

CHINA ELECTRICITY COUSEL

Urea to Ammonia Technology Comparison

尿素制氨工艺比较

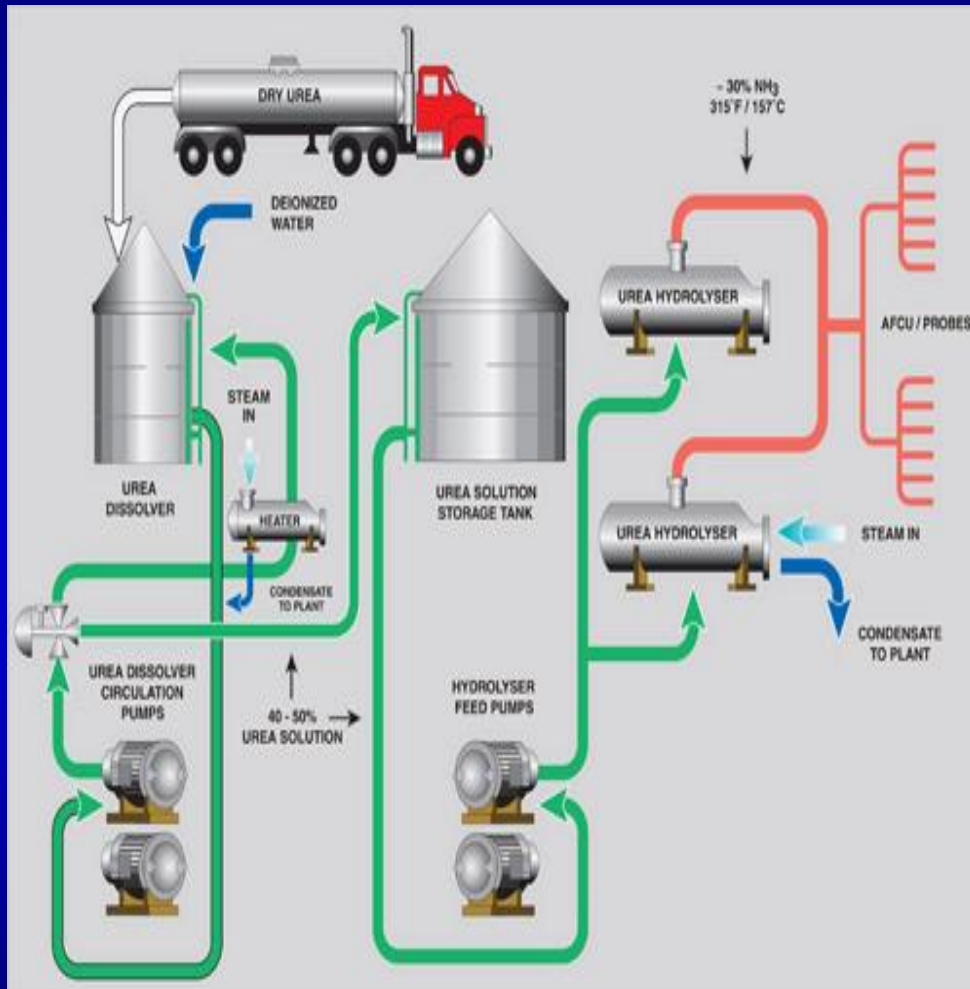
April 16 - 17, 2012

General DeNOx Introduction

脱硝总体介绍

- 目前世界上主流的脱硝技术为低氮燃烧（LNB），选择性非催化还原反应（SNCR）和选择性催化还原反应（SCR）。LNB作为无更多运营费用的脱硝手段，已在全世界范围内被广泛采用。SNCR与SCR两种技术，可根据火力发电厂的实际情况，例如，炉型、排放标准、氮氧化物入口浓度等，有针对性地选用。
- 一般来说，针对小型煤粉炉，循环流化床锅炉，垃圾焚烧炉以及燃气锅炉，SNCR的脱硝销率基本亦可满足环保排放之要求，更加上SNCR远低于SCR的初期投资费用，SNCR亦可称为此类锅炉的脱硝装置的最佳应用技术之一。但对于大型煤粉锅炉来讲，SCR以其90%以上的脱硝效率，毫无疑问的成为了最佳应用技术。
- 脱硝作为一种还原反应，还原剂的可直接采用液态无水氨，也就是液氨，也可以选用一定浓度的氨水或尿素制备而成。从使用效率来讲，液氨无疑是最直接经济的选择，故在世界范围内大部分地区在最初阶段均采用液氨作为还原剂。但随着脱硝技术的逐渐普及，为了有效地降低在运输和使用中的安全风险，越来越多的国家和地区开始采用一定浓度的氨水或者尿素作为还原剂的来源。在欧洲，24.5%的氨水为主流的还原剂；而美国则更多的采用尿素来作为还原剂。
- 当选用尿素作为还原剂时，目前，世界上主流的尿素制氨技术有水解（Hydrolysis）和热解(Pyrolysis)两种。其代表为美国Wahlco公司的U2A技术和美国Fuel Tech公司的Ultra技术。
- 在欧美的大量的完全运行的应用实例中，尿素水解技术以其更少的能耗、更高的尿素利用率、更稳定的冗余系统布置和完全防爆的出口气体组份，成为了绝大多数30万千瓦以上的大型火力发电企业的首选最佳应用技术。

Urea Supply 尿素供应介绍



- ◆ 在欧美大型火力发电厂的脱硝尿素供应中，主要是采用压力槽罐车来运输固体颗粒的尿素或者直接供应尿素溶液
- ◆ 在电厂中直接以溶液形式储存，基本不设置尿素固体筒仓
- ◆ 采用此方法所供应的尿素，可以减少用户的人力资源成本，并且可以尽量避免尿素在装运途中的其他污染
- ◆ 在中国，此方法在香港青山电厂（7x350MW）已经运行超过两年时间

