

焊接有害物质及其对健康的影响

太原理工大学焊接材料研究所 (山西 030024) 孙 威

〔摘要〕介绍了焊接有害物质的产生机理和发尘量的影响因素,从有害物质种类、工艺方法和材料焊接三方面探讨了有害物质对健康的影响。结果表明,焊接有害物质是在电弧高温作用下,焊条和母材熔化过程中,在弧柱及焊接区产生的蒸气凝聚成细小的固态粒子和大量气态物质。焊接材料特性是影响发尘量的内在因素,焊接参数、焊接条件以及焊接方法则是外因,其发尘量最终受焊接有害物质产生机理控制。实际的焊接有害物质是多组分混合物,对健康的影响更复杂,还必须考虑有害物质的实际浓度,以及侵害时间等因素。在焊条电弧焊、氩弧焊、等离子弧焊接及切割,以及CO₂气体保护焊等焊接方法中,由于产生有害物质种类、发尘量及浓度各不相同,所以对健康的影响各异。不锈钢烟尘中的六价铬化物以及镍的氧化物等均有致癌作用,铝及铝合金焊接时焊工的铝尘肺,铜及铜合金焊接时焊工的急性铜中毒症等,是材料焊接对健康的主要影响。

随着焊接技术向优质、高效、自动化进程的快速发展,与高效、自动化相联系各类焊接材料和焊接工艺方法被迅速推广应用。无论是自保护药芯焊丝,还是气保护药芯焊丝;无论是双丝自动焊,还是多丝自动焊,采用大热输入量焊接,势必导致作业区焊接有害物质排放量猛增;另一方面,在一部分迅速崛起的新型焊接结构制造企业,由于缺乏安全、健康和环保意识,作业区通风条件较差,又没有设置有效的排烟净化装置,致使作业区焊接有害物质浓度大大超过容许浓度,焊工的健康受到很大的威胁。当前,提倡以人为本,关注环境与健康,实现安全生产和社会经济协调发展,已经成为人类追求生活质量提升和社会稳定进步的新目标。继续开展焊接与环境、焊接与健康方面的研究与探讨,对推动焊接技术的清洁、环保、可持续发展,具有参考价值和重要意义。

一、焊接有害物质的产生

1. 焊接有害物质定义

所谓焊接有害物质,是指在焊接和切割及相关工艺过程中产生的、超过容许浓度时就会危害健康的,以及可吸入的空气污染物。焊接有害物质的存在形式有气态和颗粒状态两种。

2. 焊接有害物质产生机理

20世纪80年代以来,关于焊接有害物质产生机理,逐渐形成了比较相近的理论。该理论认为,在电弧高温作用下,焊条端部的熔化物(液态金属和熔渣)以及熔滴和熔池表面产生过热蒸气,在空气中被迅速氧化凝聚成极细固态粒子,以“气溶胶”状态弥散在电弧周围,形成了颗粒状态有害物质,即焊接烟尘。与此同时,熔滴过渡区激烈的化学冶金反应,产生了大量气态有害物质,如CO、CO₂、H₂、O₃、氮氧化物和碳氢化物等。

3. 有害物质的组成及形态特征

光谱分析表明,焊接烟尘中的化学组成比较复杂,被检测到的元素有Fe、Ca、Mg、Si、Al、Ti、K、Na、Cu、Cr等,这些元素以多种化合物形态存在。表1列出了典型焊条烟尘主要化学组成。可以看出,酸性焊条烟

尘中氧化铁含量、二氧化硅含量、氧化锰含量都比碱性焊条的高;碱性焊条烟尘中钾、钠氧化物和氟化物含量比酸性焊条的高。可以用“熔滴过渡电弧特性”理论解释上述结果。该理论认为,酸性焊条电弧是从焊条端部熔融金属表面上直接发生的,致使Fe、Si、Mn的过热蒸气较多,烟尘中相应的氧化物含量较高;而碱性焊条电弧是从粘附在焊条端部熔融金属表面的熔渣上发生的。由于碱性渣的电导率比酸性渣高,且氟化物的增加也使电导率上升,因此碱性焊条的电弧很容易通过悬垂于焊条端部的熔渣而发生,以致于碱性焊条熔渣中的钾、钠几乎全部蒸发,烟尘中氟化物较多,而Fe、Si、Mn的氧化物较少。

