

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50813 - 2012

# 石油化工粉体料仓防静电燃爆 设计规范

Code for design of static explosion prevention in  
petrochemical powders silo

2012 - 10 - 11 发布

2012 - 12 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部  
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

石油化工粉体料仓防静电燃爆  
设计 规 范

Code for design of static explosion prevention in  
petrochemical powders silo

**GB 50813 - 2012**

主编部门：中 国 石 油 化 工 集 团 公 司

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 2 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2012 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1494 号

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准 《石油化工粉体料仓防静电燃爆设计规范》的公告

现批准《石油化工粉体料仓防静电燃爆设计规范》为国家标准,编号为GB 50813—2012,自 2012 年 12 月 1 日起实施。其中,第 3.0.4、4.0.17 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2012 年 10 月 11 日

# 前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标[2007]126 号)的要求,由中石化南京工程有限公司会同有关单位共同编制完成。

本规范在编制过程中,编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,最后经审查定稿。

本规范共分 8 章和 3 个附录,主要内容包括:总则、术语、防止料仓静电积聚和放电、防止粉尘燃爆、料仓内结构件的设计、料仓附属设施、防止人体放电、防止料仓着火和火焰传播。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国石油化工集团公司负责日常管理工作,由中石化南京工程有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中如有意见或建议,请寄送中石化南京工程有限公司(地址:江苏省南京市江宁区科建路 1189 号,邮政编码:211100),以便今后修订时参考。

**本 规 范 主 编 单 位:**中石化南京工程有限公司

**本 规 范 参 编 单 位:**中国石化工程建设有限公司

中石化上海工程有限公司

中国石油化工股份有限公司青岛安全  
工程研究院

中国石油化工股份有限公司齐鲁分公司

中国石油集团安全环保技术研究院

本规范主要起草人员:谭凤贵 肖 峰 李东颐 盛昌国  
刘全桢 张乾河 娄仁杰  
本规范主要审查人员:刘尚合 王浩水 孙可平 王国彤  
周家祥 龚建华 董宁宁

# 目 次

1 总 则 .....	( 1 )
2 术 语 .....	( 2 )
3 防止料仓静电积聚和放电 .....	( 3 )
4 防止粉尘燃爆 .....	( 5 )
5 料仓内结构件的设计 .....	( 7 )
6 料仓附属设施 .....	( 8 )
6.1 料位计 .....	( 8 )
6.2 除尘设备 .....	( 8 )
6.3 管道系统 .....	( 9 )
7 防止人体放电 .....	(10)
8 防止料仓着火和火焰传播 .....	(11)
附录 A 石油化工主要粉体体电阻率与介电常数 .....	(12)
附录 B 主要粉体产品燃爆参数 .....	(13)
附录 C 主要可燃气体燃爆参数 .....	(14)
本规范用词说明 .....	(17)
引用标准名录 .....	(18)
附:条文说明 .....	(19)

# 1 总 则

**1.0.1** 为了规范石油化工企业粉体料仓防静电燃爆设计,防止粉体料仓静电燃爆及次生灾害的发生,保护人身和财产安全,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于石油化工企业新建、改建、扩建装置的粉体料仓防静电燃爆工程的设计。本规范不适用于氮气保护下的密闭系统且系统的氧含量得到严格控制的粉体料仓防静电燃爆工程设计。

**1.0.3** 石油化工企业粉体料仓防静电燃爆工程的设计,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 石油化工粉体 petro chemical powders

石油化工企业生产或作为原料使用的聚烯烃类、聚酯类等易产生静电积聚并可引起粉尘燃爆的粉粒状产品。

### 2.0.2 挥发分 fugitive constitute

工艺过程中物料内部没有聚合的单体组分或吸附溶合的气体等。

### 2.0.3 净化风 clean air

为置换脱除料仓内可燃气体,通过专用管线向料仓内输送的流动气体。

### 2.0.4 料仓 silo

用于储存聚烯烃类、聚酯类等粉、粒料的容器。

### 2.0.5 锥形放电 conical surface discharge

料仓中带电物料在料堆表面与仓壁之间发生的沿面放电。

### 2.0.6 雷状放电 lightning-like discharge

浮游在空气中的带电粒子形成规模及密度较大的空间电荷云时,与周围接地导体发生的放电。

### 2.0.7 绝缘导体 isolated electric conductor

与地绝缘的孤立导体。

### 2.0.8 可燃性杂混粉尘 combustible hybrid

可燃粉尘与一种或多种可燃气体或蒸气混合可燃物同空气混合形成的多相流体,简称杂混粉尘。



### 3 防止料仓静电积聚和放电

**3.0.1** 石油化工粉体料仓、设备、管道、管件及金属辅助设施,应进行等电位连接并可靠接地,接地线应采用具有足够机械强度、耐腐蚀和不易断线的多股金属线或金属体。石油化工主要粉体产品体电阻率可按本规范附录 A 的规定取值。

**3.0.2** 粉体处理系统与料仓设计中不宜采用非金属管和非金属处理设备。接触可燃性粉体或粉尘的非金属零部件,宜用防静电材料,并应做接地处理。

**3.0.3** 粒径为 1mm~10mm 的粉体,在工艺处理中应采取防止或减少粉体破碎、拉丝、剥离等措施。石油化工粉体料仓的净化和均化设计应避免粉体沸腾和冲撞。

**3.0.4** 石油化工粉体料仓内部严禁有与地绝缘的金属构件和金属突出物。

**3.0.5** 石油化工粉体料仓的接地设计应包括消除人体静电的接地措施和备用接地端子等。

**3.0.6** 料仓内壁有非金属材料涂层时,其厚度不宜大于 2mm。当非金属材料涂层的厚度大于 2mm 时,应选用体电阻率不大于  $10^9 \Omega \cdot m$  的防静电材料。

**3.0.7** 料仓进料口宜设离子风静电消除器。离子风静电消除器的设计应满足爆炸危险场所防爆要求,离子风静电消除器应具有粉体静电在线监测和消电随机调节功能。

**3.0.8** 当料仓设有紧急放料口或下料包装口,且物料的挥发分较高时,应按下列规定采取防止放料或包装中静电燃爆的措施:

- 1 放料口或包装口宜设置离子风静电消除器;
- 2 放料口或包装口应设置专用接地端子或跨接线;