Two Main Technologies 两种主要技术

- HYDROLYSIS 尿素水解技术

- Chemical Conversion to Ammonia in Pressure Vessel

- 一种在压力容器中通过化学反应的制氨工艺

- PYROLYSIS 尿素热解技术

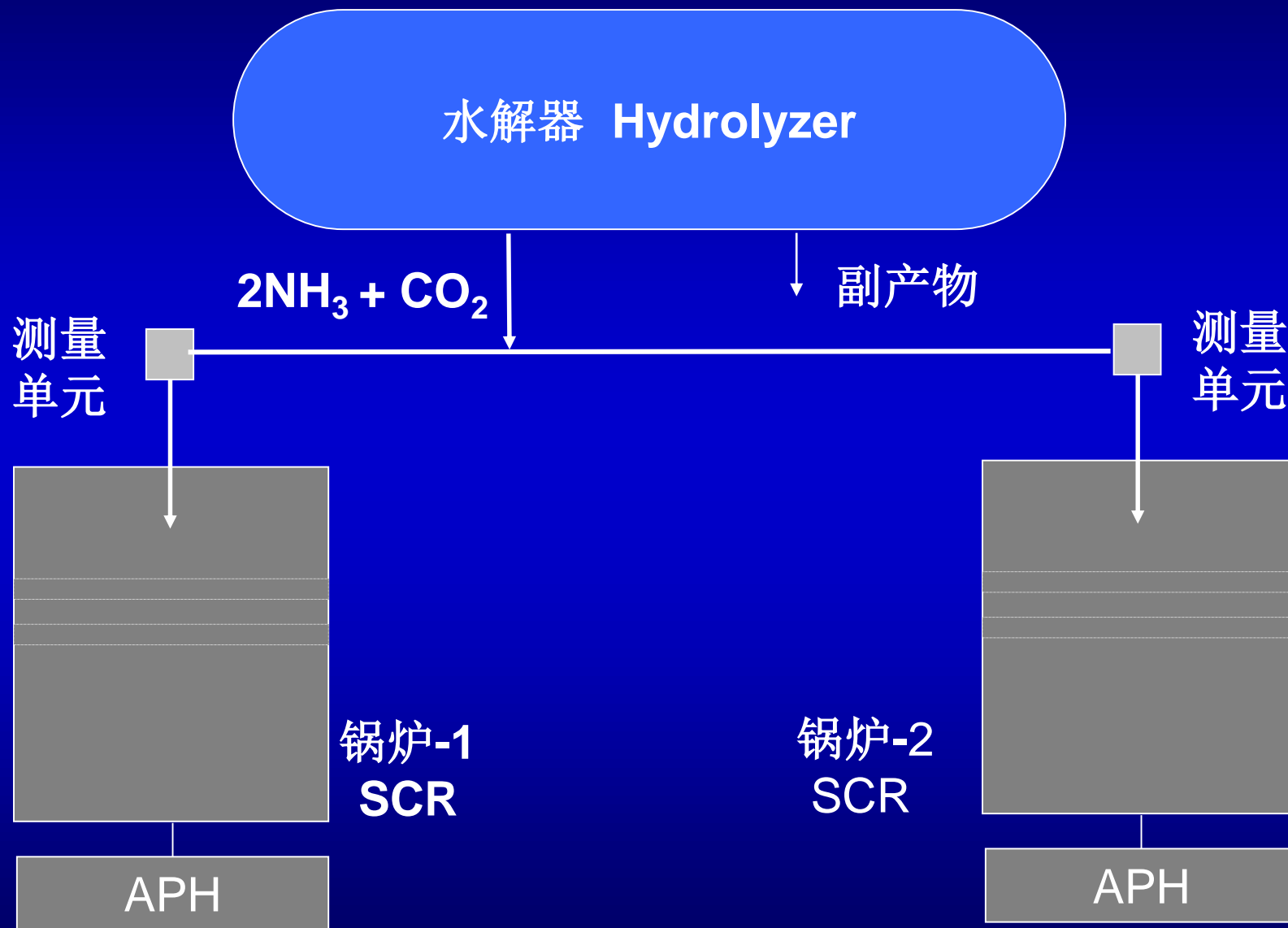
- High Temperature Thermal Decomposition

