

可燃和有毒气体检测报警的工程应用

石油化工可燃气体和有毒气体检测报警的工程应用的阐述——石油化工装置具有易燃、易爆、有毒和有害的特点，涉及可燃和有毒有害气体泄漏的场所按国家标准设置检测报警装置是非常重要的，是安监总管三〔2017〕121号《化工和危险化学品生产经营单位重大生产安全事故隐患判定标准（试行）》中提出的重大安全隐患判定项之一。

文 / 范咏峰 王云

PROCESS-Tip

* 更多信息请扫描二维码：



chem.vogel.com.cn

* 反馈编码：A220654

本文根据现行国家标准 GB/T 50493—2019《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》的要求，结合其他相关文件、标准规范和工程实际，阐述了石油化工可燃气体和有毒气体检测报警的工程应用。

GB/T 50493—2019的适用性

GB/T 50493—2019 适用于石油化工新建、扩建工程中可燃气体和有毒气体检测报警系统（GDS）的设计。石油化工改建工程、化工装置和以煤为原料制取燃料及化工产品的工厂或装置、工厂分析化验室区域的 GDS 设计可以参考使用。

新建、扩建和改建的定义可以参考 2012 年 1 月 30 日国家安全生产监督管理总局令第 45 号公布的《危险化学品建设项目安全监督管理办法》（2015 年 5 月 27 日第 79 号修正）。

本文作者范咏峰供职于中科合成油工程有限公司；王云供职于山东炼化石化工程有限公司。

虽然 GB/T 50493—2019 为推荐性标准，由于其被应急〔2019〕78 号《危险化学品企业安全风险隐患排查治理导则》等多个文件引用，建议满足 GB/T 50493—2019 适用范围的工程按照标准给出的程度用词结合具体条款严格执行 GB/T 50493—2019 要求。

可燃气体范围

GB/T 50493—2019 和 GB 50160—2008（2018 年版）《石油化工企业设计防火标准》关注并需要按照标准要求设置探测器的可燃气体范围为：甲类气体或甲、乙 A 类可燃液体气化后形成的可燃气体或可燃蒸气。

可燃气体的火灾危险性分类按表 1 分类。

液化烃、可燃液体的火灾危

险性分类按表 2 分类，并应符合下列规定：

1. 操作温度超过其闪点的乙类液体应视为甲 B 类液体。
2. 操作温度超过其闪点的丙 A 类液体应视为乙 A 类液体。
3. 操作温度超过其闪点的丙 B 类液体应视为乙 B 类液体；操作温度超过其闪点的丙 B 类液体应视为乙 A 类液体。

有毒气体范围

实际工程中，可根据项目情况和特点确定适用的标准规范，并应符合法律法规的要求。建议以下列范围中的若干条作为确定有毒气体范围的依据：

1. GB/T 50493—2019 附录 B 列出的 14 种有毒气体和蒸气。
2. 《高毒物品目录》（卫法监

表 1 可燃气体的火灾危险性分类

类别	可燃气体与空气混合物的爆炸下限
甲	< 10% (体积)
乙	≥ 10% (体积)

发 [2003]142 号) 中列出的气体和蒸气, 一共 30 种介质, 可以见 GB 50493—2009 条文说明 2.0.2 条款。

3. GBZ 2.1—2019 中的表 1 列出的 358 种介质中的有毒气体或蒸气, 按照 GB30000.18—2013 判定急性毒性危害类别为 1 类及 2 类的急性有毒气体或蒸气。

4. 《危险化学品目录 (2015 版)》(国家安监总局公告 2015 年第 5 号) 中的有毒气体或蒸气, 按照 GB30000.18—2013 判定急性毒性危害类别为 1 类及 2 类的急性有毒气体或蒸气。

5. GBZ/T 223—2009 《工作场所所有毒气体检测报警装置设置规范》附录 A 中的“表 A.1”列出的 56 种有毒气体 / 蒸气。

6. 安监总管三〔2011〕95 号《首批重点监管的危险化学品名录》和安监总管三〔2013〕12 号《第二批重点监管危险化学品名录》中, 按照重点监管的危险化学品安全措施和事故应急处置原则要求设置毒性气体泄漏检测报警仪的场合。