**3** 放料管或下料管附近应设置防爆型人体静电消除器。

**3.0.9** 料仓中无可燃气或可燃气体体积浓度小于气体爆炸下限(LEL)20%时,应按本规范第3.0.2、3.0.4、3.0.6条的规定,防止传播型刷形放电、绝缘导体的火花放电,以及料堆上方金属突出物的火花放电等高能量放电。

**3.0.10** 料仓中当可燃气体体积浓度大于或等于气体爆炸下限(LEL)20%或粉尘最小点火能(MIE)小于或等于10mJ时,应采用离子风静电消除器,防止料堆表面的锥形放电、空间粉尘云与金属突出物的雷状放电等。

## 4 防止粉尘燃爆

**4.0.1** 对于不同性质的石油化工粉体应根据其最小点火能确定采取相应的控制措施。当粉体的最小点火能(MIE)大于 30mJ 时,应防止传播型刷形放电和绝缘导体的火花放电(包括人体放电);当粉体的最小点火能(MIE)小于或等于 30mJ 时,除应防止传播型刷形放电和绝缘导体的火花放电外,还应采取消除粉体静电和抑制气体积聚的措施。石油化工主要粉体产品最小点火能可按本规范附录 B 的规定取值。

**4.0.2** 处理石油化工粉体时应减少粉尘的产生和积聚。

**4.0.3** 在满足工艺要求的情况下,应采取防止石油化工粉体切粒失稳和管道“拉丝”等现象的措施。

**4.0.4** 物料挥发分含量高、料仓内可燃气含量高于气体爆炸下限(LEL)20%时,应设净化风系统。

**4.0.5** 采用底部反吹净化风设计时,应设置最小流量报警。

**4.0.6** 粉体料仓净化风量应根据物料挥发分的逸出速率及粉尘的最小点火能确定。最小净化风量应保证杂混粉尘最小点火能不小于 12mJ。在无挥发分逸出速率的数据时,料仓净化风量可按料仓内气体浓度小于气体爆炸下限(LEL)20%的要求进行估算。

**4.0.7** 杂混粉尘的最小点火能可按下式计算:

$$MIE_H = MIE_D \left( \frac{MIE_G}{MIE_D} \right)^{C/C_p} \quad (4.0.7)$$

式中: $MIE_H$ ——杂混粉尘的最小点火能(mJ);

$MIE_D$ ——粉尘的最小点火能(mJ),可按本规范附录 B 选取;

$MIE_G$ ——可燃气体的最小点火能(mJ),可按本规范附录 C 选取;

$C_p$ ——可燃气体引燃的敏感浓度(%),可按本规范附录 C 选取;

$C$ ——可燃气体的浓度(%).