- 一种高温加热的尿素分解工艺

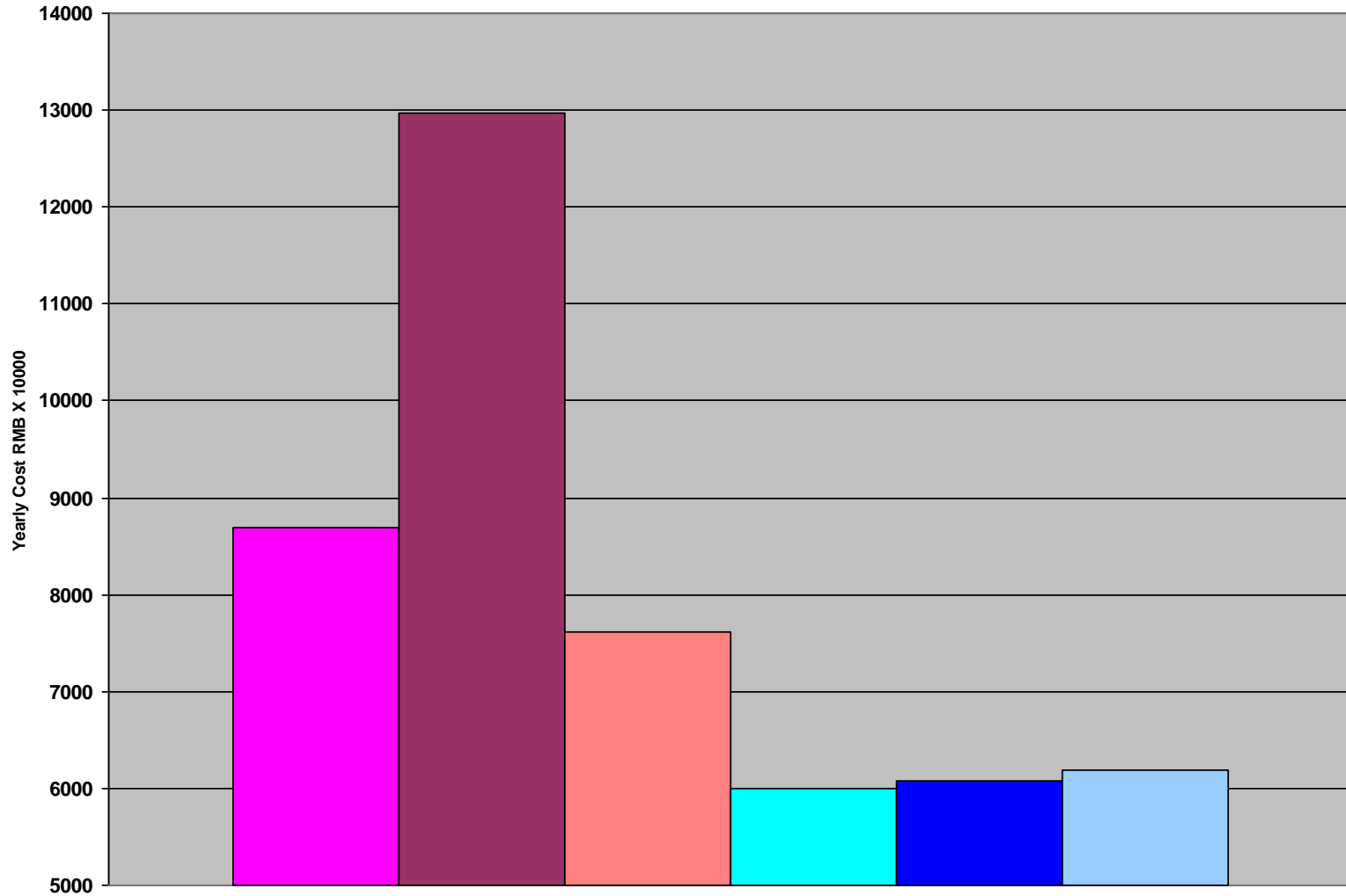
U2A® Hydrolysis Process

尿素水解工艺

一台水解器同时供应多台锅炉脱硝

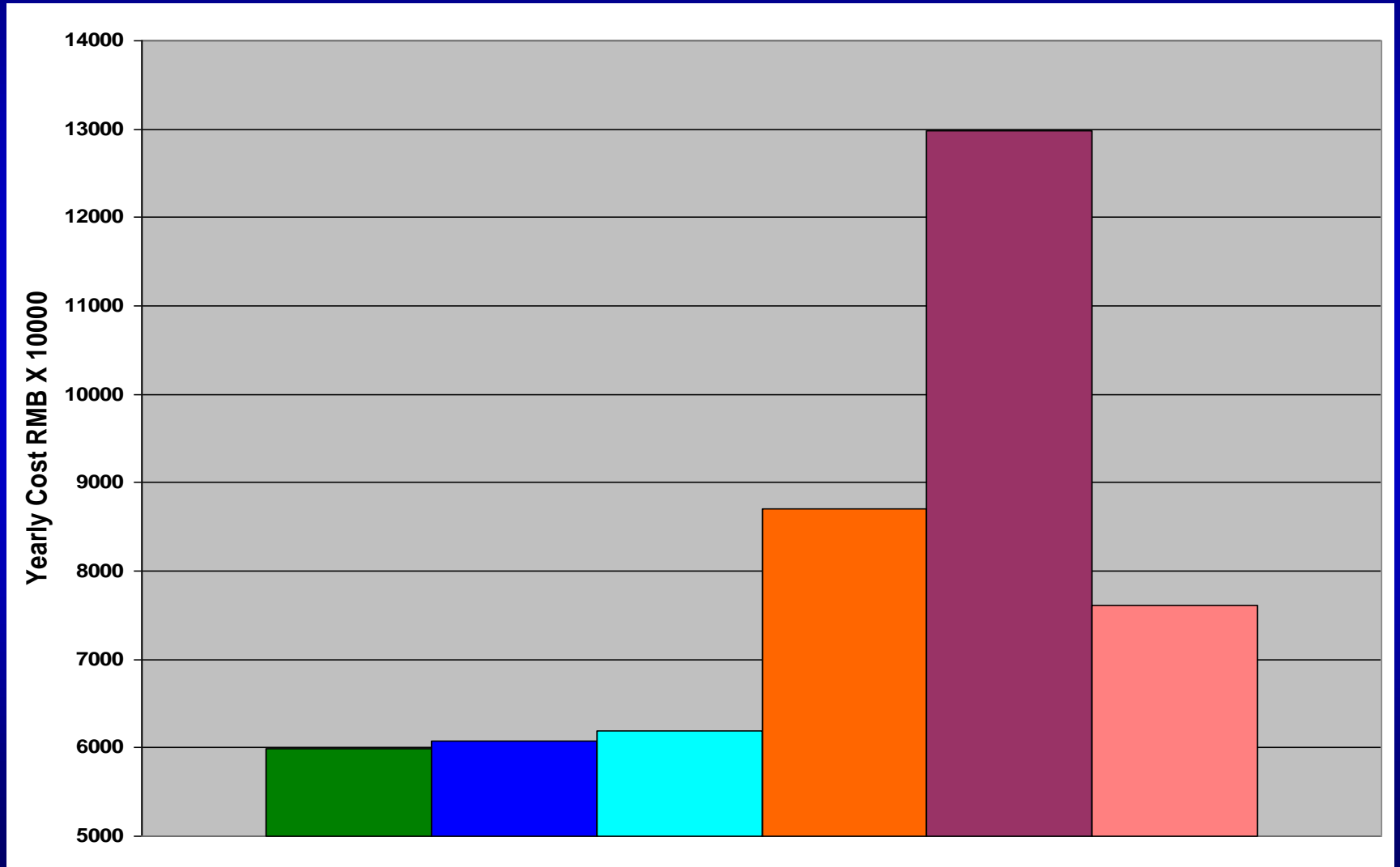


- 热解（不使用一次风，完全电加热）
- 热解（不使用一次风，完全使用燃油加热）
- 热解（使用一次风加电加热）
- 水解（氨气混合体不稀释，直接入）
- 水解（氨气混合气体稀释到10%后喷入）



