

烟气脱硝技术方案的对比

NO_x生成机理主要有燃料型、热力型及快速型三种。燃料型NO_x约占总NO_x的80-90%；其次是热力型，主要是由于炉内局部高温造成，也可采用适当措施加以控制；快速型NO_x生成量很少。

（1）燃料型NO_x

燃料型NO_x是由化学地结合在燃料中的杂环氮化物热分解，并与氧化合而生成的NO_x，其生成量与燃料中氮的含量有很大关系，当燃烧中氮的含量超过0.1%时，结合在燃料的氮转化为NO_x的量占主要地位，如煤的含氮量一般为0.5~2.5%；燃料NO_x的形成可占生成总量的60%以上，燃料氮转化为NO_x量主要取决于空气过剩系数，空气过剩系数降低，NO_x的生成量也降低，这是因为在缺氧状态下，燃料中挥发出来的氮与碳、氢竞争不足的氧，由于氮缺乏竞争能力，而减少了NO_x的形成。

（2）热力型NO_x

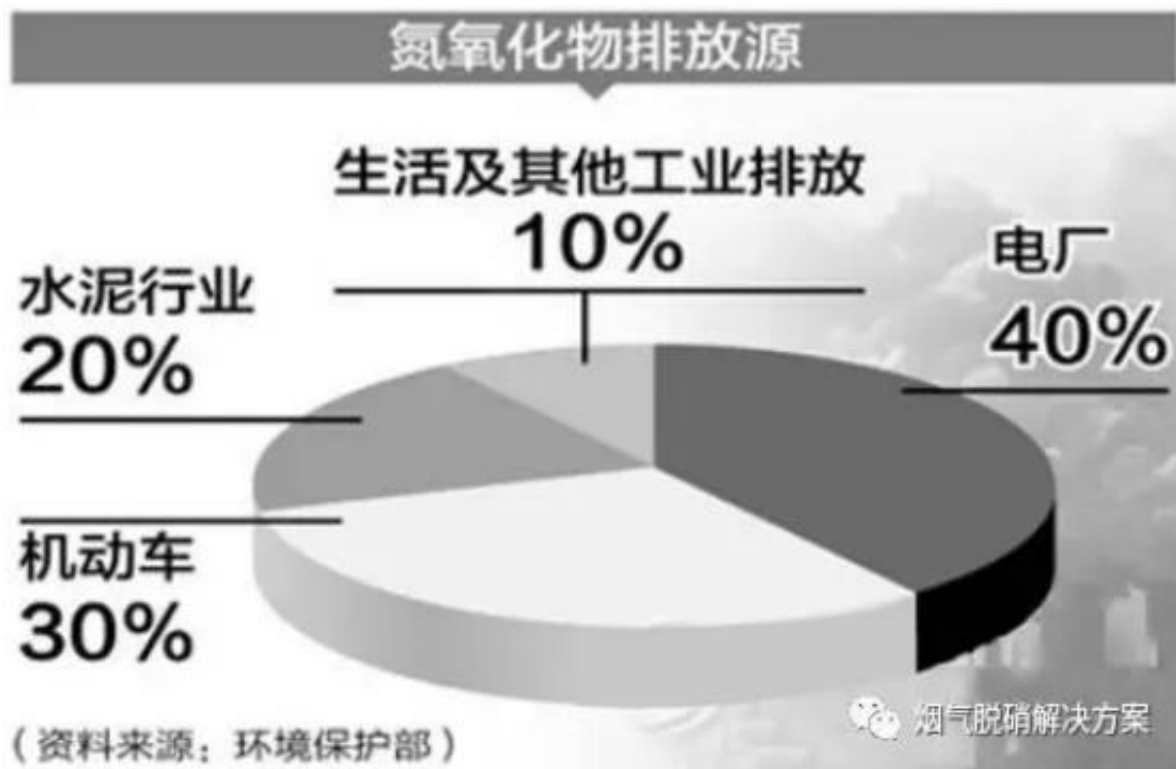
热力型NO_x的生成机理是高温下空气的N₂氧化形成NO，其主成速度与燃烧温度有很大关系，当燃烧温度低于1400℃时热力NO_x生成速度较慢，当温度高于1400℃反应明显加快，根据阿累尼乌斯定律，反应速度按指数规律增加。

