

《粉尘爆炸风险评估指南》GB/T××××—20**

东北大学 安全工程研究中心

李 刚

024-83681830 [13079217678 \(微信\)](https://www.weibo.com/u/13079217678) ligang@mail.neu.edu.cn

1 范围

本标准规定了粉尘爆炸风险评估的原则、一般方法和技术要求。

本标准适用于指导粉尘爆炸事故危险源辨识、风险评估和控制措施选择等相关工作。

2 规范性文件

本指南引用了下列文件中的相关条款，凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本指南。

AQ8001 安全评价通则；

GB/T27921 风险管理 风险评估技术；

GB/T15604 粉尘防爆术语；

GB50058 爆炸危险环境电力装置设计规范；

GB 15577 粉尘防爆安全规程；

GB12476.3-2007 可燃性粉尘环境用电气设备；

……

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本指南。

3.1 可燃性粉尘 (combustible dust)

无论大小和形状，悬浮在空气或其他氧化性介质中能产生火灾或爆炸危险性的固体颗粒物。(借鉴 NFPA654)

3.2 爆炸性粉尘环境 (explosive dust atmosphere)

在大气环境条件下，可燃性粉尘与空气形成的混合物被点燃后，能够保持燃烧自行传播的环境。(GB50058-2014，定义 2.0.24)

3.3 粉尘爆炸 (dust explosion)

粉尘颗粒悬浮在空气中快速燃烧导致火焰传播，在相对密闭的空间发生压力上升的现象。

3.4 粉尘爆炸危险源 (dust explosions hazards)

导致粉尘爆炸事故的不安全因素，涉及到可燃粉尘、设备、工艺、管理等方面。

3.5 粉尘爆炸危险源辨识 (dust explosions hazard identification)

发现、列举和描述粉尘爆炸危险源的过程。

3.6 粉尘爆炸风险分析 (risk analysis on dust explosions)

分析粉尘爆炸事故发生可能性和后果严重度，并进行分级的过程。

3.7 粉尘爆炸风险评价 (risk assessment on dust explosions)

利用粉尘爆炸风险分析结果和已有的风险准则相比较，以确定风险是否可接受或容忍的过程。

3.8 粉尘爆炸风险评估 (risk assessment on dust explosions)

包括粉尘爆炸危险源辨识、粉尘爆炸风险分析和风险评价的全过程。

4 总则

4.1 粉尘爆炸风险评估的目的和作用

粉尘爆炸风险评估旨在为企业有效控制粉尘爆炸风险提供基于证据的信息和分析。

1) 粉尘爆炸风险评估的主要作用包括：

2) 认识引发粉尘爆炸的危险源及其对安全生产的影响；

3) 识别导致粉尘爆炸事故的主要因素，以利于防治措施的选择；

4) 增进对粉尘爆炸事故风险的理解，有助于确定风险是否可接受，并确定风险控制的不同方式；

5) 满足政府或行业监管要求。

4.2 粉尘爆炸风险评估的基本原则

4.2.1 专业性

承担粉尘爆炸风险评估的机构和人员应具备相关的专业、能力及必要的资质和经验。

4.2.2 真实性

粉尘爆炸风险评估应依据粉尘爆炸特性、生产工艺特征等客观资料和数据，提出符合生产实际的评估结果。

4.2.3 完整性

粉尘爆炸风险评估应覆盖试运行、正常生产（开、停机，维、检修阶段）、故障、退役等生产全过程。

4.2.4 实用性

粉尘爆炸风险评估报告应根据评估结果，对企业提高粉尘防爆安全水平提出科学、合理、可行的措施和建议。

4.3 粉尘爆炸风险评估的方法

基于目标和逻辑推理过程，利用结构化的程序，系统分析生产过程粉尘爆炸发生可能性和后果严重度。

4.4 粉尘爆炸风险评估的程序

粉尘爆炸风险评估的程序一般包括前期准备、风险评估和报告编制 3 个阶段。各部分逻辑顺序如图 4.1。

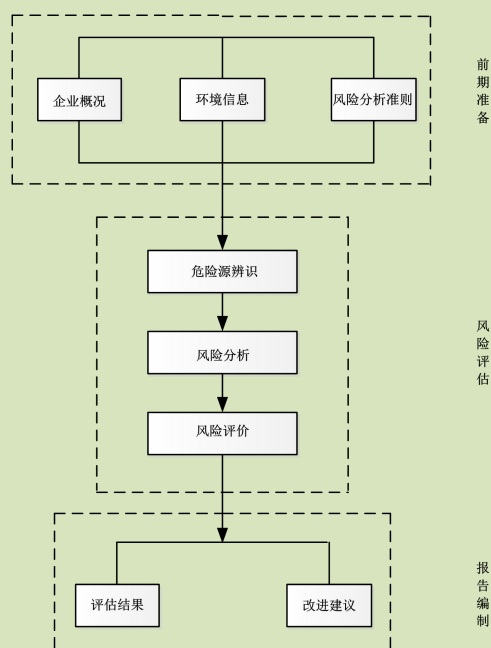


图 4.1 粉尘爆炸风险评估流程

5 粉尘爆炸风险评估过程

5.1 前期准备

5.1.1 企业和环境信息包括但不限于：

- 1) 企业基本信息；
- 2) 企业地理位置、周边环境以及平面布置；
- 3) 企业涉及粉尘的生产流程及工艺；
- 4) 企业涉及粉尘的种类及数量；
- 5) 企业粉尘防爆管理制度；
- 6) 现有防爆措施以及其他相关设备装置等。

