



中国化学

中国五环工程有限公司

WUHUAN ENGINEERING CO., LTD.

全球化工程公司

全球工程公司

# 大型煤化工装置设计优化经验交流





<b>1</b>	<b>五环公司介绍&amp;煤气化业绩</b>
<b>2</b>	<b>物料综合利用</b>
<b>3</b>	<b>能量梯级利用</b>
<b>4</b>	<b>水系统分级分质优化</b>
<b>5</b>	<b>总图优化</b>
<b>6</b>	<b>数智工厂</b>

**PART**

**1**

**五环公司介绍&煤气化业绩**

## ■ 公司简介

- ◆ 位于湖北武汉，成立于1958年，前身是化工部第四设计院，现隶属于中国化学工程集团有限公司；
- ◆ 公司拥有工程设计综合甲级资质、石油化工施工总承包壹级资质、安全生产许可证和工程咨询、工程造价、工程监理等多项甲级资质，并享有对外工程咨询、工程设计及工程承包经营权；
- ◆ 首批获得全国AAA级信用企业资格的工程公司；
- ◆ 具有工程建设项目全过程承包和管理功能的国际型工程公司；
- ◆ 六十多年来，中国五环为中国化学工业的发展和腾飞做出了杰出贡献，在工程科技领域硕果累累：累计完成境内外3000余项大中型设计项目和300多项工程总承包项目，业务遍及国内30多个省、直辖市和全球30多个国家和地区。





## 发展历程



◆ “氮肥拳头”的形成，  
氮肥专业院

1958年  
建院

- 第一个在全国化工系统进行设计体制改革；
- 第一个在全国化工系统进行工程建设总承包；
- 第一批由设计院的事业单位企业化改革；
- 第一个成为拥有自己专利技术的化工工程公司。

1982年  
领先变革

◆ “磷肥拳头”的形成

2003年  
接轨市场高速发展

◆ 中国煤化工发展的排头兵

◆ 在突尼斯、越南、印尼、埃及、伊朗、俄罗斯、印度等国际市场硕果累累

2008年  
国际化发展

2016年  
二次创业/  
转型升级

- ◆ 成立环境工程事业部、长江大保护事业部
- ◆ 专业化、国际化、相关多元化发展战略

2019-2024年  
提质发展、  
创新发展

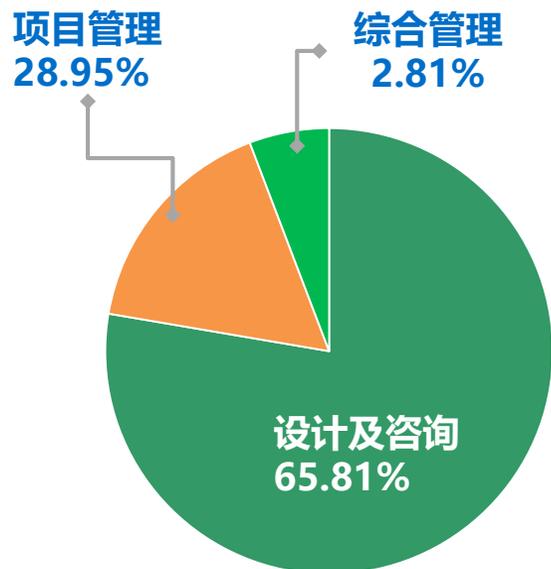


## ■ 人员结构： 公司现有员工1300余人。



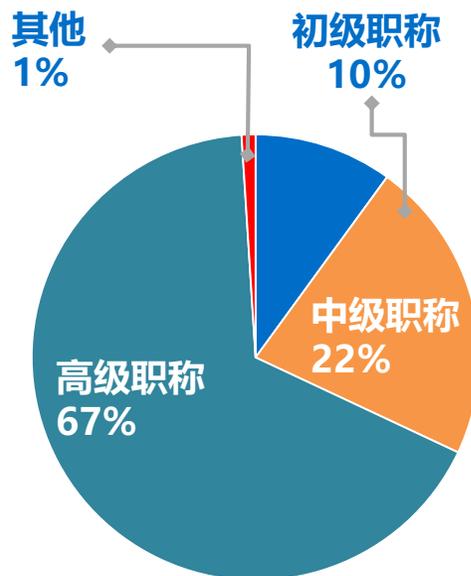
### 团队情况

行业设计大师4人



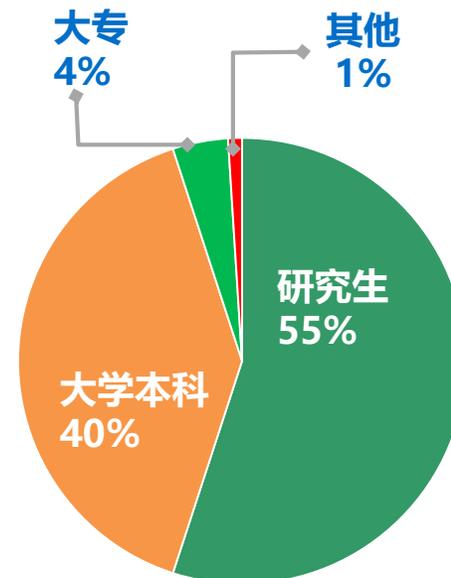
### 职称情况

初级/中级/高级



### 学历情况

专科/本科/研究生/博士



## ■ 业务领域

序号	主要业务领域
1	氨及氨加工
2	磷肥及磷化工
3	煤化工
4	天然气化工
5	轻烃综合利用
6	有机新材料、有机化工
7	氟硅化工
8	电子级化学品
9	油气储运
10	硫酸、硝酸和各种有机酸、无机酸

序号	主要业务领域
11	纯碱、烧碱、氯化工
12	新能源
13	高端精细化学品
14	城市煤气、液化石油气
15	环境工程、生态治理
16	农药
17	医药工程
18	供热、供电、供暖、供水
19	工业及民用建筑
20	工业园区基础设施

