与软连接的长度不宜超过 3m，且应仅用于吸风罩与管道之间、振动隔离、称重隔离与管道和移动设备的连接。

4.4.3.2　软管与软连接宜为导静电材质。如不为导静电材质，应在软管两端采取等电位跨接措施。

4.4.4　穿越防火隔墙的管道

4.4.4.1　管道穿越防火隔墙时，应在穿越位置采取防火隔离／防爆隔离措施。

4.4.4.2　如管道能承受预期的最大受控爆炸压力，允许不采取爆炸隔离措施。

4.5　风机

4.5.1　点火源预防与控制

如通过风机的可燃气体的浓度不小于其爆炸下限（LEL）的 10%，或可燃粉尘浓度不小于其爆炸下限的 10%，应采取以下措施之一控制点火源：

a)　风机叶轮或喉口采用不产生火花的材质。
b)　在风机的下游设置火花探测与消除装置。

注：本条中可燃气体的爆炸下限或可燃粉尘的爆炸下限，应采用通过风机时所处温度条件下的值。

4.5.2 检查与维护结构

风机应设计有方便检查和维护的检查口或检修门。

4.6 其它部件

4.6.1 风阀

4.6.1.1 风阀应不泄漏粉尘。
4.6.1.2 风阀的尺寸应设计为：当风阀全开时风量达到设计风量。
4.6.1.3 风阀的开度应有指示。
4.6.1.4 手动调节的风阀应设置锁定装置，并挂牌指示设定时间，标记设定位置，以防止在风量调节达到平衡后被错误调节。

4.6.2 检查口／视窗

检查口与视窗的强度应不低于其所安装的设备本体的强度。

4.7 粉尘危害分析

4.7.1 一般规定

4.7.1.1 应识别、评估除尘系统存在的粉尘火灾与爆炸风险，包括：

——按 GB 3836-12 规定的方法判定粉尘是否为可燃性粉尘，即判断粉尘是否具备爆炸性。如粉尘为可燃性粉尘，应根据所选用的爆炸防护方法获取粉尘火灾与爆炸特性参数数据。
——除尘系统火灾风险；
——除尘系统爆炸风险；
——火灾或爆炸由除尘系统传播至其它设备或人员作业区域的风险。

4.7.1.2 应根据火灾与爆炸风险制定火灾与爆炸的预防和控制措施。

4.7.2 确定粉尘危险特征参数

4.7.2.1 如采取爆炸泄压、爆炸抑制、耐爆炸设计或爆炸隔离等爆炸控制措施，应确定粉尘的最大爆炸压力（p_{max}）和爆炸指数（K_{St}）数据。
4.7.2.2 如在爆炸危险区域使用防爆电气设备，或在爆炸危险区域存在高温热表面，应确定粉尘的最低点燃温度（MIT）数据。最低点燃温度（MIT）按式(1)计算：

$$\mathrm{MIT}=\begin{cases}\min\left(\mathrm{MIT_L}-75℃,\ \frac{2}{3}\mathrm{MIT_C}\right) & \mathrm{MIT_L}\text{采用 5mm 厚粉尘测试}\\ \min\left(\mathrm{MIT_L}-25℃,\ \frac{2}{3}\mathrm{MIC_C}\right) & \mathrm{MIT_L}\text{采用 12.5mm 厚粉尘测试}\end{cases} \quad\cdots\cdots(1)$$

4.7.2.3 应确定粉尘的爆炸下限（MEC）数据。
4.7.2.4 如采用完全气氛惰化的方法作为爆炸预防措施，且形成爆炸性环境的氧化性气体为氧气，应确定粉尘的极限氧浓度（LOC）数据。
4.7.2.5 如粉尘极易被点燃且需要评估静电或机械火花点燃风险，应确定粉尘的最小点燃能量（MIE）数据。例如硫磺、3D 打印用粉尘、镁粉、铝粉、墨粉、激光焊接粉尘等。
4.7.2.6 如需要评估静电累积风险，应确定粉尘的电阻率。
4.7.2.7 确定粉尘燃烧与爆炸性参数的方法包括实验测试或类似工艺除尘系统所收集粉尘的数据。

5 干式除尘系统

5.1 一般规定

5.1.1 干式除尘器的爆炸预防与控制应符合 8.1.1 的规定。
5.1.2 干式除尘器应按 5.5 设置火灾和爆炸监测装置。
5.1.3 当干式除尘系统设置有粉尘仓时，粉尘仓应按 5.5 设置火灾和爆炸监测装置。
5.1.4 金属粉尘不应采用静电除尘器。
5.1.5 金属粉尘不应采用非封闭式除尘器。

