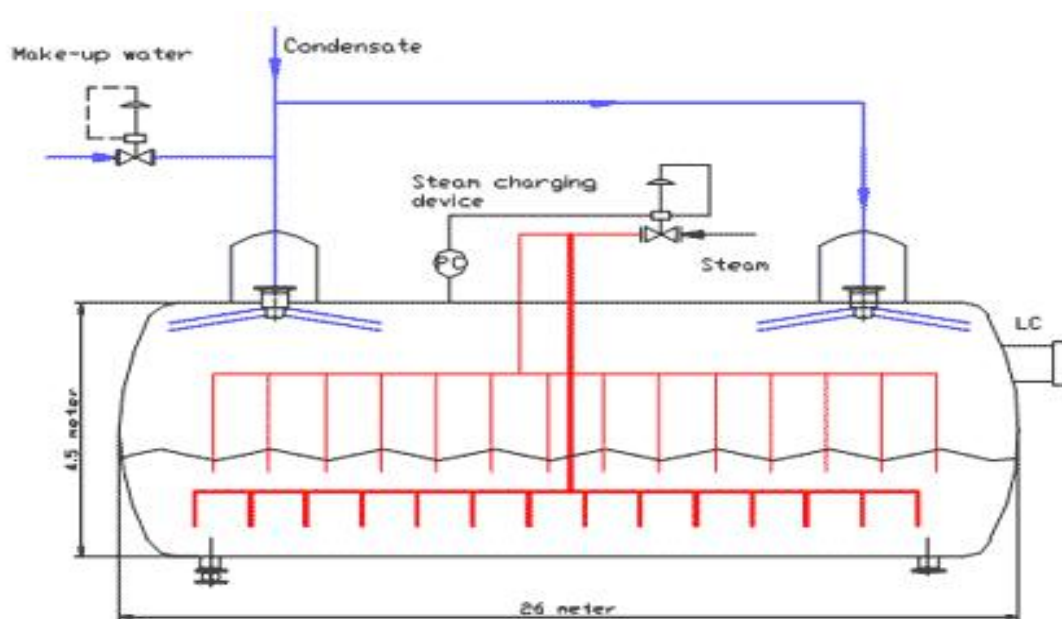


无头除氧器的工作原理介绍

凝结水从盘式恒速喷嘴喷入除氧器汽空间，进行初步除氧，进入水空间后流向出水口；加热蒸汽排管沿除氧器筒体轴向均布，加热蒸汽通过排管从水下送入除氧器，加热蒸汽与水混合加热，同时对水流进行扰动，将水中的溶解氧及其它不凝结气体从水中带出水面，达到对凝结水进行深度除氧的目的；水在除氧器中的流程越长，则对水进行深度除氧的效果越好。

未凝结的加热蒸汽（此时为饱和蒸汽）携带不凝结气体逸出水面流向喷嘴的排汽区域（喷嘴周围排汽区域为未饱和水喷雾区），在此区域未凝结的加热蒸汽凝结为水、不凝结气体则从排气口排出。不凝结气体在流向排气口的流程中，除氧器筒体直径越大在水容积一定的情况下，则汽空间不凝结气体分压力越小，这样就能有效控制不凝结气体在液面的扩散，避免二次溶氧的发生，因此，除氧器筒体采用大直径为佳。

除氧器流程示意图：



施托克－内置式喷雾除氧器

施托克公司概况

80多年的设计开发和运行经验，使荷兰施托克公司一直处于除氧工业的世界领先地位，其独特的专利设计，已广泛应用于世界范围内的发电站和其它工业领域。不断的技术创新和高度的灵活性设计，使施托克的产品极具竞争性。

