PART 2

行业

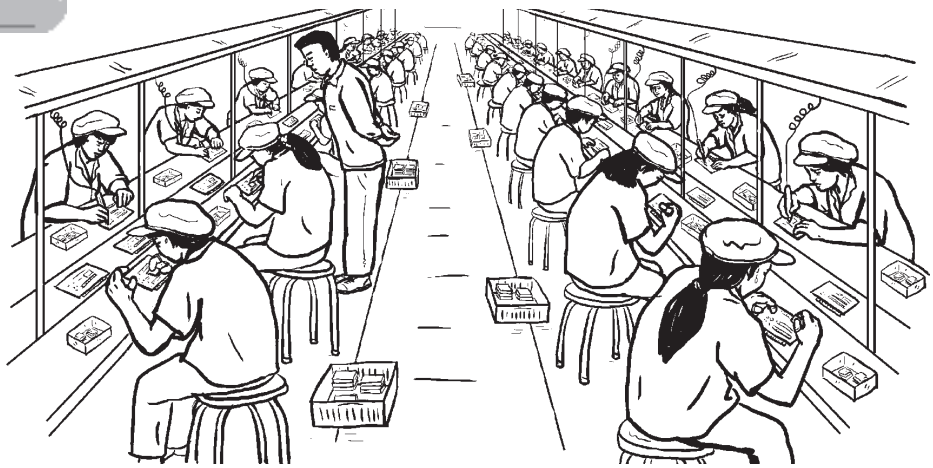
章节 页码

4 电子厂 64

5 制衣厂 92

6 鞋厂 107

4 电子厂



数以百万计的工人在电子厂工作，制造我们每天都要用的手机和其他电子产品，世界经济也要依赖他们。那么，工人为什么要因为电子行业中的化学品、工作压力、低薪以及恶劣的生活和工作条件而继续受到伤害？确保工人的健康和福祉应该是政府、企业和电子厂管理层的优先考量。

为了改善电子厂工人的健康：

- **政府和联合国国际劳工组织**必须定期评估电子厂的危害，并推动工厂和品牌公司改善工作条件。政府必须为因工作生病的工人提供医疗和社会支持，并确保工人及其家人得到赔偿。
- **品牌公司**必须确保工厂遵守当地和国际通行的劳工、职业安全与健康以及环保标准；设计的产品应该不含有毒材料，可以长期使用，能够安全回收。
- **工厂**必须遵守劳工、职业安全和健康以及环保法律；应向工人、社区和政府披露其使用的所有化学品，包括在哪使用、如何使用、副产品有哪些以及废料如何处理；还应与工人、社区和政府共享有关化学品暴露和致病的监测信息。
- **工人**必须积极监察自身健康和工厂状况；还应在电子厂中组织安全委员会和工会。

电子厂看似安全，但事实并非如此

电子厂的工人很难知道自己如何接触化学品，因为工厂看起来很安全。许多工序都是在非常干净的车间里完成，连温度和湿度都可以控制。工人从头到脚都穿着特殊服装——厂方说这是为了保护他们免受工作中的危害。而且许多工序都是由机器完成的。

电子厂这么做其实是为了保护电子产品内的精细材料，而不一定是为了工人。关于个人防护装备（PPE）的信息，请参阅第18章。

保护的是什么？

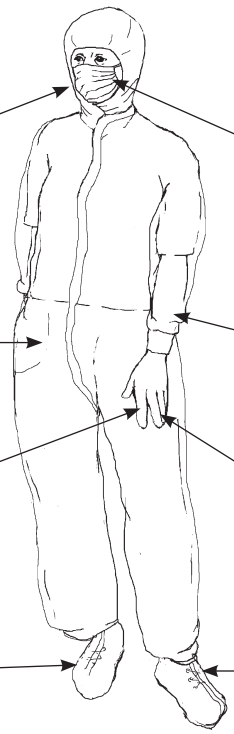
这套装备保护的是芯片：

薄的纸制或布制口罩是为了防止工人的唾液沾到晶圆上。

薄的塑料连体服是为了防止工人及其衣物触碰到晶圆。

手套是为了防止工人的手接触晶圆。

鞋套是为了防止鞋子上的污垢沾染到晶圆上。



这套装备并不保护工人：

薄的纸制或布制口罩不能保护工人免受化学品侵害，特别是在工人修理机器、清理泄漏物或处理化学品的时候。

薄的塑料连体服不能保护工人免受化学品飞溅的伤害。

有些**手套**会很快磨损，从而导致化学品渗到工人手上。

穿**鞋套**走路会打滑，而且鞋套不能抵挡泄漏的化学品。

身穿这套装备并不意味着工人受到了保护。

制造和清洁晶圆

电子产品的核心和大脑是芯片，制造芯片用的硅片叫晶圆。

制造晶圆，要先将硅熔化，然后拉长成圆柱状的“硅锭”，接着工人将硅锭切成薄片状，再用化学品清洗。

用于清洁晶圆的化学品包括溶剂和酸。这些化学品会刺激和烧伤皮肤。皮肤直接吸收或经常吸入这些化学品，还会伤害人体内部器官。用来制造和清洁晶圆的最危险化学品之一是氢氟酸（参见下面方框内信息）。

如果化学品溅到皮肤上，应该：

- 立即用流动清水冲洗沾染部位皮肤15分钟或更长时间。
- 脱掉沾染化学品的防护装备或衣服，以免更多化学品接触皮肤。

另请参阅第8章“皮肤或眼睛接触化学品的急救”一节。在穿戴好新的、清洁的个人防护装备之前，请勿重返工作岗位。

急救

氢氟酸（HF）烧伤急救

氢氟酸烧伤通常不会立即引起疼痛，但会比其他化学烧伤更深。吸入氢氟酸会导致体内烧伤，甚至会致命。

1. 立即脱掉所有受污染的衣服或手套，用大量清水冲洗皮肤5分钟。
2. 如果有葡萄糖酸钙凝胶，应涂在沾染部位皮肤上。即使看不到或感觉不到烧伤，也要这样做。
3. 如果没有葡萄糖酸钙凝胶，则应冲15分钟或更长时间，直到医护人员到达。也可使用冰袋来减缓烧伤。详见第8章“皮肤或眼睛接触化学品的急救”一节。
4. 到达诊所后，医护人员会用葡萄糖酸钙浸泡和覆盖烧伤部位。如果烧伤严重，医生可能会向烧伤部位直接注射葡萄糖酸钙。

工厂内应备有什么

所有使用氢氟酸的工作场所都必须配备紧急淋浴和葡萄糖酸钙，以备急救之需。有关处理烧伤的更多信息，可参阅第11章“烧伤急救”一节。有关氢氟酸的更多信息，可参阅附录B中“酸”一节。

防止化学品进入口鼻

电子厂使用的化学品太多，因此需要有完备且维护良好的通风系统，以清洁空气或将新鲜空气输入工作区。另请参阅第17章关于兼具制热、通风和空调功能的整体通风系统（HVAC）的介绍。

即使空气经过过滤，换入了清新空气，仍有可能含有会造成健康问题的化学品。如果察觉到下列迹象，就可能已经吸入化学品：

- 能够看到或闻到化学品。但许多化学品没有气味，或者你可能已经闻习惯了。
- 呼吸困难，皮肤或眼睛感到刺激，感到头晕、迷糊或恶心。
- 出现了工作中使用的化学品可能引起的健康问题。