5.1.6 除非经风险评估表明风险可接受，且除尘器内 500 μm 以下的的粉尘总量不超过 0.22 kg，金属粉尘不应采用干式一体式除尘器或含尘空气室与作业环境直接连通的壁柜式除尘器。
5.1.7 除非风险评估表明风险可接受，爆炸指数（K_{St}）大于 15 MPa·m/s 的铌、钽、钛、锆、铪粉尘不应使用干式除尘器。

5.2 卸灰装置

5.2.1 干式除尘器应设置锁气卸灰装置。
5.2.2 卸灰装置应能处理系统的最大物料流量。
5.2.3 卸灰装置应能防止爆炸从除尘器传播到下游设备或人员作业场所。
5.2.4 卸灰装置的强度应不低于除尘器本体的强度。

5.3 粉尘输送系统

5.3.1 一般规定

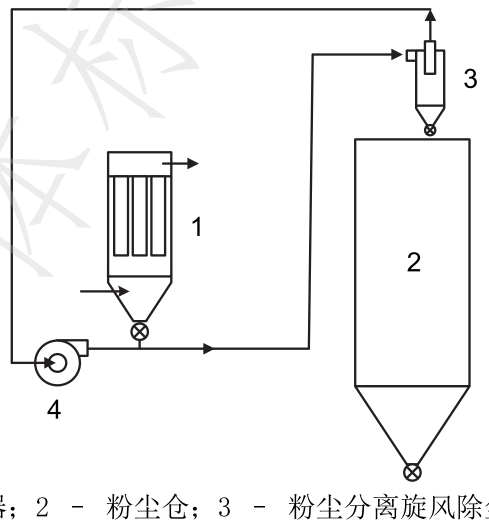
5.3.1.1 由除尘器卸灰装置至粉尘仓或其他下游工艺设备的粉尘输送系统可采用以下方式中的一种：

a) 机械输送系统，如螺旋输送器、刮板机等；
b) 气力输送系统。

5.3.1.2 气力输送系统可采用以下设计中的一种：

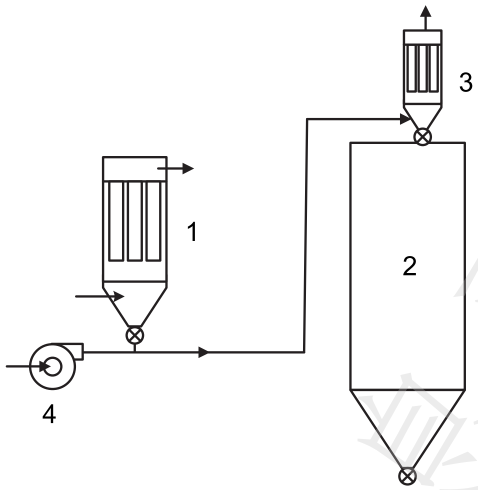
a) 采用闭路设计，在粉尘仓顶部采用旋风除尘器进行气粉分离，并将风机设置在卸灰装置上游（旋风除尘器下游紧邻其出风口一侧），如图 1；
b) 采用开路设计，在粉尘仓顶部采用袋式/滤筒除尘器进行气粉分离，并将风机设置在卸灰装置上游（含尘气流不经过气力输送风机），如图 2。

注：粉尘仓顶部的袋式/滤筒除尘器可采用含尘空气室与粉尘仓直接连通的插入式除尘器，或采用带锁气卸灰装置的除尘器。



1 - 粉尘收集袋式除尘器；2 - 粉尘仓；3 - 粉尘分离旋风除尘器；4 - 气力输送风机

图1 采用旋风除尘器进行气粉分离的闭路气力输送系统



1 – 粉尘收集袋式除尘器；2 – 粉尘仓；3 – 粉尘分离袋式除尘器；4 – 气力输送风机

图2 采用袋式除尘器进行气粉分离的开路气力输送系统

5.3.1.3 风量大于 5000 m^3/h 时，不应直接向粉尘仓吹送粉尘。

5.3.2 爆炸预防与控制

5.3.2.1 除尘器的粉尘输送系统的设计应考虑除尘器与粉尘仓之间的爆炸隔离。例如，在除尘器锁气卸灰位置采取 8.4.2 a)–d) 所述的爆炸隔离措施。
5.3.2.2 如采用气力输送系统，且含尘气流未经粉尘分离通过风机，则应采用不产生火花的风机，或者在风机下游设置火花探测与熄灭装置。
5.3.2.3 如采用刮板输送系统，刮板机箱体应采取泄爆措施。

