艾彼乐电炉安全手册

安全生产　重于泰山

艾彼乐电炉安全手册

铸造车间安全基本原则它可以救您的命

安全培训的必要性

与熔融金属打交道从来就是一项极具危险性的工作。在过去，燃烧炉产生的热、燥声和烟气总提醒着铸造工们要注意熔炼车间所具有的危险性。而今，高效感应电炉工作条件的改善使铸造车间已变得较前更凉快、清洁，总的来说，已变成为危险性较少的地方，但仍然未能消除熔融金属所固有的危险。本手册以及下述的"IPILLAR 铸造车间安全计划"旨在使所有铸造工们了解金属熔融时必须始终采取的安全预防措施。

注：患有心脏病、四肢残缺、高度近视、色盲等疾病人员不适合做感应电炉操作工。

铸造车间安全

感应电炉使今天的铸造车间比历史上任何时期更安全，生产率更高。与感应电炉有关的事故也难得发生了。但令人悲哀的是，许多发生的死伤事故，只要采取常识性的安全预防措施本来是可以避免的。为此，IPILLAR 公司制定了"IPILLAR 铸造车间安全计划"，并免费向所有铸造工提供，不管他们是否装备 IPILLAR 设备。

"IPILLAR 铸造车间安全计划"由四个部分构成：

1）本安全培训手册
2）与安全有关的公告和文章
3）图表说明熔炼车间各种危险性的录象磁带
4）课堂上进行的安全培训幻灯片讲座

艾彼乐公司要求每一位铸造车间雇员，都了解与熔炼金属相关的各种危险。此项铸造车间安全培训计划是我们努力实现这目标的一个方面工作。

了解感应电炉铸造车间的危险性

只要查阅一下铸造车间使用感应电炉的记录就可以发现，几乎每一次事故中发生的死、伤事件，只要能采取基本的安全预防措施，都是可避免的。大部分熔炼车间规定的安全预防措施，如佩带眼镜防护用具和穿着防燃工作服，都是简单的常识性要求。其它的安全措施，如懂得如何处理搭桥紧急事件，则需要感应熔炼工艺知识。

本手册将帮助您更好地理解并处理各铸造车间中出现的日常性危险以及将来您可能会碰到的诸多危急情况。

事故调查报告表明，大部分铸造车间的事故均因下列的其中一个而发生：

- 熔炼时加入了湿或潮湿金属，导致水/金属爆炸。
- 操作人员的温控、取样或添加合金化合物的技术不佳，导致金属飞溅。
- 熔池中掉进大块炉料，导致金属飞溅。
- 装料不当，导致搭桥。
- 未站在安全线后，导致被夹住。
- 与导电体、过载安全联锁开关碰触，或与不完全放电的电容器碰触，导致电击和电致死。

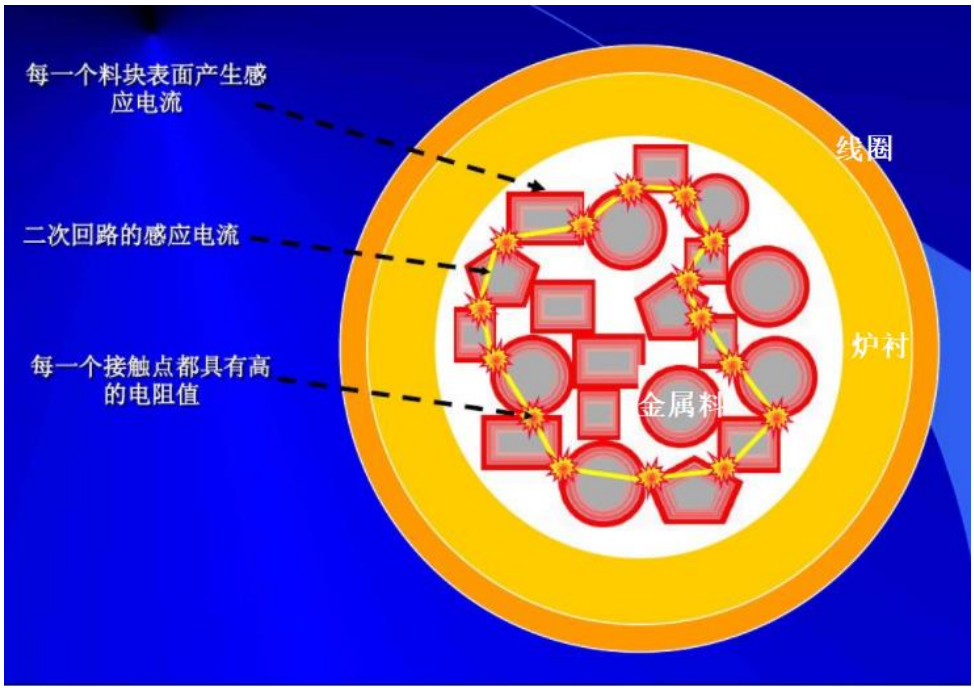
本手册将重点说明，在保护您自己和您的同事免受这些危险和其它危险方面，您能做些什么事。

感应熔炼

燃烧炉和感应电炉是以完全不同的方式产生热量。

在燃烧炉中，通过燃烧燃料例如焦碳燃油或天然气而产生热量。燃烧燃料使炉子内部温度高于装在炉内炉料熔点温度。这样就加热了炉料的表面，使炉料熔化。

感应电炉不用燃烧将很清洁地产生热量。来自感应电源的交流电流入电炉，通到一个用空心铜管制成的线圈，这样就形成了一电磁场，该电磁场穿过耐火材料与炉内导电的金属炉料耦合。这样感应产生了电流，电流流入金属炉料它自己本身内部，产生热量，使金属快速熔化。采用感应方式，您直接加热炉料而不是直接加热炉子（尽管炉子表面可能变得有足够高的温度，存在灼伤危险）



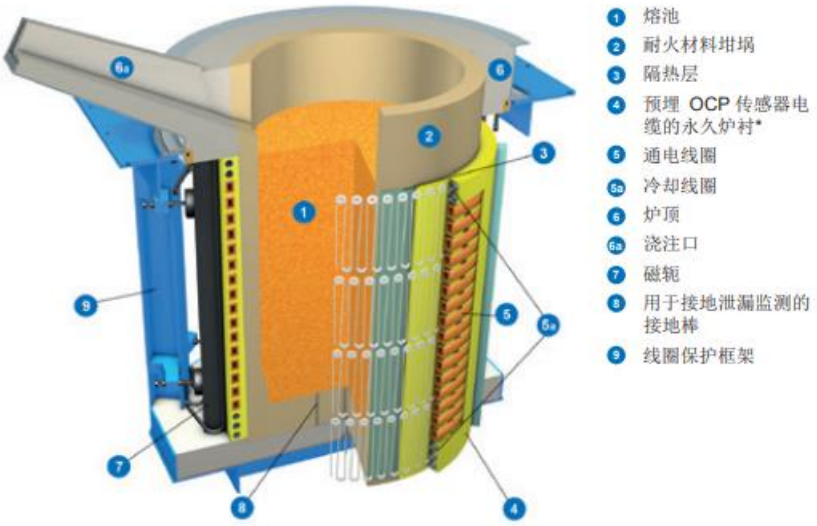
本图说明感应线圈（如铜色外圈所示）中按一个方向流动的电流会在线圈中央的金属料中感应产生一相反方向流动的电流。此电流将加热金属并导致其熔融。

感应电炉有两种类型

感应电炉的基本类型有两种：无芯感应电炉和有芯感应电炉。金属通常在无芯感应电炉中熔化，并可将其转入有芯感应电炉进行保温和配送。许多熔炼车间也供用无芯感应电炉保温。

无芯感应电炉

如其名称所示，无芯感应电炉不具有象下面所说的有芯感应电炉那样的铁芯。取而代之的是整个熔池起到感应加热区的作用。铜线圈围绕在炉内整个长度上的一层耐火材料上。让强大的电流通过此线圈，就产生一磁场。它能穿透耐火材料，并快速熔化炉内的金属炉料。铜线圈因有冷却水流过它而不会熔化。无芯感应电炉的尺寸范围从仅可存放几盎司金属的炉子到能保存 70 吨金属的巨型炉。



有芯感应电炉

在有芯感应电炉中，其感应加热产生在“熔沟”中，它位于主熔池底部相对较小又窄的部位。熔沟围绕着一个迭片铁芯和感应器组件。当熔沟里装入熔融金属时由铁芯和线圈形成的电路就构成。一旦熔沟里加入了熔融金属，就可向铜线圈通电。这就在熔沟里产生了强烈的电磁场，使电流流过熔沟里的熔融金属并对其进一步加热。离开熔沟的更热的金属会向上扩散循环，使整个熔池温度上升。

铸造车间一般使用有芯感应电炉来保温和配送熔融金属。在轮班之间以及整个周末期间需保存“剩余”的熔融金属，这就意味着有芯感应电炉只有换炉衬时才会倒空。有芯感应电炉能存放高达 5000 吨的金属。