7. 其他现行并适用的有关法律法规标准规范的要求。

对于石油化工项目, 上述列出范围中的第 5 项为可选项, 其他各项均为必选项, 应严格执行。第 5 项 GBZ/T223—2009 根据《中华人民共和国职业病防治法》制定, 由卫生部职业卫生标准专业委员会提出, 虽然为推荐性标准, 条件具备时, 第 5 项所列宜作为有毒气体范围。

探测器设置原则

在生产或使用可燃气体及有毒气体的生产设施及储运设施的区域内, 可以按照以下原则设置探测器。

1. 泄漏气体中可燃气体浓度

可能达到报警设定值时, 应设置可燃气体探测器。

2. 泄漏气体中有毒气体浓度可能达到报警设定值时, 应设置有毒气体探测器。

3. 既属于可燃气体又属于有毒气体的单组分气体介质, 应设有有毒气体探测器。

4. 可燃气体与有毒气体同时存在的多组分混合气体, 泄漏时可燃气体浓度和有毒气体浓度有可能同时达到报警设定值, 应分别设置可燃气体探测器和有毒气体探测器。

比空气轻或重的判断

判别泄漏气体介质是否比空气重, 应以泄漏气体介质的分子量与环境空气的分子量的比值为基准, 按表 3 给出的原则判别。

探测器安装位置的确定

基本要求

根据以下方面综合考虑确定探测器安装位置。

- 1. 释放源位置
 - (1) 气体压缩机和液体泵的动密封。
 - (2) 液体采样口和气体采样口。
 - (3) 液体 (气体) 排液 (水) 口和放空口。
 - (4) 经常拆卸的法兰和经常操作的阀门组。

2. 操作巡检路线 (参考 GB/T 50493—2019 正文 4.1.1 条款)

3. 周 边 界 区 (参 考 GB/T 50493—2019 正文 4.1.5 和条文说明 6.1.2 条款)

具体安装位置

在 GB/T 50493—2019 正文 4.2 ~ 4.4 条款规定了探测器相对于释放源的水平方向的安装位置, 正文 6.1 条款规定了探测器

表 2 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类

名称	类别	特征
液化烃	甲	A 15℃时的蒸汽压力> 0.1 MPa 的烃类液体及其他类似的液体
	B	甲 A 类以外, 闪点< 28℃
可燃液体	乙	A 28℃≤闪点≤ 45℃
		B 45℃<闪点< 60℃
	丙	A 60℃≤闪点≤ 120℃
		B 闪点> 120℃

表 3 轻重判别原则

判定内容	比值
重于空气	≥ 1.2
略重于空气	≥ 1.0 且 < 1.2
略轻于空气	0.8 ~ 1.0
轻于空气	≤ 0.8

相对于释放源的垂直方向的安装位置, 条文说明 6.1.2 条款给出了补充说明, 在一些场景下需要减少探测器距离释放源的水平垂直距离。GB/T 50493—2019 其他条款的其他相关要求, 也应遵照执行。探测器安装工程应用举例见表 4。

氧气探测器

空气中氧气浓度的变化会影响部分气体探测器 (有氧检测的可燃气体探测器, 如催化燃烧型) 的正常工作、影响操作工人的呼吸健康、改变环境中可燃气体的爆炸极限以及可燃气体点火能。GB/T 50493—2019 规定的环境欠氧和过氧报警设定值 (见表 5), 是为了能够保护操作人员的正常健康。氧气的过氧报警值和欠氧报警值的设定可以只设一级报警。各企业依据生产安全和职业健康工作的需要, 可以设定氧气的二级过氧报警值和二级欠氧报警值。

