



中华人民共和国国家标准

GB 12158—2024

代替 GB 12158—2006, GB 13348—2009

防止静电事故通用要求

General requirements for preventing electrostatic accidents

2024-12-31 发布

2026-01-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 通用要求	3
4.1 放电与引燃	3
4.2 基本防静电措施	4
5 静电管理措施	5
5.1 一般要求	5
5.2 组织管理	5
5.3 文件	5
5.4 人员	6
5.5 识别	6
5.6 检查	6
5.7 标识与记录	6
6 静电危险场所	6
6.1 静电危险场所划分	6
6.2 静电放电点燃界限	6
6.3 物体带电安全管理界限	7
7 固态物料防护措施	7
8 液态物料防护措施	8
8.1 灌装和采样	8
8.2 搅拌、混合和调合	10
8.3 吹扫和清洗	10
8.4 汽车罐车防静电作业要求	11
8.5 油轮和船舶防静电作业要求	11
8.6 飞机加油防静电要求	11
8.7 油桶加注防静电要求	11
8.8 管路防静电要求	11
9 气态和粉态物料的静电防护措施	12
10 人体静电防护措施	13
11 静电事故的分析 and 确定	13
附录 A (资料性) 常用材料静电起电极性序列	15

GB 12158—2024

附录 B (规范性) 液体石油产品火灾危险性分类	17
附录 C (资料性) 人体带电电位与静电电击程度关系	18
参考文献	19

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。

本文件代替 GB 12158—2006《防止静电事故通用导则》和 GB 13348—2009《液体石油产品静电安全规程》，与 GB 12158—2006 和 GB 13348—2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了“静电泄漏电阻”“静电接地电阻”“静电放电”“缓和器”等术语和定义(见第 3 章)；
- 更改了“放电与引燃”(见第 4 章,GB 12158—2006 的第 4 章)；
- 增加了静电防护管理措施部分“一般要求”和“组织管理”的内容(见第 5 章)；
- 增加了爆炸性气体环境、粉尘爆炸危险场所的分级,并增加“静电放电点燃界限”和“物体带电安全管理界限”等技术要求(见第 6 章)；
- 增加了绝缘性粉尘过滤材料,惰化技术等要求(见第 9 章)；
- 更改了“人体静电防护措施”,并增加相关内容(见第 10 章,GB 12158—2006 的 6.5)；
- 删除了静电主要参数测量方法及其注意事项(见 GB 12158—2006 的附录 A)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国应急管理部提出并归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1990 年首次发布为 GB 12158—1990,2006 年第一次修订；
- 1992 年首次发布 GB 13348—1992,2009 年第一次修订；
- 本次为第二次修订,将上述两项标准整合。

防止静电事故通用要求

1 范围

本文件规定了为防止静电放电引发燃烧和爆炸所应采取的静电防护通用要求,静电管理措施,静电危险场所要求,固态、液态、气态和粉态物料的静电防护措施,人体静电防护措施及静电事故的分析 and 确定。

本文件适用于静电危险场所的设计和管理。



注:其他静电危害(如静电电击)的防护可参考使用。

本文件不适用于火炸药、电火工品、烟花爆竹的静电危害防范。

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/T 3684 输送带 导电性 规范和试验方法
- GB/T 3836.26—2019 爆炸性环境 第26部分:静电危害 指南
- GB 6950 轻质油品安全静止电导率
- GB 8965.1 防护服装 阻燃服
- GB/T 9572 橡胶和塑料软管及软管组合件 电阻和导电性的测定
- GB 12014 防护服装 防静电服
- GB/T 15463 静电安全术语
- GB 21148 足部防护 安全鞋
- GB/T 22845 防静电手套
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB/T 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准

3 术语和定义

GB/T 15463 和 GB 6951 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

静电导体 static conductor

在使用条件下,体电阻率小于或等于 $1 \times 10^6 \Omega \cdot m$ (即电导率大于或等于 $1 \times 10^{-6} S/m$) 的物料或表面电阻率小于或等于 $1 \times 10^7 \Omega$ 的固体表面。

注:各类材料及表面的体电阻率、表面电阻率需要在标准测试方法规定的温湿度环境中进行测试。如测试条件可选,使用条件指在最接近使用环境的温湿度条件。

3.2

静电亚导体 static sub-conductor

在使用条件下,体电阻率大于 $1 \times 10^6 \Omega \cdot m$ 且小于 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot m$ (即电导率大于 $1 \times 10^{-10} S/m$ 且

小于 1×10^{-6} S/m) 的物料或表面电阻率大于 $1 \times 10^7 \Omega$ 且小于 $1 \times 10^{11} \Omega$ 的固体表面。

注：各类材料及表面的体电阻率、表面电阻率需要在标准测试方法规定的温湿度环境中进行测试。如测试条件可选，使用条件指在最接近使用环境的温湿度条件。

3.3

静电非导体 static non-conductor

在使用条件下，体电阻率大于或等于 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot m$ (即电导率小于或等于 1×10^{-10} S/m) 的物料或表面电阻率大于或等于 $1 \times 10^{11} \Omega$ 的固体表面。

注：各类材料及表面的体电阻率、表面电阻率需要在标准测试方法规定的温湿度环境中进行测试。如测试条件可选，使用条件指在最接近使用环境的温湿度条件。

3.4

最小点燃能量 minimum ignition energy; MIE

在常温常压条件下，点燃该物质所需的最小电气能量。

3.5

间接接地 indirect static earthing

通过具有一定电阻的静电导体或静电亚导体材料使物品接地的接地方式。

3.6

接地电阻 earthing-termination resistance

作为接地体的金属导体本身电阻与接地体和大地之间的电阻之和。

3.7

静电接地电阻 earthing resistance

静电接地系统的对地电阻。

注：包含接地电阻和接地体与接地点之间的电阻，用接地系统与大地之间的总电阻表示。

3.8

静电泄漏电阻 leakage resistance

在一定电压下，物体上测量点与大地间的总电阻。

注：包含静电接地电阻和测量点与接地点之间的电阻。

3.9

爆炸性气体环境 explosive gas atmosphere

气体或蒸气可燃物质与空气的混合物引燃后，能够保持燃烧自行传播的环境。

3.10

粉尘爆炸危险场所 explosive dust atmosphere

存在可燃性粉尘和气态氧化剂(主要是空气)，且可能产生粉尘爆炸危险的场所。

3.11

静电危险场所 area of electrostatic hazards

存在可由静电引爆的爆炸性混合物，或对其进行直接加工、处理等操作的场所的统称。

[来源：GB/T 15463—2018, 5.39]

