**钢铁厂的废水和废水处理**

钢铁厂的废水和废水处理



钢铁厂使用大量的水，包括冷却、抑尘、清洁、温度控制（热处理）、运输废料（灰烬、淤泥和水垢等）以及其他用途。水是一些工艺的重要组成部分，如炼焦煤的含水量、烧结混合料的造粒、铁矿石球团生产过程中的绿色球团、蒸汽生产和电力生产、高炉渣的造粒等。

使用大量的水也会产生大量的废水，其中可能含有悬浮物和许多溶解的物质和化学品。废水的质量取决于水的使用过程和使用的目的。

如果钢铁厂未经处理的废水排入受纳水体，其主要的环境影响是：（1）对水生生物的毒性；（2）溶解氧的减少；（3）由于悬浮物造成的淤塞；（4）味道和气味问题；（5）温度上升影响溶解氧；（6）对水生生物的影响；以及（7）由于漂浮油形成的浮油等。

与原材料、产品和废气直接接触的大量工艺水需要进行处理，以实现水的再利用、水的再循环，或在排放前将污染物去除到监管部门规定的水平。

废水的质量可以通过采用如今为不同工艺开发的改进技术来控制。现在也有技术可以处理废水，以便在同一过程或其他过程中循环使用。废水的处理也会导致一些固体废料的回收，这些废料可以被回收到工艺中，或者经过一些进一步的处理，从而促进自然资源的保护。

为了保护水这一资源，现在有一种运动，不仅要防止废水造成污染，还要处理废水并在一个封闭的系统中循环使用，以减少淡水的消耗。

废水的处理

综合钢铁厂需要进行废水处理的主要工序包括炼焦、炼铁、炼钢、热轧和冷轧以及其他操作，如酸洗、电解镀锡和其他涂层工艺。

最重要的参数是悬浮物、油脂、苯酚、氰化物、氨和重金属，如铅、锌、铬和镍，这些参数一般由法定机构监管。此外，还有几种用于炼焦和冷轧作业的有机化合物也受到管制。下面介绍为有效处理钢铁厂废水而采用的正常废水处理工艺（图1）。



图1 污水处理过程

悬浮物的控制

从废水中去除悬浮物对于钢铁厂中从炼焦到精轧的所有生产车间来说实际上是必要的。在烟道和废气的清洗和冷却过程中，固体颗粒物会悬浮在工艺水流中，炉渣造粒、除锈、轧辊和产品冷却、轧机的水槽冲洗以及精整操作中的产品冲洗等。

通常用于去除悬浮物的方法是（i）沉淀，（ii）离心分离，以及（iii）过滤。

沉淀法也被称为澄清法，包括通过重力沉淀。该过程通常在专门为特定应用设计的澄清器或斜板分离器中进行。澄清器通常是圆形的，但也可以建造成矩形的。与澄清器相比，斜板分离器的一个优点是它们需要的地面空间要小得多。然而，当废水中的油脂浓度较高时，使用时需要注意。倾斜板式分离器的缺点是分离器底部的污泥储存量小。

澄清器和斜板分离器的设计都是为了将收集的污泥从设备底部连续清除。底流污泥通常在重力作用下被浓缩，然后在几种类型的污泥脱水设备（例如压滤机、带式压滤机或离心机等）中被进一步脱水。这样做是为了减少污泥体积，以便在处置过程中可以轻松和经济地处理污泥。凝结剂，如明矾、氯化铁、硫酸铁、硫酸亚铁、氯化亚铁和商业有机聚电解质等，经常在澄清前加入废水中，以促进固体颗粒的絮凝。这增加了它们的有效尺寸，从而提高了它们的沉降率。

离心分离是一种利用离心力从水柱中去除悬浮物的技术。这种分离技术有时也被称为旋风分离。该过程高度依赖于颗粒大小和比重。较大的颗粒和较高的颗粒密度会提高分离性能。

通过压力或重力进行的多介质或单介质过滤，是去除细小悬浮颗粒的其他方法，这些方法通常适用于钢铁厂的废水。废水通过一个容器中的过滤介质。该系统通常由若干单独的过滤单元平行工作。有时利用侧流过滤来处理一部分废水，然后与未经过滤的部分混合。通常情况下，过滤系统的设计是使其具有通过过滤介质的最高可行流速，从而使所需的尺寸和成本最小化。