如果吸入了化学品，应立即离开工作场所，去呼吸新鲜空气并就医。另请参阅第8章“吸入化学品的急救”一节。

工厂还应制定针对化学品泄漏的应急计划，包括告诉工人应急个人防护装备存放在哪里以及如何使用。如果工厂没有应急计划或你没有受过相关培训，发生泄漏后你应尽快离开相关区域。

吸入化学品会导致健康问题

健康信息

空气中的化学品会刺激鼻、喉和肺，引起呼吸问题，使人的身体难以获得所需的空气。你的胸部可能会感到紧绷，感觉无法吸入足够的空气或无法深呼吸。许多人还会不停咳嗽，或者不工作时咳嗽才会停止。

如果出现上述症状，特别是吸入了化学蒸气，应该尽快就医。医务工作者可能会要求你做X光或肺功能检查，查看肺部健康状况；也可能要求验血，查看血液中的氧气含量。呼吸问题的治疗方法有很多种：吸氧，服用皮质类固醇或其他药物，都可能会缓解呼吸问题；远离化学品和停止吸烟也一定有帮助；服用抗生素并没有用。

尽管使用广泛，但有些皮质类固醇的使用方法是有害的。更多相关信息，可参阅 《医生就在你身边》和《妇女身边的医生》。

清洁晶圆让友美患上癌症去世

如果工人因为在工作场所接触化学品而生病，通常需要努力争取，才能令资方和政府承认疾病与工作有关。

这样的事情也发生在我美丽的女儿身上。她叫友美，患上白血病时只有21岁。她在位于韩国的三星半导体厂工作，岗位是清洁晶圆。她诊断出白血病后不久，同车间另一名女工也诊断出同样的病。三星表示愿意支付医疗费用，但却说这病与工作无关，是个人问题。友美与白血病抗争了好几个月，但还是没有战胜病魔——她在2007年去世了。

友美是因为在三星工作才得了白血病。工厂中使用了会导致白血病的化学品。也有其他家庭的孩子因为在三星工作而患癌症去世。我们决定要让三星承担责任，同时阻止工人中毒和家庭破碎的事情继续发生。

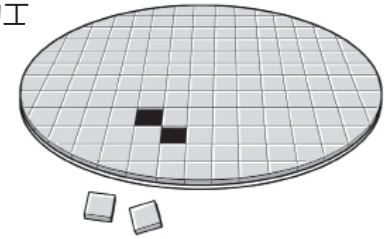
我们成立了“半导体行业工人健康和权利声援团”，简称SHARPS。这一团体将三星工人、前工人及其家庭、工会和人权组织聚集在一起。我们举行了集会、抗议和其他活动，也认识了来自世界各地的反对电子公司毒害工人的其他团体。学术界和科学家也展开研究，去查明哪些化学品会使工人生病。我们多次起诉，要求韩国政府承认工人的癌症与工作有关。但是三星在韩国很有影响力，法院一直裁定工人的癌症与工作无关。

2011年，韩国法院终于裁定我们胜诉。由于三星使用的许多化学品和副产物都查明了会致癌，因此法院认为友美可能是因工作患上癌症。三星立即聘请了一家名为“Environ”的咨询公司来“证明”三星工人患癌症的比率并不比韩国其他人群高。法院因此改变了裁决。但我们再次提出上诉。最终在2014年，法院终审裁定友美的白血病是因在三星工作所致。

这个裁决对我们来说是巨大的胜利。它表明，只有坚持争取，普通人也可以挑战世界上最强大的电子公司。我们将继续为其他三星工人而战，这也是为了保留对我女儿的记忆。

在圆晶上制作芯片

为了在硅晶圆上制造单个芯片，工人要给晶圆涂上化学品并照射紫外线（UV），整个过程需要使用不同的机器。利用化学品和光，可以把每个芯片的设计图刻画到晶圆上。涂上多层化学品并曝光的工序叫做“光刻”，去除不需要的化学品以完成设计的工序叫做“蚀刻”。



虽然光刻和蚀刻都在封闭的机器内完成，但工人仍有可能在下列情况下接触化学品：

- **机器、管道和通风口有泄漏或运转不正常**。定期检查所有设备，检查并更换空气质量监测器，便可发现泄漏。一旦发现就可以立即修复。对于工人、生产和社区来说，有计划的日常维护比出现故障再做反应更安全。相比那些有时间维修机器而不影响生产的工厂来说，24小时不间断运作的工厂可能无法对泄漏做出及时或快速的反应。
- **工人打开机器、管道和通风口进行清洁和维修**。需要打开机器并直接接触化学品的维护工人或工程师面临的危险最大。但如果化学品进入空气，所有工人都会受到影响。

为保护所有工人，维护工人应：

- 维修机器时应遵循所有“关闭、锁定和标记”的程序。
- 穿戴最高等级的防护装备（详见第18章：个人防护装备）。
- 如果可能出现化学品泄漏，应确保其它工人离开该区域。

光刻的危害：光刻胶化学品

工人、劳工活跃分子和卫生专业人士都认为，光刻胶是电子产品制造中最有毒的化学混合物之一。生产光刻胶的公司通常拒绝透露其中的化学成分以及每种成分的含量，称这是“商业秘密”。然而，它们对健康构成的危害并非秘密。

光刻胶包含4个基本类别的化学品：敏化剂（对热或光有反应的化学品）、溶剂、聚合物和添加剂。当暴露在光下时，光刻胶中的一些化学品会分解成其他化学品，也就是副产品。这些副产品对工人的健康也有很大危害。

光刻胶会快速被皮肤吸收。工人应穿戴正确的防化手套、防护服和呼吸器，以防受到光刻胶及其副产品的伤害（详见第18章：个人防护装备）。

光刻胶中的一些有毒化学品

各种光刻胶含有以及会释放出的化学品种类繁多，所以很难知道工厂中的健康问题是其中哪些所导致的。但下面一些是值得注意的：

- **酚醛**，一种聚合物，其商品名酚醛树脂通常为人所熟知。酚醛受热会释放甲醛，后者会导致哮喘和癌症。酚醛也会释放芳香烃，如苯和甲苯；受热时还会释放二甲苯。这些芳香烃会损害肝脏、肾脏、大脑和神经系统，有些还会导致癌症和生殖健康问题。（详见附录B:聚合物、甲醛和芳香烃。）
- **乙二醇醚**是许多国家都禁止使用的溶剂，因为它们危害太大。一些乙二醇醚会导致生殖健康问题。可在光刻胶中替代乙二醇醚的化学品包括二甲苯、乙酸丁酯、丙酮和甲基氯仿。但这些化学品同样对人体有害。（详见附录B：乙二醇醚、二甲苯、乙酸丁酯、丙酮和甲基氯仿。）
- **脂肪烃**溶剂可用作敏化剂。它们会影响大脑，引起头痛和头晕。有些可能损害肝脏和肾脏。高剂量的脂肪烃会致人死亡。（详见附录B：脂肪烃溶剂。）