3.12

油面电位 oil surface potential

容器中油品产生或积聚静电荷使油面对地产生电位差。

[来源：GB 6951—1986, 1.1]

3.13

缓和时间 relaxation time of charge

带电体上的电荷(或电位)消散至其初始值的 $1/e$ (约 37%) 时所需的时间。

3.14

缓和器 relaxation chamber

为使管中流动的带电液体减缓流速,以便充分泄漏电荷,使其衰减到安全范围内而在管路系统中设置的粗径管段或缓和贮罐类装置。

3.15

静置时间 time of response; time of rest

在有静电危险的场所进行生产时,由设备停止操作到物料(通常为液体)所带静电消散至安全值以下,允许进行下一步操作所需要的间隔时间。

3.16

静电放电 electrostatic discharge

带电物体形成的电场强度超过周围介质击穿场强或与其他物体接触,使电荷消散或转移的现象。

3.17

静电事故 electrostatic accident

由于静电放电导致发生人员伤亡或财产损失的危害、损害的意外事件。

4 通用要求

4.1 放电与引燃

4.1.1 作业场所应减少高引燃能力静电放电类型,如火花放电、传播型刷形放电的产生。不同放电形式具有不同的引燃能力,典型静电放电的特点及其引燃能力见表 1。

表 1 静电放电类型及其引燃能力

放电类型	发生条件	特点及引燃能力
电晕放电	当电极相距较远,在物体表面的尖端或突出部位电场较强处较易发生	气体介质在物体尖端附近局部电离,不形成放电通道。感应电晕单次脉冲放电能量小于 $20 \mu\text{J}$,有源电晕单次脉冲放电能量则较此大若干倍,引燃、引爆能力小
刷形放电	在带电电位较高的静电非导体与导体间较易发生	有声光,放电通道在静电非导体表面附近形成许多分叉,在单位空间内释放的能量较小,一般每次放电能量不超过 4 mJ ,引燃、引爆能力中等
火花放电	主要发生在相距较近的带电金属导体间或静电导体间	有声光,放电通道一般不形成分叉,电极上有明显放电集中点,释放能量比较集中,放电能量可达 1 J ,引燃、引爆能力很强
传播型刷形放电	仅发生在具有高速起电的场合,当静电非导体的厚度小于 8 mm ,其表面电荷密度大于或等于 $270 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 时较易发生	有声光,将静电非导体上一定范围内所带的大量电荷释放,引燃、引爆能力强

4.1.2 应注意在相同带电电位条件下,负极性放电体产生的放电比正极性放电体产生的放电具有更高的引燃风险。

注: 负极性放电体可能是本身携带负电荷,也可能是由于感应作用而携带的负电荷,如在正电场内的金属尖端。

4.1.3 应注意在下列环境下,更易发生引燃、引爆等静电危害:

- 可燃物的温度比常温高;
- 局部环境氧含量(或其他助燃气含量)比正常空气中高;
- 爆炸性气体的压力比常压高;
- 相对湿度较低。

4.2 基本防静电措施

4.2.1 减少静电电荷产生

4.2.1.1 对接触起电的物料,应选用在带电序列中位置较邻近的,或对产生正负电荷的物料加以适当组合,使最终达到起电最小。静电起电极性序列表见附录 A。

4.2.1.2 在生产工艺的设计上,应通过优化工艺减少冲击、摩擦与分离过程,对有关物料应减小接触面积和压力,减少接触次数,降低运动和分离速度。

4.2.2 加快静电耗散

4.2.2.1 在静电危险场所,所有对地绝缘的静电导体应接地。对金属物体应采用金属导体与大地做导通性连接。对金属以外的静电导体及亚导体则应作间接接地。

4.2.2.2 防静电接地线不应利用电源零线,不应与防直击雷的专设引下线共用,且不应串联接地。

4.2.2.3 接地电阻不应大于 $100\ \Omega$ 。静电导体静电泄漏电阻不应大于 $1.0 \times 10^6\ \Omega$,静电亚导体的静电泄漏电阻不应大于 $1.0 \times 10^9\ \Omega$,需使用泄漏电阻限制静电导体对地的放电电流时,静电泄漏电阻应大于 $1.0 \times 10^4\ \Omega$ 。

4.2.2.4 在进行间接接地时,应在金属导体与非金属静电导体或静电亚导体之间加设金属箔,或涂导电性涂料或导电剂以减少接触电阻。

4.2.2.5 生产工艺设备应采用静电导体或静电亚导体,采用静电非导体应经试验或规范性文件确认其安全性,试验记录或确认材料应纳入静电防护管理体系。

4.2.2.6 工艺允许情况下,局部环境的相对湿度应增加至 50% 以上,但增湿不应用在爆炸性气体环境 0 区。

4.2.2.7 对于高带电的物料,应通过在接近排放口前的适当位置装设缓和器,或在某些物料中添加适量的防静电添加剂,以降低其电阻率的方式降低静电风险。

4.2.2.8 在生产现场使用静电导体制作的操作工具应接地。

4.2.3 补充措施

4.2.3.1 带电体应进行局部或全部静电屏蔽,或利用各种形式的金属网以减少静电的积聚。同时屏蔽体或金属网应可靠接地。

4.2.3.2 在设计和制作工艺装置或装备时,应减少产生静电放电的条件,如在容器内避免出现细长的导电性突出物,避免物料的高速剥离等。

4.2.3.3 应控制作业场所可燃物的浓度,保持在爆炸下限以下。

4.2.3.4 应限制静电非导体材料制品的暴露面积及暴露面的宽度(见表 2)。如工艺需要静电非导体材料制品的暴露面积及暴露面宽度超出表 2 的要求,应具体评价其起电程度,必要时应采取相应措施。评价过程和所采取的措施应形成文件并纳入静电防护管理体系文件。