**4.0.8** 粉体料仓设计应减少料仓气相空间的粉尘量,净化风的风压和风量不宜过高。

**4.0.9** 净化风系统的设计应能防止堵塞及方便检维修。净化风机入口过滤器离地面不宜小于 1.5m,并应设防雨棚或防雨罩;容易发生静电燃爆的料仓,料仓进料和净化风机应采用自动联锁设计。

**4.0.10** 净化风机入口应设置在非爆炸危险区,附近如有可燃气体释放源或存在可燃气体泄漏风险时,应设可燃气体报警器。

**4.0.11** 在满足工艺要求的前提下,应减少反应物中高沸点组分的含量。

**4.0.12** 可燃气体浓度较高的料仓,料仓排气口宜设可燃气体监测报警系统。

**4.0.13** 不合格品料仓或过渡料仓中的不合格料应经净化处理合格后,再送回正常操作系统。

**4.0.14** 当不合格品料仓数量多于一个时,各料仓宜设独立的净化风系统;料仓共用净化风机时,各料仓净化风管的阀门与料仓进料管的阀门应采取自动控制措施。

**4.0.15** 处理本规范第 4.0.13 和 4.0.14 条物料时应连续进行,当需间断处理物料(包括采样化验等)时,应通过控制系统保持必需的净化风,也可采取放空物料后再进新料。

**4.0.16** 放料与包装处应保持良好的通风环境。

**4.0.17** 当管道出现堵塞现象时,严禁采用含有可燃气体的气体吹扫和排堵,严禁采用压缩空气向含有可燃气体和粉尘的储罐、容器吹扫。

## 5 料仓内结构件的设计

**5.0.1** 料仓净化风的引入口宜采用分散分布的多口式引入结构。

**5.0.2** 仓内有静电屏蔽分隔板或内筒式分割单元结构时,引入口数量应能保证每个分割单元都有净化风引入。

**5.0.3** 净化风引入口高度的设计,应满足净化风均匀分布的要求,并应减少引入口下方的物料量。

**5.0.4** 料仓内的内件及内部支撑件宜采用圆钢或圆管等无尖角的结构件,且端部应打磨。

**5.0.5** 料仓壁内表面应光滑。

**5.0.6** 净化风引入口伸进料仓内的金属构件宜采取折板式或贴壁式结构,伸进料仓内的径向尺寸不宜超过 100mm,不得有尖角。伸进料仓内的径向尺寸超过 100mm 时,表面应做防静电处理。

**5.0.7** 掺合管或筒的固定支架朝下部分,不得有尖角和突出“电极”的形状。

**5.0.8** 金属固定支架与管束和仓壁的焊接结构设计,应保证牢固、可靠。

**5.0.9** 管束式掺合管的连接处应有足够的机械强度。

**5.0.10** 料仓进料口宜设置在料仓中心附近。

## 6 料仓附属设施

### 6.1 料 位 计

6.1.1 对报警频率较高或料仓内杂混粉尘最小点火能小于 30mJ 的场合,伸进料仓内检测料位和报警的传感器应选用防静电型。

6.1.2 由仓顶垂直伸进料仓的传感器,其电极的形状与尺寸应选用不产生火花放电的形式,或采用不会引起火花放电的材料进行表面保护。

6.1.3 水平或倾斜方式伸进料仓的传感器(包括传感器上方的保护板),当伸进仓内径向尺寸大于 100mm 时,应符合本规范第 5.0.6 条的规定。

### 6.2 除 尘 设 备

6.2.1 仓顶过滤器内部所有金属零部件和外壳应有可靠的电气连接,并应与料仓和集尘管道跨接。

6.2.2 当仓顶过滤器上金属零件存在松脱、掉进料仓中的风险时,应采取防松措施。

6.2.3 仓顶过滤器的过滤介质应选用防静电材料并做间接静电接地处理。

6.2.4 仓顶过滤器应设置排堵设施。

6.2.5 当料仓进料口设置旋风分离器、淘析器等分离设备时,分离设备的结构设计应符合下列规定:

1 内部所有金属零件应有可靠的电气连接,整个设备应与管道和料仓可靠跨接并接地;

2 内部金属零部件的连接应做防松处理;内部有螺栓紧固连接件时,外部宜设可拆卸检查和维护的设计。

**6.2.6** 料仓排风系统的粉尘分离设备,还应采取定期清理设备上附着粉尘层的措施。

## **6.3 管道系统**

**6.3.1** 管道系统应优化设计,应减少管道的水平长度和弯头数量,并应避免粉尘粘壁或产生块料死角。风送管道内表面应做麻面处理。

**6.3.2** 管道系统不宜选用非金属材料;选用非金属软连接件时,应选用防静电材料。

**6.3.3** 金属管道之间、管道与管件之间及管道与设备之间,应进行等电位连接并可靠接地。当金属法兰采用螺栓或卡件紧固时,可不另设连接线,但应保证至少两个螺栓或卡件有良好的电气连接。

## 7 防止人体放电

### 7.0.1 下列场所宜采取防止人体静电放电的措施：

- 1 有粉尘飞扬的下料包装处；
- 2 清仓与清釜时，有可燃粉尘或可燃气体的空间；
- 3 用人工方法向料仓、容器或釜内投放粉体处；
- 4 料仓采样口附近。

### 7.0.2 人体静电消除措施应符合下列规定：

- 1 人体静电消除器应为防爆型，接地电阻值不得超过  $100\Omega$ ；
- 2 料仓人孔附近宜预留静电接地端子。



## 8 防止料仓着火和火焰传播

**8.0.1** 可燃气体浓度较高的粉体料仓宜设氮气保护系统。氮气保护系统宜单独敷设,也可共用净化风管道,宜能自动启动并同时切断净化风。

**8.0.2** 料仓或其排气口宜设温度监测、报警系统。

## 附录 A 石油化工主要粉体体电阻率与介电常数

表 A 石油化工主要粉体体电阻率与介电常数

名 称	体电阻率( $\Omega \cdot m$ )	相对介电常数
环氧树脂	$10^{10} \sim 10^{15}$	3.40~5.00
硅树脂	$10^{13}$	2.75~3.05
苯乙烯,丙烯腈共聚合体	$>10^{14}$	2.75~3.40
苯酚树脂	$10^9 \sim 10^{12}$	4.00~8.40
聚酯树脂	$10^{12}$	3.00~8.10
聚乙烯(高密度)	$10^{13} \sim 10^{14}$	2.30~2.35
聚乙烯(低密度)	$>10^{14}$	2.25~2.35
聚偏二氯乙烯	$10^{12} \sim 10^{14}$	4.50~6.00
聚氯乙烯	$10^{14} \sim 10^{15}$	2.80~3.60
聚氨酯	$10^{14}$	3.17
聚氯三氟乙烯	$10^{15}$	2.24~2.28
聚二氯苯乙烯	$10^{15} \sim 10^{16}$	2.55~2.65
聚苯乙烯	$>10^{14}$	2.40~2.65
聚四氟乙烯	$>10^{15}$	2.00
聚丙烯	$10^{14}$	2.25

## 附录 B 主要粉体产品燃爆参数

**表 B 主要粉体产品燃爆参数**

名 称	最小着火温度 (℃)	最小点火能 (mJ)	爆炸下限 (g/m <sup>3</sup> )	爆炸压力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	最大压力 上升速度 (kgf/cm <sup>2</sup> s)
聚丙烯酰胺	240	30	40	6.0	176
聚丙烯腈	460	20	25	6.3	773
异丁酸甲酯-丙烯酸 乙酯-苯乙烯共聚体	440	15	20	7.1	141
纤维素醋酸酯	340	15	35	8.5	457
乙基纤维素	320	10	20	8.4	492
甲基纤维素	340	20	30	9.4	422
尼龙聚合体	430	20	30	7.4	844
聚碳酸酯	710	25	25	6.7	330
聚乙烯, 低压工艺	380	10	20	6.1	527
聚乙烯, 高压工艺	420	30	20	6.0	281
聚丙烯	—	25	20	—	—
聚苯乙烯乳胶	500	40	15	5.4	352
苯酚糠醛	510	10	25	6.2	598
苯酚甲醛	580	10	15	7.7	773
木质素-水解, 木式, 细末	450	20	40	7.2	352
石油树脂(棕色沥青)	500	25	25	6.6	352
橡胶, 粗, 硬	350	50	25	5.6	267
橡胶, 合成, 硬(33% S)	320	30	30	6.5	218
虫胶	400	10	20	5.1	253