在生产过程中可能导致环境氧气浓度变化, 出现欠氧、过氧的有人员进入活动的场所, 应设置氧气探测器。当相关气体释放源为可燃气体或有毒气体释放源

表 4 探测器安装工程应用举例

场景	安装要求	
	距离释放源水平距离 / m	安装高度 / m
生产设施、储运设施等	正文 4.2 ~ 4.4, 条文说明 6.1.2	正文 6.1, 条文说明 6.1.2
室外比空气重的可燃气体	≤ 10	距地坪 (或楼地板) 0.3 ~ 0.6
室外比空气重的有毒气体	≤ 4	距地坪 (或楼地板) 0.3 ~ 0.6
室内比空气重的可燃气体	≤ 5	距地坪 (或楼地板) 0.3 ~ 0.6
室内比空气重的有毒气体	≤ 2	距地坪 (或楼地板) 0.3 ~ 0.6
室外比空气轻可燃气体		可不设置探测器
室外比空气轻有毒气体	≤ 4	释放源上方 2.0 内
室内比空气轻可燃气体	≤ 5	高出释放源 1 ~ 2, 和室内最高处 0.3 以内
室内甲烷	≤ 5	高出释放源 1 ~ 2, 和室内最高处 0.3 以内
室内氢气	≤ 1	释放源上方 ≤ 1, 和室内最高处 0.3 以内
一氧化碳和氰化氢	≤ 1	释放源上下 1 高度范围内
有毒气体比空气略轻	≤ 1	释放源上方 1 高度范围内
有毒气体比空气略重	≤ 1	释放源下方 1 高度范围内
环境氧气探测器	根据场景确定	距地坪或楼地板 1.5 ~ 2.0
线型可燃气体探测	检测区域长度 ≤ 100	根据场景确定, 比如监测对周边环境影响时, 距地坪 1.5 ~ 2.5
现场区域报警器	工作人员易察觉的地点	高于地面或楼地板 2.2

时, 氧气探测器可与相关的可燃气体探测器、有毒气体探测器布置在一起。

在生产过程中环境氧气浓度可能出现欠氧的场所, 主要是受限空间作业工况。在生产过程中环境氧气浓度可能出现过氧的场所, 主要是工厂的氮氧站、局部用氧点的作业工况。

设在爆炸危险区域 2 区范围内的在线分析仪表间, 应设可燃气体和 (或) 有毒气体探测器, 并同时设置氧气探测器。

环境氧气探测器的安装高度

宜距地坪或楼地板 1.5 ~ 2.0 m, 主要是根据操作与维护人员的身高范围而定的。

测量范围及报警值

可燃气体、有毒气体和环境氧气探测器的测量范围和报警值应符合表 5 的要求。

有毒气体的职业接触限值 OEL 通常有 3 种, 按照数值由低到高分别是: 最高容许浓度 (MAC)、时间加权平均容许浓度 (PC-TWA) 以及短时间接触容许浓度 (PC-STEL)。确定有

0 ~ 30% IDLH。

现场报警器的设置

现场报警器包括 3 种: 现场区域报警器; 有毒气探测器一体式声、光报警器; 可燃气体探测器一体式声、光报警器。设置原则见表 6。

可燃气体和有毒气体检测报警系统应按照生产设施及储运设施的装置或单元进行报警分区, 各报警分区应分别设置现场区域报警器。现场区域报警器的数量宜使在该区域内任何地点的现场人员都能感知到报警。

现场区域报警器可以根据情况合理设置, 需要时可以适当分类, 比如: 区域 1 可燃、区域 1 有毒; 区域 2 可燃、区域 2 有毒。

根据具体的情况, 数量较少或者其他一些的情况下, 也可以合并设置有毒和可燃现场区域报警器。

以下 3 种场合和位置均应设置现场区域报警器:

- 1. 生产现场主要出入口设置现场区域报警器。
- 2. 高噪声区 [噪声超过 85dB (A)] 设置现场区域报警器。
- 3. 有人进入巡检操作且可能

表 5 探测器测量范围和报警值要求

探测器类型	测量范围	一级报警	二级报警
点型可燃气体	0 ~ 100% LEL	≤ 25% LEL	≤ 50% LEL
线型可燃气体	0 ~ 5 LEL·m	1 LEL·m	2 LEL·m
有毒气体	0 ~ 300% OEL	≤ 100% OEL	≤ 200% OEL
有毒气体 (注 1)	0 ~ 30% IDLH	≤ 5% IDLH	≤ 10% IDLH
环境氧气 (欠氧) 注 2	0 ~ 25% VOL	≤ 19.5% VOL	根据企业要求设定
环境氧气 (过氧) 注 2	0 ~ 25% VOL	≥ 23.5% VOL	根据企业要求设定

注 1. 对于某些有毒气体, 如丙烯腈蒸气, 受仪表制造技术条件所限, 难以在满足 0 ~ 300% OEL 的条件下进行测量, 在此情况下, 有毒气体的测量范围可为 0 ~ 30% IDLH。
2. 环境氧气报警浓度具体的数值确定, 应视项目所处环境而调整, 如高原地区, 海拔高度 1 610 m 时, 大气中的正常氧含量约为 17.3% VOL, 其欠氧、过氧大气环境的氧含量应做合理调整。