表 2 爆炸危险场所外露静电非导体最大宽度及表面积

环境条件		最大宽度/cm	最大表面积/cm ²
0 区	I 类	3.0	100
	II A 类	0.3	50
	II B 类	0.3	25
	II C 类	0.1	4
1 区	I 类	3.0	100
	II A 类	3.0	100
	II B 类	3.0	100
	II C 类	2.0	20
2 区	I 类	3.0	100
注：爆炸性气体类别见 GB/T 3836.11。			

4.2.3.5 在遇到可滑移、分离的分层或套叠的结构时不应使用静电非导体材料。如工艺需要使用静电非导体材料时,应评价起电程度,必要时应采取相应措施。评价过程和所采取的措施应形成文件并纳入静电防护管理体系文件。

4.2.3.6 在静电危险场所使用的非导电功能软管及绳索的单位长度电阻值应大于 $1.0 \times 10^3 \Omega/\text{m}$ 且小于或等于 $1.0 \times 10^6 \Omega/\text{m}$,阻值测试时应使软管、绳索的抻拉受力与工作状态保持一致。

4.2.3.7 在爆炸性气体环境中不应使用金属链。

4.2.3.8 使用静电消除器迅速中和静电:

- 静电危险场所应使用防爆型静电消除器;
- 消除属于静电非导体物料的静电,应根据现场情况采用不同类型的静电消除器;
- 静电消除器应安装在带电体接近最高电位的部位。

5 静电管理措施

5.1 一般要求

静电危险场所相关单位应采用必要的管理措施,对静电防护的各流程、环节及其中的静电防护技术方法、设备、器具、人员行为进行规范。

5.2 组织管理

静电危险场所相关单位应明确静电防护工作的最高管理者、静电防护管理实施部门。

5.3 文件

在静电危险场所应制定静电危害控制方案,并成为单位内部管理规范文件的一部分。其内容应至少包括:

- 可能产生的静电危害;
- 静电危害的表现形式;
- 静电危害的产生原因;
- 静电危害的控制措施;
- 人员的培训计划;

- 防静电措施的验证；
- 静电防护行为相关记录。

5.4 人员

在静电危险场所工作的人员,应定期接受防静电危害培训。培训应同本单位的实际工作结合,内容应包括法律法规、标准的培训、防静电措施的执行方法、必要的演习及知识的补充。

对进入静电危险场所的非操作人员,包括但不限于短期来访的外来人员、维修人员、保洁人员等,应配备公用的个体防静电装备。进入静电危险场所前,应由有经验的工作人员告知有关规定。

5.5 识别

静电危险场所相关单位应识别作业范围内的静电敏感物具体信息,识别静电危险场所范围,静电危险环节,静电防护人员、用品、设备设施。

5.6 检查

在工作中应按照静电危害控制方案对关键数据进行实时监测并记录,并由具有资质的第三方机构对监测装置进行定期计量。检查、检测和计量频率取决于控制对象的用途、耐久性及失效的风险。

应建立静电防护管理工作的检查机制,对检查发现的问题项、不符合项应及时采取纠正措施。

5.7 标识与记录

所有静电危险场所应设立明显的危险标识。标识应标明静电危险场所等级,并标明静电危险场所的入口与边界。静电危险场所应有接地点、应使用的防静电物品、必备的衣物、静电危险区及活动方面的限制等标志。

静电敏感物、盛装静电敏感物的防静电包装/器材设备应张贴清晰明确的风险等级标识。

所有的工作都应被记录在案并保存。

6 静电危险场所

6.1 静电危险场所划分

当环境中存在可由静电引燃或引爆的爆炸性混合物,或在环境中对可由静电引爆的爆炸性混合物进行直接加工、处理等操作时,该环境即为静电危险场所。按照作业场所静电引起爆炸事故概率的高低,将静电危险场所分为0区,1区,2区(爆炸性气体环境)和20区,21区,22区(粉尘爆炸危险场所)。各区域的划分应依据 GB 50058 进行。

6.2 静电放电点燃界限

6.2.1 导体间的静电放电能量按式(1)计算:

$$W = 1/2(C \times U^2) \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- W ——放电能量,单位为焦耳(J);
- C ——导体间的等效电容,单位为法拉(F);
- U ——导体间的电位差,单位为伏特(V);

大气环境中,根据公式(1)计算,当放电能量(W)大于可燃物的最小点燃能量(MIE)时,就有引燃危险。

6.2.2 当两导体电极间的电位低于 1.5 kV 时,不会因静电放电使最小点燃能量大于或等于 0.25 mJ 的烷烃类石油蒸气引燃。

6.2.3 在接地针尖等局部空间发生的感应电晕放电不会引燃最小点燃能量大于 0.2 mJ 的可燃气。

6.3 物体带电安全管理界限

6.3.1 非金属材料的液体贮存罐、输送管道用于爆炸危险场所时,所用材料应满足表面电阻率小于 $1 \times 10^{10} \Omega$ 或体电阻率小于 $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{m}$,或采取其他静电防护措施。

注:其他静电防护措施包括使用静电消除器,使用惰性气体保护等。

6.3.2 在爆炸性气体环境外露静电非导体部件的最大宽度及表面积应符合表 2 的规定。如工艺需要静电非导体材料制品的暴露面积及暴露面宽度超出表 2 的要求,应具体评价其起电程度,必要时应采取相应措施。评价过程和所采取的措施应形成文件并纳入静电防护管理体系文件。