# 附录 C 主要可燃气体燃爆参数

表 C 主要可燃气体燃爆参数

名 称	最低引燃能量 (mJ)	化学计量混合物 (体积百分率, %)	易燃极限值 (体积百分率, %)
乙醛	0.37	7.73	4.0~57.0
丙酮	1.15@4.5%	4.97	2.6~12.8
乙炔	0.017@8.5%	7.72	2.5~100
氧内乙炔	0.0002@40%	—	—
丙烯醛	0.13	5.64	2.8~31
丙烯腈	0.16@9.0%	5.29	3.0~17.0
烯丙基氯(3-氯-1 丙烯)	0.77	—	2.9~11.1
氨	680	21.8	15~28
苯	0.2@4.7%	2.72	1.3~8.0
1,3-丁二烯	0.13@5.2%	3.67	2.0~12
丁烷	0.25@4.7%	3.12	1.6~8.4
n-正丁基氯(1-氯丁烷)	1.24	3.37	1.8~10.1
二硫化碳	0.009@7.8%	6.53	1.0~50.0
环己烷	0.22@3.8%	2.27	1.3~7.8
环戊二烯	0.67	—	—
环戊烷	0.54	2.71	1.5~nd
环丙烷	0.17@6.3%	4.44	2.4~10.4
二氯硅烷	0.015	17.36	4.7~96
二乙醚	0.19@5.1%	3.37	1.85~36.5
氧中二乙醚	0.0012	—	2.0~80
二异戊丁烯	0.96	—	1.1~6.0
二异丙醚	1.14	—	1.4~7.9
2,2-二甲氧基甲烷	0.42	—	2.2~13.8

续表 C

名 称	最低引燃能量 (mJ)	化学计量混合物 (体积百分率, %)	易燃极限值 (体积百分率, %)
2,2-二甲基丁烷	0.25@3.4%	2.16	1.2~7.0
二甲基乙醚	0.29	—	3.4~27.0
2,2-二甲基丙烷	1.57	—	1.4~7.5
二甲硫化物(甲硫醚)	0.48	—	2.2~19.7
二-七-叔丁基过氧化物	0.41	—	—
乙烷	0.24@6.5%	5.64	3.0~12.5
氧中乙烷	0.0019	—	3.0~66
乙酸乙酯(醋酸乙酯)	0.46@5.2%	4.02	2.0~11.5
乙胺(氨基乙烷)	2.4	5.28	3.5~14.0
乙烯	0.07@6.25%	—	2.7~36.0
氧中乙烯	0.0009	—	3.0~80
吡丙啶	0.48	—	3.6~46
环氧乙烷(氧丙环)	0.065@10.8%	7.72	3.0~100
呋喃	0.22	4.44	2.3~14.3
庚烷	0.24@3.4%	1.87	1.05~6.7
正己烷	0.24@3.8%	2.16	1.1~7.5
氢	0.016@28%	29.5	4.0~75
氧中的氢	0.0012	—	4.0~94
硫化氢	0.068	—	4.0~44
异辛烷	1.35	—	0.95~6.0
异戊烷	0.21@3.8%	—	1.4~7.6
异丙醇	0.65	4.44	2.0~12.7
异丙氯	1.08	—	2.8~10.7
异丙胺	2.0	—	—
异丙硫醇	0.53	—	—
甲烷	0.21@8.5%	9.47	5.0~15.0

续表 C

名 称	最低引燃能量 (mJ)	化学计量混合物 (体积百分率, %)	易燃极限值 (体积百分率, %)
氧中甲醇	0.0027	—	5.1~61
甲醇	0.14@14.7%	12.24	6.0~36.0
甲基乙炔	0.11@6.5%	—	1.7~nd
二氯甲烷	>1000	—	14~22
甲基丁烷	<0.25	—	1.4~7.6
甲基环己烷	0.27@3.5%	—	1.2~6.7
甲基·乙基酮(丁酮)	0.53@5.3%	3.66	2.0~12.0
甲酸甲酯	0.4	—	4.5~23
n-戊烷	0.28@3.3%	2.55	1.5~7.8
2-戊烷	0.18@4.4%	—	—
丙烷	0.28@5.2%	4.02	2.1~9.5
氧中丙烷	0.0021	—	—
丙醛	0.32	—	2.6~17
n-丙基氯	1.08	—	2.6~11.1
丙烯	0.28	—	2.0~11.0
氧化丙烯	0.13@7.5%	—	2.3~36.0
四氢呋喃	0.54	—	2.0~11.8
四氢吡喃	0.22@4.7%	—	—
噻吩甲醇	0.39	—	—
甲苯	0.24@4.1%	2.27	1.27~7.0
三氯硅烷	0.017	—	7.0~83
三乙胺	0.75	2.10	—
2,2,3-三甲基丁烯	1.0	—	—
醋酸乙酯	0.7	4.45	2.6~13.4
乙烯基乙酸酯	0.082	—	1.7~100
乙烯基乙炔	0.2	1.96	1.0~7.0

注:1 nd——未确定数;

2 @后数据为实验时的敏感浓度。

# 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《防止静电事故通用导则》GB 12158

《粉尘防爆安全规程》GB 15577

《关于处理防静电问题措施的建议》NFPA 77

《防静电技术规范 第1部分 总体考虑》BS 5958.1

《防静电技术规范 第2部分 对特殊工业生产的具体建议》  
BS 5958.2

日本《静电安全指南》



中华人民共和国国家标准

石油化工粉体料仓防静电燃爆  
设计 规 范

GB 50813 - 2012

条 文 说 明

## 制 订 说 明

《石油化工粉体料仓防静电燃爆设计规范》GB 50813—2012, 经住房和城乡建设部 2012 年 10 月 11 日以第 1494 号公告批准发布。

本规范制订过程中, 编制组进行了广泛的调查研究, 总结了我国石油化工粉体料仓防静电燃爆的实践经验, 同时参考了美国防火协会标准《关于处理防静电问题措施的建议》NFPA 77—2007、英国国家标准《防静电技术规范》BS 5958—1991 和日本《静电安全指南》(1988) 等国外先进技术法规、技术标准, 并广泛征求了各方面的意见。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《石油化工粉体料仓防静电燃爆设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明, 对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明, 还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是, 本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力, 仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