熔融金属的飞溅：最明显的铸造车间的危险

湿的炉料是所有铸造车间的一个严重的安全危险隐患。当熔融金属与任何水、潮气或含有液体物料接触时，水立刻会变成蒸汽，膨胀到其原有体积 1600 倍，并产生强烈的爆炸。此种情况的发生并无预兆，它会把熔融金属以及可能是高温的固体物抛出感应电炉，使工人、感应电炉本身及其附近的厂房与设备处于危险中。

水/金属爆炸可发生在任何一种炉中。但是，它对感应电炉的副作用更为严重，包括会发生连带爆炸的可能性—这是因受损冷却系统中的液体与熔池中的熔融金属接触而引发的。（见下面的冷却系统说明）

发生水/金属爆炸也不一定需要感应电炉中有熔融金属，如装有水的密封桶或容器被加进空的但却是很热的感应电炉中，一样会发生爆炸。在此情况下，爆炸力会将新装入的炉料弹出，很可能一样会损坏耐火炉衬。

令人震惊的图象取自一次实际的感应电炉喷发录象带，可能因湿的碎片掉进感应电炉所致。

水/金属爆炸具有的强烈性和不可预测性，使熔炼车间的工人们必须穿戴安全防护服。此防护服可防止发生损伤外貌、失去行为能力的烧伤以及致命的烧伤。防护服的详情提供在后续中有所讲解。

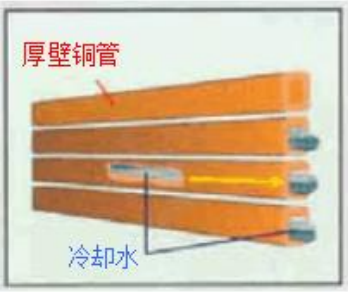
感应电炉的冷却

对那些不熟悉感应电炉熔炼的人讲，对高温感应电炉需装配冷却系统，该冷却系统使循环水通过载有数千安培电流的导电体，感到似乎不寻常。但是，若无连续冷却，感应电炉就不能运行。任何妨碍感应电炉正常冷却的事件，都会很快地导致线圈损坏，且可能导致灾难性爆炸

产生电磁场的感应电炉线圈设计成不能受热。虽然有一些热从熔池经炉衬传导给线圈，但线圈上的大部分热负荷是由流过线圈的电流所致的。这就要连续地对其进行冷却，这样不仅能增加其电效率，而且还可防止线圈融化。

一般情况下，冷却系统包括了线圈本身，线圈由空心铜管组成，冷却水就在空心铜管内流动。水吸收了由电流产生的热以及经耐火炉衬传导出的热，并携带了这些热量进入换热器以排除热量。

如有电气或机械故障损坏了循环水泵，危险的热量集聚就会导致线圈绝缘损坏，线圈严重打火和水泄漏。于是，这些情况会在几分钟内导致一场大爆炸事故。因此，感应电炉应有备用冷却系统，如电池供电或发电机供电的水泵，或在日常用泵发生故障时能连接到市政自来水管的连接接头。



消灭湿的碎片料

在铸造车间，大部分炉料都源自碎片料，湿的炉料当然成为最受注意的焦点。一些铸造车间为减少水/金属爆炸的可能性，将碎片料预先至少存放一天，然后，再仔细地检查包装和容器上有无任何残存湿气。但今天日益增多的铸造车间所采用的更可靠的解决方法是，使用配备炉料干燥器或预热器的遥控装料系统。

遥控加料系统能使操作人员安全地从感应电炉返回，或在加料时站在保护屏后面。在将碎片料投入熔池前，干燥器和预热器能最大限度地去除其中的水和湿气。

装料和预热系统克服飞溅

许多严重的铸造车间事故就发生在加炉料时，当时正好有铸造工走近熔池。因投入大片碎片料而引起的飞溅以及因湿的或潮湿的碎片料引起水/金属爆炸而造成的飞溅，都可通过使用干燥和预热系统以及远程控制装料系统而减少。但是，这些系统不能除去被封装的液体，例如铁罐中的油。这些材料必须在使用前加以粉碎。

干燥/预热系统使碎片料经过用燃油或燃气作为燃料的火烟道，对碎片料加热，最大限度地减少会引起水/金属爆炸的水气。这些系统也能烧去尘污和油，产生更清洁的炉料并减少感应电炉熔融碎片料所需的能量。

采用燃气或燃油的炉料干燥器和预热系统，在炉料被投入感应电炉前能将其表面的水气烘干。

当用旋转输送机或其它自动化系统为炉子加料时，操作人员就可安全地呆在保护屏的背面或后面。

加料系统包括皮带和振动式输送机、装料桶和溜槽。由于允许远程向感应电炉装炉料，使铸造操作工能呆在安全距离处或保护屏后面，这就极大地提高了安全性。同样，加料系统也减少了因重质炉料碰击炉衬而造成的炉衬损坏。

干燥和预热系统以及远程加料系统的使用，极大地减少了加炉料作业有关的事故。

密封容器

容易被忽视的危险是看上去已被密封的容器和两端都被切断封闭的管段。显然，装有易燃液体或它们的烟雾的容器会早在碎片料本身熔化前就发生爆炸。预热密封料不能防止此危险的发生。事实上，密封容器在预热系统内发生爆炸的这种危险是存在的。操作人员的警惕性是它唯一的防范措施。决不应让密封料进入感应电炉或预热器。废管料的切断段和显然是空的密封容器看来似乎不怎么具有危险性，但实际上它们具有同样的危险性。即使它们不装有可燃液体，其内含的空气在遇到热时会迅速膨胀。在极端情况下，压力聚集足以能胀破容器壁体或从切断的封闭管端逸出。如发生此种情况，强烈排出的气体会将热的碎片料推压出感应电炉或将击碎成炉衬，造成损坏。

其它危险

冷料或冷工具以及冷的易碎材料，对感应电炉及其操作人员会造成特别的危险，因为它们可能含有一薄层表面水气或吸收的水气。如与熔池接触，水气会变成蒸汽，造成喷射或飞溅。穿戴适当的防护服和脸、眼保护用具通常可保护操作人员的安全。对冷料和工具进行预热能防止许多飞溅伤害。

在黑色金属铸造车间里，最大的飞溅危险发生在接近熔炼的最后时刻，这时，铸造工要在熔融液中添加铁合金或将工具插进熔融液中。而这些铁合金材料可能已吸收了周围环境中的水气。取样勺和扒渣耙上也会凝结一薄层水气。应遵照生产厂有关存放合金材料和预热工具的操作规程要求，最大限度地减少水气积聚，减少飞溅的危险。

如工人们不给予妥善保护即使在正常浇注时，火星也会点燃可燃的衣着，或严重伤及眼睛。

在有色金属铸造车间里，当将锭料加入熔融金属中时，由于其表面的凝结物与熔融金属接触而伴有喷射或飞溅现象发生。比较理想的是，只应将锭料放置在空炉中或放置在结实的回炉料的上面。添加到熔池中的锭料应加以预热，或使用远程加料系统将其加入。

既然，不能强求户外空气中完全没有水气，因此总存在水凝结和飞溅的可能。水气凝结和吸收在两次熔炼间易随时间增加而增加。因此，最大的飞溅危险很可能发生在工作周或工作日的一开始，或在感应电炉已停止工作进行维护之后。在这些启动阶段，应让初始熔炼进行更多的时间，这有助于减少飞溅危险。

离心铸造废料卷

将离心铸造废料卷加入感应电炉时，需采取专门措施步骤。较为理想的是，此类废料不应在感应电炉中熔融。其危险性出于这种可能性：即废料卷可能含有一韧性的内芯外包一层脆性的外层。不同的膨胀率可使表面材料爆炸性地与卷料分开，损坏设备，伤及人员。如废料卷是可熔融的，则在加料前将废料卷打碎折断，从而将断裂成碎片的危险性减至最小。

金属飞溅和感应电炉喷发的主要原因：

1．湿的或潮湿的炉料
2．将很重的炉料投入熔池
3．湿的或潮湿的工具或添加剂
4．密封的碎片料或离心铸造废料卷

防止飞溅和感应电炉喷发的主要保护措施

1．个人防护服和防护设备
2．废料干燥和预热系统
3．远程加料系统

个人防护服可救您的命

如果铸造工的第一条防死伤防线是安全装备,和能使他在日常和紧急条件下正确使用这些安全装备的培训课程，则他的最后一条防线就是防护服。穿戴合适的防护服意味着轻易离开一场铸造灾难，与被致死、致伤之间的差别。制定国家标准的各种组织机构对金属铸造业中防护服的使用已规定了不少指导原则。这些组织机构倾向于同意使用基本型个人防护装备，为工人们提供有意义的保护，防止他们暴露于熔融金属环境中。