光刻的危害：紫外线

工人打开光刻机装卸晶片时，机内的紫外线灯应该关闭。即使是在封闭的机器内，紫外线也会迅速损害眼睛。光刻车间的工人需要防紫外线的聚碳酸酯护目镜、丁腈手套和面罩（见第18章）。衣物必须覆盖全身，尤其是手腕。即使衬衫袖口和手套之间有一个小间隙，也会让紫外线灼伤暴露的皮肤。

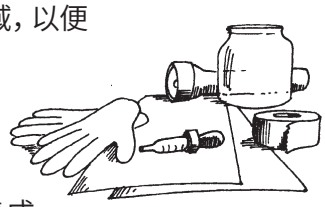
紫外线灯泡容易损坏。由于其中含有水银，破损的紫外线灯不仅带来割伤的风险，还会使工人接触到水银。

当紫外线灯破损时，一小片水银就会散出。紧凑型荧光灯（CFLs）也是如此，但其中含有的水银要少得多。如果水银泄漏，应关闭所有机器、加热器、风扇和空调。所有人应离开泄漏区域，并在确保所有工人离开后关闭门窗。应通知主管，以便维修人员前来清理泄漏。

如何 清理泄漏的水银

如果必须去清理泄漏的水银，你需要手套、滴管、2张硬纸或纸板、2个塑料袋、胶带、手电筒以及一个盛有水的有盖玻璃容器。

1. 不要触碰水银。
2. 摘掉手表和首饰，因为水银会粘在其他金属上。
3. 即使在白天，也应打开手电筒照亮泄漏区域，以便看清水银在哪里。
4. 如果可能，应戴防化手套。如果只有乳胶手套，应戴两副。



5. 用小片的硬纸或纸板将水银和碎玻璃聚集成一小堆。
6. 用滴管吸起水银珠，再滴入盛有水的玻璃容器中。
7. 滴管吸不起来的水银可以用胶带去粘。
8. 将使用过的胶带、吸管、手套和纸板都放入塑料袋中。
9. 将袋子标记为“水银废物”，然后将袋子也放入盛有水的玻璃容器中。
10. 密封容器并贴上标签。再将其放入另一个塑料袋中。
11. 将整件物品作为有毒废物处理。

蚀刻的危害：湿蚀刻

为了去除光刻胶，晶圆要经过几道水浴。浴液中含有硝酸、乙酸和氢氟酸（HF），因此该车间必须封闭，还要有强力的局部通风。

酸会迅速烧伤皮肤、眼睛和内脏。因此，如果通风不良或需要在工位之间移动物料，工人需要佩戴耐酸的防护装备，包括呼吸器。工位附近必须有淋浴和洗眼器（请参阅第8章“皮肤或眼睛接触化学品的急救”一节）。

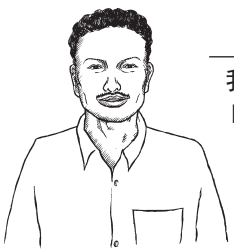
蚀刻的危害：干蚀刻

干蚀刻需要在晶圆上喷上氟化烃，并用射频（RF）辐射加热。辐射产生的热量会使气体移动，“攻击”并去除光刻胶化学品。射频辐射会损害神经系统并引起生殖问题。保护自己免受辐射伤害的最佳方法是限制暴露时间，并使用屏障和个人防护装备阻挡辐射（参见附录B“辐射”一节）。

氟化烃很危险，因为它们会在人体内积累。即使是少量摄入，日久天长积累起来也会致病。吸入或接触氟化烃可能会导致呼吸困难和皮肤刺激。有些还会引起心脏问题、生殖问题和癌症。

保护工人免受蚀刻化学品伤害：

- 定期检查机器是否完全密封。如有泄漏立即修复。
- 通风必须够强，以清除所有化学烟雾。应有紧急备用通风系统，以应对泄漏。
- 所有工人都应有个人防护装备。维护人员需要有特殊的个人防护装备。职业安全与健康专业人士可以帮你确定所需的个人防护装备。
- 蚀刻后的晶圆应在通风的“等候区”放置一段时间再移走，以减少进入机器外空气中的烟雾量。
- 孕妇不应从事需要使用氟化烃的工作，因为这些化学品会伤害子宫内的胎儿。



我在位于印度尼西亚巴淡岛的爱立信工厂工作。工厂中从事干蚀刻的工人最容易感冒。当工人生病时，工厂会给他们“排班”去别的岗位；来顶替的新工人进入蚀刻室后，也是干到生病再转岗。工厂没有告诉我们为什么会生病，只是让我们轮换。

给晶圆增加更多层膜和特殊品质

晶圆接下来还要经过几道加工，为的是：

- 给晶圆上已经设计好的芯片添加更多层膜（氧化）。
- 增加某些膜的导电性（离子注入）。

掺杂气体的危害

砷化氢、磷化氢、乙硼烷等掺杂气体和硼都可以通过射频辐射加热在晶圆表面形成具有不同导电特性的薄膜。装卸晶圆、更换气瓶以及修理清洁机器的工人都会接触到掺杂剂气体。

掺杂气体可能会使人感到虚弱、疲倦、瞌睡或神志不清，还可能导致头痛或肌肉抽搐。它们还会导致呼吸困难、晕厥或麻痹。如果出现任何这些症状，你应该：

- 立即离开工作区域。
- 脱下防护装备和衣物，然后用水和肥皂清洗全身。

不要等到生病了再穿上防护装备或停产修理机器。

另请参阅第8章“吸入化学品的急救”一节。有关掺杂气体的信息，请参阅附录B。

我们注意到有怪味，就去投诉。测试显示砷化氢浓度很高——原来晶圆从机器里出来时会释放气体。这之后厂方给我们发了很高级的呼吸器。但是，如果砷化氢没有气味，我们怎么才能发现问题呢？

砷化氢闻起来像大蒜。如果闻到它的气味，说明暴露量已经足以造成伤害。有关砷化氢的更多信息，参见附录B。

高温和火灾的危险

掺杂气体易燃，有些还会在遇热或浓度过高时爆炸，因此必须按照维护计划经常清洁通风口和机器。有些机器部件必须经常清洁，比如气泵；因为其中的润滑油会吸收掺杂气体，进而伤害接触润滑油的工人。另外，有些机器温度很高，附近工人如果不小心触摸就会烫伤。详见“烧伤急救”。

X射线的危害

射频辐射接触掺杂气体会产生X射线。X射线是一种辐射，可导致癌症，也会对男女生殖系统造成严重损害。检查晶圆时也会使用X射线，以查看是否含有足够的金属。更多有关X射线和其他辐射对健康影响的信息，可参阅附录B。

给晶圆添加金属的危险

为了使芯片不同部分的电路连通，需要将金属添加到晶圆上。最常用的是铝，其他金属包括铬、铜、锡、铅、镍、金、银、钛和铂。不同金属的危害不同，但气体或蒸气中的金属更容易被人吸入或误食。有关金属的更多信息，可参阅附录B。

如何保护工人：

- **掺杂剂**：打开机器内部之前，要确保所有掺杂剂都已抽出。清洁或维修机器的维护人员应配备自供空气式呼吸器和防化耐热的个人防护装备（请参阅第18章：个人防护装备）。
- **X射线**：机器应安装X射线屏障。存在X射线的车间，所有工人都应佩戴检测X射线剂量的徽章仪器。必须定期检查屏障和徽章。如果徽章显示高剂量的X射线暴露，工厂需要将工人调离该车间并提供医疗服务。