5.4 粉尘仓

5.4.1 料仓之间不应直接连通。

注：例如，料仓之间的仓壁不应设置空气平衡孔。

5.4.2 通向未进料的料仓的进料管道应通过阀门封闭。
5.4.3 当多个料仓与同一除尘系统的进风管道相连，未进行除尘作业的风管应通过阀门封闭。
5.4.4 当设置在室内的料仓采用爆炸泄压措施保护时，泄压设计应满足以下要求：

a) 泄压口应通过泄压导管导出至室外，或采用无火焰泄压装置；
b) 如必须向为挡风雨封闭的不经常有人员作业的空间（如筒仓顶层）泄压，则此空间也应进行泄压。

5.4.5 当料仓上无法设置足够的泄压面积时，应首先考虑综合应用爆炸泄压和其它爆炸控制技术（例如爆炸抑制和耐爆炸设计）。当综合应用爆炸控制技术仍不可行（例如粮食筒仓），则应在风险评估报告中注明料仓内发生粉尘爆炸事故可能出现的后果，并采取降低爆炸风险的管理措施，包括：

a) 划定危险区域，设置警示标识，并限制作业人员在系统运行时进入危险区域；
b) 定期清理料仓内的积尘，包括上部空间内壁和顶盖内壁的积尘；
c) 设置最佳运行料位区间，并采取料位监测措施使得料仓在最佳区间内运行。

5.4.6 料位监测应符合以下要求：

a) 自动进料的料仓应采取料位监测措施，例如设置高料位计或观察口；
b) 当在料仓的出料阀门上方采取物料封堵爆炸隔离措施时，料仓应设置低料位计；
c) 料位计应与声光报警装置及其物料流上下游的物料输送系统联锁。

5.4.7 料仓内表面应易于清扫，不应有导致粉尘积聚的结构。
5.4.8 料仓应设置人孔用于检修、清理和维护。
5.4.9 对于可能产生架桥的粉尘，料仓应有防止粉尘架桥的设计。

5.5 安全监测与报警

5.5.1 火灾监测

5.5.1.1 火灾监测装置可采取以下方式中的一种或几种：

a) 温度监测；
b) 火花监测；
c) 火焰监测；
d) 其它火灾监测措施。

5.5.1.2 当监测到除尘器或料仓发生火灾时，除尘系统应停止运行。

5.5.2 爆炸监测

5.5.2.1 爆炸监测装置可采取以下方式中的一种或几种：

——压力监测；
——除尘器或料仓进风管道火焰监测；
——泄爆装置动作监测；
——与被监测装置关联的爆炸隔离装置动作监测。

5.5.2.2 当监测到除尘器或料仓发生爆炸时，除尘系统应停止运行，并同时向外接系统输出信号。

6 湿式除尘系统

6.1 一般规定

6.1.1 湿式除尘器宜设置在室外。

6.1.2 当湿式除尘系统处理遇水产生氢气的粉尘时，如湿式除尘器或循环水箱（池）设置在建筑内，或者室内进风管道设置有氢气排放口，建筑应设计有良好的自然通风防止氢气积累。如存在氢气积累的风险，应设置氢气浓度监测报警装置与强制通风设施。

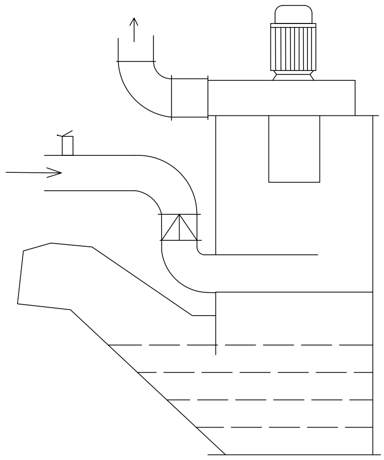
注：如每小时换气量不小于建筑的容积（即每小时换气至少 1 次），可视为通风良好。