1 总 则 .....	(25)
2 术 语 .....	(26)
3 防止料仓静电积聚和放电 .....	(27)
4 防止粉尘燃爆 .....	(30)
5 料仓内结构件的设计 .....	(34)
6 料仓附属设施 .....	(36)
6.1 料位计 .....	(36)
6.2 除尘设备 .....	(36)
6.3 管道系统 .....	(37)
7 防止人体放电 .....	(38)
8 防止料仓着火和火焰传播 .....	(39)

# 1 总 则

**1.0.1** 石油化工粉体料仓内粉尘静电燃爆会使料仓破坏和物料燃烧,小的闪爆会产生熔料块和堵管现象。此外,静电吸附力也可以加剧粘壁、粘管现象,影响料仓的维护 and 产品质量。为防止粉体料仓静电燃爆及次生灾害的发生,保护人身和财产安全,特制定本规范。本条说明了本规范制定的目的。

**1.0.2** 本条中“氮气保护下的密闭系统且系统的氧含量得到严格控制的粉体料仓”是指氧含量不大于 10%(体积比)的料仓。其依据主要是参照了欧洲某研究中心粉尘爆炸研究的最新结论而提出的。具体计算也可以参考下述计算式:

$$LOC = 1.62 \lg MIE \cdot (1 + MIT/273) + 12.9 \quad (1)$$

式中:LOC——粉尘燃爆临界氧含量(%);

MIT——粉体最小引燃温度(℃)。

## 2 术 语

**2.0.7** 绝缘导体可以通过充电或感应而带电,一旦与周围接地导体放电,往往会产生火花放电。

### 3 防止料仓静电积聚和放电

**3.0.1** 介质电阻率高容易积聚静电。国内外多数标准都推荐,处理电阻率在  $10^{10} \Omega \cdot m$  以上的粉体时,可能存在静电放电着火的风险,应采取相关对策;但同时也指出,在粉体浮游场合,无论电阻率大小都要采取相应防静电对策,如日本《静电安全指南》(1988)第 2.2.3 条的规定等。

本条规定参见现行国家标准《防止静电事故通用导则》GB 12158—2006 的第 6.1.2 条的要求,即所有属于静电导体的物体必须接地。

附录 A 表中数据,主要引自日本《静电安全指南》(1988)参考资料 1.6 表 R.4 绝缘性固体的体积电阻率和介电常数。

**3.0.2** 日本《静电安全指南》(1988)第 2.2.3.2 和第 2.3.3.7 规定,系统中“联接用的布、取料袋、排气袋等,要使用混入导电纤维的混纺品”。国外有的规范将粉体气力输送系统中的非金属材料又称做“静电源”。气力输送管线中的非金属设备或零部件不但会增加系统的静电,而且自身也会积聚静电和放电。如某厂 DMT 反应器进料设备 1996 年曾发生两次闪爆,当将负压抽料改为正压进料时又发生一次闪爆。经调查确认,爆炸中心系粉体料斗下方的合成纤维联接布,改用防静电软连接后再没出过闪爆事故。国外某有关设计指南中指出,如果非金属材料中有金属零件,如软管中的螺旋线,在管线内会产生更强的放电危险。因此在气力输送粉体处理系统中应尽量不用非金属材料,包括软连接管、滤布、胶板等,如果非用不可,则应采用防静电或导静电改性材料(材料表面电阻小于  $10^9 \Omega$ )。

**3.0.3** 虽说细颗粒粉体更容易产生静电,但国外最近几年的研究结论是,粒径在  $1mm \sim 10mm$  的颗粒粉体在料堆表面更容易产生

着火性放电,因此把 1mm~10mm 颗粒粉体列为静电放电最危险的粉体。如果粗细料混合输送,静电着火的危险性更大。

**3.0.4** 料仓中如果有不接地的绝缘导体,会因感应或接触荷电粉体而带电。这种带电绝缘导体一旦与接地设备放电,多数属火花放电,放电能量可达上百毫焦耳,引燃率高,是料仓中最危险的放电形式之一。设计中应严禁此类现象的存在,包括设备运行中可能会脱落的金属零件等。如某厂 LDPE 装置的计量/脱气料斗曾发生多次闪爆,事后检查发现,这些事故可能与料斗内防静电杆脱落有关。料堆上方如果有金属突出物,可以诱发高能放电。如某厂 HDPE 颗粒料仓在 2006 年 4 月曾发生爆炸着火,事后检查确认这起事故与进料仓中掺合管断裂有关:当物料到达掺合管断裂位置时发生了静电放电。此条作为强制性条文,必须严格执行。

**3.0.5** 《防静电技术规范》BS 5958—1997 第 2 部分的 31.3.1 条规定,“当粉尘最小点火能 $\leq 100\text{mJ}$ 时应使操作人员保持接地状态”。从静电放电性质来说,通常将人体放电列为绝缘导体放电,放电能量从几十毫焦耳到上百毫焦耳,即使没有可燃气体也可以引燃聚烯烃等大多数粉尘,所以料仓的设计还要包括防止人体可能产生的放电。在处理料仓粉体作业中,曾发生过多起粉尘爆炸事故,如 2006 年 7 月 7 日,某厂 HDPE 反应釜进行清釜作业时发生了闪爆,当场死亡 3 人。某厂 PP 装置反应釜(1992 年 5 月)、某厂 HDPE 装置闪蒸釜(2006 年 1 月)等,都曾发生过清釜闪爆事故。调查表明,这些事故都和作业者及手工工具没有接地有关,在粉体料仓或容器的设计中预留静电接地端子是非常必要的。

**3.0.6** 本条规定是根据国外近几年的研究结论和相关规定而提出的。实验表明,当料仓涂层或黏壁料厚度在 4mm~8mm 时,有产生传播型刷形放电的危险。因此,国外相关标准将 2mm 作为安全管理指标,如涂层厚度超过 2mm 时则推荐使用绝缘强度小于 4kV 的导电材料。

