

“防爆安全技术”讲座

第3讲 仪表防爆技术基础

徐建平

(上海仪器仪表自控系统检验测试所,上海 200233)

1 电气防爆基本原理

基于爆炸三角形原理,人们在实践中逐渐找到了许多有效的工业防爆原理和方法,主要有以下几种:

① 间隙防爆

早在19世纪初德国科学家贝林(Beyling)在研究火焰穿过金属间隙现象时,发现间隙宽度小到一定程度,可以使圆柱形的法兰容器内甲烷与空气混合物的爆炸不会引起容器周围甲烷与空气混合物的爆炸。究其原因主要是因为金属间隙能阻止爆炸火焰的传播和冷却爆炸产物的温度,达到熄灭火焰和隔离爆炸产物穿出的效果,俗称“隔爆技术”。隔爆型电气设备就是按此原理设计、制造而成的。隔爆间隙种类主要有平面接合面、止口接合面、圆筒接合面、螺纹接合面。另外,金属微孔(粉末冶金)、金属网罩、充砂等结构型式,也源自间隙防爆原理。

② 减小点燃能量防爆

几乎在发明间隙防爆原理的同一时期,英国科学家提出:限制电路中的电气参数,降低电路的电压和电流或者采取某些可靠保护电路,阻止强电流和高电压窜入爆炸危险场所,保证爆炸危险场所中电路产生的开断路电火花或热效应能量小于爆炸性混合物的最小点燃能量,点燃不起爆炸性混合物。

本质安全型仪表就是按此原理进行设计、制造的。本质安全型电气设备结构简单、体积小、重量轻、制造和维护方便,具有可靠的安全性,能直接应用在最危险的0区场所。因此,此类电器设备被广泛地应用在石油、化工等大型工程上,并逐渐地替代笨重的隔爆型结构。

③ 阻止点火源与爆炸性混合物相接触的防爆

根据燃烧和爆炸三要素原理,采取一些可靠的隔离措施,使点火源与周围爆炸性混合物不能直接接触,从而达到防爆目的,俗称“隔离技术”。隔离技术是通过点火源与爆炸性混合物的有效隔离,达到防爆目的。

当前,国内外已有的隔离措施有油隔离、浇封隔离、惰性气体隔离、充入正压空气隔离等,相对应的防爆技术就是人们熟识的油浸型、浇封型、正压外壳型等。

④ 特定条件下提高电气安全措施防爆

在正常运行时不会产生电火花、电弧和危险温度的电气设备,为了确保安全可靠,适当提高电气安全措施来达到防爆。常见的电气设备有无电刷电动机、变压器、接线盒、阀门定位器等。提高电气安全措施的方法有增大接线端子之间和对外壳的电气间隙和爬电距离、增强接线的防松措施、提高绝缘材料的绝缘等级、提高外壳的防护等级、增加外壳的散热措施等。增安型电气设备就是用这一原理进行设计、制造的。

2 仪表的分类、分级和分组

为合理经济地设计和安全可靠地使用电气设备,按照国家有关标准,防爆电气设备分成三类:

I类,适用于煤矿井下的防爆电气设备;

II类,适用于工厂爆炸性气体混合物场所的防爆电气设备;

III类,适用于工厂爆炸性粉尘和纤维混合物场所的防爆电气设备。

I类电气设备只适用在煤矿井下甲烷气体环境,不再分级和分组。II类电气设备根据使用场所的可燃性气体不同,按最大试验安全间隙和最小点燃电流比分成II A、II B、II C三级。由于分级原则是根据隔爆型和本质安全型原理引导出来,所以,分级只对隔爆型、本质安全型有效。其他增安型、正压外壳型、油浸型、充砂型、无火花型根据原理不需要再分级。而电气设备的最高表面温度分组相同于可燃性气体的自然温度分成T1~T6共6组。其中:

设备最高表面温度 = 实测最高表面温度 - 实测时环境温度 + 规定最高环境温度。

表1所示为电气设备温度组别、电气设备允许最高表面温度与使用气体引燃温度的对应关系。

表1 设备温度组别与气体引燃温度

温度组别	最高表面温度/℃	引燃温度/℃
T1	<450	≥450
T2	<300	≥300
T3	<200	≥200
T4	<135	≥135
T5	<100	≥100
T6	<85	≥85