6.1.3 湿式除尘器应设置水位监测与报警装置。采用循环水泵的湿式除尘器应设置循环水流量监测装置。采用过滤填料的湿式除尘器应设置过滤前后压力差值监测装置。

6.2 集中式湿式除尘系统

6.2.1 当湿式除尘系统处理遇水产生氢气的粉尘时，在除尘系统内部可能产生氢气集聚的位置，如进风管道和／或排风管道的局部最高点或除尘器本体可能集聚氢气的腔室的最高点，应设置氢气排放装置。

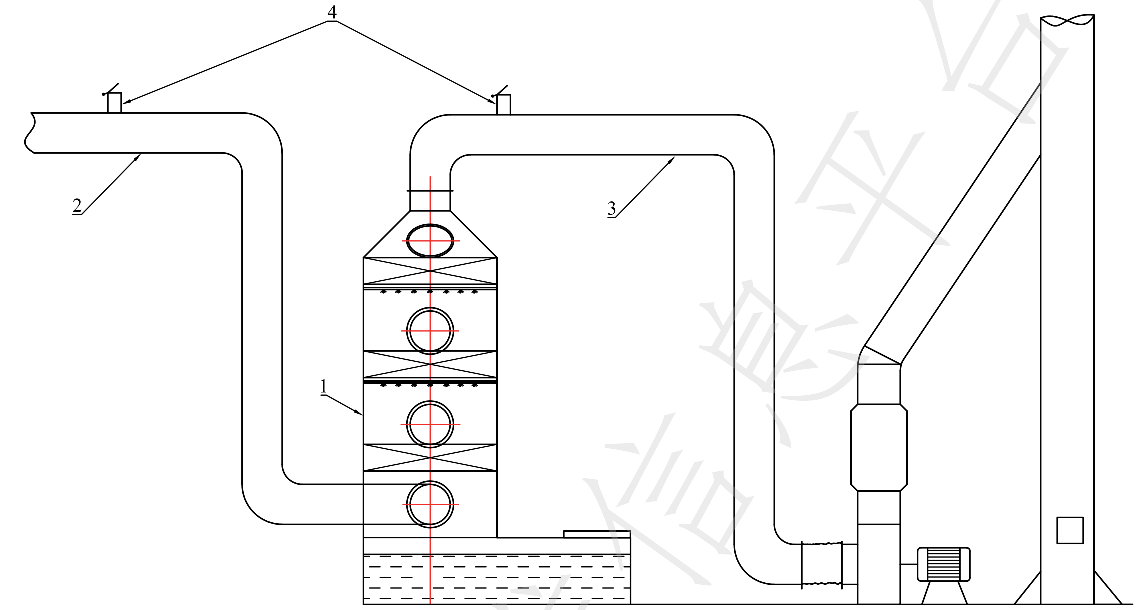
示例1：图 3 所示的文丘里式除尘器进风管道可能集聚氢气，因此设置了自动排氢阀。除尘器内的氢气可通过风机与排风管道排放，因此除尘器和排放管道未设置排氢阀。



1 － 文丘里式除尘器；2 － 进风管道；3 － 排风管道；4 － 自动排氢阀

图3 在文丘里式除尘器进风管道设置排氢阀示例

示例2：图 4 所示的喷淋塔式除尘器进风管道与排风管道都可能集聚氢气，因此都应设置自动排氢阀。除尘器内的氢气可通排风管道上设置的排氢阀排放，因此除尘器本体无须设置排氢阀。



1 – 喷淋塔式除尘器；2 – 进风管道；3 – 排风管道；4 – 自动排氢阀

图4　在喷淋塔式除尘器进风管道与排风管道设置排氢阀示例

6.2.2　应对水箱（水池）中的泥浆采取沉淀或过滤（含压滤）措施，以保证循环用水中的粉尘含量不影响除尘效率。

6.2.3　在湿式除尘器的下游，如须设置干式过滤装置，应满足以下要求：

a)　干式过滤器仅限于高效过滤器，不应设置喷吹等清灰功能；
b)　干式过滤器应设置压差和温度监测与报警装置；
c)　应在使用说明书中说明定期检查干式过滤器的粉尘积累情况，必要时更换。

6.3　单机湿式除尘器

6.3.1　单机湿式除尘器如设有过滤装置或除雾装置，应在使用说明书中说明该装置存在自燃风险，并要求用户在停机后清洗该过滤或除雾装置。清理要求应张贴在机身显眼位置。

6.3.2　多台单机湿式除尘器如通过水平干式管道汇总连接至排气筒，应满足以下要求：

a)　水平汇总排气管道应设计为易于拆下清理，例如采用 3 m 管段；
b)　应在汇总排气管道及排气筒可能积尘的部位设置检查口；
c)　连接至水平汇总管道的单机除尘器对应的岗位数量应不超过 9 人。