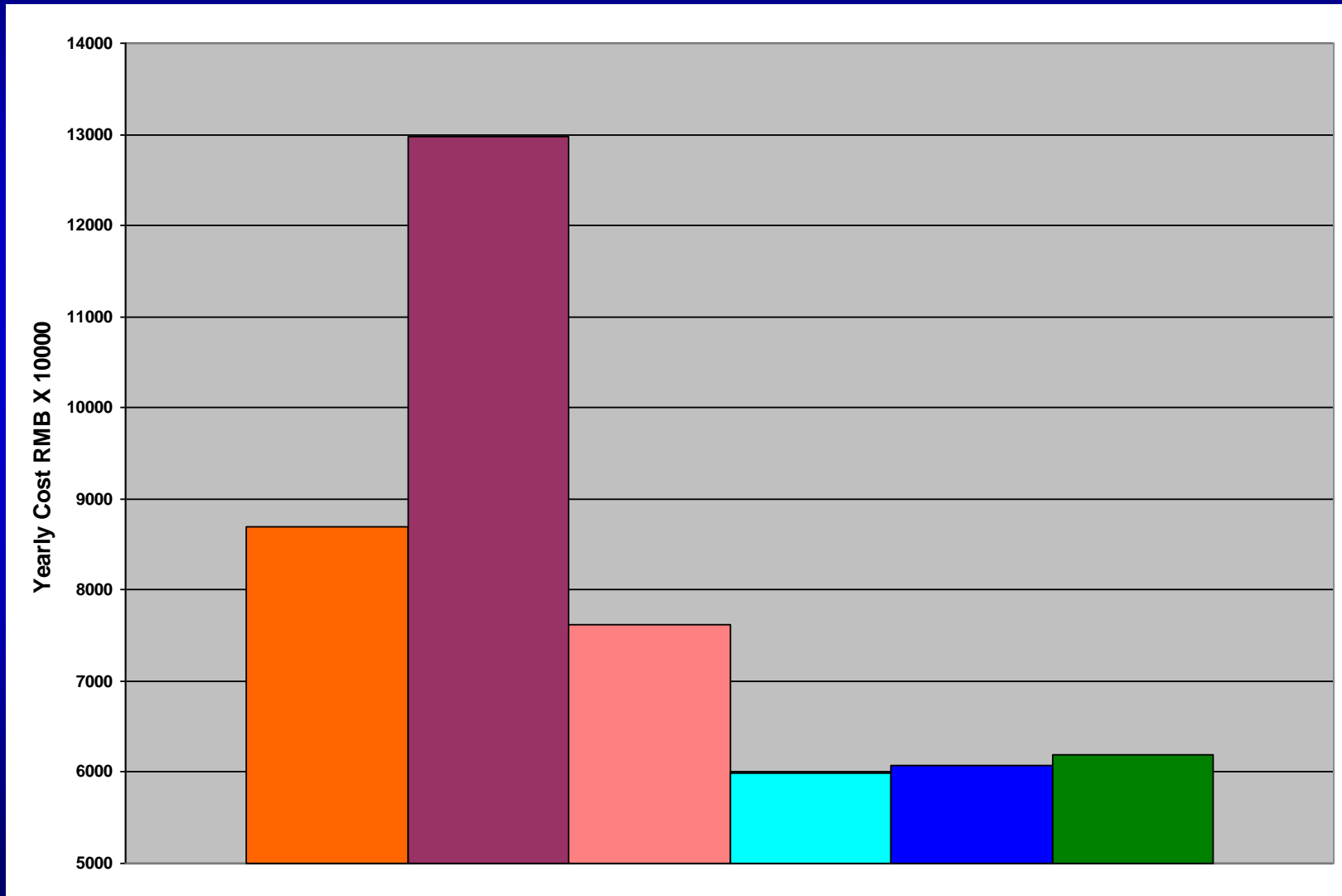
Yearly Operating Cost – 6500 Hours

年度运行费用-6500小时运行



Yearly Operating Cost – 6500 Hours

年度运行费用-6500小时运行



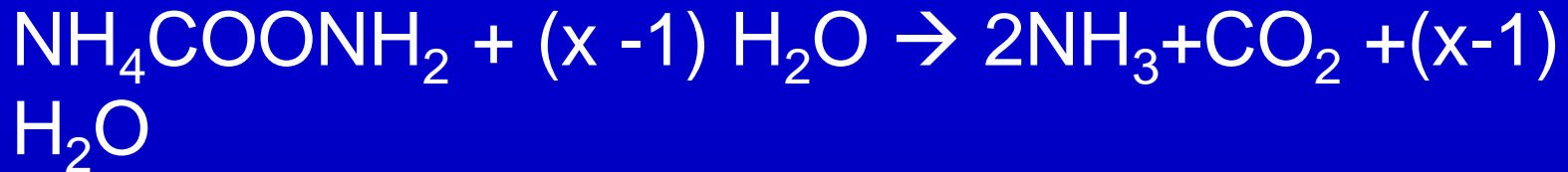
Operating Principles 操作原理

- **Steam Modulated to Achieve Set Pressure**
通过调整蒸汽量来达到设定压力值
- **Urea Level in Hydrolyzer controlled to constant level**
水解器中的尿素溶液液面始终保持不变
- **Ammonia Gas Mixture Controlled by Flow Control Valves at Each Metering Unit**
由测量单元中的流量控制阀来控制氨气混合气量
- **Covered by U.S. patents 6,077,491; 6,322,762; 6,436,359 and 6,506,350; European and Asian Patents Issued or Pending**
由美国专利6,077,491、6,322,762、6,436,359和6,506,350组成，在亚洲和欧洲也已申请了相同的专利保护

Specific Hydrolysis Reactions 水解反应原理



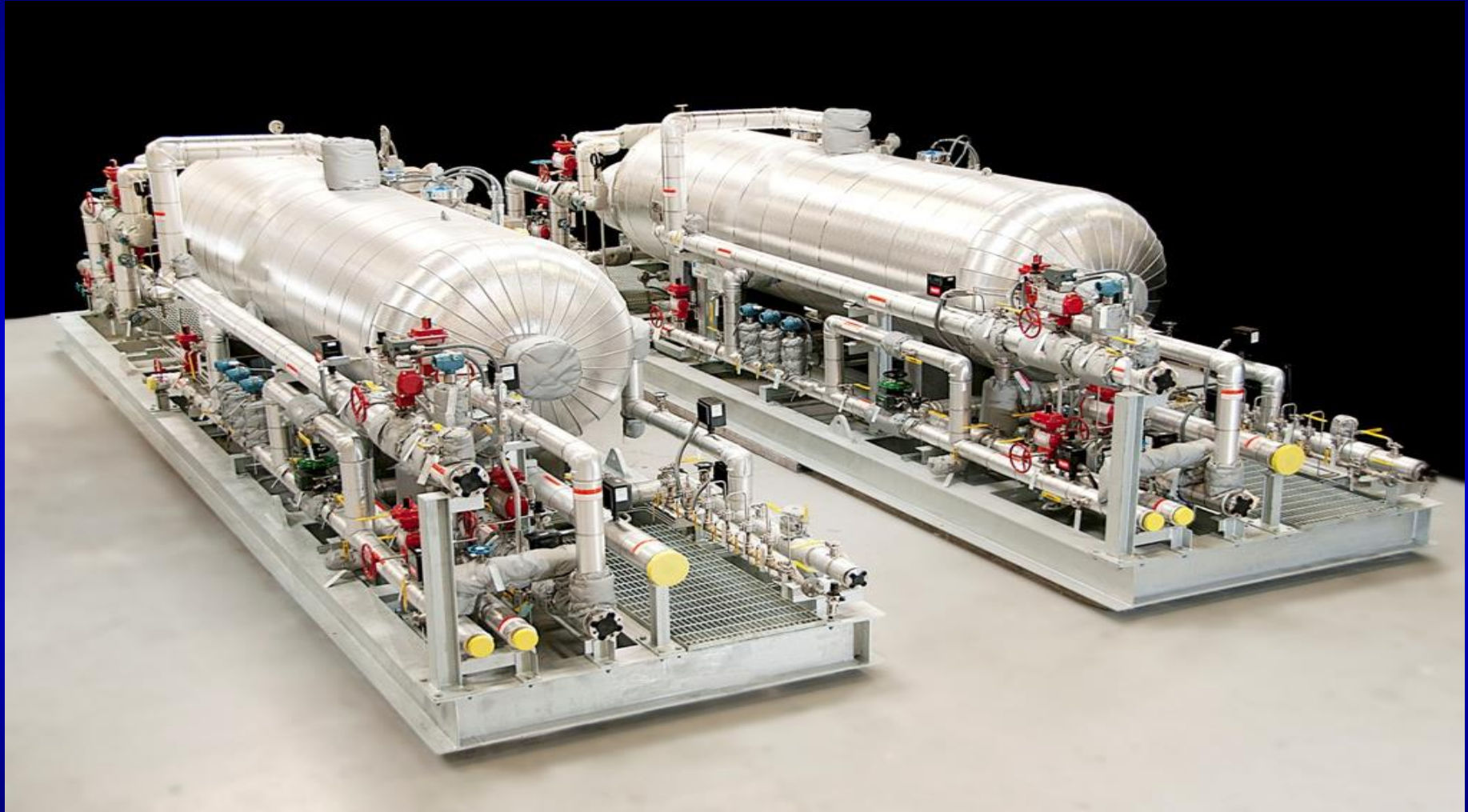
Ammonium Carbamate Intermediate Consumes One Molecule of Water. Heat and Pressure Required to Force Water to Combine.
尿素通过加热加压后，与一摩尔的水反应生成中间产物甲铵