工作原理

除氧器的运行是采取物理除氧方式，分为两个阶段：

初级除氧阶段：凝结水被喷入蒸汽空间（如下图，区域1）；

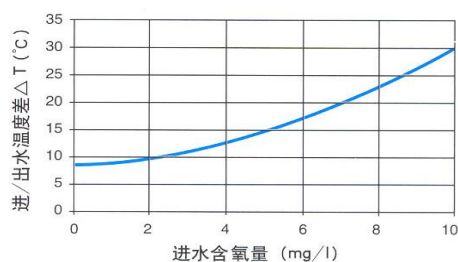
深度除氧阶段：在水箱内蒸汽和水充分接触（如下图，区域2）。

初级除氧阶段，是由喷雾装置来完成的。在各种工况下，喷雾装置均能确保凝结水被加热到饱和温度，并且和蒸汽进行充分地接触。由于在饱和情况下氧气在水中的溶解度为零，因此溶解氧从水中析出，进入蒸汽空间中，并聚集在喷雾装置附近。离析出来的氧气，当积聚到一定浓度后，随同少量的蒸汽一起由排气管排出。

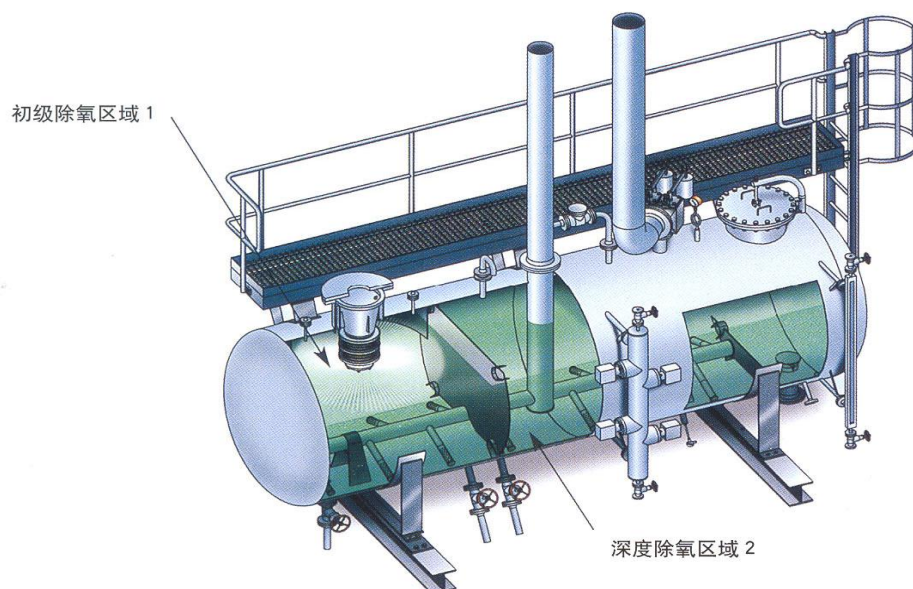
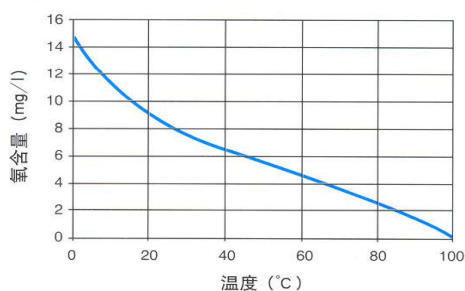
深度除氧阶段，是通过蒸汽喷射入水箱中来实现的。根据不同情况，蒸汽、加压热水和汽/水混合物均能够充当除氧介质。

通过对蒸汽装置的适当设计，并考虑到水箱中的流体动力特性，能够使蒸汽和水进一步充分接触，溶解氧将遵循亨利定律从水中扩散到蒸汽之中。

1) 当出水 $O_2 < 10\text{ppb}$ 时，所要求的温差曲线：



2) 饱和除盐水中的氧含量曲线：



应用

运行条件:

施托克内置式除氧器能够在压力范围0.2 ~ 15bara之间正常运行。

为保证良好的除氧效果所要求的最小进 / 出水温差, 与除氧器运行压力以及进水含氧量之间密切相关 (如前页的图1所示), 而对于进 / 出水的最大温差以及相关的蒸汽流量则没有限制。