6.3.3　多台单机湿式除尘器如通过水平湿式管道汇总连接至排气筒，应满足以下要求：

a)　排出气体管道汇入汇总排气管道的方式应使得喷淋水不会回流至单机除尘器；
b)　喷淋头设计应确保管道内无干粉尘；
c)　水平汇总排气管道及排气筒应设置检查口，并可通过检查口检查内部泥浆积累情况；
d)　应设置汇总管道喷淋水流量监测与报警装置。

6.4　泥浆与含湿粉尘的处理

6.4.1　临时存储容器

用于转移和临时存储泥浆与含湿粉尘的容器应为敞开的柔性包装袋或带盖的、可排放氢气的钢制容器。当使用柔性包装袋时，其存储时间应小于一周。

6.4.2　泥浆与含湿粉尘的存储

在存储场所，不应有其它可燃物质。

7 爆炸预防

7.1 一般规定

7.1.1 当处理极易点燃粉尘（MIE ≤ 3 mJ）时，

a) 除尘系统应采取气氛惰化（例如，铝镁钛等金属粉尘的 3D 打印除尘系统、硫磺粉尘的除尘系统）或粉体惰化措施（例如，铝镁或不锈钢激光焊接等工艺的除尘系统）；

b) 气力输送系统应采取气氛惰化措施（例如硫磺粉尘的气力输送系统）。

7.1.2 当处理易点燃粉尘（MIE ≤ 10 mJ）时，除尘系统、稀相气力输送系统宜采取气氛惰化措施。

7.2 静电预防

7.2.1 除尘系统应采取防静电跨接与接地措施，除尘系统部件不应存在未接地的导体。

7.2.2 以下部位应采取防静电跨接措施：

a) 除 7.2.3 情况之外的管道法兰两端；

b) 软连接两端；

c) 阀门两端；

d) 干式除尘器的滤袋 / 滤筒支架与悬挂板之间；

e) 收尘桶或防静电吨袋与下料管道之间；

f) 一体式除尘器的风机底座与除尘器箱体之间。

7.2.3 当金属法兰采用金属螺栓或卡子相紧固时，可不另装静电连接线。在腐蚀条件下，应保证至少有两个螺栓或卡子间的接触面，在安装前去锈和除油污，以及在安装时加防松螺帽等。