6.3.3 背面 15 cm 内无接地导体的固体静电非导体,对于最小点燃能量大于 0.2 mJ 的可燃气,不产生引燃放电的安全电位是 15 kV。

7 固态物料防护措施

7.1 非金属静电导体或静电亚导体与金属导体相互连接时,其紧密接触的面积应大于 20 cm^2 。

7.2 架空配管系统各组成部分,应保持可靠的电气连接。室外的系统同时应满足国家有关防雷规程的要求。

7.3 在振动和频繁移动的器件上用的接地导体不应使用股线及金属链,应采用 6 mm^2 以上的裸绞线或编织线。

7.4 使用耗散性涂覆材料对非防静电材料进行包覆处理时,注意涂覆材料的以下性质。

- 应保证耗散性涂覆不能被洗掉、擦掉,也不能随时间推移而失效,否则,此类涂覆仅适用于作为减少静电电荷积累的临时措施。
- 通过添加材料使表面吸收湿气以提高表面导电性的,应注意如环境湿度过低(相对湿度低于 30%)时,材料可能成为绝缘性材料并积累静电电荷。
- 防静电包装材料用的耗散性添加剂应与所包装产品相匹配,如产品吸收其接触的耗散性添加剂,则可能导致产品污染和/或使包装耗散性能丧失。

7.5 用于传送或运输固体材料的传送带,通过传送带端部运至料头或斜槽的材料能够携带大量电荷,应注意静电引燃的风险,不同场所所用传送带及其转速要求应符合表 3 的要求。表 3 不适用于通过电晕放电方式耗散电荷的传送带。应注意导电性或耗散性传送带不能移除绝缘传送物携带的电荷。

表 3 传送带要求

带速度	0 区	1 区		2 区	20 区		21 区	22 区
		II C	II A 和 II B		MIE \leq 10 mJ	MIE $>$ 10 mJ		
$\leq 0.5 \text{ m/s}$	耗散性传送带及导电性滑轮,不应使用传送带连接装置 不允许	耗散性传送带及导电性滑轮,可使用传送带连接装置	除经验表明引燃放电情况频繁发生,无要求	耗散性传送带及导电性滑轮,可使用传送带连接装置	不允许	耗散性传送带及导电性滑轮,不应使用传送带连接装置	除经验表明引燃放电情况频繁发生,无要求	
$0.5 \text{ m/s} < \text{带速度} \leq 5 \text{ m/s}$								
$5 \text{ m/s} < \text{带速度} \leq 30 \text{ m/s}$								
注:1 区的要求(II A、II B)同样适用于 I 类设备,然而绝缘性煤尘传送带很难点燃的导电性煤尘,因此如果风险评估表明点燃风险很低则可采用类似的传送带。								

7.6 耗散性传送带应符合如下要求之一：

- a) 按照 GB/T 3684 规定的方法测试,传送带两面的表面电阻均小于 $3 \times 10^8 \Omega$;
- b) 按照 GB/T 3836.26—2019 中 3.21 规定的电极布局测量传送带两面的表面电阻,均小于 $7.5 \times 10^7 \Omega$;
- c) 多层不同材料制成的传送带,两相对外表面之间的电阻(在温度 $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$,相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 条件下测量)小于 $1 \times 10^9 \Omega$ 。

注:传送带上覆盖的蜡层或污物层可能增加其荷电性及电阻,从而增加充电危害。修理工作注意避免增加这些数值。最基本的是保证用于连接传送带的绝缘性黏合剂不会中断导电通路。

7.7 用于驱动旋转部件或机器的传动带,由于接触表面的连续分离会生成电荷,应根据危险场所的不同选择不同的传动带,不同场所设备所用传动带应符合表 4 的要求,表 4 不适用于通过电晕放电方式耗散电荷的传动带。

表 4 传动带要求

带速度	0 区	1 区		2 区	20 区		21 区	22 区
		II C	II A 和 II B		MIE \leq 10 mJ	MIE $>$ 10 mJ		
$\leq 0.5 \text{ m/s}$	耗散性动带及导电性滑轮,不应使用传动带连接装置	耗散性传动带及导电性滑轮,可使用传动带连接装置	耗散性传动带及导电性滑轮,不应使用传动带连接装置	除经验表明引燃放电情况频繁发生,无要求	耗散性传动带及导电性滑轮,可使用传动带连接装置			除经验表明引燃放电情况频繁发生,无要求
$0.5 \text{ m/s} < \text{带速度} \leq 5 \text{ m/s}$	不允许				不允许	耗散性传动带及导电性滑轮,不应使用传动带连接装置		
$5 \text{ m/s} < \text{带速度} \leq 30 \text{ m/s}$								

7.8 耗散性传动带应符合如下要求之一：

- a) 满足公式(2)要求：

$$R \times B/L \leq 6 \times 10^5 \Omega \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

L —— 传动带上两个导电性电极间的距离；

B —— 平带的宽度或 V 型带侧面宽度的两倍；

R —— 温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, 无湿气凝聚时测得电极间电阻。

- b) 由多层不同材料制成的传动带,两相对外表面之间的电阻(在温度 $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$,相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 条件下测量)小于 $1 \times 10^9 \Omega$ 。