在一个典型的多介质系统中，废水首先通过一个相对较粗的介质层（如无烟煤），然后再通过一个细介质层（如沙子）。大部分颗粒被粗介质层去除，而细介质层则对废水进行最后的抛光。多介质过滤器一般用于废水中油和油脂含量高的情况。高浓度的油脂会导致单介质和多介质过滤器中的介质结垢和/或堵塞。

收集的颗粒物要通过反洗定期从过滤介质上清除。在反洗的操作中，停止流入的废水，让处理过的水流，有时还有空气，以相反的方向通过过滤介质，将收集的固体冲走。

通过平行安装一些过滤器单元，一个单元可以通过反洗循环，而不会造成废水流连续处理的中断。反洗流通常在反洗保温箱中沉淀，固体通过浓缩器和污泥脱水设备处理。单介质和多介质过滤器都能使废水流产生高度的透明度。然而，澄清器通常用于预处理含有大量固体的废水，以便在过滤前去除大部分微粒。如果废水中的固体含量较少，可以单独使用过滤器，而无需事先澄清。

通常可以通过将水再循环到工艺中来大大减少排放到受纳水流中的悬浮物和其他颗粒物的数量。然而，可行的再循环程度受到废水中悬浮物数量和系统中溶解固体浓度增加的限制，这最终会导致管道和设备中的沉积和堵塞。因此，循环水量的某一部分总是需要作为吹气释放，以控制溶解性固体的浓度到一个可接受的水平。

油和脂的控制

在连铸机、热轧和冷轧机、酸洗、电镀和涂层作业的废水中通常会发现油和油脂。这些油来自于设备、产品润滑剂和冷却剂、液压系统以及在某些过程中应用于产品的防腐涂层。油和油脂通常通过几种方法从废水中去除，包括撇渣、重力分离、气浮、过滤和超滤。如果油不溶于水，则通过重力分离和撇渣将其从废水中去除。重力油分离器通常有一个矩形的腔室，在这个腔室中，废水流的速度被充分减缓，以便为油和油脂漂浮到表面提供时间，在那里，它们被各种可用的撇渣装置所清除。撇渣装置的一些例子是旋转式滚筒撇渣器、绳索和皮带式撇渣器，以及刮刀，它们也被用来刮除沉淀在底部的较重的固体物质。不溶性油类也可以在多介质过滤器中与悬浮固体一起被清除。如果油是乳化的或水溶性的，例如在废旧冷轧液或冲洗水中发现的油，则需要用酸或破乳剂来处理，以打破乳状液，然后用重力沉淀和撇渣，或用气浮和/或膜分离技术。

撇渣可用于任何含有漂浮在表面的成分的废水，通常用于去除游离油、油脂和肥皂。撇渣通常与气浮或澄清一起使用，以改善对沉淀物和漂浮物的去除。撇渣器的去除效率是要漂浮的物质的密度和废水在池中的停留时间的函数。重力式分离器往往更适合于流经系统的表面油量相当大且稳定的情况下使用。

气浮工艺通常用于分离密度接近于水的密度的可漂浮物质，因此仅靠重力无法有效分离。在浮选过程中，废水中释放的气泡（通常是空气）会附着在油和细小的固体颗粒上，使它们更快地漂浮到水面上，并以泡沫的形式被撇出。有时会使用化学添加剂来改善浮选过程的性能。

超滤过程包括使用压力和半透性聚合物或陶瓷膜来分离悬浮在液相中的乳化或胶体材料。超滤装置中使用的膜形成了一个分子筛，根据分子颗粒在尺寸、形状和化学结构上的差异，保留了这些分子颗粒。该膜允许溶剂和低分子量的分子通过。在超滤过程中，废水被泵送通过一个管状膜单元。水和一些低分子量物质在0.7公斤/平方厘米到7公斤/平方厘米的压力下通过膜。乳化的油滴和悬浮颗粒被保留下来，得到浓缩，并被不断地清除。