## ■ 业务范围-可为客户提供项目全生命周期的综合解决办法和工程服务



### □ 工程咨询 (I)

项目建议书、预可研、可研、环境影响评价等。

### □ 工程设计 (E)

总体院、总体设计、基础设计、详细设计等。

### □ 工程项目管理 (PMC)

### □ 项目总承包 (EPC)

EP+C, EPCM, EPCC, F+EPC, EPC+O&M等。

### □ 研发

新技术研发、工艺包开发、计算机软件开等。

### □ 投融资服务

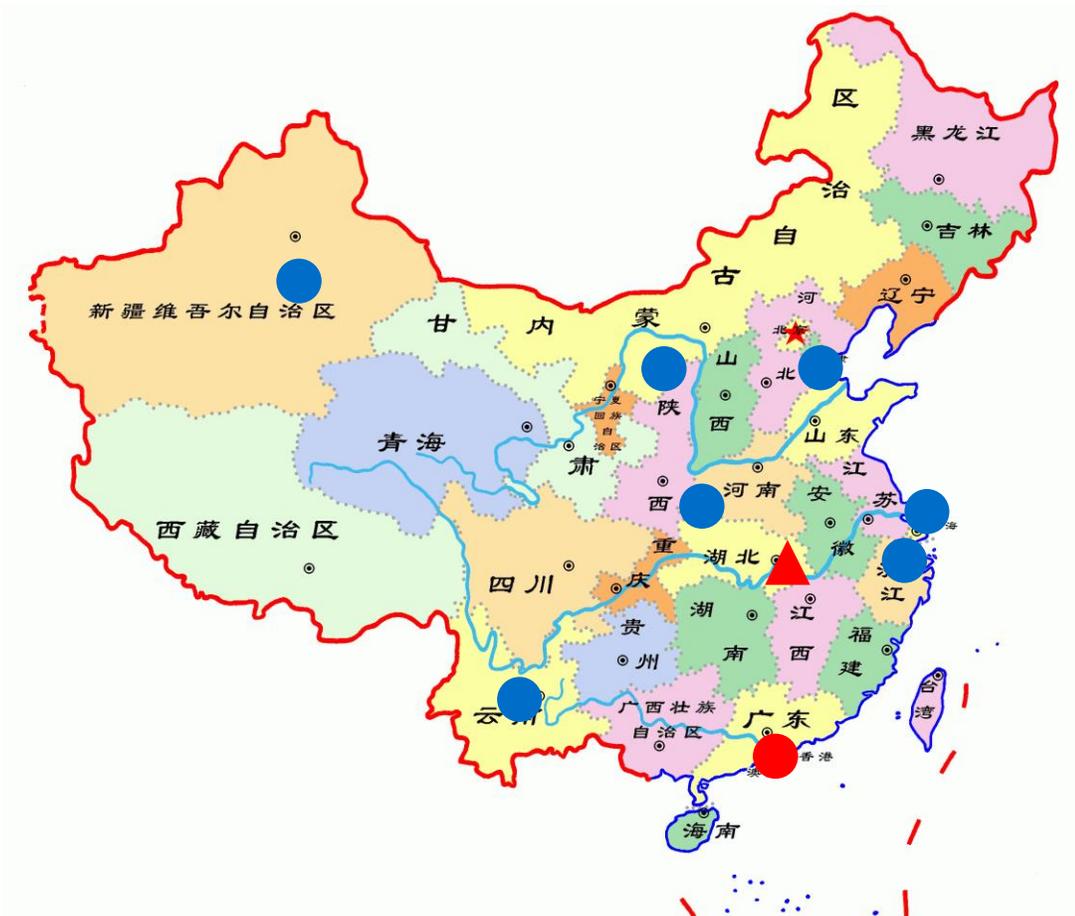
## ■ 技术创新能力：300余项专利、专有技术

序号	专利名称	专利号
1	一种二水法湿法磷酸生产工艺方法	ZL01138286.4
2	天然气饱和炉前补碳生产甲醇合成气的工艺方法及设备	ZL200610018565.8
3	低能耗CO <sub>2</sub> 汽提法尿素系统	ZL201320483707.3
4	一种高浓度一氧化碳二级变换方法	ZL200610018566.2
5	半水法湿法磷酸系统	ZL201620030903.9
6	改进的低能耗CO <sub>2</sub> 汽提法尿素工艺	ZL202210005318.3
7	一种水/气混合式全激冷的干粉燃料气化工艺及装置	ZL200810047878.5
8	一种水/气混合式部分激冷的干粉燃料气化工艺及装置	ZL200810047879.X
9	一种气流床煤气化高浓度一氧化碳变换的工艺方法	ZL201010528594.5
10	一种干煤粉气化装置灰水处理与循环利用系统	ZL201120310052.0

序号	专有技术	证书编号
1	高效合成、低能耗尿素工艺技术	ZYJS2020-011SR
2	50万吨/年甲醇合成装置工程设计技术	ZYJS2013-049S
3	一种褐煤预干燥技术	ZYJS2013-048S
4	高浓度CO变换工程设计技术	ZYJS2017-004SC
5	大型设备支撑转换技术	ZYJS2013-051S
6	新型半水-二水磷酸设计技术	ZYJS2013-050S
7	一种磷矿二段闭路磨矿制浆技术	ZYJS2013-053S
8	大型磷酸槽类搅拌装置设计技术	ZYJS2014-023SR
9	煤气化含氰废水处理设计技术	ZYJS2014-024SR
10	惰性气体粉煤加压给料工程设计技术	ZYJS2014-025SR



## 国内布局



湖北总部



广州分公司 (第二中心)



经营派出机构

□ 华东: 上海/南京

□ 西北: 西安/鄂尔多斯/乌鲁木齐

□ 西南: 昆明

由点到面

深耕发展



区域项目

全面带动

## ■ 多喷嘴水煤浆气化业绩

序号	工程名称	建设地点	公司名称	气化技术	产品方案	投产日期	概要说明
1	湖北三宁乙二醇项目	湖北宜昌	湖北三宁	多喷嘴	合成氨、乙二醇	2021.3	投煤量3×3000吨/日
2	湖北云华安合成氨改造项目	湖北武穴	湖北云华安	多喷嘴	合成氨	2021.10	投煤量2×1500吨/日
3	湖北新洋丰合成氨技改项目	湖北荆门	湖北新洋丰	多喷嘴	合成氨	2022.7	投煤量2×1500吨/日
4	湖北宏宜合成氨绿色改造升级项目	湖北应城	湖北宏宜	多喷嘴	合成氨	2023.5	投煤量2×1500吨/日
5	湖北新宜洁净煤加压气化多联产技改搬迁升级项目	湖北宜昌	湖北新宜	多喷嘴	合成氨	2023.12	投煤量3×1200吨/日
6	新型煤化工绿色新材料一体化循环产业链示范项目	江苏宜兴	灵谷新材料（江苏）有限公司	多喷嘴	合成氨、尿素	设计中	投煤量3×3000吨/日

## ■ 其它水煤浆气化业绩

序号	业主名称	气化技术	投煤量	工程规模	建设模式	建设状态/ 投产时间
1	内蒙古伊泰化工有限责任公司	多元料浆	3×1000t/d	120万吨/年 精细化学品	E	2017年
2	河南金大地化工有限责任公司	晋华炉	2×1500t/d	60万吨/合成氨	E	2021年
3	宁夏百川科技有限公司	AP炉	2×450t/d	22万吨/年丁辛醇	E	2022年
4	重庆湘渝盐化股份有限公司	晋华炉	2×750t/d	30万吨/合成氨	EPCC	2023年
5	安阳化学工业集团有限责任公司	晋华炉	2×1500t/d	40万吨/年合成氨	E	建设中
6	应城市新都化工有限责任公司	晋华炉	3×1500t/d	80万吨/合成氨	E	设计中
7	浙江卫星能源有限公司	晋华炉	3×900t/d	80万吨/年多碳醇装置 90万吨/年PDH装置 8万吨/年新戊二醇装置	E	设计中