这说明，在实际炉内温度分别不均匀的情况下，局部高温的地方会生成很多的NO_x，并会对整个炉内的NO_x生成量起决定性影响。热力NO_x的生成量则与空气过剩系数有很大关系，氧浓度增加，NO_x生成量也增加。

当出现15%的过量空气时，NO_x生成量达到最大，当过量空气超过15%时，由于燃料被稀释，燃烧温度下降，反而会导致NO_x生成减少。热力NO_x的生成还与烟气在高温区的停留时间有关，停留时间越长，NO_x越多，这是因为在炉膛燃烧温度下，NO_x的生成反应还未达到平衡，因而NO_x的生成量将随烟气在高温区的停留时间增长而增加。

（3）快速型NO_x

快速NO_x是1971年Fenimore根据碳氢燃料预混火焰的轴向NO_x分布实验结果提出的，是燃料在燃烧过程中碳氢化合物分解的中间产物N₂反应生成的氮氧化合物，其生成速度极快，主要在火焰面上形成，且生成量较小，一般在5%以下，其主要反应如下：在温度低于2000K（1727℃）时，NO_x主成主要通过CH-N₂反应，在不含氮的碳氢燃料低温燃烧时，需重点考虑快速NO_x的生成。



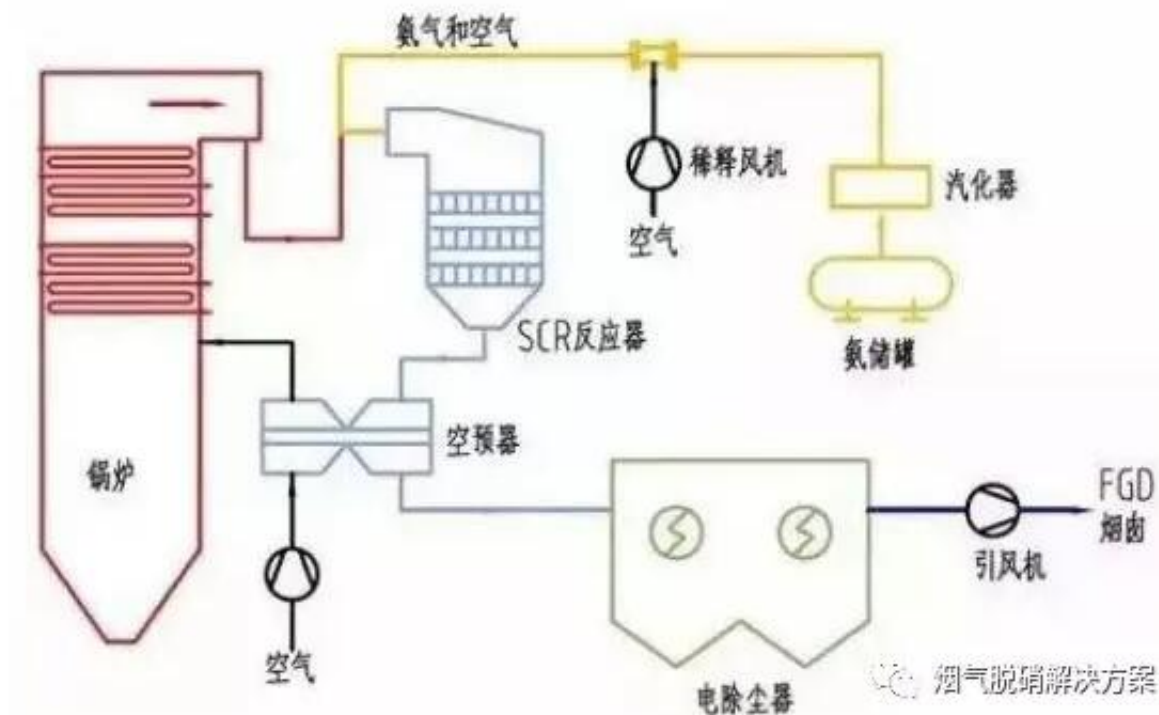
在烟气净化技术上控制NO_x排放，目前主要方法有选择性非催化还原SNCR、选择性催化还原SCR、低氮燃烧技术和电子束照射法、臭氧氧化法、吸附法、氧化吸收法等。其中，SNCR、SCR，低氮燃烧，臭氧氧化法等技术已商业化。