Ammonium Carbamate Fully Converts to 2 Molecules of Ammonia
甲铵被继续加热加压后，完全转化为2个摩尔的氨气

2 x 200 kg/hr Hydrolyzer Skids

两台200公斤出氨量的水解器



U2A[®] Advantages 水解优势

- Low Energy Consumption and Cost – Uses Low Energy Steam
低成本低能耗-使用低成本蒸汽加热
- Complete Conversion of Urea to Ammonia
100%的尿素都能够转化为氨气供脱硝使用
- Rapid Load Following
快速的负载跟随
- One Unit Can Supply Multiple Boilers
一台水解器可以同时供应多台锅炉的脱硝装置所需的氨气
- Equipment Redundancy
完全冗余的设备配置
- Urea Contaminants Removed by Blowdown
通过排污系统将尿素中的有害杂质清除

U2A[®] Projects (partial list)

部分尿素水解业绩清单

– Detroit Edison Monroe –	4 x 800mW	4 x 1,100 kg/hr
– Allegheny Energy Harrison –	3 x 700mW	2 x 840 kg/hr
– AEP Mitchell 1 & 2 –	2 x 800mW	2 x 1,500 kg/hr
– Moneypoint Power Station-	3 x 600mW	2 x 1,300 kg/hr
– Mirant Morgantown –	2 x 700mW	2 x 1,200 kg/hr
– Enel Torrevaldaliga Nord –	3 x 650mW	1 x 1,000 kg/hr
– Constellation Brandon –	2 x 670mW	2 x 1,070 kg/hr
– S.E.C.I. Seminole –	2 x 700mW	2 x 990 kg/hr
– Allegheny Pleasants –	2 x 700mW	2 x 840 kg/hr
– Termokimik ED Power –	2 x 700mW	1 x 775 kg/hr
– Crystal River (SCRs) -	2 x 700 mW	2 x 1,027 kg/hr
– Crystal River (AMM)		2 x 315kg/hr
– AEP Conesville Unit 4 –	1 x 850mW	1 x 770 kg/hr

U2A[®] Projects (partial list)

部分尿素水解业绩清单

– Progress Energy Asheville-	2 x 550mW	2 x 375 kg/hr
– Doosan Rabigh -	4 x 700mW	1 x 300 kg/hr
– Duke Marshall 3-	1 x 650mW	4 x 280 kg/hr
– Namjeju Korea -	1 x 200mW	2 x 255 kg/hr
– Beijing Guodian Longyuan-	2 x 350mW	2 x 200 kg/hr
– Mid American Council Bluffs-	1 x 790mW	1 x 190 kg/hr
– Doosan Marafiq-	2 x 550mW	2 x 180 kg/hr
– AES Huntington Beach-	4 x 440mW	2 x 175 kg/hr
– SCS Astoria 3 & 4-	2 x 500mW	2 x 140 kg/hr
– SCS Astoria 1 & 2-	2 x 500mW	2 x 115 kg/hr