许多防护服生产商和分销商对工业导则的要求进行了具体的落实工作。凭着他们对防护材料和产品最新技术发展的了解，他们能根据铸造业的具体要求落实安全防护服计划。

铸造车间使用的防护服有两类，即基本防护服和辅助防护服。

基本防护服

这位工人穿戴的基本防护服，包括安全帽、安全镜、面罩、耐火外套、铸工用手套和皮质鞋罩。

镀铝外套、手套和护腿能保护这些熔炼车间的工人免受金属飞溅和辐射热的伤害。他们也穿戴了头和面部保护用具和铸工靴。

基本防护服是您可穿着在辅助防护服外面的衣服，在遇到有严重辐射热、熔融金属、飞溅液和火焰的情况下使用。它的设计旨在为您提供最大的保护。当从事如加料、出钢、浇铸和铸造作业工作时需要十分接近熔融金属，此时应穿戴基本防护服。基本防护服，包括安全镜、面罩、安全帽、短上衣、护裙、手套、护腿、鞋罩、披肩和袖套，可由镀铝玻璃纤维、皮革、专用合成纤维或经加工处理的羊毛制成。与熔融金属打交道或直接暴露于熔融金属的铸造工工作时必须穿戴基本防护服。穿戴不适当，易燃的防护服，乃是被熔融金属严重烧伤的头号原因。

配有侧护罩的安全镜是眼/脸防护的最低要求。如暴露于熔融金属时，除安全镜外，还要戴上面罩。眼睛特别易受伤害，提供眼睛防护是很容易的。

为防止飞行/坠落物体、冲击、飞溅等等伤害头部，应戴上安全帽。来访者不管他所呆时间的长短，访问何处，也都应随时戴上安全帽。

在接近高温的地方工作时，应戴上防热/火的阻燃手套。至少要戴上棉质手套。在熔融金属附近工作时，应戴上能盖过手腕的铸工手套。

为保护身体、手臂和腿，许多防护服供应商都建议使用镀铝玻璃纤维外套用于防护，免受辐射热和熔融金属飞溅的伤害。镀铝玻璃纤维外套衣类似于此处照片所示，它在摆脱熔融金属飞溅和火花的同时，可将约 90%的辐射热从身体反射出去。

用护腿覆盖好您的腿

建议使用浇铸工用的或无带式安全靴，以保护脚不受熔融物质的伤害。如靴里进了金属物，可迅速将其脱掉。脚面罩鞋能保护脚的上面。如穿着有带的鞋，应用鞋罩盖上，特别要注意脚的上部，那儿存在熔融金属进入的危险。

若干供应商按金属类型对防护服进行了分类。对高温熔炼黑色金属和其他金属时，他们建议使用经磷基处理的防护服。但为不被低温熔炼时飞溅熔液（如熔融铝）粘住，供应商还建议使用非磷处理的防护服。

辅助防护服

在危险较小的区域内工作时可穿戴辅助防护服，它被用于保护普通衣服不被点燃和燃烧。防火外套衣就是辅助防护服的一个例子。辅助防护服不能绝对保证安全，但它明显有助于大大降低燃烧损害。许多情况下，严重烧伤和死亡之所以发生，是因为小火星或飞溅物烧着了普通衣着，而不是直接因熔融金属引起的燃烧所致。

应与辅助防护服一起穿戴的，还有天然纤维外衣、内衣和短袜。某些合成纤维易熔化或易着火，会增加烧伤危险性。安全服供应商建议使用可洗式的耐火内衣。棉锻是他们经常建议采用的，它能提供最佳的保护，并不影响穿着的舒适性，也不限制其柔性。

当然，铸造车间是很热的工作场所，防护服又增加了有关热应力问题。但是，这防护服能救您的命！

铸造工戴着防尘面罩（自保护呼吸）在除去感应电炉内的耐火炉衬

面罩和呼吸器

在有空气污染危险和燥声污染的地方，安全专职机构还规定要使用呼吸器和听觉保护装置。如长时间吸入二氧化硅尘粒对健康危害很大。要保护您自己免受此危害也很容易。只要在拆装炉衬时，或尘灰很多的地方戴上防尘呼吸器即可。要保证选用适合于特定环境的面罩。大部分面罩只能防护某种尘灰和蒸气。

在铸造车间与熔融金属打交道是一项十分严重的事情，有多种危险性。从轻度烧伤到致命烧伤的伤害都可能发生。但只要了解其危险所在并采取适当措施保护好自己，就能减少与我们工作有关的，日常性的危险。

人身安全的三个关键点

保护人员免受熔融金属的危险有三个重要方面。**即距离、保护障和安全防护服。**

距离是保护人员安全很直接的方面。您离开感应电炉或熔融金属愈远，就愈加安全，不会受到金属液的飞溅。这就是为什么感应电炉生产商要改进其产品性能的原因，例如，开发自动加料系统和计算机控制。这些系统能使与感应电炉打交道的人们远离感应电炉仍能进行操作。在任何情况下，不直接参与感应电炉操作的有关人员，在进行加料、熔炼和浇铸作业时，均应站在感应电炉以外的区域。

在距离保护不可能时，“保护障”能提供保护，防止热和飞溅的伤害。在熔炼平台上的浇铸控制站台周围围上屏幕就是保护障的样例。

然而，穿戴好适当的安全防护服，是您个人能采取的，用以保护您自己不受金属熔融飞溅伤害的最重要步骤。防护服是您的基本防卫线。

熔融铝——低温，高危险性

铝的融化温度低于黑色金属，熔化时它仍然会对铸造工带来很大的金属飞溅伤害的危险。

小滴熔融铁水存在一种突然离开暴露皮肤的趋势，其温度极高，一般要高于 2800°F，这是由于皮肤表面上有湿气的缘故。而熔融铝则会粘在裸露的皮肤上，产生严重的，可能是毁容的烧伤。如涉及的金属液量较大，其烧伤会致命。

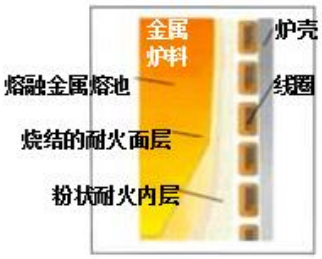
当这些普通工作服被熔融铝燃着时，有关工人就回受到致命烧伤。耐火防护服就会救他一条命。

工作于熔融铝附近与工作于黑色金属附近一样，应穿戴好合适的防护服和设备，包括安全镜、面罩、头和身体保护用具以及手足保护用具，这对保证安全至关重要。

安全专职机构告知，不是所有的防护服都能针对所有金属熔液提供同等的保护。例如，他们报告称，熔融铝会粘着于某些纤维上，但不粘着于其他东西上。还有，某些种镀铝纤维被溅上熔融铝时会点燃，而其它一些镀铝纤维则不会点燃。他们建议新的防护设备在投入使用前，要先作飞溅测试进行鉴定。

维持耐火炉衬的安全

适用并且维护完好的耐火炉衬，对安全操作所有金属熔炼炉来讲，都是十分重要的；对于感应电炉，它们是绝对至关重要的。电感应的物理性质要求感应线圈和熔池之间的耐火炉衬愈薄愈好。同时，它必须有足够的厚度，能充分保护线圈，在面对熔融金属，化学剂和机械冲击的情况下，能防止金属熔液渗漏出。要将炉衬保持在生产厂规定的安全极限范围内，就要求在进行炉子的各项作业时以及执行综合检查和监控程序时，都要对炉衬作仔细处理。



毫无疑问，金属熔液渗漏是熔炼和保温作业时最严重的事故。熔融金属突破流穿炉衬时，就会出现渗漏。如冷却、电气、液压或控制诸方面有损坏，就即刻会有火灾或水/金属爆炸的危险。保持炉衬的整体完好性是防止漏炉的关键。

损坏炉衬整体完好性的因素有：

■对于特别的应用，所用的耐火材料有错
■耐火材料的筑炉不当或不达标
■未能监控好炉衬正常的磨损度，致使炉衬变得太薄
■突然产生的或积累而成的物理性冲击或机械应力效应
■突然产生的或累积而成的过高温度，或热冲击效应
■炉渣或浮渣集结

以上任何一种情况都会导致感应电炉漏炉。
因此，仔细照看好炉衬，绝对是安全熔炼和保温作业的关键所在。

正确选择耐火材料

耐火材料包括有若干种化学成分，任何成批炉衬材料都是由被称为氧化物的一类化合物组成。用于感应电炉的耐火衬料通常由氧化铝，石英砂或氧化镁再加上少量粘结材料制成。

按您特定的熔炼或保温用途正确选择耐火材料至关重要。您必须考虑到被熔炼的特定金属，要求达到的温度，熔炼的时间长短，炉内金属熔液保温时间长短，会产生多少感应搅拌，用什么添加剂或合金以及更换炉衬的情况等等。

正确选择耐火材料的最好办法就是多向耐火材料销售商咨询。他或她会向您提供传统的和新式耐火材料的规格和性能特点的最新信息。

妥善筑炉

妥善筑炉对炉的安全运行来讲，如同按您应用要求正确选择耐火材料一样的重要。如筑炉时耐火材料未能压实压紧就会出现空隙或低密度区域，易形成能被熔融金属突破的薄弱点。如果坩埚是用模子筑成的，当模子或撞锤未能正确对中，或者是储存或运输时已多少有些变形，那么炉衬的厚度就会不均匀。结果，炉衬就会早于某预计使用寿命前损坏。