注:传动带上覆盖的蜡层或污物可能增大其荷电性和电阻,从而增加充电危害。修理工作时注意避免增加这些数值。至少保证用于连接传动带的黏合剂不会中断导电通路。

8 液态物料防护措施

8.1 灌装和采样

8.1.1 应控制液体处于安全流速范围内。

8.1.2 在使用小型便携式容器灌装易燃绝缘性液体时,应用金属或导静电容器,不应使用静电非导体容器,对金属容器及金属漏斗应跨接并接地。

- 8.1.3 轻质油品装油时,油面电位应低于 12 kV。
- 8.1.4 轻质油品安全静止电导率应大于 50 pS/m。
- 8.1.5 当用软管输送易燃液体时,应使用导电软管或内附金属丝、网的橡胶管,且在相接时注意静电的导通性。
- 8.1.6 装油鹤管、管道、罐车应跨接和接地。采用顶部装油时,装油鹤管口应深入到距槽罐的底部不大于 200 mm。
- 8.1.7 在输送和灌装过程中,应采取有效措施防止液体的飞散喷溅,从底部或上部入罐的注油管末端应设计成不易使液体飞散的倒 T 形等形状或另加导流板;在上部灌装时,应使液体沿侧壁缓慢下流。
- 8.1.8 对罐车等大型容器灌装烃类液体时,应首选底部进油方式。若不得已采用顶部进油时,注油管应伸入罐内距罐底不大于 200 mm。顶部进油过程中,在注油管未浸入液面前,其流速应限制在 1 m/s 以内,当注入口浸没 200 mm 后,可逐步提高流速,但最大流速不应大于 4.5 m/s。如采用其他有效防静电措施(如防静电添加剂、静电消除器等)应具体评价其起电程度。评价过程和所采取的措施应形成文件并成为单位内部管理规范文件的一部分。
- 8.1.9 不应装过汽油等高挥发性产品的油罐切换注入低挥发性油品。
- 8.1.10 轻质油品的进出口管口应接近油罐底部,轻质油品的分类方法按附录 B。
- 8.1.11 灌装铁路罐车时,液体在鹤管内的容许流速按公式(3)计算:

$$V \times D \leq 0.8 \text{ m}^2/\text{s} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

V ——烃类液体流速的数值,单位为米每秒(m/s);

D ——鹤管内径的数值,单位为米(m)。

如使用大鹤管装车时,出口流速可超过按式(3)所得的计算值,但不应大于 5 m/s。

- 8.1.12 灌装汽车罐车时,液体在鹤管内的容许流速按式(4)计算:

$$V \times D \leq 0.5 \text{ m}^2/\text{s} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

V ——烃类液体流速的数值,单位为米每秒(m/s);

D ——鹤管内径的数值,单位为米(m)。

- 8.1.13 当不能以控制流速等方法减少静电积聚时,应在管道的末端装设液体静电消除器或采用静电电荷密度在线监测连锁等方式进行控制。
- 8.1.14 烃类液体中应避免混入其他不相容的第二物相杂质,如水等,并应减少和排除槽底和管道中的积水。当管道内明显存在不相容的第二物相时,其流速应限制在 1 m/s 以内。
- 8.1.15 需使用缓和器降低高带电液体电量时,带电液体在缓和器内停留时间,按缓和时间的 3 倍设计。缓和时间按公式(5)计算。电导率大于 50 pS/m 的液体,不受缓和时间的限制。电导率测试按照 GB 6950 规定的方法进行。

$$T = \epsilon_r \times \epsilon_0 / \sigma \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

T ——缓和时间,单位为秒(s);

ϵ_r ——液体相对介电常数;

ϵ_0 ——真空介电常数,单位为皮法每米(pF/m);

σ ——液体的电导率,单位为皮西门子每米(pS/m)。

- 8.1.16 在贮存罐、罐车等大型容器内,可燃性液体的表面,不允许存在不接地的漂浮物。
- 8.1.17 当设备在灌装、循环或搅拌等工作过程中,不应进行取样、检尺或测温等现场操作。在设备停止工作后,应静置一段时间才允许进行上述操作,所需静置时间不应小于表 5 所规定的最小静置时间。对油槽车,静置时间应不小于 5 min。

表 5 不同电导率烃类液体最小静置时间

单位为分

液体电导率	液体容积 V			
	$V < 10 \text{ m}^3$	$10 \text{ m}^3 \leq V < 50 \text{ m}^3$	$50 \text{ m}^3 \leq V < 5\,000 \text{ m}^3$	$V \geq 5\,000 \text{ m}^3$
$> 10^{-8} \text{ S/m}$	1	1	1	2
$10^{-12} \text{ S/m} \sim 10^{-8} \text{ S/m}$	2	3	20	30
$10^{-14} \text{ S/m} \sim 10^{-12} \text{ S/m}$	3	5	60	120
$< 10^{-14} \text{ S/m}$	10	15	120	240

注：若容器内设有专用量槽时，按量槽内液体容积小于 10 m^3 取值。

8.1.18 在可燃的环境条件下进行灌装、检尺、测温、清洗等操作时，应避免可能发生雷暴等危害安全的恶劣天气，同时应注意强烈的阳光照射可能使低能量的静电放电造成引燃或引爆。

8.1.19 在易燃易爆液体和空气的混合物接近爆炸浓度极限范围的情况下，应及时采取作业场所通风措施，必要时配置惰性气体系统。

8.1.20 对金属材质制作的取样器、测温器及检尺等在操作中应接地。有条件时应采用具有防静电功能的工具。

8.1.21 取样器、测温器及检尺等装备上所用合成材料的绳索及油尺等，应使用静电亚导体材料，其单位长度电阻值应大于 $1 \times 10^5 \Omega/\text{m}$ 且不大于 $1 \times 10^7 \Omega/\text{m}$ ，或表面电阻率和体电阻率分别低于 $1 \times 10^{10} \Omega$ 及 $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{m}$ 。

8.1.22 在使用取样器、测温器及检尺等装备时，应优先选用减少静电危害产生可能的装备，如基于红外、超声等原理的装备。

8.1.23 进行油品采样、计量和测温时，不应猛拉快提，上提速度不应大于 0.5 m/s ，下落速度不应大于 1 m/s 。

8.1.24 油罐的接地点应设两处以上，沿油罐外围均匀布置，其间距不应大于 30 m 。

8.1.25 当油罐内壁采用导静电型防腐蚀涂料时，应采用本征型导静电防腐蚀涂料或非碳系的浅色添加型导静电防腐蚀涂料，涂层的表面电阻率应大于 $1 \times 10^8 \Omega$ 且不大于 $1 \times 10^{11} \Omega$ 。