3 防爆型式

电气设备防爆技术措施都是基于设法排除爆炸三要素中的一个或多个要素,使产生爆炸的危险减少到一个可接受的程度。表2所示为目前国际上普遍采用的防爆型式及其标准体系。

3.1 隔爆型“d”

具有隔爆外壳的电气设备称为隔爆型电气设备。

表2 防爆型式及其标准体系

序号	防爆型式	代号	标准体系			技术措施
			中国	欧洲 ¹⁾	IEC	
1	通用要求		GB3836.1	EN50014	IEC60079-0	
2	隔爆型	d	GB3836.2	EN50018	IEC60079-1	隔离存在的点火源
3	增安型	e	GB3836.3	EN50019	IEC60079-7	防止产生点火源
4	本质安全型	ia, ib	GB3836.4	EN50020	IEC60079-11, 25, 27	限制点火源能量
5	正压外壳型	p	GB3836.5	EN50016	IEC60079-2	隔离危险物质与点火源
6	油浸型	o	GB3836.6	EN50015	IEC60079-6	隔离危险物质与点火源
7	充砂型	q	GB3836.7	EN50017	IEC60079-5	隔离危险物质与点火源
8	“n”型	nA, nC, nL, nR, nZ	GB3836.8	EN50021	IEC60079-15	减少能量或防止产生点火源
9	浇封型	ma, mb	GB3836.9	EN50028	IEC60079-18	隔离危险物质与点火源
10	粉尘防爆型	DIP A/B	GB12476.1		IEC61241-1-1	外壳防护、限制表面温度

注:1)最新的欧洲标准与IEC标准完全对应。如,通用要求为EN 60079-0;隔爆型为EN 60079-1。

图1所示为隔爆型电气设备的防爆原理示意图。所谓的隔爆外壳是指能够承受通过外壳任何接合面或结构间隙渗透到外壳内部的可燃性气体混合物在内部爆炸而不损坏,并且不会引起外部由一种、多种气体或蒸气形成的爆炸性环境的点燃的外壳。坚固的外壳,所有接缝的间隙小于相应可燃性气体的最大试验安全间隙。如果可燃性气体进入外壳内被电火花点燃产生爆炸,则爆炸火焰被限制在外壳之内,不能点燃外壳外部环境中的爆炸性气体混合物,从而保证了环境的安全。

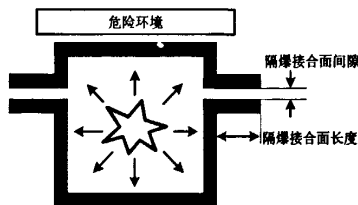


图1 隔爆型原理示意图

隔爆外壳必须满足两个基本条件:

- ① 强度特性,即外壳具有足够的机械强度,能承受内部的爆炸压力而不损坏,也不产生影响防爆性能的永久性变形;
- ② 不传爆特性,即外壳壁上所有与外界相通的接

缝和孔隙小于相应的最大试验安全间隙。

隔爆型技术系1区防爆技术,适合于爆炸性气体环境使用。

3.2 增安型“e”

增安型电气设备是一种在正常条件下不会产生电弧、火花或可能点燃爆炸性混合物的高温的设备结构上,采取措施提高安全程度、以避免在正常和认可的过载条件下出现这些现象的电气设备。即它是一种依靠高质量的材料、设计和装配来消除电火花或局部过热的结构技术。基本安全设计措施包括:①限制设备的种类;②加大电气间隙、爬电距离;③采用优良的绝缘材料;④规定导体连接方法;⑤降低温升;⑥提高外壳的防护等级(至少IP54);⑦配合合适的保护装置。

按照国际标准规定,增安型技术适合于1区爆炸性气体环境使用。但是根据我国的实际情况及GB3836.15规定,允许在1区场所使用的“e”型设备仅限于:

- ① 在正常运行情况不产生火花、电弧或为现温度的接线和和接线箱,包括主体为“d”或“m”型、接线部分为“e”型的电气产品;
- ② 配置有合适热保护装置(GB3836.3-2000附录D)的“e”型低压一步电动机(启动频繁和环境条件恶劣者除外);
- ③ 单插头“e”型荧光灯。

3.3 本质安全型“i”

本质安全设备是指其内部的所有电路都是本质安全电路的电气设备。即该电路在标准规定条件下,正常工作和故障条件下产生的任何火花或任何热效应均不能点燃规定的爆炸性气体环境。图2所示是本质安全型电气设备电路原理示意图。