本条规定也适用于料仓黏壁料的管理:当黏壁料的厚度超过

4mm 时不但会产生传播型刷形放电,也容易产生片状料脱落的剥离放电。

**3.0.7** 对有粉尘静电爆炸的危险场所,国内外相关规范都推荐离子风静电消除器或静电中和器,如现行国家标准《防止静电事故通用导则》GB 12158—2006 的第 6.4.5 条、第 6.1.10 条,《防静电技术规范》BS 5958—1997 第 2 部分的第 21.2.3 条,《防静电作业规范》NFPA 77—2007 第 5—5 条等。这些规范也同时注明,采用离子风静电消除器时其设计必须满足现场防爆使用要求。

**3.0.8** 紧急放料口或下料包装口处静电闪爆频率较高,其原因除静电因素外,还与作业中可燃气体和粉尘浓度较高有关。本条款的具体规定是根据国内实际存在的问题提出的,同时参照了日本《静电安全指南》应用篇增补本第 5 条的有关规定。

**3.0.9** 料仓内存在不同能量的放电形式。不同类型粉尘或杂混粉尘引燃能量也不同,因此防范措施应根据物料引燃能量来限制可能出现的放电形式。传播型刷形放电,一般是在非金属材料或涂层表面局部绝缘发生破坏时产生的放电(能量可达上千毫焦耳);绝缘导体的火花放电,一般是在不接地导体上产生的放电(放电能量可达上百毫焦耳);料堆上方金属突出物的放电,主要指发生在料堆表面与上方金属突出物的放电(放电能量可达几十毫焦耳)。以上放电,主要与料仓内部结构设计的选材、连接、布置等有关。

**3.0.10** 锥形放电是指料堆表面荷电物料与料仓壁之间发生的放电(放电能量一般在十毫焦耳以内);雷状放电是指荷电粉尘云(直径大于 1.5m 时)与周边金属突出物发生的放电(放电能量可达几十毫焦耳)。

LDPE 装置的抽气料仓、分析仓、掺合料仓、不合格品料仓,HDPE、LLDPE、PP 装置的均化料仓、不合格品料仓等,可燃气体浓度有时会超出气体爆炸下限(LEL)的 20%,杂混粉尘的最小点火能有可能降到 10mJ 以下,所以应采取相应消电措施,以防止料堆表面的锥形放电、雷状放电等产生的引燃危险。



## 4 防止粉尘燃爆

**4.0.1** 处理最小点火能在 30mJ 以下的粉体时,应考虑挥发分逸出气体对混合物点火能的敏感作用,所以设计中应同时采取防止静电放电的专用消电措施和防止气体积聚的通风措施等。这条规定是 20 世纪末国际粉爆研究的共识与推荐意见,从我国粉尘静电爆炸事故统计来看,这条规定也是非常必要的。防止静电事故的防静电措施,包括静电接地、静电消除和抑制放电等技术措施,具体设计可以根据现场条件来选择。

附录 B 表中最小着火温度数据主要引自 NFPA325《易燃液体、气体和易挥发固体的火险性能手册》;其他数据,包括最小点火能、爆炸下限、爆炸压力、最大压力上升速度等,主要引自日本《静电安全指南》(1988)参考资料 1.5 表 R.3 粉体的引燃危险性。

**4.0.2** 粉尘颗粒越小,爆炸下限和点火能越小,爆炸危险性越大。这是因为颗粒越小,表面活性和吸附氧原子的能力越强,即越容易燃烧和爆炸。国际上通常将  $100\mu\text{m}$  以下粉尘列为易爆粉尘。如某专利商的设计指南第 2.1 条将 200 目( $75\mu\text{m}$ )以下的粉尘列为爆炸敏感粉尘,将 120 目( $125\mu\text{m}$ )以下的粉尘列为爆炸性粉尘。

**4.0.3** 管线表面粗糙度不够或风送动力不足时,风送过程中容易产生“拉丝”现象;物料熔融指数高和风送速度过高时,容易产生碎屑料。当切粒机出现断刀或模板磨损严重,以及切粒间隙调整不合适等,会出现“带尾巴料”。一旦出现上述现象,风送物料中微细粉尘和针状粉尘就会增多。实验表明,粉尘的最小点火能与其尺寸的平方或立方成正比,微细粉尘的增多会增加粉尘静电燃爆的

危险性。如某企业 PP 料仓在 1989 年 9 月发生闪爆,事后检查发现切料机出现两把断刀、产生带尾巴料,掺合 1h 后发生闪爆着火。又如某厂 PP 装置切料机在 1995 年换新模板后,不合格品料仓先后发生三次闪爆,事后检查确认事故的发生与物料熔融指数偏高及切粒失稳有关。

**4.0.4** 此条规定是根据国外实验研究的结论而提出的:聚烯烃类粉尘中乙烯气体质量浓度增加到 0.5% 时,杂混粉尘最小点火能降到 10mJ 左右。国内实验也证实了上述结论:HDPE 现场混合粉尘的 MIE 约为 20.2mJ,LDPE 现场混合粉尘 MIE 约为 15.3mJ,当与 20%LEL 浓度的乙烯气体混合时,杂混粉尘的最小点火能均降到 10mJ~11mJ。

**4.0.6、4.0.7** 规定内容主要借鉴了某专利商的设计指南、国外的最新研究结论以及国内事故料仓的气体计算而推荐的。本条规定中的公式是瑞士 CIBA 研究中心在 20 世纪 90 年代的研究结论。国内某研究所进行了实验考核,实验结论基本相同。