8.1.26 当在烃类液体中加入防静电添加剂消除静电时，其容器应是静电导体并可靠接地。烃类液体中可加入微量的防静电添加剂，使电导率提高至 250 pS/m 以上，且需定期检测其电导率，以便使其数值保持在要求以上。

8.1.27 采取基本防护措施的内表面涂有静电非导体的导电容器，其涂层厚度应不大于 2 mm ，且不能快速重复灌装液体。

8.2 搅拌、混合和调合

8.2.1 搅拌、混合、调合设备的所有金属零部件均应进行电气连接并接地。如果设备有绝缘内衬，应采取内部电荷泄放措施。

8.2.2 不应用压缩空气进行汽油、煤油、轻柴油的调合或转料。重柴油等用压缩空气调合时，应控制风压不大于 343 kPa ，油品调合温度应至少低于该油品闪点 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

8.3 吹扫和清洗

8.3.1 采用蒸汽进行吹扫和清洗时，受蒸汽喷击的管线、导电物体应与油罐或设备进行接地连接。

8.3.2 不应使用压缩空气对汽油、煤油、苯、轻柴油等产品的管线进行清扫。

- 8.3.3 不应使用汽油、苯类等易燃溶剂对设备、器具吹扫和清洗。
- 8.3.4 使用液体喷洗容器时,压力不应大于 980 kPa。
- 8.3.5 可移动容器的清洗过程应搬离可燃的环境条件,并且在清洗后经过静置才可使用。静置时间应不小于表 5 规定的时间。

8.4 汽车罐车防静电作业要求

- 8.4.1 不应使用无挡板汽车罐车运输轻质油品。
- 8.4.2 汽车罐车未经清洗不应换装油品。
- 8.4.3 油罐汽车在装卸过程中应采用专用的接地导线(可卷式)、夹子和接地端子将罐车与装卸设备相互连接起来。接地线的连接应在油罐开盖以前进行;接地线的拆除应在装卸完毕、封闭罐盖以后进行。有条件时可采用接地设备与启动装卸用泵相互间能联锁的装置。

8.5 油轮和船舶防静电作业要求

- 8.5.1 作业前应用绝缘护套导线通过防爆开关将码头与船体跨接,作业后拆除跨接连线。输油臂或软管不设跨接线时,应装有电阻大于 25 k Ω 且不大于 2 500 k Ω 的绝缘法兰或使用防静电软管。使用软管输送轻质油品前,应做电气连通性检查。
- 8.5.2 不应采用外部软管从舱口直接灌装轻质油品。不应使用空气或惰性气体将管中剩油驱入油舱内。
- 8.5.3 装油初速度不应大于 1 m/s,当入口管浸没后,可提高流速,但不应大于 7 m/s。
- 8.5.4 油舱内不应存在任何未接地的浮动物。
- 8.5.5 装油完毕应静置至少 10 min,再进行采样、测温、检尺等操作。若油舱容积大于 5 000 m³,应静置至少 30 min 后作业。
- 8.5.6 当油舱装有闪点小于 60 °C 的油品时,油舱系统应配备惰性气体装置或其他静电防护措施。

8.6 飞机加油防静电要求

- 8.6.1 飞机加油前,应将机体和加油设备同时接地。
- 8.6.2 压力加油时,机体和加油接头应直接连接。翼上加油时,机体与加油枪应保持良好接触。
- 8.6.3 飞机加油应采用导电性软管或导静电软管。
- 8.6.4 当加油速度提升至不超过 7 m/s 时,油品电导率应大于 250 pS/m。

8.7 油桶加注防静电要求

- 8.7.1 当采用金属管嘴或金属漏斗向金属油桶装油时,各部分应保持良好的电气连接,并可靠接地。
- 8.7.2 不应使用绝缘性容器加注汽油、煤油等油品。
- 8.7.3 防静电容器加注油品时,容器上的任何金属部件应与装油管线跨接。若使用金属漏斗加注,金属漏斗也应接地。

8.8 管路防静电要求

- 8.8.1 管路系统的所有金属件,包括护套的金属包覆层应接地。管路两端和每隔 200 m~300 m 处,应有一处接地。当平行管路相距 10 cm 以内时,每隔 20 m 应加连接。当管路交叉间距小于 10 cm 时,应相连接地。
- 8.8.2 对金属管路中间的非导体管路段,除需做屏蔽保护外,两端的金属管应分别与接地干线相接。非导体管路段的金属件应跨接并接地。
- 8.8.3 管道泵及过滤器、缓和器等应可靠接地。

8.8.4 用管路输送油品时,应有措施防止空气、水、灰尘等物质混入。

8.8.5 应采用静电导体制作管道或部件。当采用静电非导体时,需具体评价其起电程度,必要时应采取相应措施。评价过程和所采取的措施应形成文件并纳入静电防护管理体系文件。

9 气态和粉态物料的静电防护措施

9.1 作业过程应注意所处区域类型,并进行必要的静电防护措施,应采取如下一项或几项措施:

- a) 增加散装物料的电导率,例如通过涂层;
- b) 用接地导电设备代替绝缘设备;
- c) 粉末加湿;
- d) 电离;
- e) 减少散状物料中的细颗粒,例如:避免磨损或摩擦产生细颗粒;
- f) 避免分散,例如,用致密相输送代替稀释相输送;
- g) 减少输送速度、流量和空气流速;
- h) 采用惰化技术避免静电引燃、引爆风险;
- i) 避免大量散状物料;
- j) 采用重力输送代替气力输送;
- k) 气力输送中使用导电性或防静电的管道,按照 GB/T 9572 规定的方法测试,管道内壁的电阻不应大于 $1.0 \times 10^8 \Omega$;
- l) 在气流输送系统的管道中央,顺其走向加设两端接地的金属线,以降低管内静电电位;
- m) 采用管道静电消除器。