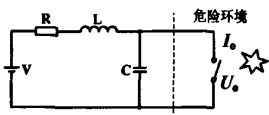


图2 本质安全型原理示意图

本质安全是基于限制电气线路中储能原理为基础的防爆技术,使产生火花的能量小于相应爆炸性环境的最小点燃能量。如对于氢气(II C)环境,在故障状态下必须将电气设备的电气参数限制在30 V/100 mA以内,即功率限制在1.3 W左右。基本安全设计措施包括:

- ① 限制电路中的电压和电流;
- ② 限制电路中的电容、电感等储能元件;
- ③ 本安电路与非本安电路的隔离;
- ④ 设计相应的可靠元件和组件;
- ⑤ 本安系统的配置应符合安全参数匹配原则。

本质安全防爆技术是爆炸性气体环境用防爆技术,它有ia(0区防爆技术)和ib(1区防爆技术)两种保护等级。最新的IEC标准又新增了“ic”保护等级。它相当于“n”型中的nL保护技术,系2区防爆技术。

3.4 正压外壳型“p”

具有正压外壳的电气设备称为正压外壳型电气设备,即该外壳能保持内部气体的压力高于周围爆炸性环境的压力,且能阻止外部爆炸性气体混合物的进入。

正压型是一种相对较复杂的防爆技术,但有时它是唯一的解决方法(例如大型分析仪器)。它的设计思想是消除外壳内部的任何爆炸性气体;然后保持其内部为一个“安全区域”;此时未经认证的电气设备几乎不受任何约束地在外壳内部使用。图3所示为正压型外壳的工作原理。

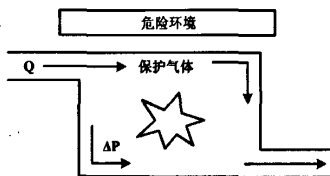


图3 正压型外壳原理示意图

用正压外壳保护的防爆型式可细分为3种形式:

① px型正压。将正压外壳内的危险分类从1区降至非危险区域或从1类(煤矿井下危险区域)降至非危险区域的正压保护;

② py型正压。将正压外壳内的危险分类从1区降至2区的正压保护;

③ pz型正压。将正压外壳内危险分类从2区降至非危险区的正压保护。

基本安全设计措施包括:

- ① 外壳应具有相应的防护等级和抗冲击能力;
- ② 用新鲜空气或惰性气体置换爆炸性危险气体;
- ③ 应有防止炽热颗粒吹入危险场所的结构措施;
- ④ 对外壳的最高表面温度或内部零件的最高表面温度加以限制;
- ⑤ 设置可靠的安全装置或相应的警告语;
- ⑥ 规定保护气体的类型和温度。

3.5 油浸型“o”

油浸型防爆型式是将电气设备或电气设备的部件整个浸在保护液中,使设备不能够点燃液面上或外壳外面的爆炸性气体。基本安全设计措施包括:

- ① 保护液的着火点、闪点、动粘度、电气击穿强度及体积电阻、凝固点和酸度等必须符合相应标准规定;
 - ② 应有相应的结构措施防止保护液受到外部灰尘或潮气的影响而变质;
 - ③ 应有可靠的保护液液面监控装置;
 - ④ 应有可靠的保护液自由表面温度监控装置。
- 油浸型技术为1区防爆技术。

3.6 充砂型“q”

充砂型防爆型式将能点燃爆炸性气体的导电部件固定在适当位置上,且完全埋入填充材料(石英或玻璃颗粒)中,以防止点燃外部爆炸性气体环境。如图4所示,充砂型防爆电气设备是基于阻止点燃源与爆炸性混合物相接触的防爆原理。充砂型技术为1区防爆技术。

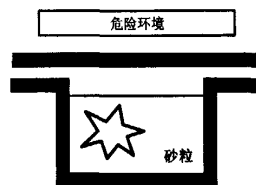


图4 充砂型原理示意图

基本安全设计措施包括:

- ① 充砂型电气设备的外壳机械强度和外壳防护等级应符合相应标准的规定;
- ② 规定填充材料的颗粒大小;

③ 规定的填充方法能确保填料内不留空隙即充满全部自由空间。

3.7 浇封型“m”