烟气脱硝主要工艺明细表

名 称	还原/氧化剂	反应产物	反应条件	脱氮效率(效果)
低氮燃烧	无	无		脱 后 $\leq$ 300mg/Nm ³
选择性非催化剂脱氮法 (SNCR)	NH ₃ CO(NH ₂) ₂	N ₂ 、 H ₂ O	800~1250℃	40%~80%
选择性催化剂脱氮法 (SCR)	NH ₃ CO(NH ₂) ₂	N ₂ 、 H ₂ O	300~400℃, 催化剂	60%~90%
电子束法	NH ₃	(NH ₄) ₂ SO ₄		~50%
臭氧氧化法	O ₃			50%~90%
吸附法	NH ₃ NaOH CaOH	N ₂ 、 H ₂ O CaSO ₄ 、	活性炭在 120℃ 下吸附	~50%
氧化吸收法	NH ₃	(NH ₄) ₂ SO ₄	50~60℃	烟气脱硝解决方案

烟气脱硝技术繁多，对于脱硝工艺的选择，一般遵循以下一个原则：

- (1) NO_x排放浓度、排放量均能满足国家、当地有关部门的环保排放标准要求。
- (2) 技术成熟，运行可靠，有良好的运行业绩。
- (3) 脱硝剂有可靠稳定的来源，贮存输送方便、安全，质优价廉。
- (4) 能源消耗少，资源消耗少，运行费用低。
- (5) 脱硝过程不对环境产生二次污染。
- (6) 工艺系统对煤种适应性强，能够适应燃煤含氮量在一定范围内的变化。
- (7) 脱硝装置工艺简单，布置合理，占地面积小，对电厂原有各系统影响小。
- (8) 脱硝的主要装置和设备为国产化或能逐步实现国产化。