## ■ 现代煤化工（干煤粉气化）业绩

序号	业主名称	气化技术	投煤量	工程规模	建设模式	建设状态/ 投产时间
1	云南沾化有限责任公司	SHELL	1×2700t/d	50万吨/年合成氨	EPC	2006年
2	中国神华煤制油化工有限公司	SHELL	2×2200t/d	2X313吨/天纯氢	EPC	2008年
3	河南中原大化集团有限责任公司	SHELL	1×2100t/d	50万吨/年甲醇	E	2008年
4	贵州天福化工有限责任公司	SHELL	1×2000t/d	30万吨/年合成氨 15万吨/年二甲醚 25万吨/年甲醇	总体院+ EPC	2008年
5	河南龙宇煤化工有限公司	SHELL	1×2100t/d	50万吨/年甲醇	E	2009年
6	天津渤海化工 有限责任公司天津碱厂	SHELL	2×2300t/d	30万吨/年合成氨 50万吨/年甲醇 3万吨/年聚甲醛	E	2009年

## ■ 现代煤化工（干煤粉气化）业绩

序号	业主名称	气化技术	投煤量	工程规模	建设模式	建设状态/ 投产时间
7	大唐国际发电股份有限公司	SHELL	3×2800t/d	46万吨/年烯烃	E	2009年
8	越南河北氮肥有限公司	SHELL	1×1300 t/d	30万吨/年合成氨 52万吨/年尿素	EPCC	2014年
9	呼伦贝尔金新化工有限公司	SHELL (下行水激冷)	1×1000 t/d	50万吨/年合成氨 80万吨/年尿素	EPC	2015年
10	神华宁夏煤业集团有限责任公司	神宁炉	4×2300t/d	煤制油	EP	2016年
11	宁夏鲲鹏清洁能源有限公司	神宁炉	2×3000t/d	40万吨/年乙二醇	E	2021年
12	印度Talcher公司	AP	2×3000 t/d	73万吨/年合成氨 127万吨/年尿素	EPC	建设中
13	赞比亚联合资本化化肥有限公司	航天炉	1×750 t/d	18万吨/年合成氨 30万吨/年尿素	EPC	设计中

## ■ 现代煤化工（循环流化床煤气化）业绩

序号	业主名称	气化技术	投煤量	工程规模	建设模式	建设状态/ 投产时间
1	济民可信（高安）清洁能源有限公司	黄台炉	16×600t/d	120亿方工业燃气/年	总体院+EPC	2020年
2	安阳瑞美达清洁能源有限公司	黄台炉	4×600t/d	24亿方工业燃气/年	E	2022年
3	林州凤宝管业有限公司	黄台炉	2×600t/d	10亿方工业燃气/年	E	2022年

**PART**

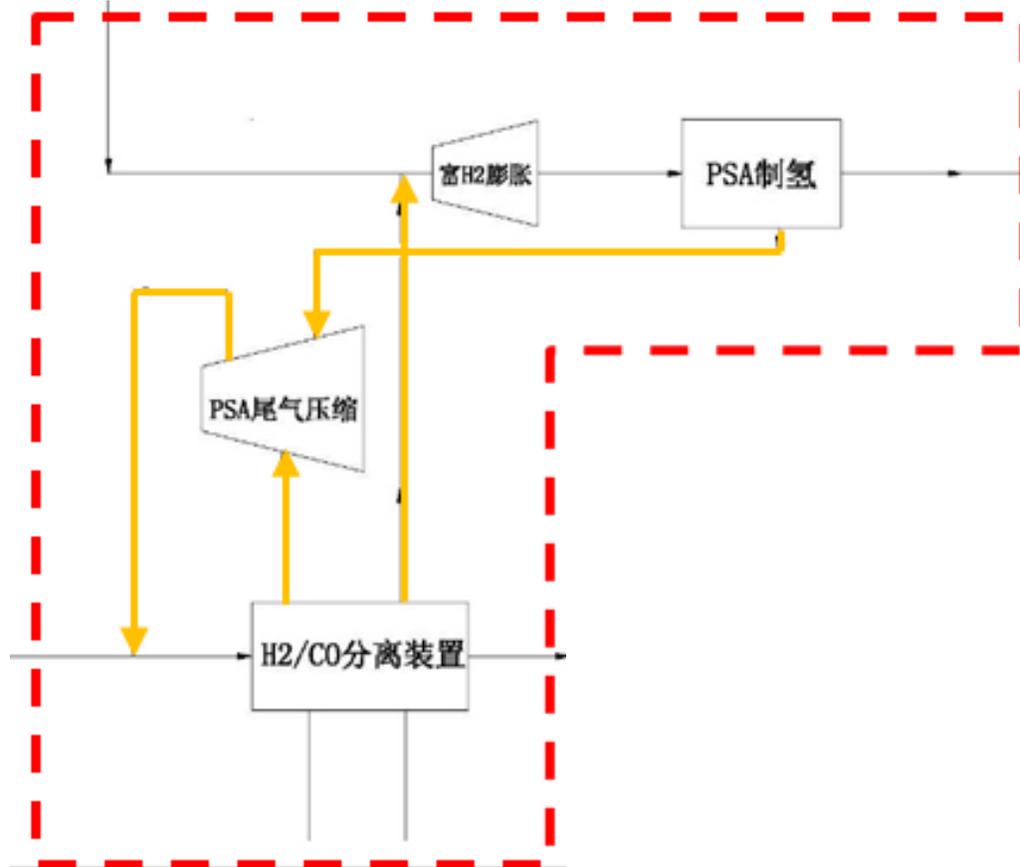
**2**

**物料综合利用**

- **中共中央 国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见\_2024.7.31**
- **国务院印发《2024—2025年节能降碳行动方案》\_2024.5.23**
- **工业和信息化部等六部门联合印发关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展**
- **工业重点领域能效标杆水平和基准水平（2023年版）**
- **《GB/T32151.10-2023 碳排放核算与报告要求 第10部分:化工生产企业》**
- **石化化工重点行业严格能效约束推动节能降碳行动方案2021-2025**
- **现代煤化工行业节能降碳改造升级实施指南**
- **合成氨行业节能降碳改造升级实施指南**
- **石化化工企业碳排放信息披露要求与实施指南\_2024征求意见稿**
- **。 。 。 。 。**