附录 C 表中数据主要引自美国防火协会标准 NFPA77《关于处理防静电问题措施的建议》(2007 年版)附录 B 表 B.1 气体和蒸气的可燃性参数一览表。

**4.0.8** 国内掺合仓发生的静电爆炸,事故规模往往比较大,这主要与掺合仓内上部空间粉尘量较大有关。为避免或减少事故规模,掺合仓的设计应特别注意粉尘的产生和积聚,包括临时性操作的限制等。如某企业 HDPE 装置 3<sup>#</sup> 均化仓处理完 134t 料后准备送料,由于松动风机(3000m<sup>3</sup>/h)临时出现故障,改用均化风机(5300m<sup>3</sup>/h)松动,一开机料仓顶部即发生爆炸着火,顶部设备完全报废。又如某厂 LDPE 掺合仓在 2000 年 10 月 15 日处理三批来料后,在送料过程中发生了爆炸着火。调查表明,事故料位(约 13t)刚好在料仓底部风口处,松动风量较高(4000m<sup>3</sup>/h),主风管对面的吹风管( $\phi 75\text{mm}$ )与风管下方飞扬物料发生了静电放电。

**4.0.9** 国内某企业新建 LDPE 装置净化风机过滤器原先采用落地设计,在一次雨天进料中料仓发生闪爆。将过滤器提升 2m 和加防雨罩后,通风系统没再出现问题。容易发生燃爆的料仓有抽气料仓、过渡料仓和不合格品料仓等。

**4.0.10** 现行国家标准《防止静电事故通用导则》GB 12158—2006 的第 6.4.11 条规定,管道易泄漏处“宜装设气体泄漏自动检测报警器”。某企业 HDPE 装置在 2002 年 2 月发生爆炸着火。事后查明,这起事故是由于原料油管线窥视管破裂、挥发气体被附近流化床干燥器吸入而引起闪爆,并使相邻设备发生连环爆炸。

**4.0.11** 从反应器送出的聚乙烯料中没反应的乙烯、丙烯单体(原料气),沸点分别为  $-103.7^{\circ}\text{C}$ 、 $-47^{\circ}\text{C}$ ,在闪蒸釜和干燥器中容易脱出;但己烷(催化剂稀释剂)、戊烷(冷凝剂)、乙酸乙烯酯(EVA 共聚单体)等,沸点分别为  $68.74^{\circ}\text{C}$ 、 $36.07^{\circ}\text{C}$ 、 $72.7^{\circ}\text{C}$ ,在闪蒸、干燥等设备中脱出较难,物料中挥发分相对较高。

料仓中可燃气体体积聚的程度与反应器、脱挥或气体回收单元(如闪蒸器、汽蒸机、干燥器、脱气仓等),以及料仓的通风控制等有关。上述任何一个环节的设计和控制出现偏差,都可能影响料仓内气体的积聚。在工艺条件不变的情况下过快增加生产节奏或产量,也会影响料仓内气体的积聚。如某厂 LLDPE 装置反应器在 2001 年 6 月试用新的冷凝技术,产量增加 50%,但物料含挥量高,料仓可燃气体浓度增加,造成料仓静电爆炸着火;某厂 PP 装置扩能改造后产量提高 20%,但干燥器脱挥能力下降,挥发分由 800ppm 增加到 2000ppm,料仓发生十几次燃爆;又如某厂 LDPE 装置在 1979 年~1987 年做过 5 次扩能改造,年产量提高 30%以上,但通风系统没有改造,在 1987 年~1998 年,脱气仓、掺合仓、不合格品料仓等先后发生 13 次爆炸着火。该厂 2PP 装置料仓在 2000 年 2 月 12 日和 9 月 16 日发生爆炸。事后

检查确认,这两起事故除与物料熔融指数偏高有关外,还与催化剂选型不当造成聚合粉体粒径过小及汽蒸机料位控制过低等气体控制失误有关。

**4.0.12** 本条规定及具体要求是根据国内部分企业的实践经验和应用效果提出的,但对底部未设净化风的料仓,当物料处于中、低料位时,报警器显示值只作为工艺参考。具体设计时,宜选在现场和控制中心均有可燃气体浓度显示报警的产品,且传感器气体吸入系统应有足够面积的防尘单元。

**4.0.13** 物料挥发分意外增高可诱发粉尘爆炸,事故频率较高,特别是脱气料仓、不合格品料仓、过渡料仓等。反应失稳或脱挥单元失控等都会引起物料挥发分意外增高。反应失稳包括:切换新牌号产品(特别是生产高沸点原料比例较高和熔融指数较高产品时)、原料气精制不好或催化剂失活,以及稀释剂用量较高等。脱挥单元失控包括闪蒸器、干燥器、汽蒸机等设备故障、处理能力不足、仪表故障等。当上述现象的发生频率较高时,设计上应采取相应措施。

**4.0.14** 国内某企业 LDPE 装置的三个不合格品料仓原先采用一个净化风机,由于手动控制失误曾发生两次空仓进风、相邻进料仓发生闪爆的事故。

**4.0.15** 生产过程中出现不合格品料或过渡料时,物料中的挥发分往往偏高,处理过程中若无净化风,或净化时间不足,料仓中极易积聚可燃气体,一旦有新的荷电粉体进入,容易产生闪爆现象。

**4.0.17** 本条为强制性条文,须严格执行。用带压可燃气体或压缩空气吹扫粉体或堵塞物时,极易产生静电放电和闪爆事故。如 1992 年 10 月某厂 PE 装置沉降管堵塞,用 18.5MPa 介质气体排堵时发生了爆炸着火;1998 年 3 月某厂 PP 反应釜出现结块料,当日上午用 0.07MPa 气体吹扫,下午改用 1.0MPa 气体吹扫后立刻发生闪爆。

## 5 料仓内结构件的设计

**5.0.1~5.0.4** 这几条规定是根据企业事故案例和现场设计欠缺而提出的。如某企业 LDPE 装置混合仓多次发生闪爆或出熔料块。检查发现该仓 7 个分隔单元中只有 5 个单元有反吹进风口,闪爆位置恰好在没有进风口单元的上部。又如某企业 LDPE 料仓在 1999 年 9 月发生闪爆,检查发现该料仓底部原设计只有一个净化风口,闪爆后产生的熔料块(面积约  $1\text{m}^2$ ,厚度约 20mm)在净化风口对角线位置(料高 11m),证实料仓内闪爆与仓内通风分配不均及风量不足等有关。净化风口位置的规定,主要是防止诱发火花放电的发生。国外工业模拟实验表明:当物料超过 1t 时,即可观察到锥形放电;当物料上方有金属突出物时,锥形放电可以发展成火花放电。因此,只要将净化风口下的物料量限制到不出现锥形放电时,就可以避免或减缓诱发高能放电的发生。