表 6 现场报警器设置原则

现场报警器		设置要求	启动信号	声报警	光报警
现场区域报警器		应设置	二级报警	> 110 dBA, 1 m 处 ≤ 120 dBA	脉冲闪烁 60 ~ 120 次/min, 光强度: 室外 ≥ 300 cd, 厂房 ≥ 150 cd
一体化声、光报警器	毒性气	宜带	一级报警	75 ~ 105 dBA, 且高于背景声压 15 dBA	具有光报警, 无具体指标要求
	可燃气	可带	一级报警		

出现可燃气体或有毒气体积聚的压缩机厂房、泵房、筒(料)仓、分析小屋以及分析化验室等相对封闭场所,在其出、入口等醒目位置设置声光报警器。

除了以上 3 种场合和位置需要设置现场区域报警器,是否需要在某个区域内进一步设置现场区域报警器,应根据现场实际情况确定,在以下 3 个条件同时满足时,区域内部可以不设置现场区域报警器。

- 1. 报警分区内的探测器数量 < 10 个。
- 2. 现场噪声 < 85 dBA。
- 3. 现场探测器带有一体化的声、光报警器。

以上 3 个条件只要有 1 个条件不满足,就需要在区域内部进一步设置现场区域报警器。

系统要求和配置图

可燃气体和有毒气体检测报警系统(GDS)应独立于其他系统单独设置,并且应与火灾及消防监控系统分开设置。这是 GB 50493—2009 修订升版为 2019 版标准的重要修订内容。

2009 版标准的要求为: GDS 宜独立设置,明确允许 I/O 卡件独立而共用控制器方式采用 GDS 和 DCS 的共用系统;允许 GDS 与火灾检测报警系统合并设置,并在条文说明中提出对于大型联合装置、区域控制中心和全厂中心控制室等的 GDS 可优先考虑与火灾检测报警系统合并设置。GB/

T 50493—2019 明确要求 GDS 应独立,包括和 DCS 等系统的独立,也包括和消防监控系统的独立。

GDS 配置如图 1 所示,包括 3 部分:标准 GDS 系统、消防联动 GDS 系统和 SIS 系统相关部分,分别说明如下。

- 1. 标准 GDS 系统部分。报警控制单元应采用独立设置的以微处理器为基础的电子产品,并应满足 GB/T 50493—2019 中的 5.4.1 条款要求。
- 2. 消防联动 GDS 系统部分。参与消防联动的报警控制单元应采用按专用可燃气体报警控制器产品标准制造并取得检测报告的专用可燃气体报警控制器;专用的可燃气体报警控制器是指符合现行国家标准《可燃气体报警控制器》GB 16808—2008 质量要求且具有消防产品型式检验报告的产品。

可燃气体探测器参与消防联动时,探测器信号应先送至按专用可燃气体报警控制器产品标准制造并取得检测报告的专用可燃气体报警控制器,报警信号应由专用可燃气体报警控制器输出至消防控制室的火灾报警控制器。可燃气体报警信号与火灾报警信号在

火灾报警控制系统中应有明显区别。

3.SIS 系统相关部分。可燃气体或有毒气体检测信号作为安全仪表系统的输入时,探测器宜独立设置,探测器输出信号应送至相应的安全仪表系统,探测器的硬件配置应符合现行国家标准 GB/T 50770—2013《石油化工安全仪表系统设计规范》有关规定。常规的可燃气体和有毒气体检测报警系统,包括标准 GDS 系统和消防联动 GDS 系统,没有安全仪表功能要求,不需要符合功能安全标准。

控制室内声、光报警器

控制室操作区应设置可燃气体和有毒气体声、光报警,以有利于控制室的操作人员及时发现并采取措施,声压等级应满足设备前方 1m 处不小于 75dBA,声、光报警器的启动信号应采用第二级报警设定值信号,不应以操作站扬声器替代控制室内声、光报警器。