## 提高全厂有效气 (CO+H<sub>2</sub>) 回收利用效率

- 充分提高全厂有效气 (CO+H<sub>2</sub>) 回收利用效率
- 优化流程：来自CO深冷分离的富氢气送至PSA入口，将PSA解析气与CO深冷分离的闪蒸气经解析气压缩机加压至6.2MPaG送至CO深冷分离的入口；
- 优化效果：CO的回收利用率接近99%，仅有少量的CO和H<sub>2</sub>通过CO深冷分离的富甲烷气和富氮气放空。





## 液氮洗尾气利用方案

组份	mol%	Nm <sup>3</sup> /h
H <sub>2</sub>	8.49	449
CO	29.70	1570
CH <sub>4</sub>	2.52	134
N <sub>2</sub>	55.50	2934
Ar	3.79	200
Σ	100.00	5286
低位热值, kcal/Nm <sup>3</sup>	1330	
温度, °C	30	
压力, MPa(G)	0.2	

**方案1: 锅炉掺烧或直燃炉**

节约燃料煤1.5t/h (燃料煤热值4500kcal/kg)。

**方案2: PSA提CO**



组份	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	Ar
含量 mol%	80.0	1.0	0.1	16.9	2.0

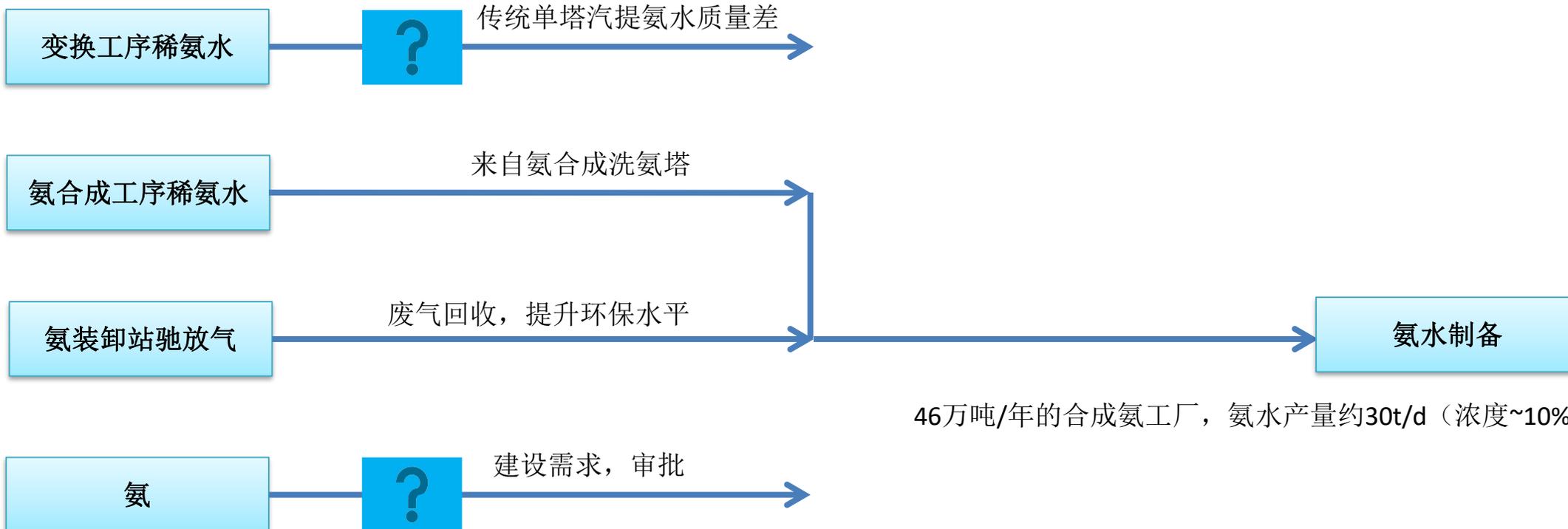
**产品气: 1766 Nm<sup>3</sup>/h, 压力: 0.005MPaG, CO回收率: 90%**