7.2.4 跨接点两端的电阻应小于 0.03 Ω。

7.2.5 跨接线应紧固，且在振动下不易松脱（例如采用环形线鼻子）。

7.2.6 以下设备应通过接地母线（通常为扁钢）接地：

a) 除尘器；

b) 集中式除尘系统的风机和电机的底座。

7.2.7 在使用说明书中说明防静电跨接线和接地的防失效检查维护措施。

7.3 气氛惰化

7.3.1 采取气氛惰化保护的工艺系统内部应设置氧浓度监测与报警装置。

7.3.2 氧浓度的测点应设置在工艺系统中氧浓度最高的部位。

7.3.3 当工艺采取气氛惰化方法时，应在车间内可能发生惰化介质泄漏的位置，设置氧浓度监测装置。

7.4 粉体惰化

应采取以下措施之一保证惰化粉体与可燃性粉尘的比例（惰化比）不低于设计值：

a) 惰化粉体重量实时监测；

b) 采用螺杆进料器等可维持惰化粉体质量流量恒定的供粉装置，并对供粉容器进行料位监测；

c) 定期对惰化后的混合粉尘取样检测。

7.5 可燃物质浓度控制

输送可燃性杂混物的系统，可燃性粉尘浓度不应超过爆炸下限（MEC）的 25%，可燃性气体浓度不应超过其爆炸下限（LEL）的 25%。

7.6 点火源预防

7.6.1 用于可能产生火焰、火花或高温热颗粒的工艺的除尘管道，不应直接接入处理可燃性粉尘和杂混物的干式除尘系统。

7.6.2 应在进风管道设置点燃源探测与消除装置。

7.6.3 如可燃性粉尘除尘系统的吸尘口可能吸入热颗粒或火花等点燃源，除非除尘系统采取了完全惰化措施，应在进风管道设置火花探测与消除装置，包括但不限于以下情况：

a) 自动进料的砂光设备、多片锯、钻孔设备等木材加工设备的除尘风管。如产生火花的设备先进入室内刮板机，则火花探测与消除装置应设置在进入室内刮板机的除尘支管上。

b) 含尘气流通过风机，且粉尘浓度达到或超过爆炸下限的 10%。

c) 如风险评估表明，管道或输送设备存在火花或热物体等点火源，导致下游工艺设备存在显著火灾或爆炸风险。

7.6.4 与以下木材加工设备连接的除尘器应安装火花探测与消除装置：

——自动进料的砂光机；

——多片锯。

8 爆炸控制

8.1 一般规定

8.1.1 除了 8.1.2 所规定的例外情形，干式除尘器、粉尘仓应至少采取以下爆炸预防与控制措施中的一种：

a) 完全气氛惰化措施；

b) 完全粉体惰化措施；

c) 爆炸泄压措施；

d) 爆炸抑制措施；

e) 耐爆炸设计。

8.1.2 以下干式除尘器可不采取 8.1.1 所规定的措施：

a) 用于纤维粉尘的圆笼式除尘器，且其内部未设置脉冲喷吹装置；

b) 用于木材粉尘的非封闭式除尘器，其风量不超过 8640 m^3/h；

c) 用于非金属粉尘的含尘空气室与工艺设备直接连通的插入式除尘器，例如：人工投料的投料口；料仓、刮板机、封闭式皮带机、斗式提升机上的单点除尘器；

d) 用于非金属粉尘的，含尘空气室与作业场所直接连通的壁柜式除尘器；

e) 用于非金属粉尘的，含尘空气室容积不大于 0.2 m^3 的除尘器。

8.1.3 干式除尘系统的进风管道在符合以下情况之一时，应采取爆炸隔离措施：

a) 吸尘口与人员作业场所直接连通，例如人工打磨工位、人员打包工位；

b) 与吸尘口连接的工艺设备与作业场所连通，或抗压强度低，在预期的爆炸压力下会发生结构上的失效；

c) 与吸尘口连接的工艺设备为大容积设备（容积大于 20 m^3）设施，如发生爆炸将导致不可接受的损失，例如大型筒仓、卸料坑（槽）；

d) 除尘器采用耐爆炸设计，且与其相连的工艺设备未采取耐爆炸设计；

e) 风险评估表明，爆炸可能传播至人员作业场所、其它容尘设备或其它建筑，导致不可接受的人员伤亡或财产损失。

8.1.4 干式除尘系统的排风管道在符合以下情况之一时，应采取爆炸隔离措施：

a) 排风管道回风至建筑，且风险评估表明存在爆炸传播至建筑内的风险；

b) 除尘器采用耐爆炸设计。

8.1.5 当不符合 8.1.3 或 8.1.4 所列情况，且满足以下条件之一时，可不采取爆炸隔离措施：

a) 除尘系统采用完全气氛惰化方法防爆，系统中任何位置氧浓度低于极限氧浓度；

b) 除尘系统采用完全粉体惰化方法防爆，系统中除了产生尘点至惰性粉尘充入点之间的空间外，粉尘已经不具备可爆性；

c) 通过管道或其它通道相连的两个容器按 GB/T 15605 的规定按没有爆炸隔离的条件采取了增加泄压面积的泄压设计；

d) 满足以下所有条件的管道：

1) 所输送的粉尘不是金属粉尘、St_3 粉尘（K_{St} > 30 MPa·m/s）或可燃性杂混物；

2) 连接管道的直径小于 100 mm，且长度大于 5 m；

3) 输送速度足以防止可燃性粉尘在管道中沉积；

4) 与管道相连的设备采用了除抗爆以外的爆炸控制措施；

e) 除尘风管上游的作业区域不存在可能被除尘器爆炸压力波扬起的大量粉尘沉积。

8.2 爆炸泄压

8.2.1 爆炸泄压设计应符合 GB/T 15605 的要求。
8.2.2 爆炸泄压设计应提供爆炸泄压计算书。
8.2.3 爆炸泄压面积的设计应使得最大受控爆炸压力（采取爆炸泄压措施后的最大爆炸压力）不超过设备的抗压强度。
8.2.4 过滤式除尘器的泄爆装置应设置在除尘器的含尘空气室。在干净空气室设置泄爆装置应仅作为冗余设计。
8.2.5 如除尘器无锥型灰斗，含尘空气室与粉尘仓或其它工艺设备直接连通，应允许将除尘器与工艺设备的爆炸泄压统一设计计算。