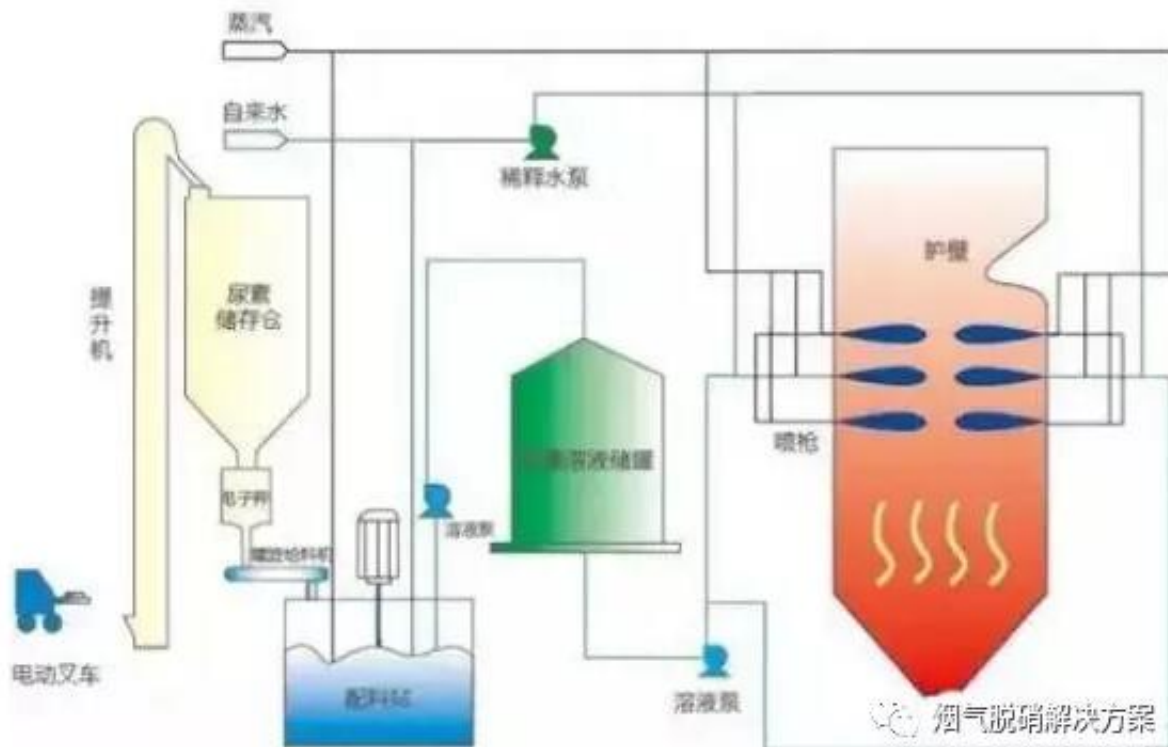
SCR在烟气脱硝工艺中的应用示意图

电子束法、吸附法、在国内的应用业绩很少，SNCR、SCR和低氮燃烧，目前国内主流的电厂应用较多的脱硝方法，国内多个地市禁止新上经实践检验效果不满足要求的臭氧氧化脱硝、氧化法技术设施。已采用臭氧氧化技术脱硝的，应于2020年11月1日前逐步完成脱硝技术改造，以满足排放要求。