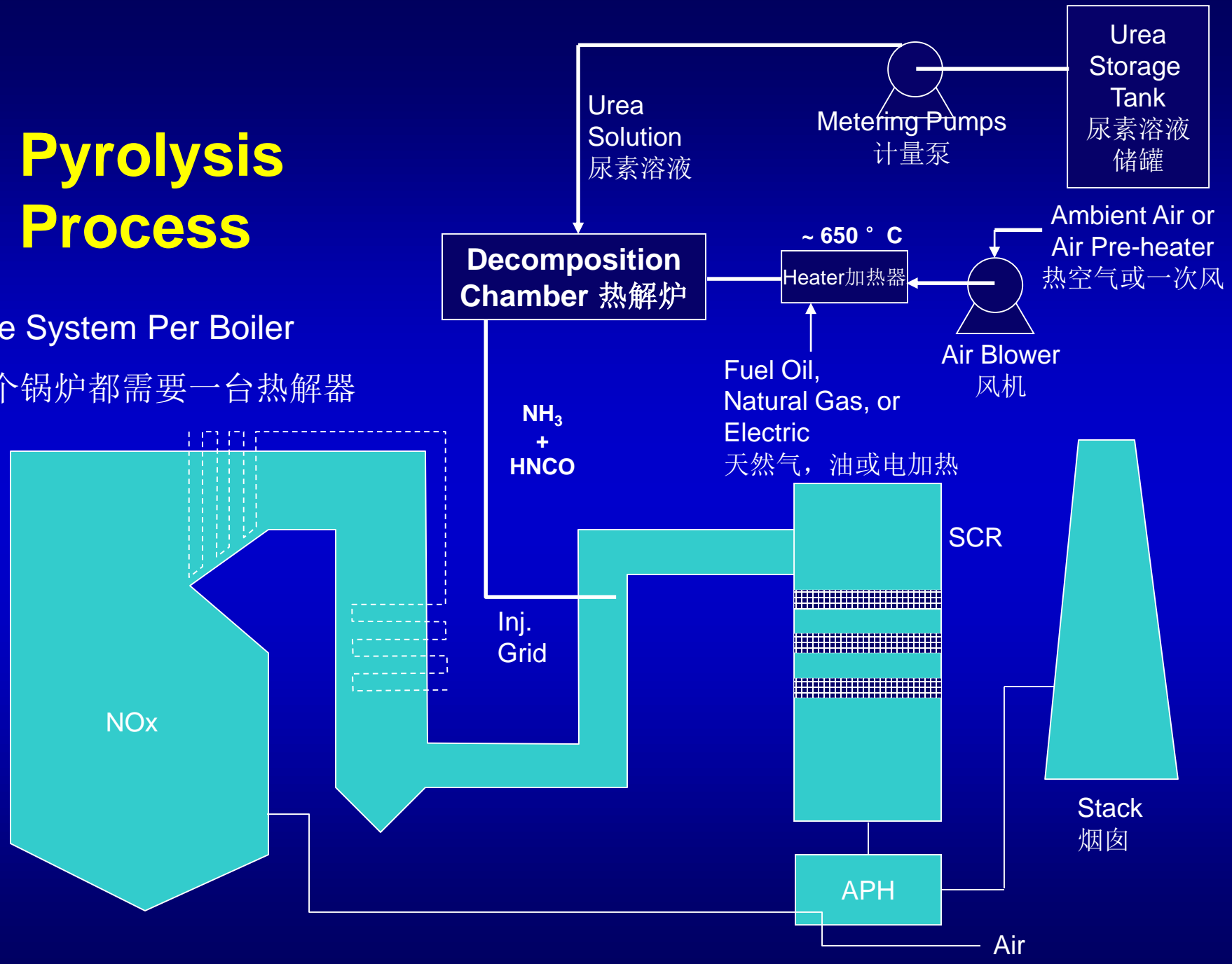
Pyrolysis Process

尿素热解工艺

Pyrolysis Process

One System Per Boiler

每个锅炉都需要一台热解器



Pyrolysis Process 热解工艺

- Urea Sprayed into Heated Gas Stream
尿素喷入加热的气氛中
- About 5% NH₃ Concentration
大约5%的气体浓度
- Urea Pyrolyzes into One Molecule NH₃ Mostly and One of Isocyanuric Acid
尿素在热解炉内只能热解为一摩尔的氨气和一摩尔的异氰酸
- Energy Intensive
高耗能
- Equipment Very Large for Production Rate
设备体积巨大
- Uses Large Quantities of Fuel Oil or Natural Gas
大量消耗燃油或者天然气

Specific Pyrolysis Reactions

热解反应原理



Urea Heated at High Temperature Breaks Down to One Molecule of Ammonia and One Molecule of Isocyanuric acid.
尿素在高温下热解成为一摩尔氨和一摩尔异氰酸



Reaction is NOT Complete 此反应不完全
Occurs Within SCR Catalyst –Residence Time May Not be Sufficient to Fully Convert to Ammonia 此反应发生在SCR的催化剂位置-停留时间较短，不足以将异氰酸完全转化为氨

Pyrolysis Process 热解工艺

- **Must Control Ammonia Production Rate by Urea Feed Rate Adjustment**
只能通过尿素加料量来调整出氨量
- **No System Redundancy**
无法做到系统冗余配置
- **All Urea Contaminants Go to SCR**
尿素中所有成分（包括有害成分）完全进入SCR反应器
- **Potential Poisoning of SCR Catalyst**
其中有些成分可能导致催化剂中毒
- **Large Decomposition Chamber – expensive to Install**
体积巨大的热解炉- 高昂的安装费用

Pyrolysis System 热解系统



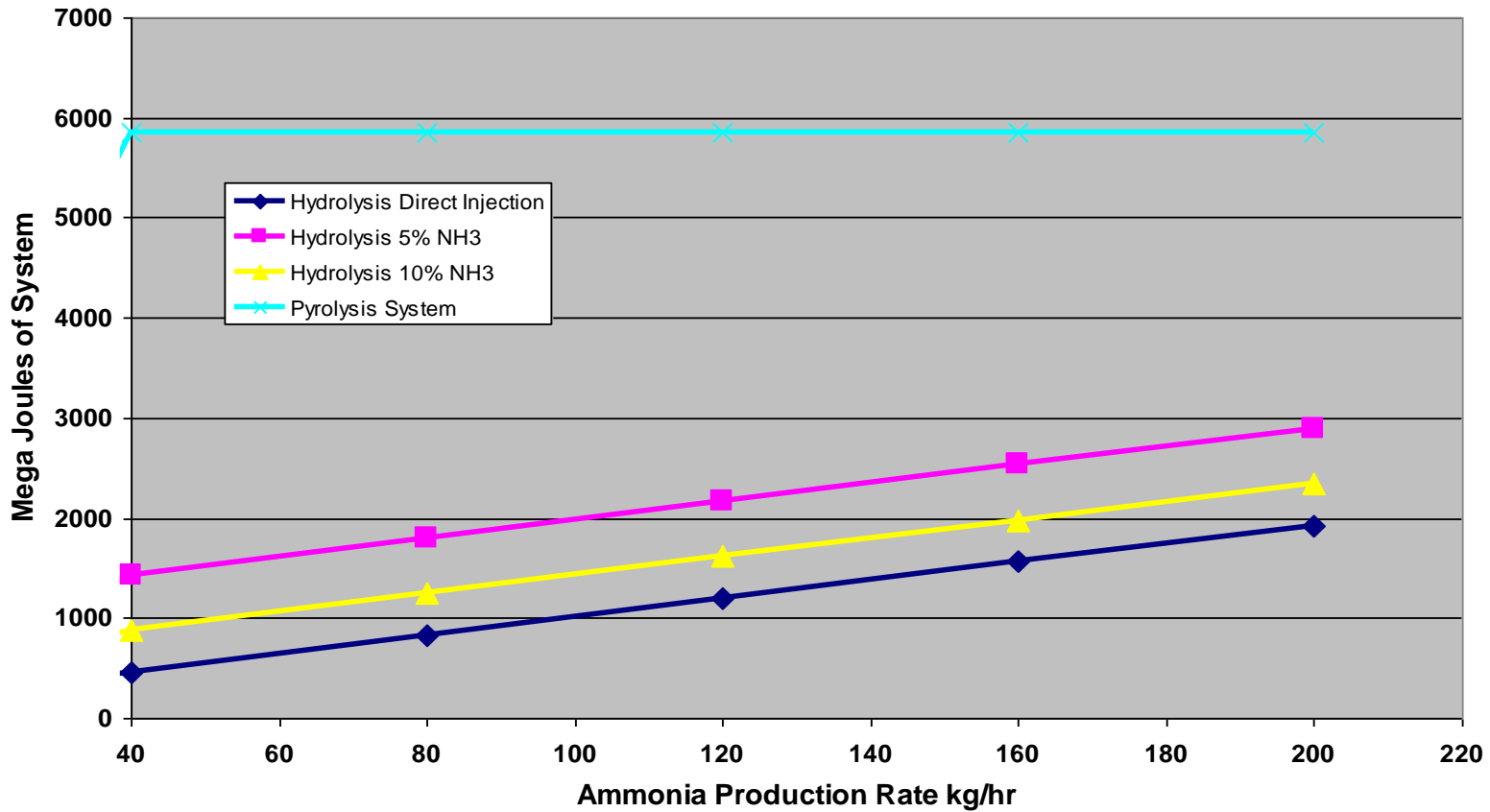
Comparison of Pyrolysis and Hydrolysis

尿素热解与水解的比较

200 kg/hr System Comparison

出氨量200公斤每小时的系统比较

Energy Consumption Mega Joules



Utilities Comparison (4 x 1000mW – 1963 kg/hr)

绩效比较 (针对4台100万千瓦-每小时1963公斤出力)