浇封型电气设备是一种将整台设备或其中部分浇封在浇封剂中,在正常运行和认可的过载或认可的故障下不能点燃周围的爆炸性混合物的电气设备。

如图5所示,浇封型电气设备的基本设计思想实际上是一种典型的阻止点燃源与爆炸性混合物相接触的防爆原理。它是一种相对较新的保护方法,浇封设备以前被认证为特殊型(Exs)防爆电气设备。浇封型技术通常也可作为和其它防爆技术一起使用,如与本质安全技术一起使用,用来处理储能组件或功率耗散元件。



图5 浇封型原理示意图

基本安全设计措施包括:

① 将电气元件用树脂浇封起来,浇封剂的自由表面与被浇封元件或导体件的浇封厚度不小于3mm。

② 浇封剂的介电强度、吸水性、耐光照、耐寒以及表面电阻等必须按相应标准进行考核。

③ 限制浇封剂表面温度。

传统的浇封型技术为1区防爆技术。最新的浇封型技术标准规定了ma和mb两种保护等级,其中ma为0区防爆技术,mb为1区防爆技术。

3.8 “n”型

“n”型是一种专门适合于2区爆炸性气体危险场所使用的电气设备防爆型式,具有这种型式的电气设备,在正常运行时和相应标准规定的一些条件下,不能点燃周围的爆炸性气体环境。

无火花型原来仅指正常工作中不产生火花或电弧的电气设备,例如交流异步电动机,在其基础上采取一些安全措施,如风扇叶片采用无火花材料,外壳防护等级采用IP44或IP54,电气间隙和爬电距离适当加大等。后来,这种防爆概念扩大到对正常工作中产生火花的电气产品,根据其情况采取例如气密封、简单通风或限制能量等措施,以达到一定的安全程度。由于这种防爆类型的扩展,术语“无火花”已经不很确切,现在常常被称为“n”型。

“n”型防爆型式可分为5种不同的类型,即5种不同的防爆标志,如下所述:

① Ex nA表示设备正常运行时不产生火花或电弧(即原先的无火花型);

② Ex nC表示设备正常运行时产生火花和电弧,采用相应的设计措施使其成为“封闭式断路装置”、“非点燃元件”、“气密装置”、“密封装置”、“浇封装置”等。

③ Ex nL表示采用能量限制技术,在规定的运行条件下,电路或操作电弧和火花中所储存的能量不足以引起点燃。

④ Ex nR表示限制呼吸外壳,即设计成能限制气体、蒸气和薄雾进入的一种外壳。

⑤ Ex nZ表示n-正压外壳,该技术是用保护气体充入外壳,并保持压力高于周围环境,以阻止外壳内部形成爆炸环境的一种技术。实际上,它就是现行国家标准GB3836.5中的pz型正压防爆技术。

3.9 粉尘防爆型“DIP”

可燃性粉尘环境不同于爆炸性气体环境,最为重要的区别是:可燃性粉尘的堆积将不利于设备的散热,容易形成热点燃源;粉尘进入电气设备不利于设备安全,特别是导电粉尘进入外壳可直接产生电火花点燃源。为此,对于可燃性粉尘环境必须选用可燃性粉尘环境用电气设备,绝对不允许将爆炸性气体环境用的防爆电气设备用于可燃性粉尘环境。

对于可能同时出现或分别出现可燃性气体和可燃性粉尘的环境中使用的电气设备,要求增加一些附加保护措施,并经检验机构检验确认后方可投入使用。

一般而言,电气设备可能会通过下列5种主要途径点燃可燃性粉尘环境:

① 电气设备表面温度高于粉尘点燃温度,粉尘点燃温度与粉尘性能、粉尘存在状态、粉尘层的厚度和热源的几何形状有关;

② 电气部件(如开关、触头、整流器、电刷及类似部件)的电弧或火花;

③ 聚积的静电放电;

④ 辐射能量(如电磁辐射);

⑤ 与电气设备相关的机械火花、摩擦火花或发热。

根据物质燃烧(爆炸)机理,为了避免点燃危险应做到以下几点:

① 可能堆积粉尘或可能与粉尘云接触的电气设备表面的温度须保持在标准规定的温度极限以下;

② 任何产生电火花的部件或其温度高于粉尘点燃温度的部件应安装在一个足以防止粉尘进入的外壳内,或限制电路的能量以避免产生能够点燃可燃性粉

尘的电弧、火花或温度;