重金属的控制

监管机构通常限制钢铁厂高炉车间、钢铁熔炼车间以及酸洗、冷轧、电镀和热涂层作业的工艺水的重金属排放。用于去除这些微量金属的通常方法是化学沉淀，然后进行澄清或过滤。

众所周知，重金属在水中的溶解度是pH值的一个函数。通常情况下，随着pH值的增加，金属的溶解度会降低。因此，为了去除溶解的金属，废水要在带有pH值控制器的混合池中用碱性材料进行处理。在大多数化学沉淀过程中，重金属的分离是通过氢氧化物和硫化物沉淀。在氢氧化物沉淀中，通常使用石灰，它是最便宜的试剂，尽管苛性钠、氢氧化镁或其他碱性物质有时也被用于此目的。在pH值提高到溶解的金属以氢氧化物形式沉淀的水平后，水通过一个澄清器和/或通过一个过滤器来去除沉淀的金属氢氧化物。通常需要添加凝结剂。在碱性pH值下使用凝结剂，如氯化铁，会形成氧化氢表面，从而通过吸附作用提高金属的额外去除率。其他凝结剂，如明矾、硫酸亚铁和聚合絮凝剂也可用于改善颗粒的形成。

如果铬以六价形式存在，它必须首先被化学还原为三价形式，才能沉淀。这种还原反应的速度是系统的pH值条件的一个函数。举例来说，如果使用二氧化硫、亚硫酸氢钠或废酸洗液作为还原剂，系统的pH值要在2.0和3.0的范围内调整。六价铬也可以在相对较高的pH值（从8.5到9.5）下用亚硫酸氢钠还原成三价铬。还原后的三价铬离子会转化为不溶性的氢氧化铬，并通过沉淀去除。

溶解的金属离子和某些阴离子通常被化学沉淀，并通过沉淀或过滤等物理手段去除。除了使用碱性化合物外，以下是可以使用的其他试剂。

1、金属硫化物-除硫化铬外，金属硫化物的溶解度低于金属氢氧化物的溶解度。因此，使用硫化物沉淀工艺可以提高溶解金属的去除率。可溶性的硫化物，如硫化氢或硫化钠，以及不溶性的硫化物，如硫化亚铁，都可以用来将许多重金属离子沉淀为不溶性的金属硫化物。目前，使用有机硫化物处理废水已成为流行的做法。通常，硫化物沉淀的过程包括澄清和过滤。

2、碳酸盐-碳酸盐沉淀物可用于去除金属，方法是使用碳酸盐试剂（如碳酸钙）直接沉淀或使用二氧化碳将氢氧化物转化为碳酸盐。

化学沉淀作为从废水中去除金属的机制是一个复杂的过程，通常包括两个步骤，即（i）不需要的金属的沉淀，和（ii）去除沉淀物。在完全沉淀后，通常会有少量的金属溶解在废水中。残留的溶解金属量取决于所使用的处理化学品、金属的溶解度和共沉淀效应。这种方法去除任何特定金属的效果取决于废水中特定金属的部分（因此也包括沉淀物）和去除悬浮固体的效果。

生物处理

生物氧化是通常用于处理焦炉和副产品工厂废水的技术。这些废水含有大量的苯酚、氰化物、硫氰酸盐和氨，以及较低浓度的其他有机化合物，主要是因为含有这些物质的焦炉原气的冷凝。生物处理是一种传统方法，用于处理来自焦炉和副产品工厂的废水，然后再进行处理。

由于生物氧化对成分负荷和pH值的波动非常敏感，废水首先通过一个平衡池，以平衡浓度、温度和流量。传统的生物氧化方法通常包括一个单级或两级系统。在单级系统中，该过程被设计为在该过程的唯一阶段减少有机化合物和氨。在一个典型的两阶段系统中，第一阶段被设计为减少有机化合物，第二阶段通常用于硝化作用（去除氨）。有时，通过仔细控制，碳化物和氮化物处理可以在同一个曝气池中进行。通常情况下，硫氰酸盐的生物处理会导致废水中的氨气增加。这需要在生物氧化处理厂的设计中加以考虑。

这两种曝气系统通常利用活性污泥法，然后是澄清器。活性污泥过程是一个类似于污水处理厂中应用的悬浮生长过程。在曝气系统中，以悬浮固体形式存在的大量微生物或生物质（称为活性污泥）被提供氧气，这使其能够减少废水中的生物可降解成分。可以开发出能够有效降解苯酚和其他有机物、硫氰酸盐、游离氰化物和氨的微生物种群。