**产品气中的CO相当于原料煤0.9t/h (原料煤热值5600kcal/kg)。**

**电耗: 160kW, 冷却水: 70t/h, 低压蒸汽: 0.18t/h, 仪表气: 20Nm<sup>3</sup>/h**



## 尾气利用：氨水制备



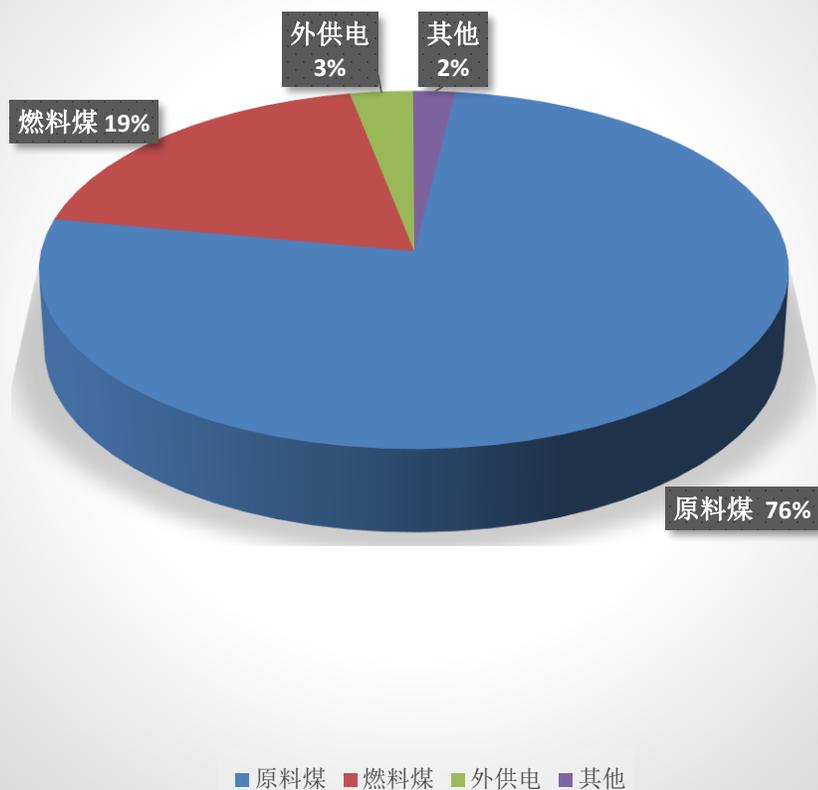
46万吨/年的合成氨工厂，氨水产量约30t/d（浓度~10%）

**PART**

**3**

**能量梯级利用**

### 典型吨氨能耗占比



- 工艺技术方案奠定了吨产品能耗的基础
- 公辅工程持续优化是节能降耗的重要举措
- 工厂安稳长满优运行是节能的根本保障



## ■ 气化废锅副产蒸汽利用

气化废锅副产的饱和蒸汽利用，通常有如下几个方案：

**一、方案1——产汽压力10.0MPa，通过锅炉过热至9.8MaG管网，作为驱动蒸汽（汽轮发电机/工艺压缩机透平）**

**优点：能量利用最优。**

**缺点：系统耦合相对复杂（副产饱和蒸汽过热方案——燃煤锅炉/燃气过热炉）。**

**二、方案2——产汽压力7.0MPa，减压至中压管网，作为工艺蒸汽**

**优点：能量利用次优，投资适中**

以下游联碱产品为例，3.5~4.0MPaG饱和蒸汽，重灰/轻灰煅烧用1.2-1.3吨蒸汽/吨碱，副产蒸汽一般可全部消纳。

**缺点：当气化废锅出现衰减时，主要通过锅炉负荷调节。**

**三、方案3——产汽压力7.0MPa，减压至中压管网，作为驱动蒸汽（例如中压饱和发电机）。**

**优点：可以通过中压饱和发电负荷变化适应气化废锅产汽量的不稳定，调节方便灵活，且投资适中**

**缺点：能量利用相对较差**

## ■ 气化废锅副产蒸汽利用

### ■ 实际对比案例—某80万吨/年合成氨（下游配套联碱、小苏打、尿素、复合肥）

项目	蒸汽利用方案1 (9.8MPa过热)	蒸汽利用方案2 (减压至3.5MPa饱和蒸汽)	蒸汽利用方案3 (减压至3.5MPa饱和蒸汽发电)
锅炉产汽量 (正常工况)	307.6t/h + (124t/h锅炉过热)	355.1t/h	367.4t/h
衰减工况下的调节方式	锅炉负荷调节	锅炉能力调节 或部分机组采用汽电双驱	发电负荷调节
能量利用效率	高	中	低
主要问题分析	气化、锅炉投资高，锅炉负荷波动大；如上高压透平发电机，存在核准问题	调节手段相比方案3，相对不灵活	应对气化副产蒸汽衰减调节灵活，能量利用相对较低

## ■ 气化废锅副产蒸汽利用

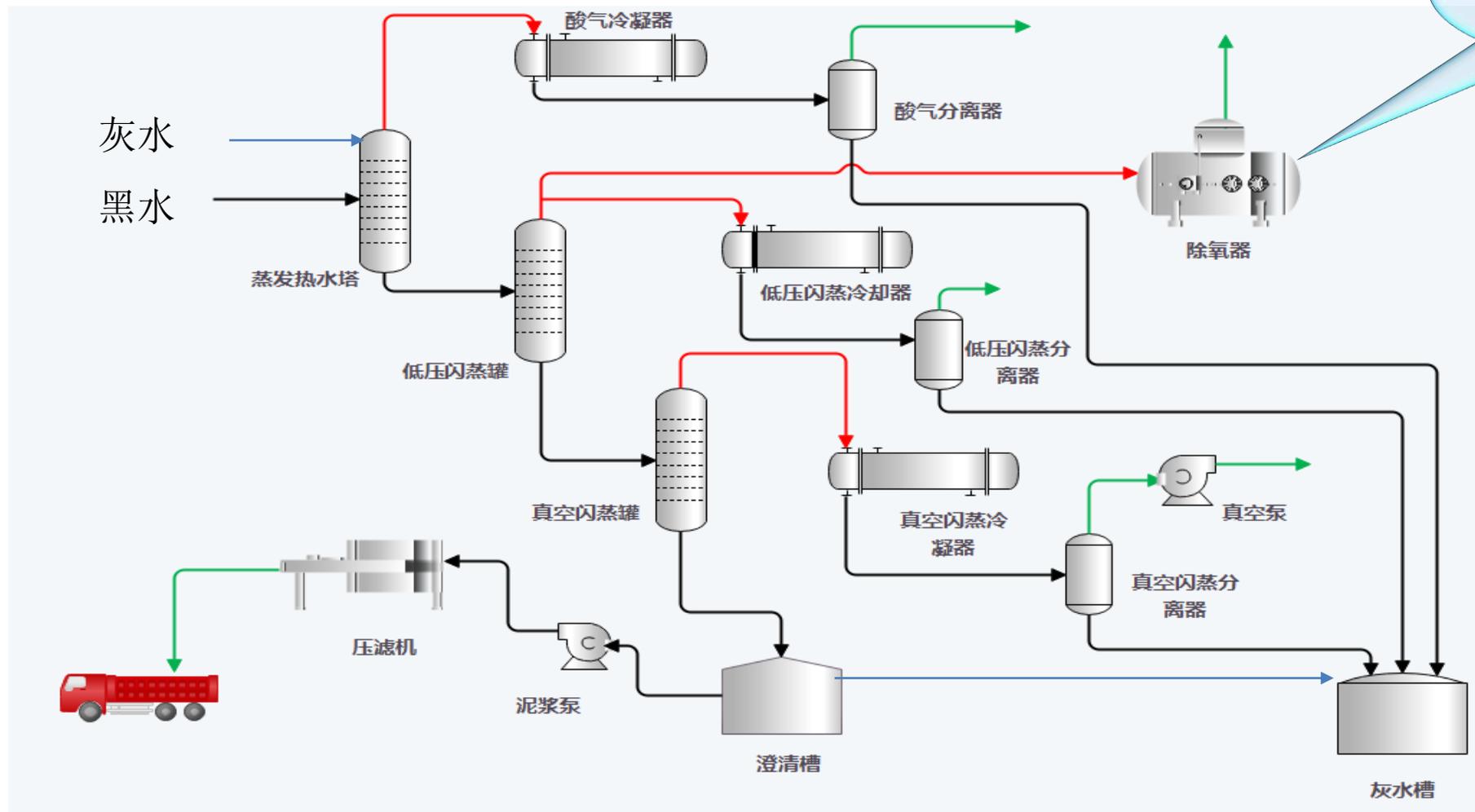
### ■ 实际对比案例—某80万吨/年合成氨（下游配套联碱、小苏打、尿素、复合肥）

	单位	蒸汽利用方案1 (9.8MPa过热)	蒸汽利用方案2 (减压至3.5MPa饱和蒸汽)	蒸汽利用方案3 (减压至3.5MPa饱和蒸汽和蒸汽发电)	备注
锅炉燃料煤消耗 (正常工况)	t/h	58.2	60.9	63.0	方案1已考虑过热 气化饱和蒸汽增加的 燃料煤消耗
燃料煤耗差异	%	基准	↑ 4.6%	↑ 8.2%	
能耗折标煤	tce/吨氨	基准	↑ 0.017	↑ 0.03	
吨氨成本差异	元/吨氨	基准	↑ 24	↑ 43	
CO <sub>2</sub> 排放量	万t/a	基准	↑ 3.3	↑ 5.9	