③ 避免任何其他点燃源。

2000年,我国通过了等同于采用 IEC61241-1-1:1999 国际标准的现行国家标准 GB12476.1-2000《可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分:用外壳和限制表面温度保护的电气设备 第1节:电气设备的技术要求》,替代了原国家标准 GB12476.1-1990,即可燃性粉尘环境危险区域由原来划分成 10、11 两个区改变成划分为 20、21、22 三个区域,设备的温度组别由原来 T11、T12、T13 三组的分组方法,改变分成 T1-T6 六组。

对于设备的类型,欧洲和北美是左右 IEC 粉尘防爆标准化工作重要因素,标准规定的两种设备实际上就是分别代表了各自的粉尘防爆思想。原标准规定了尘密(DT)和防尘(DP)两种结构,而现行新标准规定了两种不同型式:A型设备和B型设备。A型设备反映了欧洲的防爆实践,其防尘方法采取适宜的防尘等级,并在5mm厚粉尘层堆积的情况下确定设备表面温度。B型设备反映了北美的防爆实践,其采用类似于隔爆面的防尘设计方法,并在12.5mm厚粉尘层堆积的情况下确定设备表面温度。根据标准的规定,这两种型式具有相同的保护水平。

从 GB12476.1-2000 标准覆盖的全部技术内容来看,设备防止粉尘点燃主要是限制外壳最高表面温度和采用“尘密”或“防尘”外壳来限制粉尘进入。就限制粉尘进入要求而言,标准详细规定了设备的外壳结构形式和尺寸要求,初看起来有点像隔爆外壳结构的设计要求。

有关设备进一步的设计、结构和试验要求可参阅 GB12476.1-2000 标准。

国际上,对粉尘环境用电气设备的防爆技术标准化工作正处于不断调整和完善过程中,其基本趋势正朝着气体防爆技术标准化方向发展,并逐步形成了粉尘环境用外壳和限制表面温度保护的电气设备(Ex tD)、正压防爆电气设备(Ex pD)、浇封型电气设备(Ex mD)、本质安全型电气设备(Ex iD)等系列标准。

近两年来,我国先后颁布了粉尘爆炸危险场所的分类,粉尘爆炸危险场所用电气设备的选择、安装和维护标准。为进一步规范粉尘爆炸危险场所电气设备的安全应用创造了条件。

4 中国防爆技术标准化现状

中国防爆技术发展相对较晚。大约在20世纪60年代初才有较成熟的矿用产品问世,而且产品的种类和

应用范围都十分有限。1977年,由国家标准计量局正式发布了第一个防爆电气设备国家标准,即 GB1336-1977《防爆电气设备制造检验规程》。在此之前仅有一些部门发布的暂行规定,如当时的第一机械工业部、煤炭工业部和石油化学工业部联合发布的《安全火花型防爆电气设备制造检验暂行规定》等。

1983年,我国成立了全国防爆电气设备标准化技术委员会,并首先参照欧洲标准对 GB1336-1977 进行了修订,发布了 GB 3836.1~4-1983《爆炸危险环境用防爆电气设备》系列标准。之后,又陆续参照 IEC 标准制修订发布了 GB 3836.5~13 等国家标准和 GB12476 系列标准,初步形成了我国爆炸性气体和粉尘环境用防爆电气设备两大标准体系。

以下是爆炸性环境用防爆电气设备设计相关的主要国家标准:

(1) GB3836 爆炸性气体环境用电气设备

GB3836 标准包括:通用要求、隔爆型“d”、增安型“e”、本质安全型“i”、正压外壳型“p”、油浸型“o”、充砂型“q”、“n”型电气设备、浇封型“m”、最大试验安全间隙测定方法、气体或蒸气混合物按其最小试验安全间隙和最小点燃电流的分级、爆炸性环境用电气设备的检修(neq IEC 60079-19:1993)、危险场所分类(idt IEC 60079-10:1995)、危险场所电气安装(煤矿除外)(eqv IEC 60079-14:1996)、电气装置的检查和维护、正压房间或建筑物的结构和使用的。

(2) GB12476 可燃性粉尘环境用电气设备

GB12476 包括用外壳和限制表面温度保护的电气设备的技术要求、电气设备的选择、安装和维护、存在或可能存在可燃性粉尘的场所分类。

(3) GB/T16429-1996 粉尘最小点燃温度的测定方法(eqv IEC61241-2-1)