所需的氧气由机械表面曝气机提供，或通过气泡在池中扩散，也可以不使用浸没式涡轮搅拌器。处理后的水从池子里溢出到澄清池，活性污泥在那里被沉淀下来，循环到曝气池中。澄清池的溢流水被排出。其他生物处理过程也可以使用，包括固定膜、填料塔、流化床和整体澄清的悬浮生长过程。

污水处理

污水处理厂有两种处理废水的方法。以下是这些方法。

传统的污水处理包括三个阶段，即一级、二级和三级处理。一级处理包括将污水暂时保存在一个静止的罐子里，重的固体可以沉淀到底部，而油、油脂和较轻的固体则漂浮到表面。沉淀和漂浮物被清除，剩余的液体被排放或进行二级处理。二次处理可以去除溶解和悬浮的生物物质。二级处理通常是由本地的、水生的微生物在管理的栖息地进行。二级处理可能需要一个分离过程，在排放或三级处理之前将微生物从处理后的水中去除。三级处理通常被定义为比一级和二级处理更多的东西。处理后的水有时会在排放前进行化学或物理消毒（例如，通过泻湖和微滤），或者用于园艺目的。

在第二种方法中，也就是臭氧处理法，进入的原污水通过一个条形滤网室，以去除粗大的悬浮物、纤维、塑料等，并被收集到一个化粪池/收容池。化粪池通常有24小时至48小时的容纳能力，有适当的隔间来分离进入的污水中存在的重型污泥固体。污水输送泵将原污水输送到手动自洁过滤器、压力砂过滤器，然后再输送到臭氧发生器。臭氧被注入到原污水中，并混合到一个接触室/保温箱中。臭氧氧化污水中的有机物，从而将污水的BOD（生物需氧量）/COD（化学需氧量）水平降低到可接受的限度。臭氧处理后的污水通过一个压力砂滤器过滤，以去除微量悬浮物/浊度等。出水可以适当地重新用于园艺等方面。

终端处理

钢铁厂内废水处理的一个常见做法是将几种不同类型的废水合并到一个所谓的终端处理厂进行处理。这种做法在处理来自各种精加工作业的废水方面特别成功。这些废水通常含有悬浮物、冷轧产生的游离油和乳化油、酸洗冲洗水产生的酸、以及酸洗和涂层工艺产生的重金属。在一个典型的系统中，酸流与乳化油流混合以打破乳状液。然后，合并的废物通过一个重力油分离器，用石灰中和以去除酸和沉淀的重金属，并在一个澄清器或过滤器中处理以去除固体和任何剩余的油。

断点加氯

氯化是处理氨气、苯酚和游离氰化物的技术之一。长期以来，氯被用作饮用水处理设施中的生物杀伤剂，并以其强大的氧化潜力而闻名。当氯气被添加到水中时，氯分子发生水解，产生次氯酸和次氯酸根离子，共同构成了可用的游离氯。碱性氯化（在有过量氯存在的情况下，pH值大于9.5）是销毁游离氰化物的必要条件。

术语 "断点氯化 "来自于观察样品在增加氯气剂量时，剩余氯气的最大减少点。理论上，处理氨的氯气数量比是7.6份氯气对1份氨。在实践中，一般需要8：1至10：1的数量比。最佳pH值通常在6.0至7.0之间。需要注意提供足够的氯来完成反应，以避免形成氯胺。此外，在总的氯需求中必须考虑到苯酚、亚硝酸盐、亚铁、亚硫酸盐、硫化氢、游离氰化物和其他有机物的竞争需求。为了维持所需的pH值，可能还需要在废水中添加碱度。每氧化1.0毫克/升的氨氮，就会消耗大约14.3毫克/升的碱度（以CaCO3计）。有时还需要对最终排放物进行脱氯处理。这通常是通过添加二氧化硫、亚硫酸氢钠或活性碳来完成。

该工艺的优点是工艺性能相当稳定，空间要求低，并能在一个步骤中降低氨的浓度。这种处理方法的缺点是可能形成三卤甲烷（THM），增加总溶解固体（TDS），以及相对较高的运行成本。这就是为什么该技术通常只适用于处理小浓度的污染物，或作为抛光处理。