常规电站 (包括核电站):

施托克的内置式除氧器, 几十年来已经在世界大量的常规电站中得到了广泛的应用。

系统图如右图1所示。

联合循环电站:

基于常规电站除氧器的原理, 施托克公司又开发了和余热锅炉系统相连接的, 专门用于联合循环电站的除氧器。

对于和余热锅炉系统冷端的连接, 施托克内置式除氧器提供了高度的灵活性。对于系统的连接和最佳除氧介质的选择, 施托克除氧器给设计者提供了多种方案。相比于传统的盘式除氧器, 施托克内置式除氧器更适合应用于联合循环系统之中。这是由于: 它能够使用汽 / 水混合物作为除氧介质、对负荷快速变化具有极大的灵活性、滑压运行和较宽的运行范围。

右图显示了在联合循环电站中除氧器不同的安装位置, 图2和图3显示了和余热锅炉系统冷端相连接的两种基本配置。

图2表示省煤器热水除氧(真空运行):

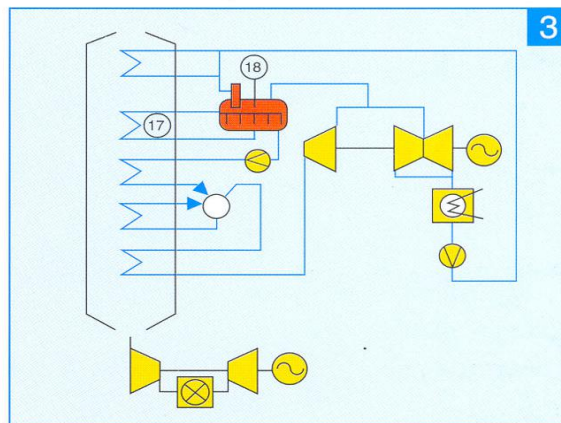
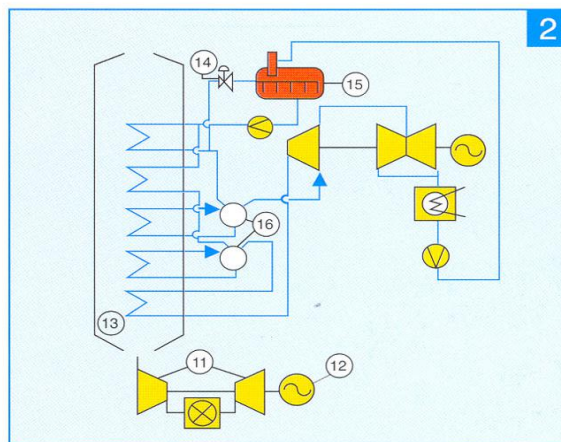
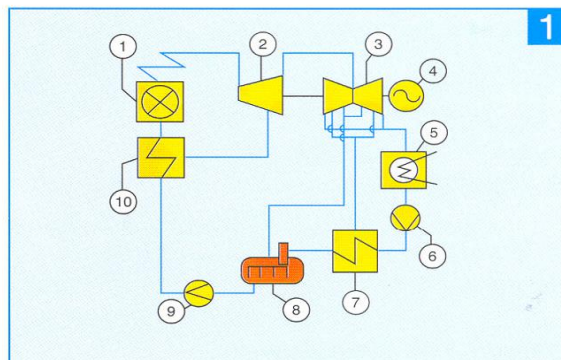
图3表示除氧器与蒸发盘管相连接, 自然或强制循环。

根据用户的需要和总体效率的考虑, 施托克内置式除氧器可以多种方式安装在锅炉系统中。各种安装方式的区别主要取决于除氧介质的不同:

- 低压蒸汽
- 加压热水
- 汽 / 水混合物

石化 / 化工领域:

施托克内置式除氧器也同样广泛应用于石化 / 化工领域的工艺系统之中。



- | | |
|----------------|----------------|
| 1. 锅炉 | 10. 高压加热器 |
| 2. 高压蒸汽轮机 | 11. 燃气轮机 |
| 3. 低压蒸汽轮机 | 12. 发电机 |
| 4. 发电机 | 13. 余热锅炉 |
| 5. 凝汽器 | 14. 热水控制阀 |
| 6. 凝结水泵 | 15. 除氧器 (真空) |
| 7. 低压加热器 | 16. 低压 / 高压汽包 |
| 8. 除氧器 (常规电站中) | 17. 蒸发盘管 |
| 9. 锅炉给水泵 | 18. 除氧器 / 低压汽包 |

无头除氧器与常规有头式除氧器比较报告

1、基本结构和基本数据的比较

序号	比较类别	无头除氧器	常规有头式除氧器
1	除氧形式	喷雾型	喷雾淋水盘或其他型式
2	除氧原理	在水箱中完成两步除氧： （1）初级除氧阶段：凝结水通过 Stork 公司的原装喷嘴进行充分雾化，进行初步除氧； （2）深度除氧阶段：蒸汽从液面下的蒸汽分配管喷出，完成最终除氧。	在除氧头中完成两步除氧： （1）初级除氧阶段：通过喷嘴雾化，去除大部分氧气。 （2）深度除氧阶段：凝结水一层层交错向下流动，蒸汽从下部进入淋水箱。
3	结构	单容器结构， 除氧喷嘴内置于水箱内	双容器机构 除氧头 + 水箱
4	净重量（有效容积假定 300MW 为 150m ³ ）	总重量： 300MW 机组单台约 80 吨；	水箱 + 除氧头，总重量： 300MW 机组单台约 90 吨；
5	喷嘴型式及容量	（1）盘式恒速喷雾喷嘴— Stork 公司原装进口； （2）300MW 机组配一个 600t/h 喷嘴两个	（1）弹簧喷嘴； （2）配多个小流量喷嘴，单喷嘴最大流量 16 吨 / 小时。
6	寿命比较	由于没有了除氧头，从而避免了水箱上部大的集中载荷，筒体应力大大减小，降低了产生应力裂纹的可能性。	由于有除氧头，水箱上部有比较大的集中载荷，筒体应力大大增加，在运行中将大量产生应力裂纹，从而降低除氧器设备使用寿命。

2、机组安装布置的比较

序号	比较类别	无头除氧器	常规有头式除氧器
1	检修维护平台	只需沿水箱布置一个平台	至少需要两个平台
2	管路系统	最少的管路系统	除氧头和水箱之间，需要接平衡管，管路较长。
3	保温材料	需用较少	相对较多
4	安装	简单容易	相对较复杂
5	总高度	300MW 机组约 4—5 米； 600MW 机组约 5—6 米。 （总高度降低了 3—4 米）	300MW 机组约 7—8 米； 600MW 机组约 8—9 米。
6	抗震性能	由于单容器结构，因此显然具有极佳的抗震能力。	由于除氧头焊接在水箱的上部，总体高度较高，并且在除氧头和水箱之间存在应力，因此抗震效果相对较差。
7	有效容积百分比	有效容积占总容积的 70—72%。 （由于将除氧头和水箱合二为一，因此总体积大于常规形式除氧器的水箱，但远远小于常规形式除氧器的除氧头和水箱的总体积之和）。	有效容积占总容积的 75—80%。

8	系统复杂性	系统设计简单，符合最小最优化原则，已成为国内和国际市场受欢迎的主流产品。	系统相对复杂。
---	-------	--------------------------------------	---------