就上述标准的具体技术内容而言,绝大多数标准是等同或等效采用了相应的 IEC 标准。与 IEC 标准的差异主要表现在 I 类设备相关的技术要求以及 2 区防爆电气设备的取证要求(IEC 标准允许 2 区防爆电气设备由制造厂商自认证)等。有关更详细的标准差异可访问国际电工委员会防爆认证体系(IECEX)网站: www.iecex.com。

根据《中华人民共和国标准化法》,防爆电气设备标准均属于强制性标准,它们构成了各种型式的防爆产品设计的强制性技术要求。为了确保防爆产品的使用安全,我们必须从源头入手,在产品的设计环节严格按照标准规定加以控制。

防爆安全技术基本术语

· 防爆型式 type of protection

为防止电气设备引起周围爆炸性气体环境引燃而采取的特定措施。

· 防爆电气设备 explosion-protected electrical apparatus

在规定条件下不会引起周围爆炸性环境点燃的电气设备。

· (爆炸性环境用电气设备的)类别 group(of an electrical apparatus for explosive atmospheres)

按照电气设备使用的爆炸性环境而划分的类别。GB3836 将防爆电气设备划分为两类: I 类包括煤矿井下用电气设备; II 类包括除煤矿井下之外所有其他爆炸性气体环境用电气设备。这类设备再划分为几个级别。

· 外壳 enclosure

为实现电气设备防爆型式或防护等级(IP)的所有壁、门、盖、电缆引入装置、杆、转轴、心轴等构成的整体。

· (电气设备的)外壳防护等级 degree of protection provided by enclosures(of electrical apparatus)

电气设备外壳的防护等级按下列防护措施确定:a) 防止人体触及或接近外壳内部的带电部件和运动部件(光滑的旋转轴和类似部件除外),防止固体异物进入电气设备内部;b) 防止水进入而损坏外壳内部的设备。

· 危险场所 hazardous area

爆炸性气体环境出现或预期可能出现的数量达到足以要求对电气设备的结构、安装和使用采用专门措施的区域。

· 非危险场所 non-hazardous area

爆炸性气体环境预期不会大量出现以致不要求对电气设备的结构、安装和使用采取专门预防措施的区域。

· 粉尘 dust

在大气中依靠自身重量可沉淀下来,但也可持续悬浮在空气中一段时间的固体微小颗粒(包括 ISO4225 中定义的粉尘和颗粒)。

· 可燃性粉尘 combustible dust

与空气混合后可能燃烧或闷燃、在常温常压下与空气形成爆炸性混合物的粉尘。

行业信息



E + H 召开新技术发布会——MEMOSENS,智能传感器的新标准

4月28日,E+H公司隆重召开了“Memosens 新技术发布会”。E+H中国销售中心总经理郁光建博士、E+H分析产品生产中心亚太区销售经理刘勇波博士、E+H中国销售总监阮斌和E+H市场总监 Micheal Sinz,以及来自不同行业的客户代表和国内外众多媒体代表出席了此次会议。

此次新技术发布会以“MEMOSENS,智能传感器的新标准”为主题。郁光建博士首先介绍了E+H集团的历史和产品的发展,以及E+H中国的发展历程和战略目标。刘勇波博士则从产品创新的角度,介绍了E+H分析仪表的发展和市场战略,以及Memosens产品的技术创新亮点。作为一家崇尚创新的公司,E+H每年有180多项新的专利诞生,并有众多引起业内瞩目的新产品问世。作为智能传感器技术的革命性创新,MEMOSENS系列产品自推出以来,在全球范围内包括水和污水处理等众多行业取得了良好的应用,并已作为一项专利技术被其它公司所采用。自去年开始,MEMOSENS进入了德国高校的教科书。

最后,参会媒体就E+H的发展营销策略、Memosens技术以及智能传感器标准等热点问题进行了提问,并得到了E+H发言人的回答。我们相信,MEMOSENS-智能传感器的新标准,将推动E+H,致力于为化工、石油和天然气、食品与饮食、水与污水处理、能源、冶金、造纸、造船与环境检测等行业领域提供卓越的产品和服务,为客户量身定做最合适的自动化解决方案。