气化装置辐射废锅副产蒸汽减压至3.5MPa蒸汽管网作为工艺装置直接用汽时，吨氨成本增加**24.3元**，CO<sub>2</sub>排放量增加**3.3万吨/年**；减压至中压管网透平发电时，吨氨成本增加**43.2元**，CO<sub>2</sub>排放量增加**5.9万吨/年**。



## ■ 典型水煤浆气化灰水处理工序的高压、低压、真空闪蒸汽热量回收流程

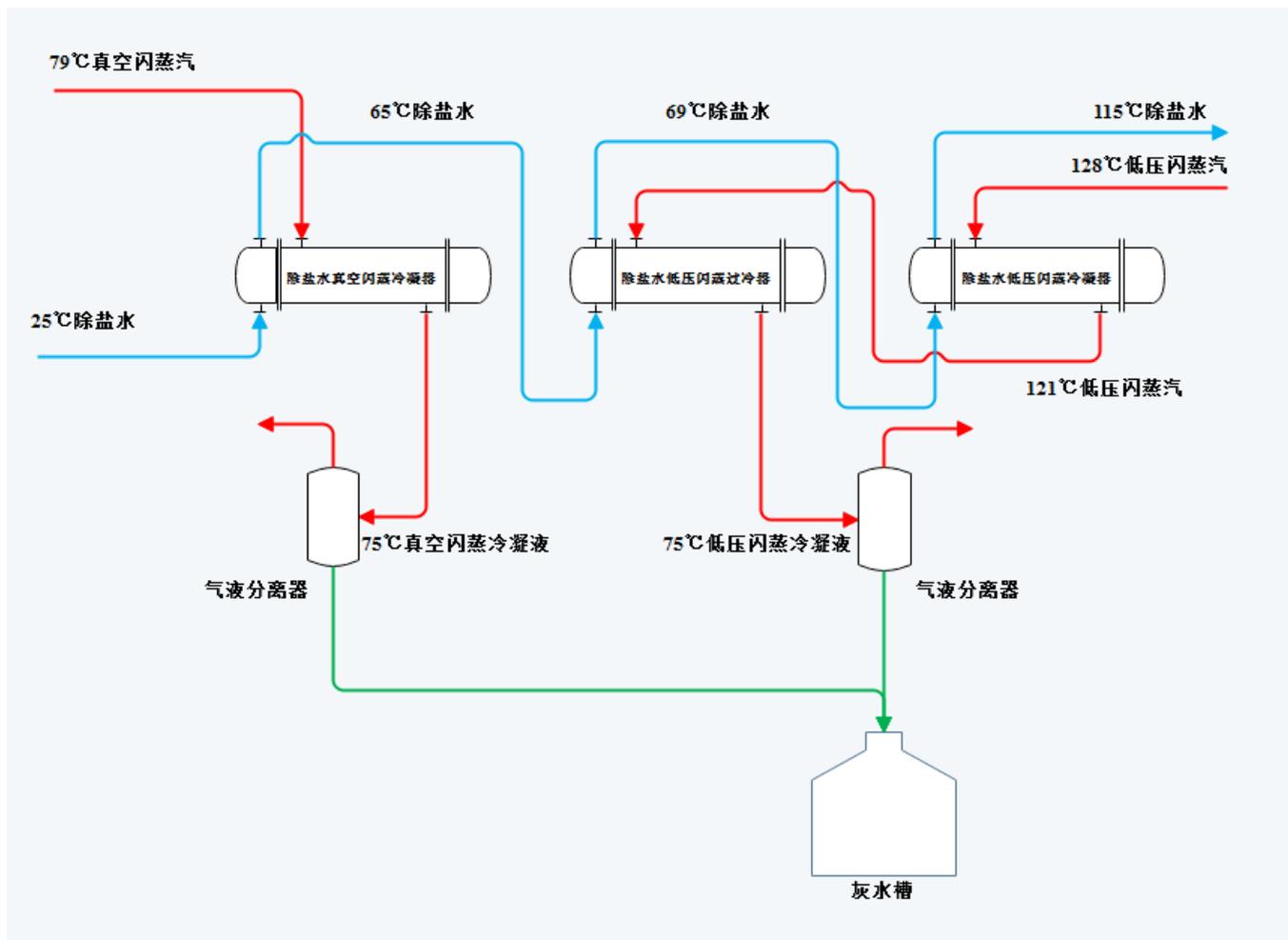


蒸汽放空  
除氧头堵塞

## ■ 水煤浆气化灰水处理工序的高压、低压、真空闪蒸汽热量回收方式优化

项目	规格	常见处理方式	优化方案
高压闪蒸汽	0.5-0.8MPag, ~160°C	与灰水换热	
低压闪蒸汽	0.15MPag, ~128°C	1 利用除氧器给预热循环灰水 2 循环冷却水冷却	1 ORC发电 2 吸收热泵制高品位蒸汽 3 副产更低等级蒸汽 4 预热除盐水
真空闪蒸汽	30-50KPaA, ~60°C-80°C	循环冷却水冷却	预热除盐水