探测器选型

探测器的输出可选用

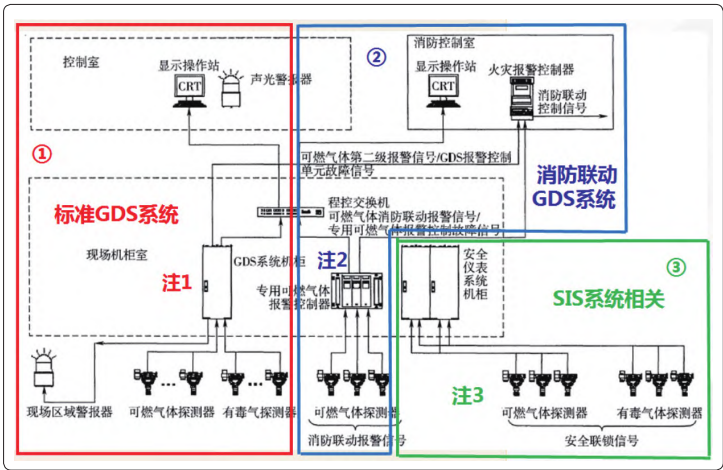


图 1 可燃气体和有毒气体检测报警系统配置

- 注 1. 报警控制单元应采用独立设置的以微处理器为基础的电子产品,并应具备 GB/T 50493—2019 给出的基本功能。
- 2. 专用可燃气体报警控制器,符合 GB16808—2008《可燃气体报警控制器》。
- 3. 探测器宜独立设置。

4 ~ 20 mA 的 DC 信号、数字信号、触点信号, 不建议采用总线信号。可燃气体及有毒气体探测器的选用, 应根据探测器的技术性能、被测气体的理化性质、被测介质的组分种类和检测精度要求、探测器材质与现场环境的相容性、生产环境特点等确定, 具体要求见 GB/T 50493—2019 第 5 章要求和其他相关条款要求, 包括条文说明中给出的要求。

便携式检测报警仪

工程实践中建议重视便携式检测报警仪的使用。

便携式可燃及有毒气体探测器指可以随身携带并在携带过程中完成检测报警任务的气体检测报警装置, 可用于生产现场或储运现场的介质泄漏检测、现场泄漏介质的确认和现场环境的安全监测。

按照 GB/T 50493—2019 要求, 需要设置可燃气体、有毒气体探测器的场所, 宜采用固定式探测器; 需要临时检测可燃气体、有毒气体的场所, 宜配备移动式气体探测器。进入爆炸性气体环境或有毒气体环境的现场工作人员, 应配备便携式可燃气体和(或)有毒气体探测器。在进入的环境同时存在爆炸性气体和有毒气体时, 便携式可燃气体和有毒气体探测器可以采用多传感器类型。

根据 GBZ/T 223—2009, 已知空气中有毒气体浓度经常或持续超过报警设定值的特殊场所, 可不设立固定式有毒气体检测报警点。如因工作需要进入作业场所, 有关人员应配备便携式有毒气体检测报警仪及有效的个体防护用品。一般情况, 应设置有毒气体检测报警仪的场所, 宜采用固定式, 当没有或不具备设置固定式的条件时, 应

配置移动式或便携式检测报警仪。另外, 安全巡检和事故检查也宜使用便携式检测报警仪。

证书和检验报告

相关依据包括如下文件。

1. 《市场监管总局关于防爆电气等产品由生产许可转为强制性产品认证管理实施要求的公告》〔2019 年第 34 号〕

2. 《市场监管总局关于优化强制性产品认证目录的公告》〔2020 年第 18 号〕

3. 《市场监管总局关于调整实施强制管理的计量器具目录的公告》〔2020 年第 42 号〕

4. 《市场监管总局 国家认监委关于改革调整强制性产品认证目录及实施方式的公告》〔2018 年第 11 号〕

5. GB/T 50493—2019 3.0.5 条款(正文和条文说明)

6. 关于平板电脑等防爆电气产品 CCC 认证目录界定的技术决议(TC28—2021—01)

依据以上文件, 证书和检验报告要求如下。

可燃气体探测器应取得防爆合格证, 不需要防爆强制认证 CCC 证书(依据 1、2 和 6), 应取得消防产品检验报告(依据 5), 不强制要求取得消防产品认证证书, 可以自愿取得消防产品认证证书(依据 4), 甲烷以外的可燃气体探测器没有计量器具型式批准证书的要求, 甲烷测定器应该取得计量器具型式批准证书(依据 3)。

二氧化硫(SO₂)、硫化氢(H₂S)和一氧化碳(CO)有毒气体探测器应取得计量器具型式批准证书(依据 3)。在爆炸危险场所中使用的有毒气体探测器应取得防爆合格证, 不需要防爆强制