9.2 在工艺设备的设计及结构上应配置必要的密闭、清扫和排放装置,避免粉体的不正常滞留、堆积和飞扬。

9.3 在整个工艺过程中,应避免利用或形成粒径在 $75 \mu\text{m}$ 或更小的细微粉尘。

9.4 应按工艺分片(分区域)设置相对独立的除尘系统,不同类别的可燃性粉尘不应合用同一除尘系统。

9.5 除尘系统的导电部件应进行等电位连接,并可靠接地,静电接地电阻应小于 100Ω ,管道连接法兰应进行防静电跨接。

9.6 绝缘性粉尘过滤材料不应隔断导电性或耗散性材料构成的部件的接地连接,当散状物料的 MIE 小于 3 mJ 时,应确保所有金属部件如夹具等接地。如物料中存在可燃性蒸气或处理 MIE 小于 30 mJ 的非金属导电性粉末时,应使用由导电且接地的材料制成的过滤织物,静电接地电阻应小于 $100 \text{ M}\Omega$ 。导电且接地材料制成的过滤织物用于过滤 MIE 小于 30 mJ 的可燃性金属粉尘前,需检查有无相关规程明确禁止干燥介质型集尘器的使用。

9.7 气流物料输送系统内,应防止偶然性外来金属导体混入,成为对地绝缘的导体。

9.8 应采用金属导体制作管道或部件,当采用静电非导体时,应具体测量并评估其起电程度,必要时采取相应措施,测量和评估过程及所采取措施应形成文件并纳入静电防护管理体系文件。

9.9 所有金属设备、装置外壳、金属管道、支架、构件、部件等,应采用防静电直接接地措施,不便或工艺不允许直接接地的,应通过导静电材料或制品间接接地。

9.10 直接用于盛装起电粉料的器具、输送粉料的管道(带)等,应采用金属或防静电材料制成。

9.11 金属设备与设备之间,管道与管道之间的连接处,应采取导线跨接或金属法兰连接等措施保证导电良好。如使用金属法兰连接且不另接跨接线时,应有两个以上的螺栓连接。当每一对法兰或螺纹接头间电阻值大于 0.03Ω 时,应做导线跨接。

9.12 大型料仓内部不应有突出的接地导体。在顶部进料时,进料口不应伸出,应与仓顶取平。

- 9.13 当筒仓的直径在 1.5 m 以上时,且工艺中粉尘粒径多数在 30 μm 以下时,应用惰性气体置换、密封筒仓。
- 9.14 在填装和清空筒仓过程中,筒仓和容器应接地。
- 9.15 容积大于 100 m^3 ,含有可燃性气体的罐,不应用蒸汽清洗。容积不大于 100 m^3 的罐可用蒸汽清洗,但蒸汽喷嘴和系统的其他金属部件应可靠接地,且被清洁的罐和容器也应接地。
- 9.16 工艺中将静电非导体粉粒投入可燃性液体或混合搅拌时,应采取相应的综合防护措施。
- 9.17 收集和过滤粉料的设备,应采用导静电的容器或滤料并予以接地。
- 9.18 输送可燃气体的管道或容器等,应依据 GB/T 50493 安装要求装设气体泄漏自动检测报警器。
- 9.19 采用惰化技术避免静电引燃、引爆风险时,应对采用惰化防爆的工艺设备进行氧浓度监测。
- 9.20 使用保护气体对含有可燃性气体混合物或粉尘悬浮物的罐体进行惰化灌注时,应使用不含颗粒物且在高压释放过程不凝结产生液态或固态相的气体。灌注过程应缓和以避免带动粉尘。
- 9.21 高压可燃气体的对空排放,应选择适宜的流向和处所。对于压力高、容量大的气体如液氢排放时,应在排放口装设专用的感应式静电消除器。同时要避开可能发生雷暴等危害安全的恶劣天气。

10 人体静电防护措施

10.1 当爆炸性气体环境的等级属 0 区和 1 区,且可燃物的最小点燃能量在 0.25 mJ 以下时,工作人员应穿着具有防静电功能的安全鞋和具有防静电功能的阻燃服。防护服应符合 GB 12014 和 GB 8965.1 的规定,安全鞋应符合 GB 21148 的相关规定。如需使用手套,手套的防静电性能应符合 GB/T 22845 的规定。

注:人体与导体间发生放电的电荷量达到 2×10^{-7} C 以上时就可能感到电击。当人体的电容为 100 pF 时,发生电击的人体电位约 3 kV,不同人体电位的电击程度见附录 C。

10.2 静电危险场所的工作人员,外层服装应使用符合 GB 12014 规定的防静电服产品、并搭配符合 GB 21148 规定的具有防静电功能或导电功能的安全鞋,且各部分穿着物应存在电气连续性,地面应配备防/导静电地面。如需使用手套,手套的防静电性能应符合 GB/T 22845 的规定。如人员作业场所存在甲、乙类易燃易爆物质,并有燃烧和爆炸风险,所使用的防护服还应符合 GB 8965.1 的规定。

注:甲、乙类易燃易爆物质见 GB 50016。

10.3 如场地地面、鞋靴等无法为人员提供充分的接地,应使用安全有效的局部静电防护措施(如腕带)。

10.4 不应在静电危险场所穿脱衣物、帽子及类似物,并避免剧烈的身体运动。

10.5 在进入静电危险场所前应对进入人员的静电防护措施进行确认,符合要求后方可进入。

10.6 涉及液体石油产品的泵房的门外、油罐的上罐扶梯入口与采样口处、装卸作业区内操作平台的扶梯入口及悬梯口处、装置区采样口处、码头入口等处等作业场所应设人体静电消除装置。