**5.0.5** 料仓壁不光滑时容易黏附细粉料,当黏壁料成片状或结块料脱落时,易产生剥离放电,诱发粉尘爆炸。

**5.0.6** 《防静电作业规范》NFPA 77—2007 第 5—5 条和现行国家标准《防止静电事故通用导则》GB 12158—2006 第 6.4.7 条都提出了料堆上方的金属突出物很容易诱发火花放电。如某企业 LDPE 颗粒料仓投产不久,不合格品料仓、掺合料仓、脱气料仓相继发生爆炸着火,着火位置都在伸长 200mm~300mm 净化风管口附近。模拟实验和理论计算表明,离开仓壁 200mm 时料堆表面电位高达 50kV 以上,超过产生火花放电所需的 40kV 的临界电位(参见日本《静电安全指南》第 4.2.1.5 条)。

**5.0.10** 国外粉体料仓放电实验表明,当物料荷电较高时,料堆表

面不但可以产生“线状”和“面状”的局部放电,甚至会产生由锥顶到罐壁的贯穿型的大面积放电,放电能量较高。“锥顶”离罐壁较近时,容易产生前述后者的放电现象。

## 6 料仓附属设施

### 6.1 料 位 计

**6.1.1** 由料位计诱发的粉尘爆炸事故国内已出现多起,特别在分析仓、计量上贮槽、定量混合仓等料位计频繁报警的场合,事故率更高。如某厂 LDPE 装置混合仓多次发生闪燃和出熔料块,频率高时 2~3 个月就得进仓清理一次熔料块。检查发现,闪燃部位几乎都在 30t 料位计下方位置。又如某企业 LLDPE 装置颗粒料仓在 2001 年 6 月发生爆炸着火,当时进料 156t,物料接近高料位报警器。某企业 PP 料仓在 1994 年 2 月发生闪爆,当时进料 285t,物料接近 95% 罐高报警器附近。某企业 LDPE 装置分析仓(每次处理 20t)先后发生过 5 次闪爆,闪爆部位都在进完料的报警器附近。

**6.1.3** 本条规定是根据国内事故案例和模拟实验数据提出的,参见第 5.0.6 条的说明。

### 6.2 除 尘 设 备

**6.2.1~6.2.3** 集尘过滤器容易产生静电放电,包括过滤介质的表面放电,不接地导体的火花放电,滤饼脱落的剥离放电等。此条规定符合《防止静电事故通用导则》GB 12158—2006 第 6.4.10 条规定。如某企业 HDPE 粉体料仓发生爆炸,料仓顶部的过滤器和风机被炸出 40m 远。事后检查,该过滤器过滤介质采用非防静电材料,32 片金属框架有 22 片接地不良,其中 15 片框架电阻大于  $10^9 \Omega$ 。从事故现象分析,这起事故可能是由绝缘的金属框架发生火花放电引起的。

**6.2.4** 料仓集尘系统很容易被黏附料堵塞,影响料仓通风不畅。

如某企业 LDPE 料仓排风管采取直排方式,运行一段时间后发现排风管上的防雀网有很大一部分面积被粉尘堵塞。又如某企业 LDPE 料仓曾多次发生闪爆事故,事后检查与通风系统进风管堵塞有关。因此料仓通风系统的设计应包括便于检查和维护的可接近性要求。

**6.2.5** 旋风分离器内有可燃粉尘或粉尘层,应通过接地措施防止旋风分离器导体部件带电,包括旋风分离器与管线的跨接和接地,以及内部所有金属零件间的可靠连接等。

**6.2.6** 料仓排风系统容易积聚粉尘和诱发粉尘爆炸。如国内某厂—PE 装置投产 6 年后,抽气贮仓的 2 条抽气管线先后发生 4 次闪爆;2005 年 4 月 21 日某厂 HDPE 掺合仓的旋风分离器发生爆炸,2009 年 6 月 4 日某厂 ABS 干燥单元二级旋风分离器的进风管发生爆炸等。这些事故,可能与粉尘脱落的二次爆炸有关,也可能与粉尘附着层的静电放电有关(包括传播型刷形放电或脱落层的剥离放电等)。因此过滤器、集尘管、旋风分离器等,除应执行本规范第 6.2.5 条的规定外,还应定期清除料仓排风系统沉积的粉尘。

理由 1:参见 CIBA 规程 4 的“4.2.2.7 粉尘分离”的诠释:由于静电引起的着火的最危险是最引人注意的,所以除了与产品性质相应的着火源引入之外,与早期相关的操作也必须予以考虑。

理由 2:近几年有类似事故案例出现。

## **6.3 管道系统**

**6.3.1、6.3.2** 参见日本《静电安全指南》第 2.2.3.3 条规定。

**6.3.3** 管道之间如果用松套法兰连接时,法兰两端管线可采用焊接端子和多股软线跨接。具体尺寸参见国内相关标准要求。



## 7 防止人体放电

**7.0.1、7.0.2** 参见本规范第 3.0.5 条文说明,人体在清仓清釜作业中产生的静电通常在几千伏,在下料包装口的感应静电可达上万伏,一旦对地放电都可以产生着火性的火花放电。

## 8 防止料仓着火和火焰传播

**8.0.1、8.0.2** 本条文是根据国内成功应用案例提出的。1999年9月某企业 LDPE 颗粒料仓进料中突然发现排气管风温由 40℃ 升到 95℃, 随即停止进料和停净化风, 并进氮气保护, 之后顶部风温由 110℃ 逐渐回降到 40℃。由于处理及时, 料仓内只出现了局部熔料块, 没有发展成火灾爆炸和烧穿仓壁等更大事故。