禁止铅和有毒化学品

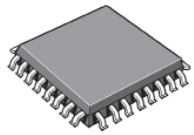
欧盟限制有害物质指令（RoHS）禁止在欧洲销售的电子产品中使用以下6种最有害的材料：

- 铅
- 汞（水银）
- 镉
- 六价铬
- 多溴联苯
- 多溴二苯醚

在生产中禁止使用这些化学品有助于保护工人、社区和环境。尽管RoHS禁令只涵盖欧盟国家，但知道某种化学品在他国被禁，对争取本国禁止使用该化学品也有帮助。RoHS已经对一些国家的立法产生了影响——包括中国、日本、泰国、澳大利亚、韩国和美国。

单个芯片的加工

晶圆上预制好的芯片要一个个单独切下，粘在陶瓷或塑料框架上。然后给芯片焊上或粘上非常微小的电连接器，并把几十个金属接口焊接到基础框架上。接下来把芯片封装入塑料或环氧树脂，再将后者加热熔化，形成外壳。这种装在框架上的芯片就称为集成电路(IC)。



化学品和重复性劳作是工人在这个车间面临的主要风险。集成电路有可能损坏，从而向空气中释放化学品。

焊接和打线:工人会接触到焊料和助焊剂中的化学品，也会接触用于清洁焊接位置的脱脂剂和溶剂(关于焊接，详见本章后文；关于金属和助焊剂，详见附录B)。

封装:塑料外壳中会加入溴代或磷基阻燃剂，使其更耐热(见附录B阻燃剂)。环氧树脂受热时，工人会接触到其释放的化学品。

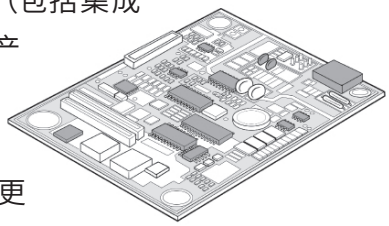
修整和成型:切割、成型以及用工具把导线加工成特定形状都可能导致重复动作劳损(详见第七章:人体工效学)。工人也会接触到用于清洁工具的溶剂。

标记、测试、包装和检验:芯片要用墨水或激光打标，然后测试和包装。工人要利用放大镜、电脑屏幕或X光机检查晶圆和集成电路。检查是很辛苦的，尤其是累眼睛。要注意保持眼部肌肉强健，通过经常看向房间里别的的东西来减轻劳损。虽然这并不能代替定时小休，但也是补充休息和保护眼睛的好方法。

另一种方法是环视房间：保持头部静止不动，眼球先看向一边墙壁，然后向上转动看天花板，再向下转动看另一边墙壁。

制造印刷电路板

芯片或集成电路（IC）会安装到一块较大的基板上，这种基板叫做印刷电路板（PrCB）。印刷电路板和许多其他元件（包括集成电路、电连接器和晶体管等）一起构成了电子产品。制造印刷电路板的许多工序和制造芯片一样，因此二者有许多相同危害（例如光掩模、蚀刻和添加薄膜时的危害），但前者的生产规模更大。



化学品和金属的用量越大，或具有潜在危险的工序越多，工人就越有可能受到伤害，产生的废物和污染也会越多。

制板

印刷电路板是环氧玻璃纤维制成的塑料薄板（玻璃纤维可以增强塑料强度），两面都有薄薄的一层铜。也有些印刷电路板会用铝、镍和其他金属。

从板上剥去多余的铜之后，剩下的金属就是联通不同元件的电路。电路板有不同的种类：单面板，双面板和多层板（电路在板内部，元件在板外部）。

健康信息

玻璃纤维的危害

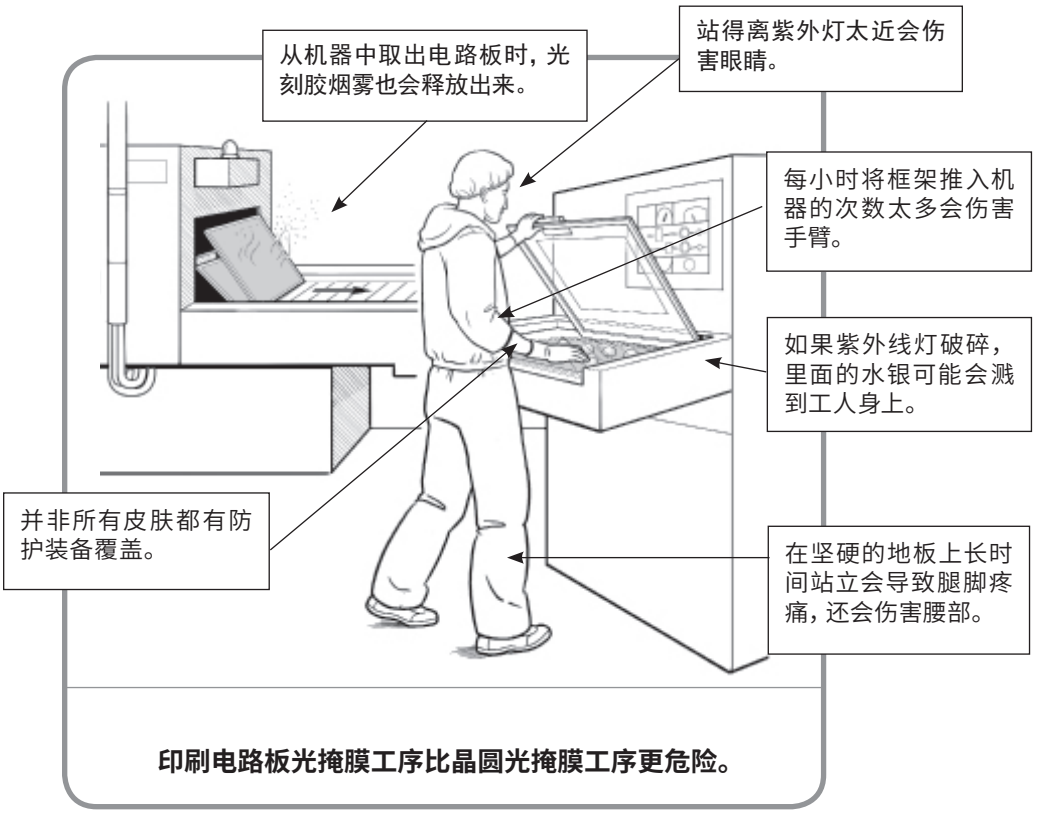
印刷电路板上的玻璃纤维粉尘会沾染工人的皮肤、鼻子和咽喉，进而身体任何部位都可能出现发痒的皮疹。医生可以用显微镜看到皮肤上的玻璃纤维。

防止玻璃纤维伤害的做法：

- 不要让玻璃纤维接触皮肤。穿长袖衣裤。
- 新切的板要用吸尘器清洁，特别是吸走切口处的玻璃纤维粉尘。
- 佩戴天然橡胶或氯丁橡胶手套。
- 佩戴防尘口罩。

印刷电路板光掩膜的危害

印刷电路板的光掩膜工序，是先用光刻胶覆盖设计中需要保留铜的区域，然后用紫外线照射使光刻胶变硬。不需要保留的材料则相对柔软，容易去除。



印刷电路板光掩膜工序比晶圆光掩膜工序更危险。

- 在使用光掩膜机以及从机器中取出印刷电路板时，需要良好的通风来保护工人，免受化学品侵害。
- 工人需要包括防化服和防紫外线眼镜在内的防护装备。参阅第18章：个人防护装备。
- 站在可以吸收压力的垫子上并有足够的休息时间，可以防止肌肉疼痛、劳损和过劳伤害（参阅第7章：人体工效学）。