认证 CCC 证书(依据 1、2 和 6)。

在爆炸危险场所中使用的现场区域报警器应取得防爆强制认证 CCC 证书(依据 1、2 和 6)。

可燃气体和有毒气体探测器均没有强制检定要求, 使用者可自行选择非强制检定或者校准的方式, 保证量值准确并符合使用要求(依据 3)。

自 2018 年 6 月 11 日起, 可燃气体报警产品(包括可燃气体探测器和 GDS 控制器)不再实施强制性产品认证管理(CCCF)(依据 4)。

探测器和 GDS 不执行安全仪表功能(SIF)时, 不需要满足功能安全标准, 也没有安全完整性等级(SIL)认证要求。探测器和 GDS 执行安全仪表功能(SIF)时, 应该满足功能安全标准要求, 包括 GB/T 50770—2013 标准的要求。

甲烷测定器; 二氧化硫(SO₂)、硫化氢(H₂S)和一氧化碳(CO)有毒气体探测器, 适用的型式评价大纲见市场监管总局办公厅关于发布《实施强制管理的计量器具目录适用国家计量技术规范》的通知(市监计量〔2020〕6 号)。

单位换算

环境大气中有毒气体浓度的表示方法有两种: 质量浓度(每立方米空气中所含有毒气体的质量数, 即 mg/m³)和体积浓度(一百万体积的空气中所含有毒气体的体积数, 即 ppm(v/v)或 μmol/mol。)通常, 大部分气体检测仪器测得的气体浓度是体积浓度 ppm(v/v)。而国家标准规范采用的气体浓度为质量浓度单位(mg/m³)。mg/m³符合 GB 3100—1993《国际单位制及其应用》, ppm 不属于国际单位制。

GB/T 50493—2019 附录 B 和 GBZ 2.1—2019 附录 A 的 A.2.6 条款均给出了 ppm 和 mg/m^3 的换算公式,前者给出的是工况条件下的换算公式,后者给出的是 20℃、101.3 kPa 下的换算公式。换算也可以采用换算系数计算得到,GB/T 18664—2002《呼吸防护用品的选择、使用与维护》附录 B 给出了 20℃、1 个大气压 mg/m^3 下 1 ppm 换算单位为 mg/m^3 的系数。

电源

可燃气体和有毒气体检测报警系统的气体探测器、报警控制单元、现场报警器等供电负荷,应按一级用电负荷中特别重要的负荷考虑,宜采用 UPS 电源装置供电。

GB/T 50493—2019 条文说明

3.0.5 条款指出,分散或独立的有毒及易燃易爆品的设施,如加油站、加气站等,一般采用盘装或壁挂式,电源功率较小,故规定检测报警系统也可采用普通电源供电。

其他工程应用

以下场景按照要求设置探测器或声光报警器:

1. 分析小屋出入口设置声光报警器。

2. 设在爆炸危险区域 2 区范围内的在线分析仪表间,应设可燃气体和(或)有毒气体探测器,并同时设置氧气探测器。

3. 控制室、机柜间的空调新风引风口等可燃气体和有毒气体有可能进入建筑物的地方,应设置可燃气体和(或)有毒气体探测器。

4. 有人进入巡检操作且可能积聚比空气重的可燃气体或有毒气体的工艺阀井、管沟等场所,应设可燃气体和(或)有毒气体探测器。

总结

为保障石油化工企业的人身安全和生产安全,实时监测生产过程及储运设施中泄漏的可燃气体和有毒气体,并及时报警,预防人身伤害以及火灾与爆炸事故的发生,如何合规、合理及有效的对生产过程及储运设施中的进行 GDS 工程设计和工程应用至关重要。本文根据 GB/T 50493—2019 的要求,结合其他相关文件、标准规范和工程实际,说明了石油化工 GDS 工程设计原则和注意事项,作为工程应用的参考。 ●

您的智能化方案供应商

Best Solutions for the Greatest Chemical Users



无尘技术 洁净空间
SOLUTION FOR A HYGIENIC SPACE

上海威泽尔机械设备制造有限公司
地址:上海市松江区新桥工业园新格路 1151 号
电话:021 5768 7370 传真:021 6768 7043
邮箱:info@wpowtec.com

北京分公司
地址:北京市通州区富力运河十号 B02 号楼 1014 室
电话:010 8050 5646