特别重要的是，要严格遵守耐火材料生产厂规定的有关干燥和烧结程序，切勿匆忙行事。如耐火材料烧结的时间不够，炉衬就更易于被熔融金属和炉渣所突破。

无芯式炉有时使用方型坩埚代替捣实式炉衬进行有色金属熔炼。坩埚的一个优点是，它们可用防护釉制造。此外，为了尽量减少耐火材料的氧化，可将釉密封在进行日常铸造作业时产生的任何细小裂缝上。釉的保护作用，只要涂层未损坏，就一直能延续下去。万一在筑炉或以后的作业活动时，它碎裂了或因其他原因而损坏，就会有小裂缝开始扩张，不能“自我修复”。于是就会出现金属熔液流出。

自动烧结控制系统

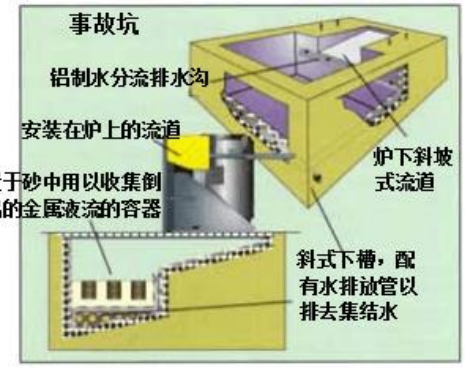
计算机控制的熔炼作业代表了熔炼车间的自动化的最新技术。
最先进的铸造车间熔炼自动化系统对烧结作业提供了完全可编程控制，能计划和控制炉的冷启动程序和用计算机控制熔炼过程。

对烧结作业进行自动编程控制，使炉操作人员能在进行又长又乏味的烧结过程的同时，集中其精力于其他任务。由于有热电耦的反馈，计算机控制比手工控制还显得更加精确和可靠。

事故坑可使你不致处于齐膝深的熔融金属中

没有足量，精心维护和干的事故坑，就不应开动感应熔炼炉。这些坑常被称作事故坑，它们位于感应电炉的下面和前面。如发生事故，紧急情况下放出或倒出炉熔炼液时，它们可用于安全地容纳任何从炉内流出的熔融金属。

如无足量的事故坑，流出的熔融金属就会流满铸造车间的地板，危害工人和损坏炉子，其他设备和构筑物。这种自由流动的金属熔液也会产生破坏性火灾和爆炸。



为使事故坑能完成赋予的任务，它们应符合下列各项要求：

足够的容量——每台炉都应有足能容纳其150%炉容量的事故坑。此规模就能容纳日常浇铸时流出的几乎不可避免的金属溶液的积存量。

适用的结构——事故坑应由合格的专业人员设计和建造，他们应有铸造车间设计的经验并了解你们的设施。坑应用水泥建造并要用耐火砖砌衬里墙。紧贴炉子下面的部位应是斜坡式的，以便能将溢流金属熔液引离炉子并导入更深的保存槽中。紧贴炉前面的部位应盖有钢格栅。在坑的底部备有装满铸造用砂的倒置钢桶，用以围堵，以后可用以卸去溢流金属熔液。有了这些桶，熔融金属会流满砂子，熔液流经倒置钢桶的底部并注入桶中。这些桶以后可搬走。

绝对干燥——事故坑需随时保持完全干燥。这点需十分警惕，因为，这些坑处于低点，易积存漏出的，清洗作业时产生的或地面渗出的水。湿坑就是等待爆炸的炸弹！如熔融金属与坑中的水相接触，很可能象炸弹一样地爆炸，熔融金属就会飞向各处。这种爆炸会造成死伤。只有干燥的事故坑能安全地容纳流出或紧急排出的炉熔液。如事故坑是湿的，就不应开动感应电炉！

水分流系统——在建造坑时其内部就建有水分流系统，或者也可在以后添造。水分流系统有助于使坑保持干燥。与此系统一起，在事故坑的顶部设有铝制水道或排水沟。此水道能收集向下流向斜坡的任何水或液体，在水或液体流进事故坑前就将还远离溢水槽的水分流到排出口或集水坑。

精心维护——与任何重要的安全系统一样，事故坑应每天检查，不应有碎片和易燃物。坑盖应无炉渣和会妨碍熔融金属通过的其他堵塞物。来自任何小溢流的金属熔液，均应定期地从事故坑清除掉，以保证维持足够的容量。如你知道你的事故坑的大小适当，是干燥的，且无碎屑时，你就可开动操作感应电炉，并很有信心，如发生紧急情况，你能将任何熔融金属从感应电炉安全地排入事故坑。

监控正常的炉衬磨损情况

由于金属熔液对炉壁的摩擦，感应电炉的耐火炉衬和坩埚会受到正常的磨损。这主要是由于感应电炉电磁场引起的感应搅拌所致。（见下面阴影部分）

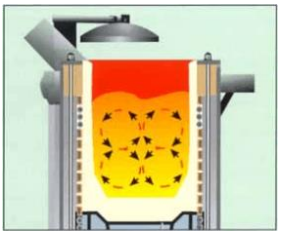
感应搅拌

无芯或有芯感应电炉的金属炉料，是由电磁场产生的电流熔化或加热的。在金属熔融时，电磁场也会使金属液按“8字型”图案运动，如下图所示。这种现象被称为电磁搅拌。其重要目的是混合金属溶液，以产生更好的均质合金。

搅拌的总量决定于炉子的大小，加入金属溶液的功率，电磁场的频率以及炉内金属熔液的种类和量。

搅拌的缺点是它会使炉的耐火炉衬，因搅动金属熔液碰撞在炉壁上而渐渐地出现磨损。

渐渐磨损的结果就要求定期更换炉衬。当炉衬已被磨损到其规定的最小厚度时，为了防止炉衬失效，应迅速更换。



从理论上讲，耐火炉衬的磨损情况应该是均匀的，可实际上从来就不是这样的。最严重的磨损产生于：

■ 在炉渣/金属的交界面处 ■ 在侧壁与底面连接处 ■ 因不良的筑炉造成的薄弱点

炉子倒空时，应对整个炉况进行检查。特别要注意上面已提到的高磨损处。应将观察结果准确记录在案。

目视检查虽然有用，却不能随时进行。也不能单靠目视检查就能发现所有潜在性磨损问题。有些重要的磨损部位（例如：有芯感应电炉的感应器熔沟处），在两次换炉衬之间仍然覆盖着熔融金属。作目视检查时，低密度耐火材料区很可能注意不到。这些局限性使得炉衬磨损监控变得十分重要。

炉子的内径直接测量，对炉衬的现况能提供准确的信息。比较理想的是，每次换炉衬后，作一次基准线标示。以后的测量就可显示炉衬磨损或结渣的精确比率。确定耐火材料侵蚀的比率，就能在耐火材料已被磨损到危险程度前就安排好更换炉衬。总之一句话，要小心。卡尺用于此目的时显得不够精确，不应使用。只能用配有径向测量杆的精确定位中心柱进行测量。

在不可能对无芯感应电炉做目视检查的情况下，如它们被用于连续保温和供料时，操作人员应对下列炉衬磨损的重要警示信号保持警惕：

在低于正常施加的电压下达到最大功率

在频率固定的中频电源情况下，需增加接入电路的电容器数目，以保持功率因数值

在变频电源情况下，按高于正常的频率运行

虽然它们是有用的，还是不应认为电气特性的变化可以代替对炉衬本身的实际测量。（见下框。）

炉衬磨损情况的电气监控

关于耐火炉衬状况的有限量的信息，可以从感应电炉电气特性的变化中得到确认。这些测量的主要局限性在于它们显现出的是平均条件。电气测量不会摈弃局部的问题。如炉衬表面下的孔隙。

用电气测量非常有用的一种情况是，估计有芯感应电炉熔沟的磨损情况。金属的剩余熔液通常出现在这个区域而使得不可能在两次停炉之间进行目视检查。

炉衬磨损会导致炉子电压、电流和功率读数的变化。根据这些值，就可计算出电阻、电抗和槽回路的功率因数。用炉子生产厂规定的值和先前测量值比较这些特点的一项或多项，就能指示出感应器箱中耐火衬料的侵蚀率。

此项技术完全没有提供主熔池炉衬的有关情况。主熔池或上炉体耐火炉衬在炉渣线处会受到化学侵蚀。根据炉子不同的作业，渣线可位于炉子的任一水准位。应用目视检查炉衬，外壳温度也应予检查。如耐火炉衬变薄，这就表现为在壳体上有一个热点，一旦探测到，就应仔细检查炉衬。如衬料已被严重侵蚀，应立即停炉。正常的壳温可高达500°F。如壳温高于500°F或如局部性热点高于相邻区温度100°F以上，就应仔细检查炉衬。

类似的电气测量方法也可用于无芯式感应电炉炉衬，但如上所述，这些测量显示的是平均条件。它们不能揭露出局部性问题，因此，不要寄全部希望于此。无芯感应电炉倒空相当频繁，可对其进行目视检查和实际测量，这种检查总更为准确。