## ■ 案例：多喷嘴水煤浆低压闪蒸汽和真空闪蒸汽预热除盐水（国内首次）



真空闪蒸汽参数：

进口压力：44KPaA

进口温度：79°C

流量：26t/h

低压闪蒸汽参数：

进口压力：250KPaA

进口温度：128°C

流量：31.8t/h

除盐水（园区供热锅炉）：

进口温度：25°C

出口温度：115°C

流量：360t/h

能量利用效率：~83%

## ■ 案例：多喷嘴水煤浆低压闪蒸汽和真空闪蒸汽预热除盐水（国内首次）

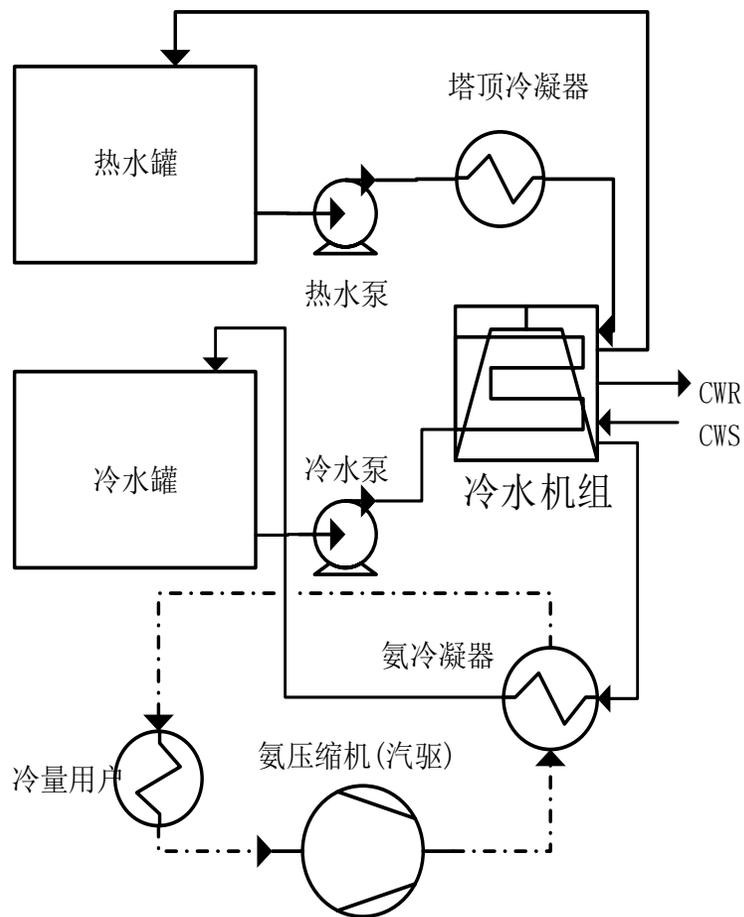
项目	单位	循环水冷却方案	预热除盐水方案	备注
循环冷却水	t/h	4100	/	
低压蒸汽 (0.5MPa,饱和)	t/h	57	/	注1
能耗折标煤	tce/吨氨	基准	↓ 0.056	
吨氨成本差异	元/吨氨	基准	↓ 72	
CO2排放量	万t/a	基准	↓ 8.3	

预热脱盐水方案节约循环水消耗4100t/h，折算年收益约656万元，节约低压蒸汽约57t/h，折算年收益约3648万元。合计年操作费用节省约4304万元。吨氨成本降低**72元**，年减排CO<sub>2</sub> **8.3万吨**。

注1：原方案低压蒸汽消耗考虑除盐水在除氧器内由25℃预热至115℃所需的低压蒸汽。

## 压缩制冷与吸收制冷组合节能

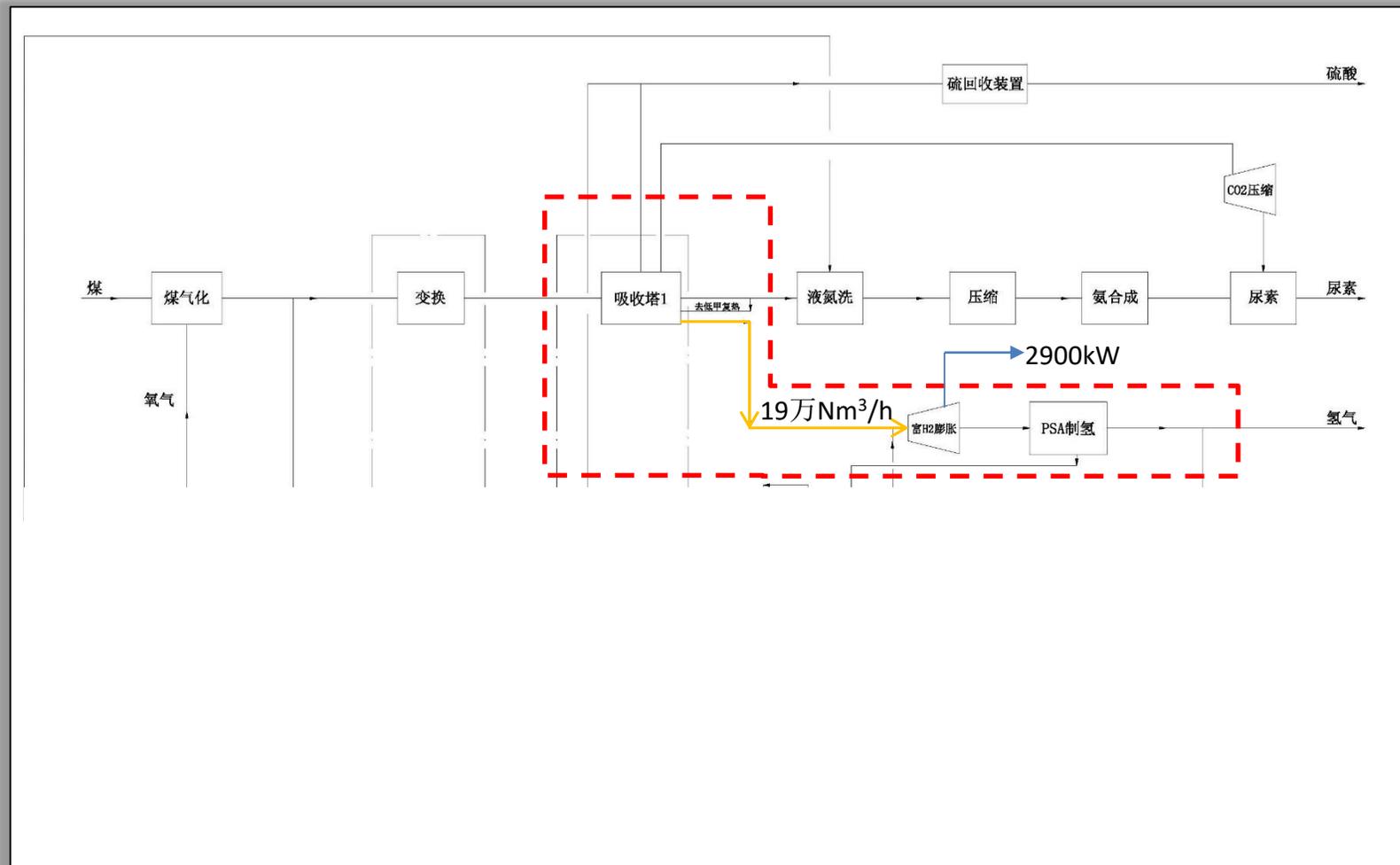
- 压缩制冷需要使用高压蒸汽或电能，适合于大制冷量场合。
- 吸收制冷有利于低位热能的综合利用。
- 利用低位余热吸收制冷冻水，用于压缩末级冷却，可以降低压缩机功率，有效降低运行成本。



典型项目	单位	优化前	优化后
循环冷却水,30-38°C		4294	3570
冷冻站	m <sup>3</sup> /h	3059	1383
乙二醇装置		1235	/
冷水机组	m <sup>3</sup> /h	/	2187
蒸汽消耗,4MPa,400°C	t/h	24.5	16.6
电耗		825	1001
循环冷却水折电耗	kw	825	686
冷冻水循环电耗	kw	/	225
热水循环电耗	kw	/	70
冷水机组电耗	kw	/	20


**富氢气膨胀机膨胀发电**（气化压力与后续产品需求有较大压差）

- **氢气膨胀机膨胀发电**，以充分回收来自甲醇洗的富氢气从5.8MPaG减压至3.2MPaG的能量；
- 为了尽可能多的发电，且确保PSA入口温度稳定，在进膨胀机前设置了富氢气加热器将富氢气加热至70℃后送入膨胀机。