	Fuel Oil tons per hour	kW per hour	Steam tons/hr	DI Water tons/hr	*Urea kg/hr
Pyrolysis w/o Air preheat all electric	0	12544	0	3.8	3839
Pyrolysis w/o Air preheat with Fuel Oil	1.25	1222		3.8	3839
Pyrolysis with Air preheat all electric	0	7000		3.8	3839
Hydrolysis Direct Inject		0	9.5	3.5	3455
Hydrolysis 10% Inject		120	11.1	3.5	3455
Hydrolysis 5% Inject		287	13.2	3.5	3455

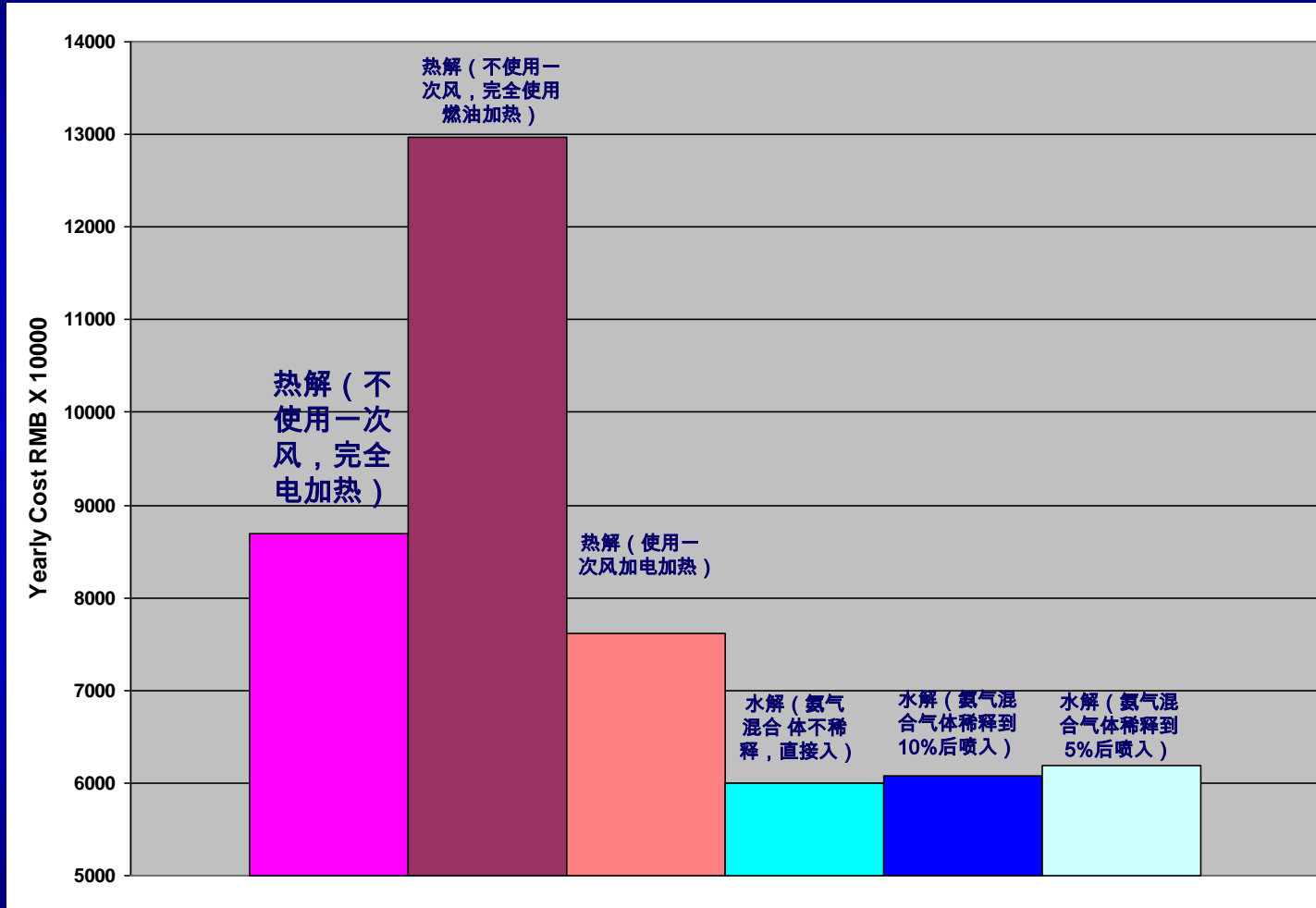
Utilities Comparison (4 x 1000mW – 1963 kg/hr)

绩效比较 (针对4台100万千瓦-每小时1963公斤出力)

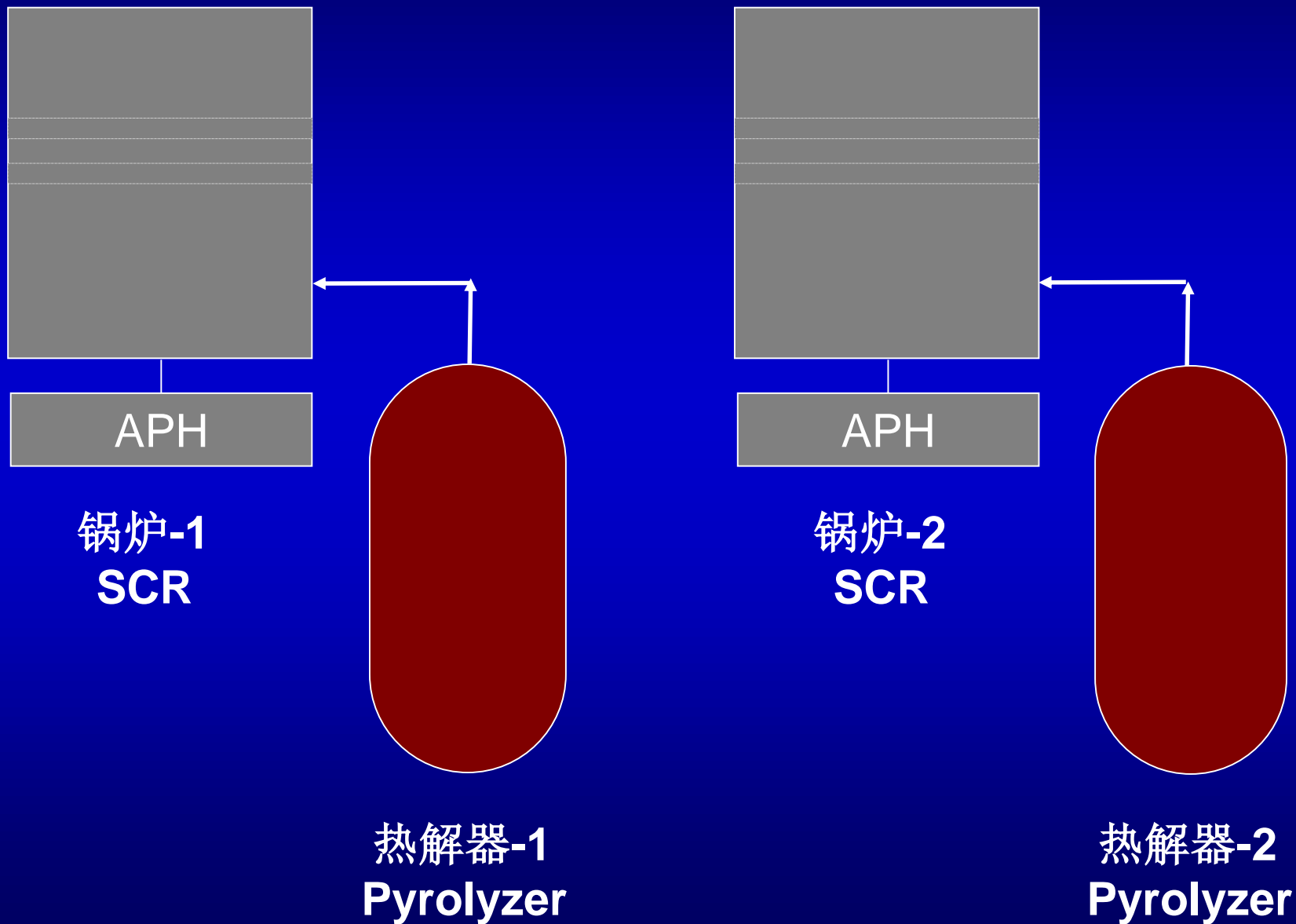
	油耗 吨/小时	电耗 千瓦/小时	蒸汽耗量 吨/小时	除盐水耗量 吨/小时	尿素耗量 公斤/小时
热解 (不使用一次风 , 完全电加热)	0	12544	0	3.8	3839
热解 (不使用一次风 , 完全使用燃油加热)	1.25	1222	0	3.8	3839
热解 (使用一次风加电加热)	0	7000	0	3.8	3839
水解 (氨气混合气体不稀释 , 直接喷入)	0	0	9.5	3.5	3455
水解 (氨气混合气体稀释到10%后喷入)	0	120	11.1	3.5	3455
水解 (氨气混合气体稀释到5%后喷入)	0	287	13.2	3.5	3455