用电子显微镜观察,焊接过程中生成的一次烟尘粒子的基本形态呈球状,直径较细在0.01~0.3μm范围内变动,以0.1μm左右的居多。悬浮在空气中的一次粒子在静电和磁性作用下迅速聚集在一起,形成直径较大的二次粒子。酸性焊条烟尘的二次粒子一般呈絮状形态,粒径大都>1μm。碱性焊条烟尘的二次粒子一般呈碎片状形态,粒径大都在1μm左右。CO₂气体保护焊的烟尘则联接成片,粒径1μm左右的烟尘粒子,可以进入呼吸道并在肺泡上沉积。

表1 典型焊条烟尘主要化学成分(质量分数)

(%)

焊条类型	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O	SiO ₂	MnO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	KF	NaF	CaF ₂
钛钙型	44	1.49	17.7	7.26	6.15	5.15	1.0	9.5	—	—
低氢型	24.6	—	5.89	6.35	—	17.6	4.6	6.19	13.15	16.05

二、焊接有害物质发尘量的影响因素

1. 焊接材料特性的影响

有资料显示,在各类焊接材料有害物质(烟尘)的发尘量中,以埋弧焊丝发尘量最小,自保护药芯焊丝发尘量最高;在各种类型药皮焊条中,钛钙型焊条发尘量较小,其次是钛型、钛铁矿型,碱性渣系焊条的发尘量较多。在各类气保护焊丝中,药芯焊丝产生的烟尘比实芯焊丝要大。

从焊接有害物质产生机理分析:①埋弧焊的实质是电弧被焊剂覆盖,产生的焊接烟尘被阻挡或隔离,进入空气中的烟尘显得较少。②自保护药芯焊丝中含有大量造气、造渣剂、脱氧及合金剂,其中有一些是易蒸发物质,况且是明弧、电流又较大,熔滴温度高,焊接烟尘必然大。③电焊条中,碱性渣系药皮中含有较多的氟石



和水玻璃，它们在电弧中冶金反应生成低沸点的 K_2F 、 Na_2F ，导致发尘量增大。④气保护药芯焊丝中含有一定数量易蒸发药芯组成物，是烟尘量比实芯焊丝大的根本原因。

2. 焊接参数及焊接条件的影响

(1) 焊接电流 随焊接电流的增大，弧柱温度升高，熔滴的过热度增加，弧柱中产生的烟尘量加大。

(2) 电弧电压 随电弧电压升高，电弧功率加大，工件热输入有所增大，弧柱温度升高，同样使熔滴过热度增加，弧柱中产生的烟尘量必然加大。

(3) 电源极性 焊接电弧物理理论表明，在反极性焊接时熔滴温度显著高于正极，致使反极性时焊条烟尘量高于正极性。

(4) 交流电源 交流电弧对焊条（焊丝）和工件的加热作用介于直流正接和直流反接电弧之间，因此交流焊接时熔滴温度亦介于正接和反接电弧之间，焊条烟尘量介于二者之间。

(5) 焊条（丝）直径 通常焊条（丝）直径增大，使用的焊接电流也增大，熔滴温度相应升高，焊接烟尘量增大。

(6) 焊条倾角 施焊时焊条倾角增大，意味着电弧长度增长，电弧电压升高导致熔滴温度升高，焊接烟尘量增大。

(7) 焊接速度 焊接速度提高，熔池相对变小，而且存在时间缩短，冶金反应激烈程度有所减弱，熔滴过热度受限，焊接烟尘量减小。

(8) 接头形式和焊接位置 不同的接头形式和焊接位置，除了选用焊接参数影响熔滴过热度之外，熔滴过渡方式也可能影响焊接烟尘量。

综上所述不难看出，焊接参数的影响，实质上是熔滴温度提升的结果。凡是提升熔滴温度的焊接参数，均导致焊接烟尘量的增大；反之亦然。

3. 焊接方法的影响

在多种焊接方法中，埋弧焊的烟尘发生量最少，其次是氩弧焊比较少，位于第三的是焊条电弧焊； CO_2 气体保护焊烟尘发生量取决于使用的焊丝，采用实芯焊丝时烟尘发生量较小，采用药芯焊丝时烟尘发生量较大；自保护药芯焊丝焊接烟尘发生量最大。等离子弧焊接与切割烟尘发生量也很大。