注：泄爆口可设计在除尘器或工艺设备之一上，也可同时设计在两者之上。

8.2.6 如除尘器或粉尘仓等被保护容器设置在建筑内，应将爆炸泄压口通过泄压导管导至建筑外，或采用无火焰泄压装置。
8.2.7 如爆炸泄压口朝向窗户或人行通道等作业人员可能出现的位置或关键设施，并可能造成人员伤害或危害关键设施，应设置泄压导向板将泄压导向安全的区域。
8.2.8 不设计为具备爆炸泄压功能的检查口的强度应不低于被保护设备的抗压强度。
8.2.9 除非检查口设计为既用于检查，也用于爆炸泄压，否则不可将检查口作为泄压口使用。

8.3 爆炸抑制

8.3.1 爆炸抑制设计应符合 GB/T 25445 的要求。
8.3.2 除尘器或粉尘仓等设备如采用爆炸抑制措施保护，应提供爆炸抑制设计计算书。
8.3.3 爆炸抑制的设计应使得最大受控爆炸压力（采取爆炸抑制措施后的最大爆炸压力）不超过设备的抗压强度。

8.4 爆炸隔离

8.4.1 爆炸隔离装置的安装条件（如安装距离、角度、方向等）应符合其实现正常功能的要求。
8.4.2 干式除尘器的卸灰装置应能防止爆炸从除尘器传播到人员作业场所或下游工艺设备，可采用以下设计中的一种：

a) 具备隔爆性能的旋转下料阀，且除尘器设计爆炸监控装置，当除尘器发生爆炸时旋转阀停止工作；
b) 不具备隔爆性能的旋转下料阀，且在除尘器料斗设计低位料位计，当料位低于设定的低料位时，旋转阀停止工作。低料位设定值为：

$$H_{\mathrm{Low}}=\max(0.3, D_{\mathrm{blade}}\times 1000/\rho_{\mathrm{dust}}) \quad (2)$$

式中：
D_{blade} – 旋转阀叶轮直径，m；
ρ_{dust} – 粉尘的堆积密度，kg/m^3。

c) 双阀结构，并确保至少一个阀门处于关闭状态；
d) 物料封堵，物料高度不小于 0.3 m；
e) 设置了料位监测装置的收尘桶，且收尘桶的强度不低于除尘器本体的强度。

9 火灾防护

9.1 火灾预防

9.1.1 粉尘爆炸危险场所不应大量存储静电喷涂粉、可燃包装物等可燃材料。临时存储量不应当班所需的用量。
9.1.2 除尘器收集的废弃物粉尘，不应存放在除尘器附近。废弃物粉尘应单独存放在安全区域。

9.2 火灾控制

9.2.1　干式除尘器和粉尘仓应采取灭火措施。

9.2.2　如果粉尘的燃烧级别大于 3，应同时在干式除尘器的含尘空气室和干净空气室设置灭火装置引入口。

9.2.3　除了铁制品抛丸粉尘，可燃性金属粉尘灭火不应采用水基灭火设备。

注：应用本条时应同时满足所在地区的其它规范要求，例如：在中国，铁粉火灾也不可使用水基灭火设备。

9.2.4　非金属粉尘干式除尘器系统附近应配备用于人工灭火的消防栓。

9.2.5　金属粉尘干式除尘系统附近应配备 D 类灭火器或消防沙。

9.2.6　如干式除尘系统通过排气管回风至建筑内，且存在火灾扩散到建筑的风险，应在回风管道设置防火阀。

10　技术文件

10.1　一般规定

10.1.1　除尘系统供应商应提供除尘系统技术文件，包括：

a)　除尘系统设计说明书；
b)　除尘系统使用说明书。

10.1.2　如除尘系统供应商同时负责现场安装与调试,应协助最终用户完成交付验收文件(竣工报告)。

10.2　除尘系统设计文件

10.2.1　功能目标

设计文件应明确功能目标，包括：

——粉尘的粒径分布范围；
——进风管道粉尘浓度；
——最大处理风量。

10.2.2　设计方案

10.2.2.1　除尘系统设计说明书应提供以下资料：

a)　除尘器类型结构与特征尺寸、特征参数与相关信息；
b)　阻力损失计算；
c)　各吸尘点风量、吸尘罩的面风速、设计风速、主管风速，整个管路系统的最低风速及其位置；
d)　主管风速、除尘器进出风口压差等工艺参数的设计值和合理变化范围；
e)　除尘系统平面图和立面图；
f)　除尘系统防爆措施。