Yearly Operating Cost – 6500 Hours

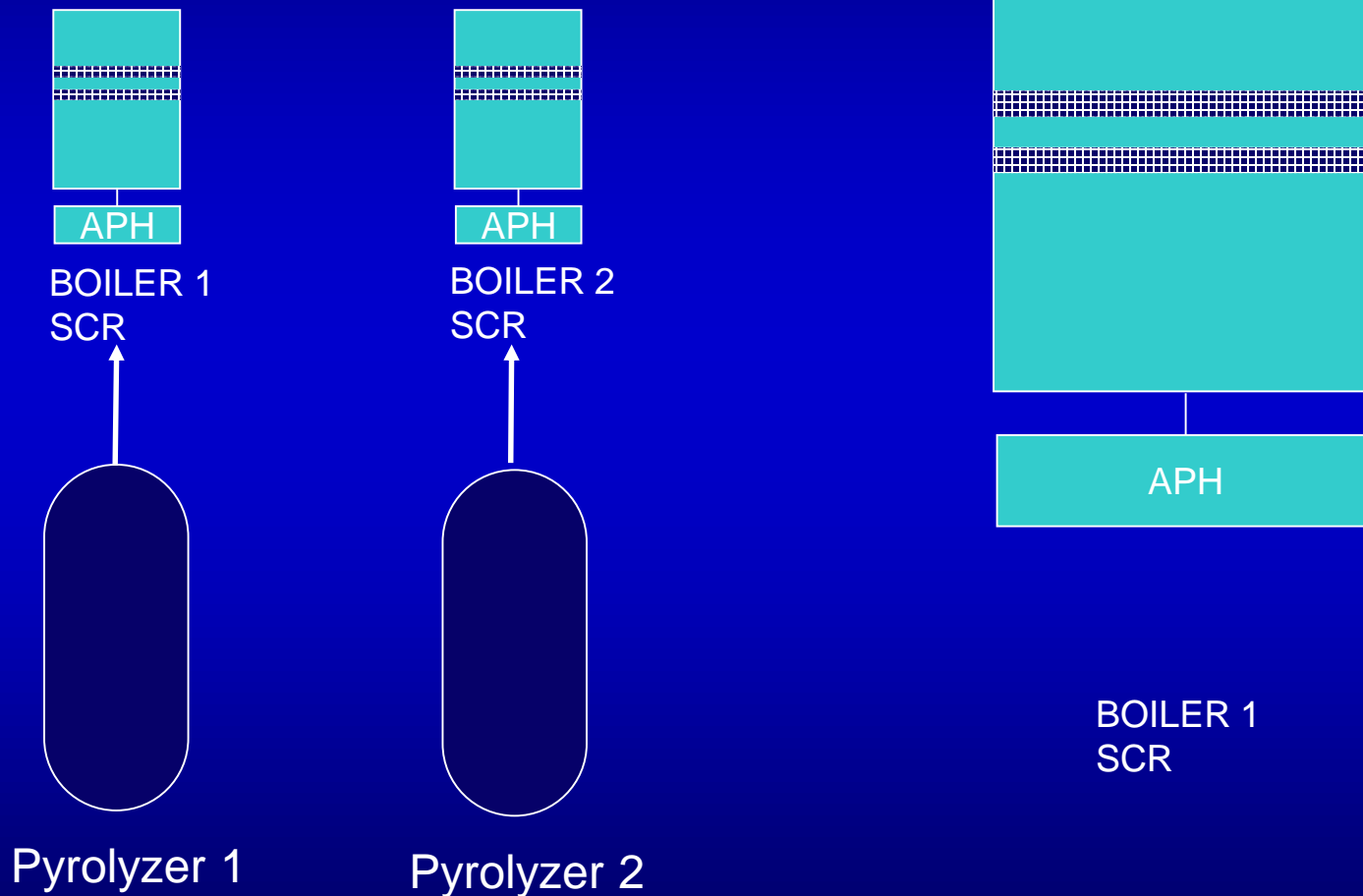
年度运行费用-6500小时运行



每一台锅炉将需要一台热解器



每一台锅炉将需要一台热解器



Summary总结

- **Operating Costs Should be Considered When Evaluating Technologies**
当评估一种技术时，运行费用应该作为重要的参考依据
- **Hydrolysis has Complete Conversion to Ammonia**
水解反应可以将尿素100%完全转化为可利用的氨
- **One Hydrolyzer Can Supply Multiple SCRs**
一台水解器可以同时供应满足多台SCR反应器的用氨量
- **Installation Costs May be More for Pyrolysis**
尿素热解的设备安装费用会比较高