总体上看，基于发尘机理的相同性或相似形，焊接

方法对发尘量的影响主要取决于电弧的能量，凡使电弧能量增大的工艺方法，均使熔滴温度急速提升，从而导致烟尘发生量增大。

在上述影响因素中，焊接材料特性是内因，焊接参数、焊接条件以及焊接方法则是外因，外因通过内因起作用。也就是说，无论是焊接参数，还是焊接方法，其发尘量最终受焊接有害物质产生机理控制。焊接材料特性才是发尘量的核心影响因素。焊接发尘量的改变或降低，归根结底要从焊接材料入手，研发新型低有害物质焊接材料。

三、焊接有害物质对健康的影响

1. 气态有害物质

表 2 列出了气态有害物质对健康的影响，由此可看出：

(1) CO 是一种非常有害的无味气体，它能阻碍血的载氧能力，使细胞组织缺氧。当呼吸区的 CO 质量浓度达到 150 mL/m^3 时，就会产生眩晕、疲劳和头痛；达到 700 mL/m^3 时，会导致昏厥、脉搏和呼吸率增加，最后失去知觉，呼吸停顿，心跳停止和死亡。

表 2 气态有害物质对健康的影响

有害物质	对健康的影响	MAK*/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$, $/\text{mL} \cdot \text{m}^{-3}$
有毒物质	HCN 阻碍了血的载氧能力 中毒 呼吸停顿	11, 10
	CO 阻碍了血的载氧能力 头痛 中毒 呼吸停顿 最后失去知觉	33, 30
	$COCl_2$ 对粘膜的刺激 刺激性气体中毒	0.4, 0.1
	NO_2 迟发性肺水肿（危及生命）	9, 5
	TDI 对呼吸道有强烈的刺激作用 （支气管哮喘病）	0.07, 0.01
致癌	CH_2O 对粘膜具有强烈的刺激作用 引起呼吸道的发炎并可引起 癌变	0.6, 0.5
	O_3 对粘膜的刺激 急性刺激性气体中毒 肺水肿 有致癌的可能	0.2, 0.1

★工作地点最大浓度值。

(2) 氮的氧化物有 NO 和 NO₂ 两种, NO 是一种无色有毒气体, NO₂ 是棕红色的有毒气体。NO₂ 的毒性比 NO 大得多, 甚至在质量浓度相当低时就具有刺激作用。初期感到刺激气体存在, 呼吸困难, 4~12h 后逐渐出现恶心症状, 最后出现致命的肺水肿。

(3) O₃ 在高质量浓度下是一种带有刺激性的强毒性深蓝色气体。它对呼吸器官和眼睛有刺激作用, 能引起喉咙刺激、呼吸困难, 并可能导致肺水肿。另外还可能潜在的致癌作用, 已被列为第三类致癌物质。

(4) COCl₂ 是一种带有霉烂味的极毒气体, 接触者起初 (3~8h) 出现轻微的症状, 随后严重刺激呼吸道, 最后导致肺水肿。

(5) 涂层材料产生的气体, HCN 是一种带有苦杏仁味、非常弱且非常不稳定的氢氰酸, 但它是作用最强、最快的毒气之一。它的危害类似于 CO, 可以极大地阻碍氧在血中的运输。

(6) CH₂O 是一种带有辛辣味的无色气体, 对粘膜具

有强烈的刺激作用, 能引起呼吸道的发炎并可能引起癌变的诱变。

(7) TDI 是甲苯基二异氰酸盐, 对呼吸道有强烈的刺激作用, 能产生像气喘病的症状, 并有可致支气管哮喘病发生的敏感性。

2. 颗粒状有害物质

(1) 对肺产生压迫的物质 主要有 5 种 (见表 3):
① 铁的氧化物 (FeO、Fe₂O₃、Fe₃O₄) 长期高浓度地吸入, 会导致烟尘在肺中的沉积, 引发铁质沉积性肺尘病。但如果停止接触, 肺内的铁质沉积会逐渐消散。
② Al₂O₃ 会导致烟尘在肺中的沉积, 在某些情况下会发生铝土肺尘病。但停止接触后沉积不会逐渐消散, 并对呼吸道产生刺激。
③ K₂O、Na₂O、TiO₂ 三种氧化物都会导致烟尘在肺中的沉积, 故被列入对肺产生压迫的物质。

(2) 有毒物质 被列入有毒物质的主要有 7 种 (见表 3):
① 锰的氧化物 (MnO₂、Mn₂O₃、Mn₃O₄、MnO) 质量浓度高时, 对呼吸道有刺激作用并导致肺炎, 长期接