DES（显影，蚀刻，剥膜）工序的危害

DES车间通常很大，印刷电路板需要由传送带移动通过多台机器。许多化学品会添加到电路板上，相关工序完成后再从板上移除——这些工序会给车间里所有工人带来问题。

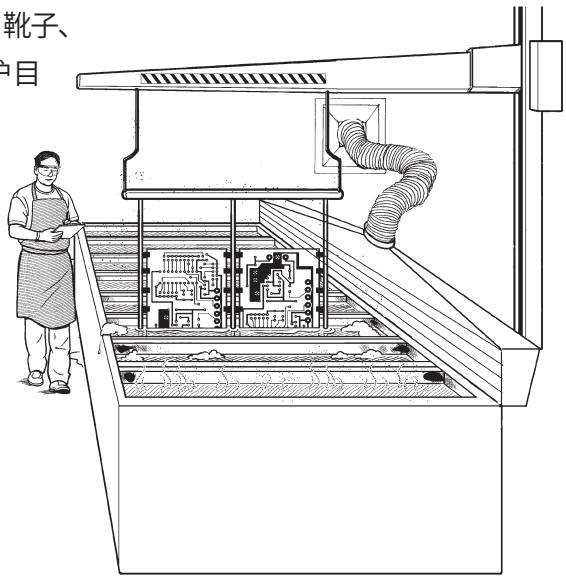
首先要用碳酸钾或一水碳酸钠去除光刻胶，然后用氯化铜或氯化铵除去铜，接下来是几个清洁步骤，最后一步是除去覆盖在要保留的铜上的硬化光掩膜。以上这些化学品，吸入或沾到皮肤上都是有害的。

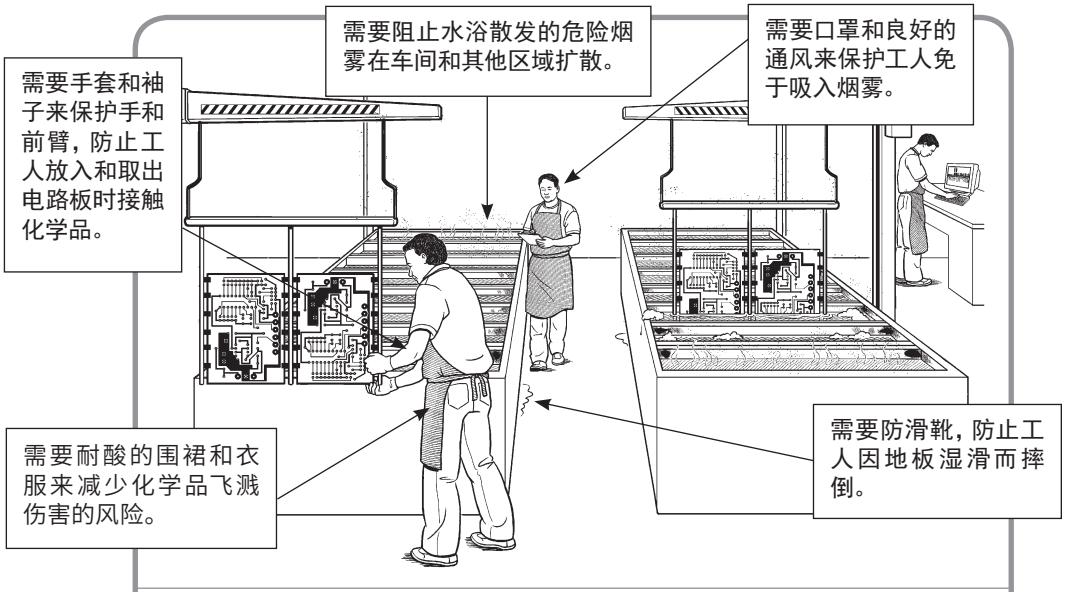
“电镀”工序会添加更多层的铜。固定在架子上的电路板先浸入化学清洗水浴中，再浸入电镀水浴中添加铜，或浸入非电镀水浴中添加镍。最后还要浸入镀锡或镀锡铅合金的水浴之中。

有些金属比其他金属危害更大。许多国家禁止使用铅。铅可能致癌，因此不应使用。许多人对镍过敏，镍也可能致癌。吸入金属和酸产生的烟雾都是有害的。有关金属的更多信息，参阅附录B。

保护DES和电镀车间的工人

- 局部通风必须强力，重点是将化学水浴和每台机器产生的烟雾抽走。
- 工人可能需要配戴呼吸器，以防吸入通风设施不能吸走的烟雾。
- 工人需要穿戴耐酸的衣服、靴子、手套（需要每天更换）、护目镜和其他装备，以防酸、溶剂和其他化学品造成的飞溅、烧伤、滑倒和其他伤害。





这些电镀车间的工人缺少必要的防护装备。

为电路板安装元件做好准备

电路板送去组装厂之前，可能还需经过一系列其他工序。为了保护工人，雇主必须采取一些与DES车间类似的预防措施。这些工序包括：

- **防焊**：给电路板涂上化学品形成防焊膜，以保护非金属区域免受焊接工序的影响。
- **图标**：通过墨水或激光打印，在板上标出安装元件的位置，这对日后维修也有帮助。
- **去除锡/铅**：用硝酸和三价铁离子的混合溶液把锡或锡铅合金剥离，让铜暴露出来。
- **最终表面处理**：抛光焊点，以便安装元件；把电路板浸入含镍和金的溶液，增强导电性。

组装印刷电路板和元件

不论是手工还是用机器组装印刷电路板和元件，都需要给焊点的金属表面涂上助焊剂，使其更好地接受焊料，从而获得良好的电连接。助焊剂是包括溶剂和酸的多种化学品的混合物（关于助焊剂，可参阅附录B）。

焊接

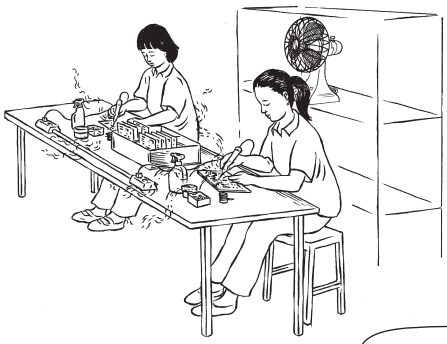
焊接是指把一点金属熔化以形成连接2个不同元件的桥梁。常见焊料有锡、锡和铅的混合物、铜和其他金属的无铅混合物。焊接可以手工或通过机器完成。