可用两种市场上有供应的仪器来提供局部温度读数。一种装在有芯感应电炉钢壳里的磁接触式温度计，可显示出热点位置，从而指示出炉衬的磨损情况。红外温度计通过类似于手提式摄象机的目镜装置来观看炉况，使其有可能进行远程温度测量。

不管铸造车间使用何种仪器来监控炉衬的磨损情况，重要的是建立并坚持某种标准程序。精确的数据记录和标示有助于保证两次更换衬料间最大的炉利用率，同时，也减少了因使用已磨薄到危险程度的炉衬而出现的危险。

物理冲击和机械应力

突然间产生的或积聚而成的物理性冲击效应和机械应力也能导致耐火炉衬的损坏。

大部分耐火材料易碎，张力很弱。投入空炉里的大体积炉料很容易使炉衬受到撞击而破裂。如此种裂缝未被察觉，熔融金属就会渗入其中，导致漏炉，就有可能产生水/金属熔液爆炸。

如有可能，大体积料始终应放入炉中。如必须采用“倾倒式加料”，应保证炉料下已有足够的料，能缓冲其冲击力。也要将炉料对中好，避免与侧壁发生任何接触。

远程控制自动加料系统的操作，能将炉料投进感应电炉而不会损坏其炉衬。(见P5)

保证金属熔液不堵塞在炉内，就能避免因炉料和耐火材料不同的热膨胀率而引起的机械应力。除非是为了安全，例如处理搭桥情况时，通常决不应让熔液在炉内凝固。一旦发生持久的电力故障，缺失冷却剂或其他原因而关闭感应电炉时，应将炉子倒空。

过温/热冲击

耐火材料生产厂按其产品的配方来考虑炉温的极端值。为此，重要的是只能用与某产品规定的温度范围相符的耐火材料。万一实际炉子温度条件热于或凉于炉衬，超出其规定范围时，由此而引起的热冲击就会损坏炉衬的整体完好性。炉衬开裂是过度的热冲击和潜在的金属严重流出的早期警示信号。

过度加热或不适当的冷却也会引起热冲击。避免过热的最好办法就是监控池况并在装料液化时读取温度读数。应避免让池过度地加热。小心监控十分重要。超过耐火材料额定值的温度会使其表面软化，并导致快速侵蚀，造成灾难性损坏。中频无芯感应电炉的高加热率使得它们很快就出现过热。有芯保温炉有较低的加热速率，在上炉室有较厚的炉衬。但是，仍然需要有温控，因为感应器衬较薄。各种类型感应电炉的千瓦小时计数器、定时装置以及计算机化控制系统都可帮助防止意外间的过热现象的产生。

当使用冷态保温电炉时，应在注入熔融金属前，保证做好预热工作，按耐火材料生产厂规格要求进行。在熔炼冷料时，应放慢最初的加热速率，直到熔融金属开始形成，这样会减少对冷炉的热冲击危险。渐渐地对炉料加热，会让耐火炉衬的裂缝在熔融金属能渗入前密封好。熔炼后炉子冷却时，应遵守耐火材料生产厂的建议。

熔炼自动化技术有助于防止意外过热和炉衬损坏

现代化感应熔炼系统通常都是高功率的，且能很快地熔化炉料。这已促进了旨在提供精确控制熔炼过程并减少意外过热的计算机化熔炼作业控制系统的开发。

这些系统中的一些以专用计算机操作，有一些以 PC 为基础，又有一些是内置在熔炼设备本身。

感应熔炼作业适宜于计算机控制。标准化系统获取炉料的重量，或者通过重量传感器，或者由操作人员将其输入；并输入熔化率；希望达到的浇铸温度；然后，自动计算机完成熔炼所需的千瓦小时。当熔炼完成，它就自动关闭系统或下降到保温功率。热电耦读数可传送给计算机以进一步提高精度。

此种精密熔炼控制优化了电缆利用率，因为它减少了温度过调，减少了经常要进行的温度检查从而节约了时间并减少了熔池的意外过热现象的机会，从而提高了安全性。这也能使熔炼更加安全，而意外过热现象却会造成炉衬损坏，乃至有熔炉产生爆炸的可能性。

管理炉渣或碎屑

炉渣或碎屑是熔炼金属时不可避免的副产品。当来自炉料和从炉衬浸蚀下来的耐火材料的锈、尘和沙，从熔液分离出来并上升到池顶时，炉渣就形成了。当熔炼有色金属（如铝）形成氧化物时，就会产生碎屑。炉渣或碎屑和熔液之间的化学反应会增加炉衬侵蚀的速率。

铸造工人在配有后倾机构的感应电炉上清除炉渣。后倾机构便于清渣

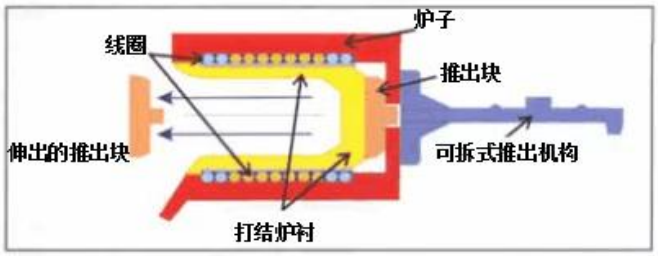
高磨蚀材料，炉渣或碎屑会将靠近熔融金属水平面的耐炉衬侵蚀掉。在计划的 2 次换炉衬之间修补这部分的炉膛也是常有的事。在极端情况下，此种侵蚀会使感应线圈暴露，产生水/金属熔液爆炸的危险。此情况下的耐火炉衬应立即退出使用。

炉渣的侵蚀作用虽然是不可避免的，却可将其缩小到最小，可限制炉料中的锈屑总量，对回炉料作喷砂处理并避免过高温度的出现。通过仔细搅拌可调节金属熔液的液位和温度等来控制碎屑的形成。

在换炉衬时，采用炉衬推出系统可减少耐火材料尘灰

在开发出自动换炉衬系统前，要更换一次炉衬是一件费力耗时的工作，使有关工人们暴露在危险尘灰下。可是今天配有炉衬推出系统的无芯感应电炉，已加快了炉衬更换过程，减少了损坏线圈的危险，也减少了工人暴露在耐火材料尘灰下的机会。

这些系统可配用于新的感应电炉上，或经改进用于现有炉上。它们包括有一只液压油缸和一个位于炉底面的推块。这些装置能合力拆下底面和侧面的耐火炉衬。

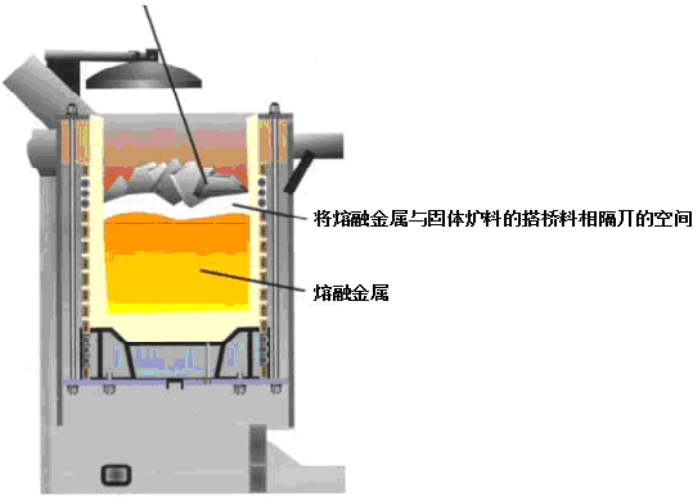


发生搭桥情况时，要求立即采取应急措施，防止出现溢流

在炉顶部的冷炉料未与炉底的熔融金属相接触，此种情况称之为出现了“搭桥”（BRIDGING）。

发生搭桥时，冷炉料不再会在熔化期中调节池温。再有，熔融金属和搭桥料间的气隙起到了隔热体的作用。炉底的熔融金属在全功率作用下会产生过热。感应电炉中发生的此种过热会迅速发生，很快就会使熔池温度上升，超过耐火材料的最高温度额定值。还有，炉底部过度的搅拌，由于金属溶液量小，功率密度高，会与高的金属温度一起产生快速的炉衬侵蚀现象，或者可能使整个炉衬损坏。

如让过热气体积聚在下面空间，炉顶上形成一个盖，就会发生搭桥。如产生了搭桥，需立即切断电源



未能立即注意到“搭桥”情况的发生，会产生漏炉。如是通过炉底部漏炉，会引起炉子下面和炉坑区失火，就会失去液压功能，控制系统供电和水冷却功能。(注意：要保证保持炉坑区的清洁和干燥。勿让水或液压液体积聚在坑里。坑是设计用来在发生紧急情况时存贮熔融金属的，必须保持干燥。——见 P12)

如熔融金属熔穿了炉子线圈，水会进入与熔融金属发生接触，这些水会瞬时变成蒸汽，其膨胀比为 1600:1。如水进入熔融金属下方，立刻会膨胀起来，发生爆炸，引起死伤并严重损坏设备。