10.2.2.2　除尘系统设计说明书宜提供以下资料：

a)　除尘系统风网图；
b)　管道与仪表图（P&ID）；
c)　除尘系统设备布置区域的粉尘爆炸危险场所 20 区、21 区范围。

10.2.2.3　对于进风管道与排风管道没有支路的单机除尘器，可不提供风网图。

10.2.2.4　如采取了爆炸泄压措施，设计说明书应提供：

a)　爆炸泄压设计的计算书，包括被保护设备的容积、设计抗压强度（p_s）、设计的最大受控爆炸压力（$p_{red,max}$）、泄压设备的类型（爆破板、泄爆门或无焰泄爆装置）、泄压设备的静开启压力（p_{stat}）、粉尘的最大爆炸压力（p_{max}）粉尘的爆炸指数（K_{St}）等信息；
b)　爆炸泄压装置的认证证书或型式试验报告。

10.2.2.5　如采取了爆炸抑制措施，设计说明书应提供：

a)　爆炸抑制设计的计算书，包括被保护设备的容积、设计抗压强度（p_s）、设计的最大受控爆炸压力（$p_{red,max}$）、抑爆器的规格型号与数量、抑爆系统触发压力（p_{act}）、粉尘的最大爆炸压力（p_{max}）、粉尘的爆炸指数（K_{St}）等信息；
b)　爆炸抑制装置的认证证书或型式试验报告。

10.2.2.6　如采取了气氛惰化措施，设计说明书应提供：

a) 粉尘的极限氧浓度；
b) 被保护系统设计的氧浓度及其允许的波动范围。

注：粉尘的极限氧浓度与惰化气体的类型有关，因此所提供的极限氧浓度应为对应所用惰化气体的极限氧浓度。

10.2.2.7 如采用粉体惰化措施，设计说明书应提供：

a) 惰化粉体与可燃粉尘的比例（惰化比）；
b) 以及对应于该惰化比，混合粉尘是否具备爆炸性；
c) 如为部分惰化，应给出混合粉尘的爆炸性参数数据。

10.2.2.8 如风机为防爆风机，应说明其防爆原理、注明防爆合格证编号，并提供相应支撑材料。

10.2.2.9 应说明所采用的电气设备（如控制箱、电机、脉冲阀等）允许使用的爆炸危险分区。如果采用了防爆型电气设备，应给出其防爆型式、防爆合格证书。

10.2.2.10 应说明除尘系统所采用的防静电措施：

a) 除尘器过滤介质的防静电性能；
b) 除尘器箱体内是否有防静电跨接；
c) 收尘筒（袋）的防静电性能。如果收尘袋为集装袋，应说明集装袋的防静电类型。

10.2.2.11 除尘系统风网图应符合以下要求：

a) 风网图应标明各吸尘点风量，吸尘管道各管段长度、直径、风速；
b) 风量控制阀门、三通、弯头、检查清扫口、压差监测装置、风速测量孔及其它除尘系统附加装置、监测或控制装置的位置；
c) 风机压头与风量。
d) 电机功率。

10.2.2.12 如除尘系统采取了防爆措施，应在风网图、平面图和立面图中标明防爆装置的安装位置。

10.2.2.13 袋式除尘器特征与相关信息参数应包括：

a) 抗压强度 p_s，应不小于最大受控爆炸压力（$p_{red,max}$）；
b) 脏室容积 V_d；
c) 过滤面积 A_f；
d) 过滤风速 v_f（m/min）；
e) 过滤介质信息。

10.2.2.14 袋式除尘器特征与相关信息宜包括布袋或滤筒长度、直径。

10.3 除尘系统使用说明书

10.3.1 安全注意事项

安全注意事项应包括：

a) 使用过程中存在的风险及应对措施，例如火灾与爆炸等事故情况下的应急处理方法。
b) 存在可燃性金属粉尘时，不应采用水灭火。

10.3.2 维护与保养

维护与保养信息应包括：

a) 明确维护、保养与维修周期；
b) 给出滤袋滤芯等须定期更换的零部件的供应商名称和型号。

10.4 除尘系统安装交付验收文件

10.4.1 除尘系统安装完成后应形成安装验收文件。

10.4.2 安装验收文件应包括实际安装与设计文件的一致性说明。

10.4.3 安装验收文件应包括不同位置风速、除尘器压差等实测数据。