表 3 颗粒状有害物质对健康的影响

有害物质	对健康的影响	MAK/mg · m ⁻³	
对肺压迫	氧化铝	灰尘在肺中的沉积, 铝土病	6
	铁的氧化物	灰尘在肺中的沉积, 铁质沉积病	6
	氧化钾	灰尘在肺中的沉积	6
	氧化钠	灰尘在肺中的沉积	6
	二氧化钛	灰尘在肺中的沉积	6
有毒物质	钡化物 (可溶性)	恶心, 人体组织缺钾	0.6
	氧化铅	恶心, 消化不良, 对神经和肾脏的损害	0.1
	氟化物	刺激粘膜, 损害神经系统	2.5
	锰的氧化物	刺激粘膜, 损害神经系统	0.5
	五氧化钒	对眼睛和呼吸道有刺激作用, 损害肺功能	0.05
	氧化铜、氧化锌	金属烟雾中毒性“发热”	—
致癌物质	氧化铍	金属烟雾中毒性“发热” 慢性肺炎	TRK * 0.02
	氧化镉	对粘膜有强烈刺激, 肺水肿	TRK0.03
	六价铬化物	对粘膜有强烈刺激, 对呼吸系统致癌	TRK0.1 ^① , 0.05 ^②
	氧化钴	损害呼吸系统	TRK 0.1
	氧化镍	对呼吸道有致癌作用	TRK 0.1
放射	二氧化钍	放射性物质, 对支气管和肺的辐射会导致癌症	—

★工作地点技术指导浓度: ①焊条电弧焊。②其他焊接方法。

触能损害神经系统从而导致麻痹症。②氟化物 (CaF₂、KF、NaF、其他) 质量浓度高时, 对胃粘膜和呼吸道粘膜产生刺激, 长期吸入且多量时, 可导致对骨的慢性损害。③钡化物 (BaCO₃、BaF₂) 在烟尘中主要以水溶性形式存在, 吸入后对人体有危害; 当可溶性钡超过 MAK

值时, 会有少量钡的积累, 在某些情况下导致人体组织缺钾。④氧化铅。可能导致血和神经的中毒。⑤氧化铜、氧化锌。吸入它们的烟尘可引起中毒性“发热”。⑥五氧化钒。有毒并对眼睛和呼吸道有刺激作用。当质量浓度高于 MAK 值时, 会导致肺功能的损害。

(3) 致癌物质 被列入致癌物质的主要有5种(见表3): ①六价铬化物。铬酸盐形式的六价铬化物和 CrO_3 对人体有致癌作用,尤其对呼吸器官致癌较敏感。六价铬化物对粘膜也有刺激和腐蚀作用。②氧化镍(NiO 、 NiO_2 、 Ni_2O_3)。对呼吸道有致癌作用。③氧化镉(CdO)。它有强烈的刺激作用,类似于亚硝酸气体,可导致严重的肺水肿。④氧化铍(BeO)。通常有强毒性,含有Be的烟尘对上呼吸道有严重的刺激作用,出现急性金属烟尘中毒性发热,可导致慢性呼吸道发炎。⑤氧化钴(CoO)。当质量浓度较高时,对呼吸系统有危害。

(4) 放射性物质 二氧化钍(ThO_2)是一种放射性物质。吸入含有 ThO_2 的烟尘,导致人体的内辐射。 ThO_2 沉积在骨骼内产生对支气管和肺的辐射,从而造成危害。

在分析上述焊接有害物质对健康影响的基础上,应当思考以下几个问题: ①上述分析的是有害物质单组分的影响。实际上有害物质不是以单一组分出现,而是表现为多组分的混合物。多组分混合物对健康的影响可能更加复杂,其影响程度更难预测。②上述有害物质对健康的影响,还与有害物达到的实际浓度(即文中所谓的质量浓度)有关。当有害物的浓度超过容许浓度时,才会对健康有影响。不同工艺、材料以及作业环境条件,产生的有害物种类、浓度不同,其对健康的影响各异。③部分有害物质对健康的影响,是长期吸入超过容许浓度的有害物质后,对器官慢性综合损害导致病变的结果,如电焊尘肺等。

四、焊接工艺方法对健康的影响

1. 焊条电弧焊

健康影响调查表明,焊条电弧焊有害物质引起的典型健康损害主要有以下三种:

(1) 电焊工尘肺 X射线形态学和病理组织学研究证实,电焊工尘肺既不是铁末沉着症,也与矽肺不同,而是焊工吸入以氧化铁为主,同时混有氧化锰、二氧化硅和氟化物等混合烟尘和气体,长期慢性综合作用所致的一种混合性尘肺。电焊工尘肺对肺器官产生轻度损害,肺部形成的纤维化组织是一种不可逆病变。电焊工尘肺的发病比较缓慢,发病工龄大都在15~20年以上,但也有5年以下的发病者。电焊工尘肺临床症状一般较轻,主要表现为胸闷、胸痛、气短、咳嗽和咳痰等;严重者可因肺气肿或支气管扩张而咯血。在患者胸部X

光照片上,呈网织结节状阴影,个别病例晚期出现块状阴影,胸膜改变较小,并发肺结核较少,约为2%~3%。

(2) 氟中毒和电焊烟热 氟中毒是长期吸入含氟量很高的烟尘所引起的一种骨质硬化的病变,也就是通常所说的氟骨症。长期使用碱性焊条,吸入可溶性氟化物烟尘,还会出现上呼吸道刺激症状,最初的症状是口渴、咽喉痛;严重时午夜前后身体发热,下半夜体温恢复正常,第二天四肢无力,出现所谓电焊烟尘热。

(3) 锰中毒 在一些使用高锰堆焊焊条的作业中,长期吸入高浓度锰的烟尘,可发生锰中毒。锰中毒一般呈慢性过程,初期症状为头晕、头痛、失眠、记忆力减退、乏力及关节酸痛等,严重时四肢不灵、走路艰难、书写困难等。

此外,在容器内作业时,焊接烟雾对眼睛的伤害引起焊工强烈反响。然而,焊接烟尘对眼睛的生物学作用机理如何?迄今为止未见报道。

2. 氩弧焊

健康影响调查表明,氩弧焊有害物质对健康的影响,比焊条电弧焊强烈,其典型健康损害主要有以下两种:

(1) 神经衰弱症候群与呼吸道刺激症 氩弧焊工吸入臭氧和氮氧化物,常出现头晕、头痛、失眠多梦、疲劳无力等神经衰弱症候群,同时还有胸闷、胸痛、咳嗽、不思进食等呼吸道刺激症。严重时可发生肺水肿和支气管炎。

(2) 氩弧焊工尘肺 长期从事铝及铝合金的氩弧焊工,可能遭受所谓氩弧焊工尘肺损害。这种病变主要是由铝烟尘引起的。在X光照片上的特征与前述焊工尘肺一样,即呈现网状纹和结节阴影。

3. 等离子弧焊接及切割

等离子弧的温度比其他电弧更高(10000℃以上),产生的焊接有害物质(烟尘和有害气体)浓度,以及电弧辐射的强度都较其他焊接方法为高,尤其在等离子弧喷焊与等离子弧切割时,产生的烟尘量更大,因此,对健康的影响,其潜在的威胁较大。其典型健康损害类型与氩弧焊接近,主要是:

(1) 神经衰弱症候群与呼吸道刺激症。

(2) 金属烟尘热和焊工尘肺等。

4. CO_2 气体保护焊

CO_2 气体保护焊有害物质引起的典型健康损害主要有以下两种:

(1) 神经衰弱症候群 长期吸入低浓度的 CO, 可出现头疼、头晕、四肢无力等神经衰弱症候群。

(2) 金属烟热和呼吸道刺激症 长期吸入含锰多的烟尘, 可能引起金属烟热和呼吸道刺激症, 甚至引起锰中毒。

五、材料焊接对健康的影响

1. 不锈钢焊接时对健康的影响

20世纪70年代国外有人揭示, 不锈钢烟尘中的六价铬有强烈的致癌诱变作用。此后, 世界主要工业发达国家对焊接有害物质(烟尘)研究和测定结果, 再次对烟尘中铬镍的致癌作用予以证实。

2. 有色金属焊接时对健康的影响

(1) 铝及铝合金焊接时焊工的铝尘肺 焊工长期吸入含铝化合物为主的有害物质, 如烟尘和有害气体(臭氧、氮氧化物等), 可能引起铝尘肺。铝尘肺的发病症状、病理改变以及X照片所见, 与电焊工尘肺相似。