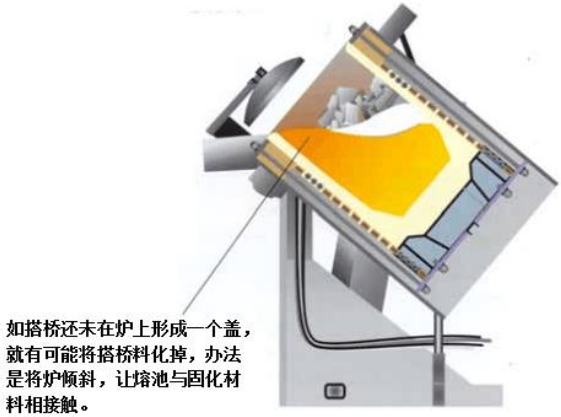
任何一种感应电炉都可能发生搭桥，所有炉操作人员需能识别搭桥及其危险性。所有操作人员也需了解如何解决搭桥问题。

搭桥现象是能减到最少的，只要使用的炉料合适，保证正确的添加不同尺寸的装料。如发生了搭桥，要切断电源，直到了解了池温为止。如搭桥已完全封住了炉顶，熔融金属和搭桥间可能会聚集起压力。如发生这样的情况，最安全的办法就是冷冻熔融金属。

如能确定搭桥未封住炉顶，炉内并未积聚有压力，可将炉倾斜，试试能否熔化掉搭桥料。在炉前放一铸勺，收集可能溢出的金属。然后，小心地使炉倾斜，直到熔融金属与搭桥料相接触为止（约 45°）。这时，熔融金属会在搭桥料上熔化开一个洞。

搭桥的警示信号

发生有搭桥时，它自己会显示出若干警示信号之一。最清楚能说明已产生搭桥的信号就是熔化时间长于计算时间。此时，操作人员不应加大功率，而应立即断开电源。任何情况下操作人员都不应增加功率。如熔炼的是黑色金属，与炉衬相接触所产生的化学反应就会在过热条件下产生一氧化碳。此种气体自己在搭桥料中或搭桥料上发出微弱蓝焰。这些焰光的出现表明，搭桥料可能受压，不应去打破它。如是有色金属炉料，也会产生气体，但无光焰或可说明其存在的其他可见迹象。



在熔化搭桥料时，需切断电源，所有不必要的人员均应离开熔炉。熔化搭桥料时，切勿站在炉前。绝对不要用氧气切割机或焊条来切割搭桥料。

在搭桥料熔化出一个洞后，将炉恢复直立位。然后检查温度，保证熔融金属未过热。开始通过搭桥料的孔洞添加炉料，以提升熔池的液位。这样会使熔融金属与搭桥料相触，将搭桥料熔入池内。添加的炉料也会使熔融金属变凉，必须再加以功率，使其保持适当的浇铸温度。但是，如有下列情况之一者，切勿接通电源：

1．曾经有过接地泄漏探测器跳闸的情况，说明有金属熔液渗入线圈。

2．变频电源在高于正常频率的水平上运行，或者频率固定电源要求有多于通常的电容器接入。这些情况说明炉衬被侵蚀。

3．可见到过多的表面炉渣。这是炉衬严重损坏的证明。

4．线圈水温高于正常值。

这些情况中的每一种都说明,熔融金属可能接近线圈,要求在炉中所有金属熔液已凝固之前,立即撤出该地区。

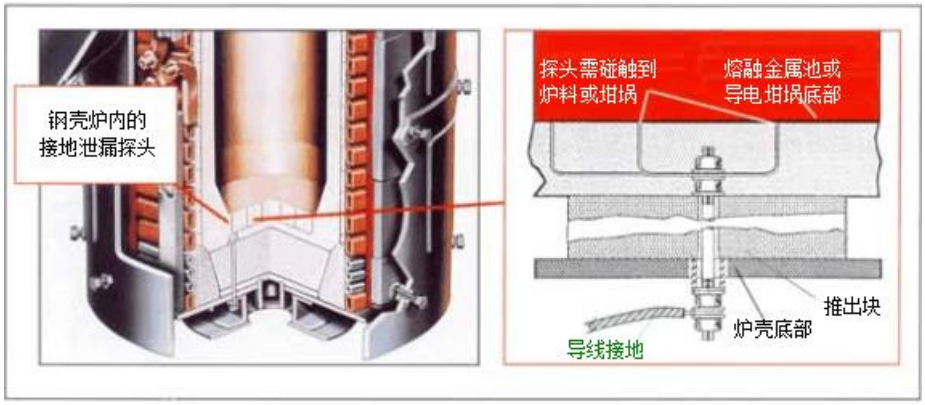
如不存在这些情况，就能继续融化搭桥料。一旦搭桥料已被熔化掉，应将炉子倒空，愈快愈好，这样，就可检查炉衬有无损坏迹象。如对炉衬的完整性有怀疑，就换掉！

接地泄漏探测系统

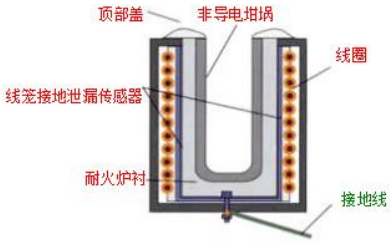
用于大部分无芯感应电炉（除移动式坩埚炉外）和感应电源装置的接地泄漏探测系统，对安全熔炼和保温作业具有重大意义。此系统包括有一个与电源相连的接地探测电路和一个装在炉子上的接地泄漏探测头，其设计目的是为对电冲击提供重要保护，并警示金属向线圈渗透，金属向线圈渗透是一种会导致熔炉喷发或爆炸的高危险情况。

接地泄漏探测器保护的关键

配有捣实式炉衬或导电坩埚的炉子，其保护关键在于位于炉底的接地泄漏探头。此探头由一电气熔接地装置组成，它接入延伸过耐火炉衬的若干导线，并与熔池或导电坩埚相接触。此系统起到金属熔池的电气接地装置的作用。（见下图）



某些配有不导电，非移动式坩埚的小型炉，熔池事实上不能接地，接地泄漏探测传感器采用位于坩埚和线圈之间的线笼形式。如金属熔液渗透到坩埚，可起到使熔池接地的作用。（见下图）



这两种传感器都为熔炼工人提供有防电击配置，能保证熔池中无电势。如熔融金属碰到了线圈，接地泄漏探测传感器就会将电流从线圈导入接地装置。这由接地探测器模块探测，电源将被切断，以阻止任何线圈跳火。这也防止了熔融金属或炉料带有高压。如操作人员与熔池发生导电接触，此种高压会使该操作人员受到严重的甚至是致命的电击。(作为一种正常的安全防护措施，在扒渣、取样和测量时，都应切断炉的电源。)

接地探测器模块切断电源

接地泄漏探头与装在感应电源内部或外部的接地探测器模块一起工作。接地泄漏探测器电路中的电子电路连接监控系统的电气完好性。如探测到感应线圈中有任何的接地不当，此电路就会切断通往炉子的电源。这对炉子的安全至关重要。如炉子的耐火炉衬或坩埚破裂，或因其它原因而损坏，且有部分熔池碰到通电的炉线圈，此线圈就回放电并破裂。这样就会让水进入熔池中，引起金属熔液喷发或爆炸。该系统的两个部分（接地探头和接地泄漏探测器）必须都正常工作才能进行安全的熔炼作业。

用手持式试验仪器来检验炉子的接地泄漏探测系统是否完好。请注意要穿着合适的保护装具，包括安全镜和护面罩。

系统维护

要保持用捣入在炉衬里的接地泄漏探头能正常工作，在筑炉衬时需小心，必需保证让接地泄漏探头导线与炉衬模相接触。还有，在修补炉衬时，接地泄漏探头导线仍是暴露的，允许与炉料相接触，这点很重要。如导线太短，应将 304 不锈钢延长线焊在现有线上，使导线能延伸到炉料或与导电坩埚接触。

测试传感器的完好性时，要求铸造工进行测量，使用专用仪器，如图所示。对于未用打结炉衬里的炉子和配有导电坩埚的炉子，应经常检查其传感器导线，这点特别重要。由于它们位于炉底，在换炉衬时很容易被埋在里面，被盖上炉渣，烧断或因其他原因被损坏。

经常检查炉子的接地泄漏探头非常重要，因为，如换炉衬时不注意，可能将它盖住，可能烧坏，可能被炉渣隔开，或者也可能所提供的电气接地线不牢固。此种检查可使用 IPILLAR 的接地泄漏传感器测试装置，这是一种易于使用的手持式装置，可用以查明炉的接地情况。它可用于配有接地泄漏探测传感器的任何系统。如不能保证接地泄漏探头导线的接地良好，会使操作人员和炉失去接地泄漏探测器系统所提供的保护。