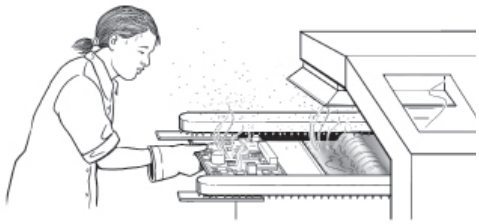
手工焊接

工人手工焊接，需要在烙铁上安装抽气装置，还要有强力的局部通风和呼吸器。如果发现吸入化学品的症状，应停止工作，改善通风或个人防护装备。

机器焊接

波峰焊机和其他焊接机都应配有强力的局部通风。焊接好的印刷电路板应放置在通风良好的地方，直到不再释放气体为止。





焊接会伤害工人健康

助焊剂和焊料中的化学品会刺激皮肤或肺部，有时症状立即出现，有时则稍后出现。其中还含有可能导致慢性健康问题的化学品。已知会造成健康问题的化学品是助焊剂中的松香和焊料中的铅。

助焊剂和焊料加热会释放出烟雾。吸入助焊剂和焊料中化学品可导致的症状包括：

- 头疼
- 流鼻血
- 呼吸困难
- 感到疲倦和虚弱
- 喉咙痛
- 眼睛发红和不适
- 皮疹

如果出现上述任何症状，应告知工厂里的健康和安全委员会及老板。就医时应向医护人员描述你在哪里工作、做什么以及所接触的化学品。吸烟或吸入二手烟都会使这些症状恶化。

如果工作场所得不到改善，持续吸入助焊剂和焊料中的化学品很可能引发其他健康问题。

在你的健康笔记中记录所有健康问题以及焊料和助焊剂的变化。

保护工人免受焊接危害

如果助焊剂不含松香，焊料不含铅，那焊接就更安全。这两种材料太危险了，不应使用。

如果车间有良好的局部和整体通风（参阅第17章：通风），工人也有正确、合身的个人防护装备来防护其使用的化学品（参阅第18章），那么焊接就更安全。如果工人可以将安全问题上报给老板以及健康和安全委员会，并能得到解决，那么每个人都会更安全。

其他促进焊接安全的做法：

- 调低烙铁的温度，释放到空气中的烟雾会更少。
- 通过“追踪气流”（参阅第17章“追踪气流！”活动），检查局部通风情况，并组织大家一起要求改善通风条件。
- 找出助焊剂和焊料中化学品的危害。可以参阅附录B中有关焊料的一节，也可以参阅相关化学品的安全资料表或尝试其他资源。发现危害后组织大家一起要求更换更安全的助焊剂和焊料。

无铅焊料真的更安全么?

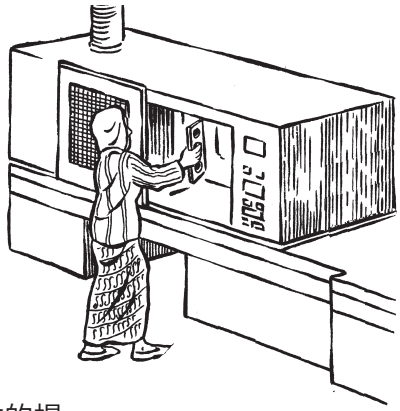
欧盟禁止在欧洲销售的电子产品中使用含铅的焊料和其他材料之后，一些公司拒绝改变。 他们声称可以安全地使用铅，铅对于生产是“必需的”，并且无铅产品质次价高。

但是这种论调失败了：任何想在2006年以后把产品卖到欧洲的电子公司都必须证明自家产品没有使用铅。

含铅焊料的替代品开始出现，化工企业也迅速投产。铅的替代品包括铜、锡和镍。

但是，与其他新工艺一样，新焊料也带来了新问题：无铅焊料需要使用更多助焊剂，后者也含有害化学品；焊接所需温度更高，并且可能释放出比铅基焊料更多的颗粒物。有关这些新焊料和助焊剂是否对工人更安全的研究也很少。

测试印刷电路板



装上元件的电路板，还要经过目视和通电检查，才能组装到电子产品上或包装运输。检查和搬运印刷电路板可以导致肌肉劳损和过劳伤害。为防止静电损坏电路板，工人通常需要佩戴接地的腕带。这种腕带含有镍，会刺激皮肤。

- 调整推车、工作台和椅子，以减少必须做的提举和扭转动作。（参见第7章：人体工效学。）
- 佩戴手套，以免玻璃纤维板坚硬的边缘划伤手。
- 如果对镍过敏，应向厂方索取无镍接地线。

组装电子产品

在长长的装配线上，工人将各种元件用胶水、焊接和螺丝固定在一起，组装成电子产品。之后工人还要对其进行清洁、抛光和测试。未通过测试的产品会送往维修车间，那里的工人要手工拆开故障产品并维修。

在家庭作坊组装电子产品，则会给工人、工人家庭和邻居造成健康危害。（参阅第20章：在家做工厂工作。）

制造其他配件

非电子配件是在其他工厂制造的，在组装车间才成为最终产品的一部分。制造这些配件对工人和环境也很危险。

塑料外壳和套管：电子产品多用塑料外壳，因为塑料轻巧、耐用且便宜。为了使外壳更加坚固且阻燃，材料中会添加许多危险化学品。但企业可以制造出毒性较小的外壳：

- **使用替代化学品**，比如用磷基或氮基阻燃剂代替溴化阻燃剂。
- **换用不需要阻燃剂的材料**，例如用铝壳替代塑料外壳。

电池：电子产品中的电池，不管是一次性的还是可充电的，均包含有毒物质。制造电池的工人（及其家人）受害最大，但从事相关材料生产的工人，从开采金属的矿工算起，个个都有危险。电子产品丢弃后，从电池中泄漏的化学品会污染水体。使用更安全的电池，降低产品的设计功率，都有助于减少电池中有毒物质扩散到环境中。

电缆和电线：电缆和电线由覆有塑料的铜制成。聚乙烯和PVC（聚氯乙烯）是最常见的塑料。大多数塑料都是可以安全接触的，但加热则会释放有毒化学品并会刺激鼻、喉、肺和皮肤，还可能导致癌症。

显示器和屏幕：焊接和粘合电子产品中使用的显像管、液晶屏和等离子屏时，通常要添加一种照射紫外线会变硬的化学品。这些屏幕可能会填充液晶，或者填充氖气和氙气。尽管大多数工序都是自动化的，但屏幕工厂的工人在生产和测试屏幕以及维护机器时还是会暴露在有害气体之中。另外，较大的电视和显示器很重，会给工人带来更多肌肉劳损。

电池厂工人反抗毒害他们的公司

在中国，为金山电池公司生产镍镉电池的工人遭受了镉中毒。镉是一种有毒金属，会损害肺、肾和骨骼，还会导致癌症。一名金山工人告诉医生她正遭受的痛苦之后，医生给她做了一些血液和尿液检查。结果显示该工人体内镉含量很高。其他工人也出现了头晕、头痛、恶心和流产。他们体内也检查出了很高的镉含量。消息传开后，更多工人、工人子女和其他家庭成员也纷纷去做了检查，同样发现镉中毒。