(2) 铜及铜合金焊接时焊工的急性铜中毒症 焊工吸入多量含氧化铜和氧化锌的有害烟尘物质, 会引起急性铜中毒症。主要表现为盗汗、头昏等症状。

此外, 锌、铅、镉、铍、钴等材料焊接时, 焊工吸入过量的有害物质(有毒气体和金属蒸气), 必然对健康造成严重损害。

六、结语

(1) 焊接有害物质是在电弧高温作用下, 焊条端部的熔化物以及熔滴和熔池表面生成的过热蒸气, 被迅速氧化凝聚成细小固态粒子, 以及熔滴过渡区冶金反应产生的大量气态物质。

(2) 焊接材料特性是影响发尘量的内在因素, 焊接参数、焊接条件以及焊接方法则是外因, 其发尘量最终受焊接有害物质产生机理控制。焊接发尘量的改变或降低, 归根结底要从焊接材料入手, 研发新型低有害物质焊接材料。

(3) 焊接有害物质种类较多, 单组分作用对健康的影响各异。实际的有害物质是多组分混合物, 对健康的影响更复杂, 还必须考虑有害物质的实际浓度, 以及侵害时间等因素。

(4) 焊条电弧焊接方法中, 对健康影响较大的是电焊尘肺; 在氩弧焊方法中则是神经衰弱症候群与呼

吸道刺激症; 在等离子弧焊接及切割方法中, 除了神经衰弱症候群与呼吸道刺激症之外, 还必须注意金属烟生热和焊工尘肺等问题; 在 CO₂ 气体保护焊中主要是神经衰弱症候群和金属烟生热以及呼吸道刺激症。

(5) 不锈钢烟尘中的六价铬化物有强烈的致癌诱变作用, 镍的氧化物也有致癌作用, 铝及铝合金焊接时焊工的铝尘肺, 铜及铜合金焊接时焊工的急性铜中毒症等, 是材料焊接对健康的主要影响。 (热) (20060716)

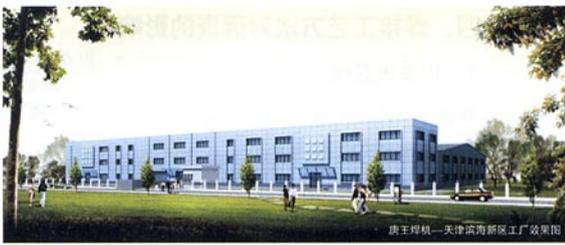
作者简介: 孙 威, 男, 教授, 长期从事焊接材料及金属焊接性方面的研究和教学工作, 对焊接材料软件开发具有丰富经验; 获国家科技进步二等奖1项(2000年), 省(部)级科技进步一等奖2项, 二等奖3项, 发表学术论文80余篇; 1992年获国务院颁发的政府特殊津贴。



唐山炼宝

隆重招商

- ◆ 唐王焊机(唐山炼宝焊接设备有限公司), 根据企业自身的发展需要, 于2006年2月5日在天津经济技术开发区(滨海新区)成立天津炼宝焊研科技有限公司, 计划投资3000万元, 工厂建筑面积10000m², 生产车间面积7000m², 综合办公面积3200m², 将于2006年12月投入使用。
- ◆ 主要产品: 数控切割机、自动焊机、自动化专机、高档数字化逆变焊机。
- ◆ 公司现对外全面招商, 依据您的项目或产品的特点, 在合作双方共赢的基础上, 双方投入相应的资产、资金, 采取合资、合作、等多种合作方式, 共同开发生产和销售。公司诚邀社会各界有以上项目的单位和个人加盟, 共谋发展, 共创辉煌, 以推动中国民族焊接产业向国际化迈进!
- ◆ 招聘机械设计、自动化、焊接技术专业人员。



唐王焊机—天津滨海新区工厂效果图

天津经济技术开发区(滨海新区)



- ☆ 国家经济技术开发区, 环渤海经济带的核心区域, 是浦东开发之后新兴投资热点地区。
- ☆ 中国北方加工制造业中心和高新技术成果转化基地。
- ☆ 拥有华北大型的国际贸易港口——天津新港, 它与70多个国家的300多个港口相连。工厂距天津港19公里, 距天津滨海国际机场15公里, 距北京国际机场125公里。
- ☆ 享受国家赋予的有关优惠政策。

联系电话: 022-69358068 13802027502 E-mail: info@tstangwang.com