3、机组运行及性能比较

序号	比较类别	无头除氧器	常规有头式除氧器
1	运行压力范围	1 、 0.02 — 2MPa ； 2 、适合于真空、大气、过压运行； 定滑压运行。	0.049 — 0.83MPa 或 0.147 — 1.202MPa
2	除氧介质	可选择： （ 1 ）过热蒸汽； （ 2 ）饱和蒸汽； （ 3 ）湿蒸汽（ 90% ）； （ 4 ）蒸汽 / 水混合物（ 1% 蒸汽）； （ 5 ）热水。 可使用单一介质，也可混合使用，取决于用户选择。	主要使用汽机低压抽汽。
3	被除氧水种类及除氧器进口温度要求	（ 1 ）凝结水 / 给水； （ 2 ）补充水 / 化学除盐水。 能够将较低温度的给水加热到除氧器饱和温度。	（ 1 ）凝结水 / 给水； （ 2 ）补充水 / 化学除盐水。 在将低温给水加热到除氧器饱和温度时会遇到一些困难。
4	负荷变化范围	在 10% — 110% 范围内，均保证出口含氧值小于 5ppb 。 （即最低负荷可达 10% ）	在 35% — 105% 范围内出水含氧值≤ 7ppb 。
5	排汽损失（即排除氧气时所带走的蒸汽损失）	300MW 平均 80 千克 / 小时； 600MW 平均 160 千克 / 小时。	300MW 平均 300 — 400 千克 / 小时； 600MW 平均 600 千克 / 小时。
6	水箱加热	水箱加热由标准的蒸汽分配管完成，即在除氧过程中保持水箱加热，不需额外的水箱加热装置。	需额外的水箱加热装置。
7	正常运行时的噪音	不超过 63.5dB （ A ）。	符合国内工业标准 85dB （ A ）。
8	机组运行时的振动	当除氧器入口蒸汽在 15m/s — 80m/s 时，除氧器几乎没有振动或振动很小。（低振动是无头内置式除氧器显著的优点）	有些设计，振动较大。
9	出水含氧量	性能保证值≤ 5ppb ， 正常运行时 2ppb 左右。 （国电石嘴山电厂 2 × 300MW 机组，正常运行时≤ 3ppb ；内蒙准格尔电厂 2 × 300MW 机组，正常运行时只有 2ppb ）	5ppb~7ppb
10	压力差	在蒸汽区域没有压力差	在高负荷情况下，水箱和除氧头存在压力差。
11	压力升高	随着压力升高，水仍能保持饱和状态。	随着压力升高，水可能出现过冷

	的影响		状态。
12	启动再循环	不需要启动再循环泵。	需要启动再循环泵。

4、机组可靠性比较

序号	比较类别	无头除氧器	常规有头式除氧器
1	关键部件——喷嘴的可靠性	除氧器喷嘴是 Stork 公司的专利设计，无转动部件，免维护，并具有自身过滤功能，以防堵塞，高度可靠。	除氧头内部存在转动部件，使机组故障率提高。
2	应力集中	由于单容器结构取消了除氧头，避免了水箱与除氧头处的应力裂纹。	除氧头和水箱之间采用焊接连接，因此不可避免的存在着应力裂纹。
3	热疲劳寿命	加热蒸汽从水下送入，使除氧器整体工作温度水平降低，金属热疲劳寿命大大提高。	加热蒸汽直接与筒体接触，除氧器整体工作温度高，金属热疲劳寿命较短。
4	低负荷 / 或过负荷运行	10% — 110% 的运行范围，保证机组在恶劣工况下可靠运行。	在低于 30% 负荷的恶劣工况下，难以保证出口含氧量。
5	使用寿命	大于 30 年	不超过 20 年

5、节省投资和运行成本的比较

序号	比较类别	无头除氧器	常规有头式除氧器
1	整机价格	对 300MW 或 600MW 机组，整机价格低于常规有头式除氧器市场平均价格的 5% — 10% 。	
2	土建投资	除氧间土建高度降低了 3 — 4 米，土建费用可相应节省几十万至上百万元。	由于除氧头的存在，土建高度较高，土建费用较多。