金山工人认为公司应该为中毒负责。他们要求得到治疗和健康赔偿。

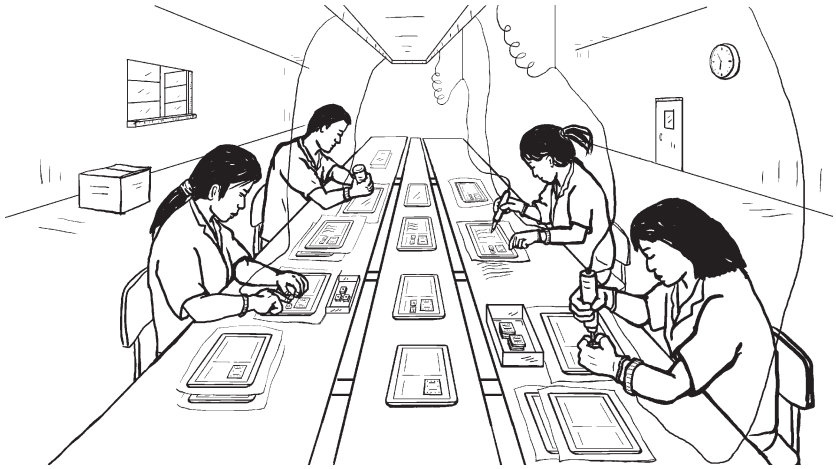
公司为了平息事件，伪造了镉含量较低的检查结果，并声称可以除去工人体内的镉。公司还安排工人去接受无效且痛苦的治疗，并解雇了维权最积极的工人。金山还关闭了几家工厂，把生产搬去了更偏远的地区。

工人发起了抗议，起诉了公司，还去地方和中央政府上访。他们获得了非政府组织的支持，还向其他人开展有关镉中毒的教育。金山被迫启动了一项基金，以支付离职和在职工人的年度体检和医疗费用。但是，每年都有更多工人发现自己镉中毒，于是更多人加入维权，争取赔偿。

2006年，欧盟开始禁止使用镉；而如今锂离子和镍氢电池也已经普及。但是，中国仍然允许生产镉电池。金山公司仍在中国的偏远地区生产这些产品，那里的工人仍然缺乏适当的防护措施，也缺乏关于镉中毒的信息。从2015年开始，金山不再支付所有工人的年度体检费用，而是仅向能够证明自己中毒的工人提供赔偿。

飞快的组装流水线

组装工厂中的工作非常重复且快速，因此产生的压力和劳累会造成很多伤害。本节介绍了一些改变工作场所的点子，“第7章：人体工效学”则提出了更多方法。



为了完成生产配额，工人必须几秒钟就装好一个零件。

发生在富士康的自杀和过劳死

中国富士康工厂的工人为全球许多大型电子公司生产手机和其他产品。像中国其他工厂一样，富士康也有这样的规定：“上班不准说话！”“不准东张西望！”工人只能在用餐时休息一下。主管和经理会大吼大骂催促工人，对有病痛的工人也不例外。工厂还强迫加班，有时工人要持续工作24小时或更久。

2010年，名叫颜利的年轻工程师因被迫连续工作34小时而猝死。同年，18名富士康工人因忍受不了非人的工作条件而试图自杀。

富士康找了很多借口解释工人为何自杀以及颜利为何猝死，但不去解决主要问题。针对恶劣的工作条件，工厂只做了一些小的改变：他们提高了工资，给建筑装上了防跳网，并开设了一些娱乐室。但是，在其他城市开设更大的工厂时，富士康仍然保持了那些当初导致自杀的工作条件。因此自杀还在继续发生。

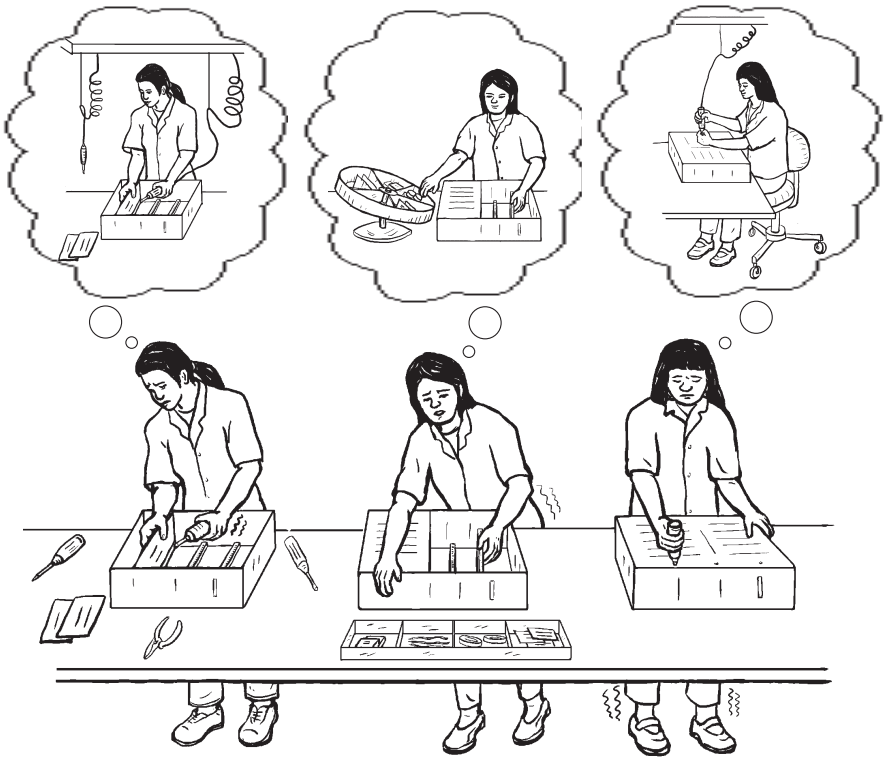
改变工作场所，减少肌肉劳损和过劳的伤害

把工作要用的东西放在手边，可以减少身体劳损，尤其是那种需要每个班次做上百次重复动作的工作。身体需要活动的部位要有支撑，例如手腕、手指和肘部。适合自己身材的桌椅，也有助于减轻工作导致的疼痛和伤害。

查看自己的工位是否有引起疼痛和伤害的地方：

- 拿到所需的元件和工具是否费力？
- 将产品从流水线取下和放回是否费力？
- 从流水线取下和放回的产品有多重？零件重么？工具重么？
- 座椅或凳子是否适合？还是说需要站着工作？
- 工作台的边缘会不会硌到手臂或手腕？还是说台面有衬垫？
- 工位整体舒适度如何？

在“第7章：人体工效学”中可以找到有关改善工位的建议。



改进工作以减少伤害

有时你的工作需要长时间重复很多次相同动作，光靠设备的变化或做拉伸，无法避免疼痛和伤害。但工人可以通过更多地控制工作流程来保护自己。可以与同事和老板讨论以下措施：

- 减慢生产线速度，增加更多工人。
- 每天做几种不同的工作，不让特定肌肉过度劳累。

更好的防护装备

一些工厂不给工人提供防护装备或服装。也有些厂给所有工人提供相同的装备，而不管不同岗位所面临的特殊危险或每个工人的身材差异。正确的做法是，雇主应在必要时提供：

- **防静电、防尘的服装**，包括帽子和腕带。除了保护产品免受静电和粉尘的破坏，也必须能够保护工人免受金属粉尘的侵害。
- **手套和指套**。保护手和皮肤，减少粉尘的刺激、割伤和擦伤。清洁和抛光车间工人的手套需要防护清洁所使用的化学品的伤害。
- **口罩和呼吸器**。纸质口罩可以防止工人吸入大的粉尘颗粒，但不能阻挡塑料、胶水、焊料和助焊剂的烟雾，也不能防止小的粉尘颗粒和新型超细纳米颗粒的伤害。有关哪种呼吸器能为你的工作提供最佳防护，可参阅第18章。
- **听力保护**。大多数组装厂噪声很大，会伤害工人听力。如果和距离两臂长度之外的人交谈时必须大喊，就说明该区域噪声已大到会损害听力。（请参阅第13章：噪声。）
- 在产生灰尘（例如打磨、包装和运输）的区域，工人应佩戴**面罩或护目镜**。