11 静电事故的分析和确定

11.1 凡疑为静电引燃的事故,除按常规进行事故调查分析外,还应按照本文件的规定进行分析及确认。

11.2 检查分析发生静电放电引燃的必要条件。

——充分收集事故现场视频记录、人员描述等信息,明确事故发生具体位置、时间、环节及相关人员、设备、物料情况。

——通过对有关的运转设备、物料性能、人员操作以及环境情况的分析,推测可能带有静电的设备、物体和带电程度,以及放电的物件、条件和类型。

- 收集 and 测取必要的有关技术参数,并估算可能的放电能量。
- 参考本文件提出的有关界限,对是否属于静电放电火源做出倾向性意见,或对较为简单明显的情况做出相应的结论。

11.3 对于较复杂的情况,则应根据实际的需要和可能,选取以下部分或全部内容,做进一步的分析测试,并通过综合分析后,做出相应的结论。

- 充分收集或测取有关技术参数,主要包括环境温度湿度和通风情况,可燃物种类、释放源位置及可能的爆炸性气体浓度分布情况,已有的防火防爆措施及其实际作用,与静电有关的物料的流量流速和人员动作及操作情况,非静电的其他火源的可能性等。
- 基于现场采集信息,采用试验模拟或仿真计算验证等方式,对静电放电事故进行分析和验证。
- 遗留残骸件的分析检验,其方法是选出可能带有静电并发生放电的物件(主要是金属件)作形貌观察,查明是否存在类似“火山口”特征的高温熔融微坑,以确定静电放电的具体部位,判定事故的原因。
- 物件的起电程度和放电能量难以用分析的方法予以定量或半定量确定时,应参考事故发生时的具体条件,通过实物模拟试验或仿真计算加以验证。模拟试验应在现场或在其他适宜场所进行。
- 对有关情况数据做进一步综合分析,观察各种情况数据间的相互关系是否符合客观规律和是否存在矛盾,必要时还应对其他情况或数据(包括非静电技术方面的)做补充收集或测试,以便做出最终结论。

附录 A

(资料性)

常用材料静电起电极性序列

常用材料静电起电极性序列见表 A.1。

表 A.1 常用材料静电起电极性序列

金属	纤维	天然物质	合成树脂
(+)	(+)	(+)	(+)
—	—	石棉	—
—	—	毛发、毛皮	—
—	—	玻璃	—
—	—	云母	—
—	羊毛	—	—
—	尼龙	—	—
—	人造纤维	—	—
铅	—	—	—
—	绢	—	—
—	木棉	棉	—
—	麻	—	—
—	—	木材	—
—	—	人的皮肤	—
—	玻璃纤维	—	—
锌	乙酸酯	—	—
铝	—	—	—
—	—	纸	—
铷	—	—	—
—	—	—	硬橡胶
铁	—	—	—
铜	—	—	—
镍	—	—	—
金	—	橡胶	聚苯乙烯
—	维尼纶	—	—

表 A.1 常用材料静电起电极性序列 (续)

金属	纤维	天然物质	合成树脂
铂	—	—	聚丙烯
—	聚酯	—	—
—	丙纶	—	—
—	—	—	聚乙烯
—	聚偏二氯乙烯	硝化纤维、象牙	—
—	—	玻璃纸	—
—	—	—	聚氯乙烯
—	—	—	聚四氟乙烯
(一)	(一)	(一)	(一)

表中列出的两种物质相互摩擦时,处在表中上面位置的物质带正电,下面位置的带负电(属于不同种类的物质相互摩擦时,也是如此),且其带电量数值与该两种物质在表中所处上下位置的间隔距离有关,即在同样条件下,两种物质所处的上下位置间隔越远,其摩擦带电量越大

附录 B

(规范性)

液体石油产品火灾危险性分类

液体石油产品火灾危险性按闪点高低分为表 B.1 三类,轻质油品为表 B.1 中甲、乙类液体石油产品。

表 B.1 液体石油产品火灾危险性分级

类别	闪点/℃	举例	
甲	<28	石脑油、苯类、轻质溶剂油、汽油类油品等	
乙	28≤闪点<60	喷气燃料、灯用煤油、轻柴油等油品	
丙	A	60≤闪点≤120	重柴油、重油类油品
	B	>120	100号、115号重油、润滑油等油品

附录 C

(资料性)

人体带电电位与静电电击程度关系

人体带电电位与静电电击程度的关系见表 C.1。

表 C.1 人体带电电位与静电电击程度关系

人体电位/kV	电击程度	备注
1.0	完全无感觉	
2.0	手指外侧有感觉,但不疼	发出微弱的放电声
2.5	有针触的感觉,有哆嗦感,但不疼	
3.0	有被针刺的感觉,微疼	
4.0	有被针深刺的感觉,手指微疼	见到放电的微光
5.0	从手掌到前腕感到疼	指尖延伸出微光
6.0	手指感到剧疼,后腕感到沉重	
7.0	手指和手掌感到剧疼,稍有麻木感觉	
8.0	从手掌到前腕有麻木的感觉	
9.0	手腕子感到剧疼,手感到麻木沉重	
10.0	整只手感到疼,有电流过的感觉	
11.0	手指剧麻,整个手感到被强烈电击	
12.0	整只手感到被强烈打击	

参 考 文 献

- [1] GB/T 3836.11 爆炸性环境 第11部分:气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据
 - [2] GB 6951—1986 轻质油品装油安全油面电位值
 - [3] GB/T 39587—2020 静电防护管理通用要求
 - [4] GB 50016—2014 建筑设计防火规范
 - [5] IEC TS 60079-32-1:2017 Explosive atmospheres—Part 32-1: Electrostatic hazards, guidance
 - [6] API RP2003—2015 Protection against ignitions arising out of static, lightning, and stray currents
 - [7] 日本静电安全指南-2007
 - [8] NFPA 77: 2019 Recommended Practice on Static Electricity
 - [9] 刘尚合,武占成等,静电放电及危害防护.北京:北京邮电大学出版社,2004.
-