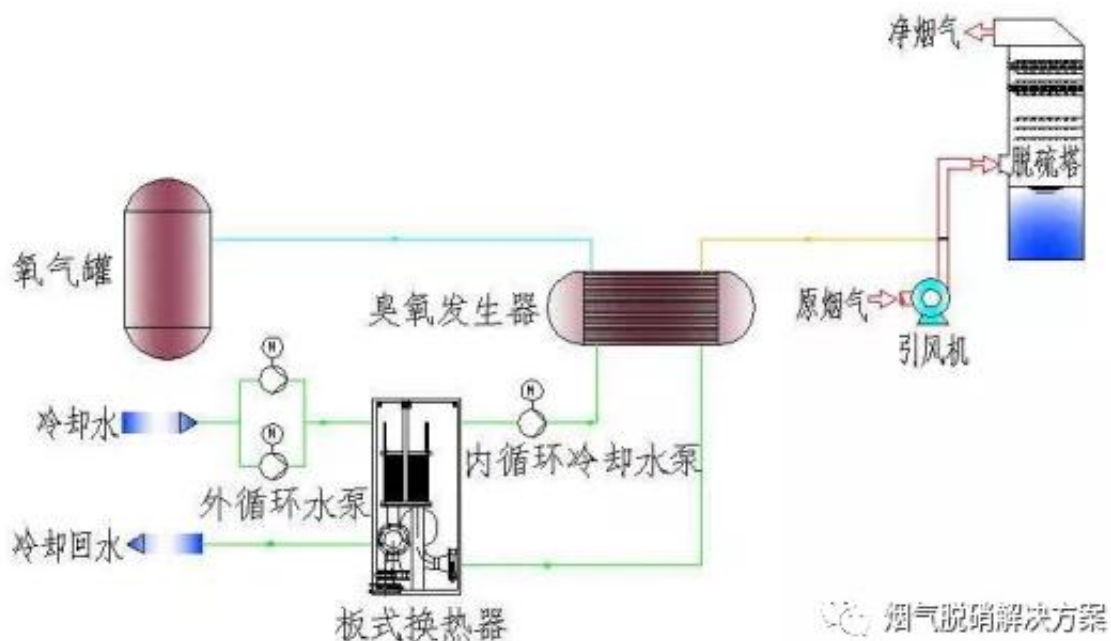
SNCR、SCR、臭氧氧化法和低氮燃烧对比

脱硝工艺	SNCR	SCR	臭氧氧化法	低氮燃烧
脱硝率	40%~60%	60%~90%	50%~90%	脱后 500mg/Nm ³ 以下
还原/氧化剂	可使用NH ₃ 或尿素	可使用NH ₃ 或尿素	O ₃	无
反应温度	800~1250℃	300~400℃	~150℃	无要求
催化剂	不使用催化剂	成份主要为TiO ₂ , V ₂ O ₅ ~WO ₃ 的全尺寸催化剂	不使用催化剂	不使用催化剂
还原/氧化剂喷射位置	通常在炉膛内喷射	多选择于省煤器与 SCR 反应器间烟道内	脱硝塔入口	
SO ₂ /SO ₃ 氧化	不导致SO ₂ /SO ₃ 氧化, SO ₃ 浓度不增加	会导致SO ₂ /SO ₃ 氧化, 一般控制氧化率在 1%以下	导致极少量 SO ₂ /SO ₃ 氧化	
NH ₃ 逃逸	10~15ppm	<3ppm	无	
改造内容	在炉膛适宜温度窗位置安装 SNCR 喷枪; 新建脱硝剂制备储存站	新建脱硝剂制备储存站; 改造省煤器和空预器间的部分锅炉本体烟道; 安装 SCR 反应器的进出口烟道; 设置 SCR 脱硝反应器;	脱硝塔入口烟道上安装一段氧化段	对锅炉燃烧器进行改造
对锅炉空预器的影响	与 SO ₂ 反应易形成 NH ₄ HSO ₄ 造成堵塞或腐蚀	低温时 NH ₃ 与 SO ₂ 易形成 NH ₄ HSO ₄ 造成堵塞或腐蚀	无影响	可能会影响锅炉尾部烟道的烟气温度
对燃料的影响	无影响	灰份会磨损催化剂, 碱金属氧化物会使催化剂钝化, AS, S 等会使催化剂失活。煤的灰份越高, 催化剂的寿命越短, 将显著影响运行费用	无影响	无影响
对系统压力损失的影响	没有压力损失	催化剂会造成压力损失	没有压力损失	没有压力损失
对锅炉运行经济性影响	飞灰含碳量略有增加; 锅炉热效率通常降低 0.3%	系统压损有一定增加 引风机需进一步加大	无影响	无影响

SNCR脱硝系统简单, 动改量少, 但脱硝效率较低, 且对反应温度要求较高, 难以适应锅炉负荷变化, 对于煤粉锅炉脱硝效率很难保证, 难以保证达标排放。



臭氧氧化法利用臭氧发生器产生臭氧将NO氧化为高价态的氮氧化物后，需要进一步地吸收。再通过吸收剂或者水进行脱除NO。采用臭氧脱硝技术可得到较高的NOX脱除率，典型的脱除范围为50%~90%。但是，会造成环境污染，各地开始禁止使用臭氧氧化法。



SCR投资和运行费用较高；需要对锅炉尾部受热面做一定改造，增加引风机压头1000Pa左右，对锅炉运行的影响大，动改量大，改造难度大，系统复杂；除脱硝剂运行耗费外，还需考虑催化剂更换费用。但其技术成熟，脱硝效率高，最高可达95%，目前大多数大型煤粉发电锅炉、玻璃窑炉、各种工业窑炉均采用SCR脱硝。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/144167.html>