清洁成品

工人要用不同的方法和化学品清洁电子产品，包括加压空气、抛光机、异丙醇（IPA）以及含有甲醇或其他有害化学品的溶剂和脱脂剂。

清洁剂会沾到皮肤上，引起刺激和皮疹。有些清洁剂会被皮肤吸收，进而损害人的内部器官，甚至导致失明。吸入清洁剂发出的烟雾会令人头晕、疲倦、头痛或胃痛。有些清洁剂易燃，会引起火灾。抛光金属外壳会产生大量粉尘。

- 良好的通风可以清除烟雾和粉尘（请参阅第17章：通风）。
- 佩戴手套、护目镜和其他防护装备，以防受到清洗和抛光所用化学品的伤害。有关溶剂和脱脂剂的更多信息，可参阅附录B。
- 可能需要防尘口罩，纸制口罩难以挡住粉尘。

工厂为了省钱导致工人中毒

我在中国的胜华（Wintek）电子厂工作，负责清洁电脑屏幕。我们过去用的清洁剂是异丙醇（IPA），但有一天老板给了我们一种新的化学品。几周后，我开始感到头晕和虚弱。 同样症状的不止是我。我们许多人都向主管抱怨这种新化学品使人感到不适，但他们的回应是要么继续用要么辞职。

有一天我醒来后无法动弹。家人带我去了诊所，并发现我的很多同事也在那里。检查发现我们接触了己烷——一种会导致瘫痪和死亡的化学品。最终四名工人死亡。

我们发现，老板之所以把异丙醇换为己烷，是因为后者干燥速度更快——这样清洁速度也就更快，他可以赚更多的钱。但是工厂没有适当的通风设备，也没有给使用己烷的工人提供适当的防护装备。许多组织都支持我们要求工厂为患病工人提供医疗保健和赔偿。他们建议我们去找向胜华订货的大公司，因为后者也应为自己的承包商负责。但该品牌表示，他们对胜华使用己烷一无所知，还说他们告诉过胜华不要使用。

测试、包装和运输

工人在产品包装和运输之前还要做测试。许多测试是由机器完成的。但是，测试车间的工人会面临以下危险：

- **噪声**：测试机器会打开、关闭、敲击、重击、摇晃和振动受测试的电子产品。测试通过或不通过，机器会发出不同的蜂鸣或警报声。如果不戴耳塞，听多了这些噪声就会损伤听力。参阅本书相关章节，判断你的工作场所是否声音太大，学习使用耳塞，并找到减少工厂的噪声方法。
- **光线**：测试屏幕的工人为屏幕和显示器调试正确颜色时会暴露在过亮的光线下。有关眼睛健康和光线的更多信息，请参阅第14章：照明。
- **其他伤害**：搬运大型电子产品也有风险。如果有东西掉落或破裂，工人可能会因为锋利的边缘或化学品而受到伤害。有时工人会闻到产品仍然在释放出化学品。了解用于产品制造和清洁的化学品是什么，有助于做好准备，万一有人因暴露而生病可尽快救治。

废物处理

工厂使用的化学品会回收或直接作为废物丢弃。废物也会伤害工人及周围社区。

- 空气污染：酸、塑料和溶剂产生的烟雾会由通风系统排出。一些工厂的通风系统会过滤掉化学品，但通常烟雾会不经过滤直接排放到厂外空气中。
- 水污染：生产电子产品所使用的水浴中有许多化学品，用完后会经过各种分离、过滤和中和处理。其中有些可以重复使用，有些则送到垃圾填埋场。废水在“清洁”后会排入社区供水系统中。有时这些水中仍然含有很多化学品。不同工厂的废水混合后，可能产生毒性很强的物质，让社区中的人们面临危险。
- 固体废物：固体形式的金属、胶水和其他化学品通常不会分类处理。任何无法回收或中和的东西都会直接送去垃圾填埋场。

工人和社区团体会联合起来要求工厂负起安全处理废物的责任。有时他们会提出更高的要求——工厂不应排出任何废物！（请参阅第33章：来自工厂的污染。）

生产容易维修的电子产品

有些公司设计的电子产品会在短时间内损坏或过时，从而令消费者不得不购买新产品。有的公司会每年更改型号，使产品无法维修；或是将维修说明和程序保密。他们这样做也是为了鼓励消费者购买新产品，因为人们买的次数越多，公司获得的利润也越多。但这些做法是浪费和昂贵的。

可持续设计运动，旨在推动企业生产易于维修、可长久使用的电子产品，反对生产很快就要进垃圾场的电子产品。可持续电子产品具有以下特点：

- 外壳易于打开，使用标准螺丝代替胶水。
- 需要定期更换的部分（例如屏幕）容易找到配件。
- 使用标准尺寸零件，不同型号之间可以通用。
- 免费且容易找到的维修说明。

设计易于维修的电子产品，既减少了对矿产的开采需求，也减少了生产和回收过程中产生的废物，还能使电子产品的价格更实惠。

回收电子产品

许多废弃电子产品会流入亚洲和非洲的社区之中。一些个人或小团体会将其拆开，或砸碎屏幕和外壳，以求获取其中的印刷电路板。他们也会把塑料外壳和电线外皮融化，以获取电子产品内所含的金、银和其他金属，然后出售以谋生。

如果你从事电子产品回收工作，那么也会接触到生产中使用的许多化学品以及燃烧各种材料所产生的更危险化学品。

回收人员可以通过以下方法减少进入体内的化学品：

- 穿戴覆盖所有皮肤的手套和衣物。
- 戴面罩或护目镜。
- 戴口罩遮住口鼻。头巾或布不能使你免受化学烟雾的侵害，但可以阻挡部分粉尘。

让电子产品更安全

从电脑到手机，电子产品已成为我们生活的核心，很难想象没有它们的生活。但是，它们对工人和社区健康的危害往往很大，这些危害并不应该存在于我们的生活之中！国际上已有许多团体在努力改变制造、使用和处理电子产品的方式。他们提出了这些口号：

生产安全的产品

- 设计毒性较小的电子产品——寻找危险化学品的更安全替代品。
- 不要让工人或顾客做实验品来测试材料是否安全。
- 设计能耗更低且对环境危害更小的产品。
- 设计耐用且易于维修和重复使用的产品。
- 制造易于回收的产品。
- 尽可能多的使用再生材料。

将产品回收

- 电子产品制造商必须制定免费回收和循环利用自家产品的计划。
- 电子产品制造商必须对自家产品负责。确保安全回收是他们的义务。

负责任地回收处理

- 应该制定回收法律，确保回收处理对人和环境更安全。
- 努力实现零浪费——寻找减少和重复使用材料的方法。
- 不要将有毒电子废弃物运往发展中国家。
- 不要使用监狱劳动力从事回收——这是有毒的强迫劳动！