5.1.2 风险分析准则

1) 爆炸发生可能性等级划分准则

表 5.1 爆炸发生可能性等级

级别	分值	特征	出现的频率
V	9	高、频繁	大于等于每月 1 次
IV	7	较高、可能	大于等于每年 1 次
III	5	低、偶尔	大于等于每 5 年 1 次
II	3	很难发生	大于等于每 10 年 1 次
I	1	不可能	大于等于每 100 年 1 次

2) 爆炸发生严重度准则

表 5.2 爆炸发生严重度等级

级别	分值	伤亡	财产损失
V	9	30 人以上死亡, 或者 100 人以上重伤	1 亿元以上直接经济损失
IV	7	10 人以上 30 人以下死亡, 或者 50 人以上 100 人以下重伤	5000 万元以上 1 亿元以下直接经济损失
III	5	3 人以上 10 人以下死亡, 或者 10 人以上 50 人以下重伤	1000 万元以上 5000 万元以下直接经济损失
II	3	3 人以下死亡, 或 10 人以下重伤	100 万元以上 1000 万元以下直接经济损失
I	1	轻伤	100 万元以下直接经济损失

5.2 危险源辨识

5.2.1 爆炸性粉尘辨识

- 1) 粉尘需要经过爆炸筛分测试, 以确定是否为爆炸性粉尘。
- 2) 如果筛分结果为爆炸性粉尘, 需要确定粉尘的爆炸参数, 可以通过专业机构进行测试或查阅相关文献获得。
- 3) 爆炸特性参数包括着火敏感度参数和爆炸烈度参数两部分, 其中着火敏感度参数包括粉尘层最低引燃温度、粉尘云最低引燃温度、最小点火能; 烈度参数包括最大爆炸压力及爆炸指数。
- 4) 生产过程中有可燃气体混入或生产条件为非标准状态, 粉尘爆炸特性需要测试或向专家咨询。

5.2.2 建筑、工艺及设备辨识

- 1) 建筑、工艺及设备在生产或故障条件下可产生爆炸性粉尘环境或产生点火源或加剧爆炸后果严重度。
- 2) 可产生爆炸性粉尘环境的工艺包括但不限于: 除尘、气力输送、机械输送、破碎、粉碎、研磨、球磨、筛分、风选、熔融雾化、熔融造粒、混合、压片、气流干燥、流化床干燥、喷雾干燥、旋转干燥、铣屑、锯切、钻孔、打磨、抛光、抛丸、喷砂、涂装等;
- 3) 可产生爆炸性粉尘环境的设备包括但不限于: 磨机、混合机、干燥机、斗式提升机、皮带机、刮板机、螺旋输送机、料仓、缓冲斗、收料容器、除尘器、管道、地坑、电子称等;
- 4) 导致工艺或设备产生点火源的条件或状态包括但不限于: 摩擦、撞击、过载、电气短路老化、静电、粉尘自热、跑偏、打滑、断带等;
- 5) 导致爆炸后果严重的工艺或设备的条件或状态包括但不限于: 粉尘堆积、长

径比大于 10、设备联通、建筑多层、人员密集等；

5.2.3 管理缺陷

管理缺陷包括但不限于未制定粉尘防爆操作规程、人员未进行专业培训、未制定粉尘爆炸事故应急预案及演练等。

5.3 粉尘爆炸风险分析

5.3.1 风险分析方法选择

科学合理地选择风险分析的方法有助于快速高效地分析系统中存在的粉尘爆炸风险。常见的风险分析方法如下，详细内容参见资料性附录 A，未列入的风险分析方法未必不适用。

- 1) 检查表法 (Checklist)
- 2) 事故树分析法 (ETA)
- 3) 故障树分析法 (FTA)
- 4) 故障类型与影响分析法 (FMECA)
- 5) 危险性与可操作性研究 (HAZOP)
- 6) 矩阵分析法 (RM)
- 7) 道化学火灾爆炸指数法 (F&EI)