熔炼系统的接地泄漏探测器电路也应至少每天检查一次。对于标准系统，作此项检查。是按动探测器上的测试按钮，它能简单地模拟实际的接地故障。

因为接地泄漏探测系统在无芯式感应器的熔化和保温过程中，起着十分重要的安全保护作用，在接地泄漏探测系统没有能充分起作用时，不应开动感应电炉。

感应电气系统的安全

当熔炼车间依赖于燃烧炉时，铸造车间的电气危险和任何其它工业部门相似。电动机、叉车蓄电池充电器、加热器、灯和以标准电压操作的办公室设备。工作中碰到的开关、连接器和电路断路器只是家里所具东西的大型化而已。象所有工业部门的工人一样，铸造工意识到需要将电作为一种应加重视的力量对待。但同时，他们常年与电器装置生活在一起所得到的经验告诉他们，电气的危险是可容易避免的。

感应电炉的使用使得铸造工需在十分靠近高压电源和裸露母线，以及通常与危险的电力公司变电所连接的设备的情况下进行工作。他们也了解，冷炉料金属件之间一定量的火花和飞浅，在感应熔炼炉中是正常的事，不一定就是大难就要临头的迹象。

在感应系统呈现出比其他工业设备有更多暴露的导电表面的同时，人们也为之设计了各种安全系统，以应对这些危险。例如，在最新的感应系统中，传输电流的母线和部件被加上了围栏。当机组在运行时，如开启电源进入板或门，安全联锁装置就会切断电源。如进入板或门是开启的，它们也会阻止无意间的启动。如您的感应电源比较旧，不是如此装备，就应加以修改，添上这些安全联锁装置。

以下是熔炼平台上电气安全的若干基本规则：

■ 只有业经训练的感应系统操作人员才被允许操作感应熔炼设备。一个业经训练的操作人员必须充分了解系统的控制，报警和限制范围、诊断功能、，安全特性，且必须充分了解与系统运行有关的安全规则和程序。

■ 如安全系统不能工作，就不应开动感应熔炼设备

■ 除非系统操作人员也是一位业经培训的电气维修技师，否则他就不应打开电源柜的门，或进入高压禁区。

■ 只要在进行与金属熔池有关的任何作业，如取样、检查金属熔液温度或炉渣，都必须切断电源。这是为了防止万一安全系统失灵，熔池与感应线圈处于导电接触的情况下，发生触电致死。

安全闭锁是关键系统

防止在检修设备时无意间电源被接通的最安全办法就是，配用安全闭锁系统。有了此系统，正从事检修工作的个人，可用锁将电路断路器固定在“关闭”位置。他或她保存着唯一的一把钥匙，直到检修工作结束，设备作好重新运行的准备为止。那时，由上锁的同一个人将锁取下，允许断路器关上，接通电源。

监督人员需特别懂得电气安全的有关问题。日益频繁使用的感应电炉技术，使得需有日益增多的维护和修理工人接近大电流导体。有许多维护技师，特别是那些与低压装置打交道的人（如控制系统的）并不充分了解用于感应熔炼的大功率电源所具有的危险。这些人应记住这样的事实，即使与最小的感应电炉和电源打交道时，走捷径（如在排除故障期间置安全联锁于不顾）是绝对不能接受的。

只有业经培训的人员才可进入高危险区。安全闭锁系统是防止电击的另一有效措施。（见 P21 上的框格）

检修感应电炉线圈、电源和导线时，下列程序会有助于将电气事故的危险降至最低：

■在所有高压系统处，张贴警示告示。

■只允许完全合格并业经培训的人员进行维护或修理。

■在维护过程中，要断开并锁上电源。

■只有在主电路断路器锁定在 OFF 位，断电器电极被确认已断开时，才允许进入围栏区。

■要在打开断路器后 5 分钟再打开柜门，这是为了允许电容器有时间放电。

■在碰触任何东西前，先要测试所有母线有无剩余电压。

■如感应电源为一个以上的炉子供电，一定要将正在维护或修理的炉子的水冷电缆从线圈两端和接地的炉子感应线圈上断开。

感应电源包括某些和全部如下安全系统

安全联锁装置：联锁装置是用以在电源柜检修门打开时自动切断电源的。只有在所有联锁装置都进入正常工作状态后，才可操作设备。

系统自诊断：在许多先进的感应电源系统中，当探测到有故障并识别出故障所在部位时，自诊断控制装置会阻止机组运行。

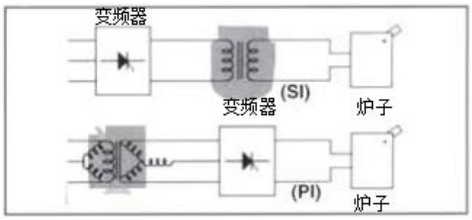
接地泄漏探测系统：如炉中的金属溶液接近于或已碰到感应线圈，或者如反相器输出未按要求接地，这些重要系统就会切断电源。

超高速动作 ACI：此模块用作一超高速固态电路断路器，并加速系统对紧急情况作出反应。

限流电抗器和快速断路器：这些都是提供保护的装置，防止发生部件故障和较小系统上的主线干扰。

电容器压力开关：电容器故障会导致压力积聚在电容器壳内。如未测到，就可能引起电容器爆炸。压力开关有助于防止此情况的发生，如有压力积聚，它可切断电源。

线路隔离：所有感应电炉都应与线路隔离，可通过隔离变压器隔离，隔离变压器或者位于变频器和炉子之间（次级隔离），或者位于输入电源线和变频器之间（初级隔离）。



直流电泵：如正常电源中断，此种由蓄电池驱动的泵可向炉子提供应急冷却水。

感应电 系统的配置

感应电炉要求有两个分开的电气系统。一个是用于冷却系统、炉的倾斜和仪表设备，另一个用于感应线圈电源。

通向设备配电箱的线路，一般为感应线圈冷却系统中的各个泵，炉倾斜液压机械和仪表设备以及控制系统等提供电源。感应线圈的电由专门设计的感应电源提供，接入于三相高压，高安培公用线路。

接入感应线圈的电源组成按炉子的类型使用方式不同而异。保温和浇铸熔融金属的有芯炉。使用当地公用事业单位提供的 50Hz 交流电就可有效地运行。与之相反，用于熔炼的无芯式感应电炉就要求有中到高频的电源。提高流经感应线圈的交流电频率，就能增加可用于既定尺寸感应电炉的功率总量。这同样意味着更快的熔炼。以 50Hz 运行的 10 吨无芯感应电炉可在 1 小时内大约熔炼其容量的一半。在 275Hz 的情况下，同一个感应电炉可在 36 分钟内熔炼全部 10 吨装料。高频操作的另外一个优点在于，可用较少的大块料片启动感应电炉，并可在两次加热间将其完全倒空。

高效感应电炉所要求的需用以“调谐”电源频率的变压器，变频器和电容器，可引起严重的电气危险。为此，炉用电源被装在用钥匙锁闭的钢柜里，且配有安全联锁装置。

安全的含义

一般情况下，感应线圈电源和其它感应电炉系统是由分开线路供电的。这就意味着铸造工不能认为，因为炉子的冷却系统或液压泵已中止工作，通往炉子线圈的电源就已停止供应。

仅适用于经过培训的电气技师

显然，总会有机会需对带电电路作电气测量的。此项工作只能由合格技师进行。任何生产厂手册，电路图或用以知道此项工作的图，都必须进行复查，以确保它们是完整的，最新的。

对带电电路进行测试前，技师应证实他已选择了适用的测量仪器，并已充分理解生产厂说明书内容。对电源线和测试端应予检查，如需要，应换仪表供应商建议的零部件。应将仪表调整到适应预计条件的状况。或者，如不了解这些条件，可调整到仪表的最大测量范围，绝不能使电源设定值超过仪表或测试端的允许范围。

测试仪表必须妥为装配保险丝和接地。

在技师进入带电区前，应清楚地识别电源和电流路径。在测试仪器已调整妥当，导线已接上之前，电路当然要断开。电路带电时，技师切勿触及导线、仪表或设定。修改仪表设定值或将导线从系统上断开前，必须断开电源，要让电容器充分放电。如电阻测量是测试计划的一部分，在进行前应将电源断开，使用电容器，充分放电。

在带电电路附近进行测试的技师，应穿着适合的安全服，包括戴好干燥、绝缘的手套。他们应站在干燥、绝缘的表面上，它应是能承受可能会遇到的电压。绝缘表面下的地板必须干燥，技师的手和鞋也应是干燥的。

谨慎的监督员会禁止技师一个人单独进行测试。如他不可能在测试过程中亲自在场，他会请附近的人注意正在进行的工作，并告诉他们如何应对紧急情况。

工作完成后，拆去临时接地线和旁路接线，重新放回盖、护罩和保险丝。监督人员应核实所有安全装置和联锁装置均工作正常。如对设备已做了修改，应相应地及时修改设备手册和各种图纸。应说明修改原因，修改人及其负责人，以及完成修改的日期和时间。应向每个人，包括分包商和其它场外人员，凡有原设备手册或图纸的人，迅速提供更新文件的复印件。

炉子的飞溅

炉里装料的火星和飞溅是感应熔炼的特点，并不特别危险。让产生热的电流在炉料内部流动，感应电炉以此办法来熔炼金属。

虽然发生的极少，在线圈和感应电炉结构间仍然可能发生故障。此种事故一般会导致线圈损坏和电源故障。究其原因一般是线圈和炉架间落入松落的金属碎片，这就强调说明了良好的铸造车间管理的重要性。感应电炉控制装置也可能由于铸造车间管理不善而发生故障。