5.3.2 粉尘爆炸发生可能性分析

5.3.2.1 爆炸性粉尘环境出现频率

爆炸性粉尘环境是发生粉尘爆炸的前提。粉尘爆炸下限越低越易形成爆炸性粉尘环境。

按照爆炸性粉尘环境出现的频率和持续时间，可划分为以下几个区：

- 20 区：爆炸性粉尘环境持续地或长期地或频繁地短时存在的区域。如果某一区域的粉尘层厚度不可控，也应被划分为 20 区。
- 21 区：正常运行时，爆炸性粉尘环境可能偶然出现的区域。
- 22 区：正常运行时爆炸性粉尘环境不太可能出现，如果存在仅是短暂的区域。

非爆炸性危险环境区域：未被化为 20、21、22 区的其他区域。

根据不同区域按表 5.3 确定危险分值。

表 5.3 不同区域危险分值

区域	20 区	21 区	22 区	非危险区
危险分数 P1	5	3	1	0

注：（1）爆炸性粉尘环境的区域范围定义为粉尘释放源的边缘到被认为与该区域有关的危险不再存在的任何方向上的距离。应考虑粉尘因建筑物内空气流动而从释放源出来向上扩散的实际情况。当对已分类场所之间的小范围未分类场所进行分类时，该类别应该延至整个场所。

（2）20 区范围主要包括粉尘云连续生成的管道、生产和处理设备的内部区域。21 区的

范围应按照释放源周围 1m 的距离确定。22 区的范围应按超出 21 区 3m 及二级释放源周围 3m 的距离确定。

5.3.2.2 点火源引燃有效性分析

1) 潜在点火源

引起粉尘爆炸的可能点火源如下：

- 明火
- 热表面
- 机械火花
- 电气设备
- 杂散电流
- 静电放电
- 雷电
- 射频电磁波
- 电离辐射
- 超声波
- 绝热压缩和冲击波
- 放热反应（包括自燃）

2) 点火有效性

点火有效性受粉尘着火敏感度影响。敏感度越高越容易着火，点火源有效性越高。

5.3.3.3 粉尘爆炸发生可能性计算及分级

根据式 5.1 计算粉尘爆炸可能性。

$$P = P_1 \cdot P_2 \quad (5.1)$$

式中：P1 为爆炸性粉尘环境出现频率分数；P2 为有效点火源出现频率分数；根据计算结果，可参考表 5.6 对粉尘爆炸发生可能性分级。

表 5.6 粉尘爆炸发生可能性分级

爆炸性环境等级分数	5	I	III	IV	V
	3	I	II	III	IV
	1	I	I	II	III
	0	I	I	I	I
		0	1	3	5
点火源有效性分数					

5.3.3 粉尘爆炸后果严重度分析

物质特性、粉尘数量、设备设施、人员分布及建筑布局会对粉尘爆炸后果严重度产生影响。

5.3.3.1 物质特性 (C₁)

可用粉尘最大爆炸压力 (P_{max}) 和爆炸指数 (K_{st}) 表示物质特性对粉尘爆炸后果严重度的影响。

5.3.3.2 粉尘数量 (C₂)

采用 TNT 当量法表征粉尘数量对爆炸后果严重度的影响。

5.3.3.3 设备设施 (C₃)

根据场所封闭程度、设备复杂度确定设备设施危险分数。

5.3.3.4 人员分布 (C₄)

按表 5.10 确定人员分布的危险分数。

表 5.10 人员分布危险分数表

人员分布	10 人以下	11~30 人	31~100 人	100 人以上
危险分值	1	2	3	4

5.3.3.5 建筑布局 (C₅)

建筑结构布局以及发生爆炸的设备设施场所在建筑中的位置对于爆炸传播及爆炸后果严重度会产生影响，

5.3.3.6 粉尘爆炸后果严重度分析

根据式 5.2 计算粉尘爆炸后果严重度分数。

$$S = \prod_{i=1}^5 C_i \quad (5.2)$$

其中：C₁ 为物质特性分数；C₂ 为粉尘数量分数；C₃ 为设备设施分数；C₄ 为人员分布分数；C₅ 为建筑布局分数；

6 粉尘爆炸风险评价

6.1 确定可接受风险

粉尘爆炸风险可分为特高、高、中、低、可忽略五级。企业宜采用尽可能合理低的原则 (ALARP) (见附件 B) 确定可接受风险。

6.2 风险计算

6.2.1 原始风险值

按式 (6.1) 计算粉尘爆炸风险值 R' 。

$$R' = P \cdot S \quad (6.1)$$

6.2.2 安全措施补偿系数

技术和管理等措施可以降低粉尘爆炸发生概率和后果严重度。利用安全措施补偿系数 L 反映这些措施的有效水平。

6.2.3 实际风险值

按式 (6.3) 计算实际风险值。

$$R = \frac{P \cdot S}{L} \quad (6.2)$$

6.3 风险评价结论

对比风险等级和可接受风险，确定评价结论。

6.3 改进措施及建议

降低粉尘粉尘爆炸风险的措施，按照优先顺序，需要考虑本质安全设计、工程技术措施和加强管理三个方面。

7 风险评估报告编制

7.1 报告编制要求

7.2 报告内容