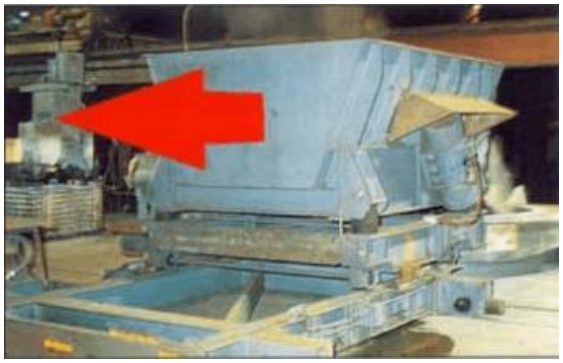
移动设备出现夹人的危险

如同许多其他生产作业一样，铸造车间的移动设备也出现有不小心夹人的现象。“Trapping”（夹人）是指这种情况：工人身体的全部或部分被夹在移动设备和另一物体或构架之间。

熔炼平台上夹人的危险可包括桥式起重机载运的移动装料桶，横向或枢轴式转动的炉料输送机、皮带输送机、移动式铸勺和倾斜炉。

感应电炉前倾进行出铁水，然后回复到笔直位进行加料和熔炼。在运动中，对铸造工特别有危险。如铸造工的脚被夹在下降的炉后台和工作台之间，一场可以避免的事故就会发生。

比较理想的是，铸造工知道炉子或其他设备运动路径，知道移动设备从开动时直到机器完成它的工作循环并回到其正常停留位，它们的运动路线，并保持呆在指定的安全障后。



在炉料输送机在横向移动或转位时，熔炼平台上的工人必须安全地避开移动设备

当工人必须呆在某件设备的运动通路中进行维护作业时，就有被夹住的危险。这就是为什么要采取特别步骤，用电气的方法使设备不能移动（锁定电源），并在维护工作开始前，用机械的方法将其固定好。在铸造车间，对炉子来讲，更是这种情况。如要在倾斜的炉子上完成某项作业，例如将炉衬推出，就必须用机械支架将炉子固定在该倾斜位上。单靠液压手段会导致在毫无警示的情况下炉子掉落，对夹在下面的人造成伤亡。

铸造车间安全成为共享成果

与熔融金属打交道现在是一项危险的工作，将来也是一项危险的工作。责任重大的铸造工们都知道其危险性和发生严重事故的可能性。负责的管理人员会不断地向铸造工们说明防范事故的重要性，从而将危险的发生降至最低。

虽然不可能去除熔融金属的危险性，却可以使熔炼车间成为无事故的工作场所。要达到此目标，需在铸造车间管理人员、装备熔炼车间的供应商和操作其设备的铸造工这三类人员间，树立起真诚的伙伴合作精神。它要求有很好的管理，使安全成为合作的关键性价值之所在。然后，选择可提供的最安全的设备，同时极尽全力教给人们如何正确使用，以这两项办法来将上述思想传达给铸造工们。

谁需要铸造车间安全培训？

安全培训需延伸到熔炼车间工人以外的范围。维护人员、劳工、起重机和叉车操作人员以及外面的承包商，他们的工作性质时而会将他们带进熔炼车间。所有这些人员都需要了解铸造车间基本的安全措施。显然，每个个人所需的铸造车间安全培训的量，决定于他或她与熔炼、保温和浇铸设备的关系密切程度。

对办公室工作人员和访问者的培训，应包括使他们了解呆在“禁止入内”区后面以及戴好安全镜和其它安全装具的重要性。

熔炼系统操作人员不仅要了解如何安全地操作其设备,而且还需了解潜在性危险情况的警示信号，以及如何作出应对，来防止或控制异常的问题，如搭桥或溢流等情况。

安全开始于第一天

熔炼车间的人事工作人员需在支持熔炼车间安全计划方面起到积极的作用。一般讲，人事部门总是首先与新雇员接触,人事部门人员能保证已向新雇员充分提供了与其工作有关的安全程序方面的信息，并能保证他们进一步了解了，工作时和在现场穿着适当的安全服乃是被雇佣的一项条件。这些要求都应清楚地说明在雇员工作描述或工作规则中。

人事管理员能够识别工作于本地志愿者消防部门和应急医务小组的雇员。如这些人在生产部门以外工作，使他们熟悉熔炼车间计划和铸造车间紧急情况的性质方面所化的时间，在遇有紧急情况时，真会起到生死相关的作用。最后，人事经理常是最能协调进修计划和新设备培训计划的人。

熔炼车间监督员起着关键性的作用

熔炼车间监督员在保证安全地操作熔炼、保存和浇铸设备方面起着关键性的作用。在大部分铸造车间里，他们在执行和监督已规定的安全程序和新工人培训，以及对设备的检查和维护等方面，都肩负着首要的责任。遇有搭桥或其它熔炼车间的紧急情况时，工人们通常都会向监督员要求指示。

自动浇铸系统使浇铸工能远离熔融金属

唯一能保证熔炼车间没有人受伤的办法就是，让人员远离熔融金属、感应电炉和保温以及浇铸设备。虽然，这样的解决办法似乎有点牵强附会，可实际上一些铸造业领头的生产商在设计远程炉料添加、操作和浇铸方面已有了重大进展。直到此项技术成为可以广泛使用、熔炼车间监督员可采取若干步骤，尽量减少工人与高危险区接触。

也许熔炼车间监督员可采取的单项最有效步骤就是,将日常性设备维护改为定期维护在感应电炉不工作的时候进行。根据保存的详细记录，可更准确地预计生产停止时间。虽然，通常生产

监督员负责保存设备运行情况日志，还是维护监督员最了解需加以记录的信息类型。铸造车间的熔炼活动情况一班一班的进行下去，需有各种表格和清单帮助确保统一的数据搜集。坚持日志记录按要求进行。不仅使数据可供随时查阅（取用），而且强化了对设备进行认真监控的重要性。轮班监督员的首要任务之一就是仔细检查他不上班时的情况记录。

小型铸造车间的生产监督员也有责任监督维护作业和设备故障检修。在这些情况下，有时会有压力使您感到要尽快完成维护工作，使感应电炉很快恢复生产。生产监督员会意识到他们应对设备维护负责，应不断地提醒自己感应电炉可是不讲情面的。维护不当的后果是严重的，有时甚至是灾难性的。

不熟悉进行日常性维护工作所需时间的生产监控员，应向设备供应商了解估计需要时间。如何情况下，生产监督员都不应允许自己因为受到压力而使感应电炉或其它铸造车间设备勉强恢复生产，只有他们能保证其安全的情况下才可以。他们也不应在计划的换炉衬或其它维护时间已到时还允许感应电炉继续生产。

作好发生事故时的准备

不管您多认真小心地制造设备、培训工人或遵守程序，在熔炼金属的地方总存在发生事故的可能。为此，熔炼车间监督员应随时准备好处理意外事件。

仔细的监督员会预想不同阶段的熔炼过程会发生哪类紧急事件。他心中和记事本上都有预想的行动计划，其首要重点是将工人人身伤害降到最少，并帮助那些已受伤的人员。

虽然，所有事故计划都必须提到诸如撤退人员、提供急救处理和通知应急分队以及消防部门等，每一份铸造车间的计划必须是唯一的。它不仅应考虑到熔炼设备的类型和容量，而且要考虑到设备操作人员的经验。不能指望新雇的炉操作人员象有经验的铸造车间老手那样对漏炉事故作出正确有把握的反应。

水/金属爆炸的潜在灾难性，使得必须将事故计划书面化，且必须让熔炼车间和相邻计划区内的每个人都了解。当地消防部门和应急医务分队应包括在计划内容中，应使他们熟悉熔融金属的危险和熔炼车间的布局，并鼓励他们参加演练。每一位预计可能与救援或急救活动有关的人员，都应懂得如何切断感应电炉电源。

书面事故计划应清楚地规定:

■由谁确定紧急情况的程度和作出该决定的标准

■由谁全面指挥

■遇有紧急情况时每个人应负的责任

规定选用更安全的设备

感应电炉生产厂和其它铸造车间设备供应商们不断地在促使熔炼车间有尽可能安全的环境。这就是为什么今天实际上所有感应熔炼系统包括有诸如接地泄漏探测器和备用冷却系统的原因。

过去，选定新的铸造设备一般是高级管理层的任务。生产和维护监督员只要学习使用装好的设备即可。但是，随着全球各公司为使他们的业务更具有竞争力，他们正日益转向第一线（首要）监督员。向他们作设备推荐。

选用适当的加料系统当然是一项复杂的技术任务。但是，参与设备选用的第一线（首要）监督员，最能够评价系统的安全性、安全合格认证、全面的质量和工作效率等。

从基本的工艺意义上来讲，感应电炉是由三部分构成的场所——水、熔融金属和电流——非常紧密地相互搅在一起。构成感应电炉的部件的质量以及装配时的仔细程度就是铸造工防止事故的第一线（首选）。

致谢！