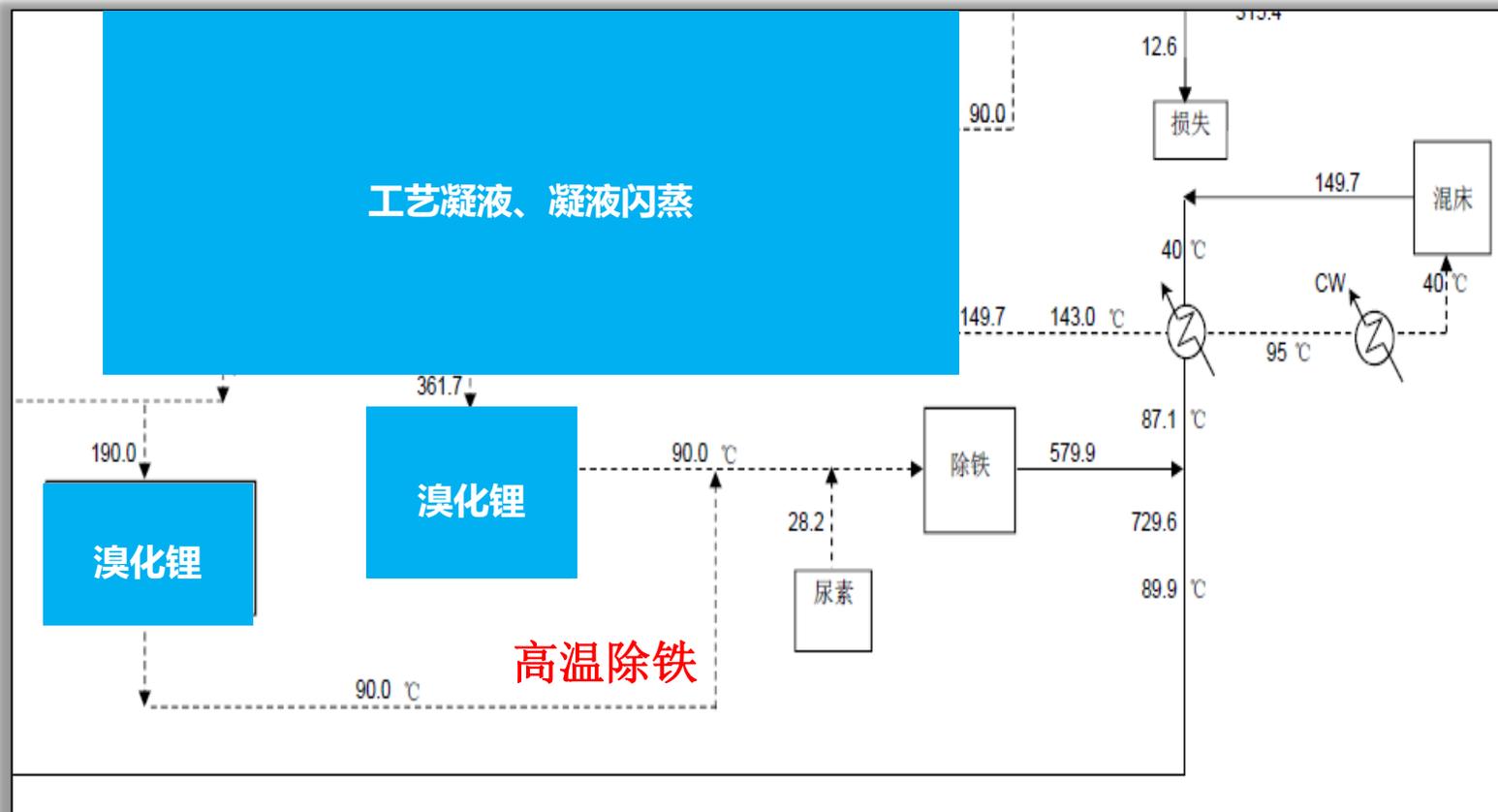
**PART**

**4**

# 水系统分级分质优化

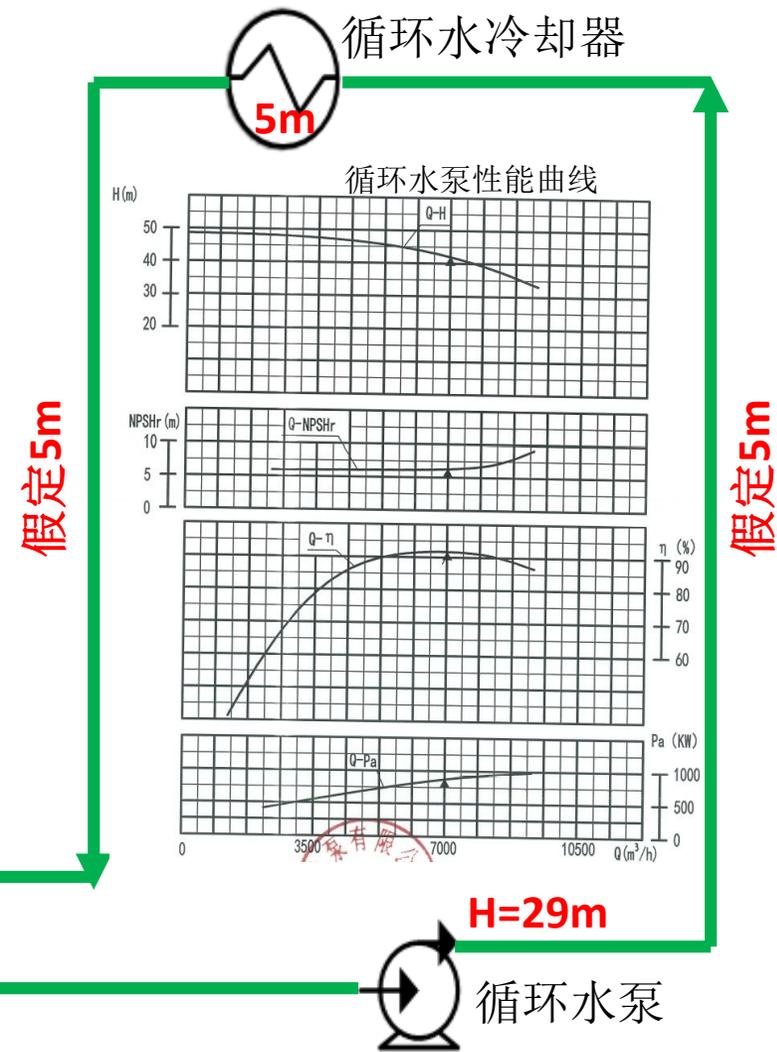
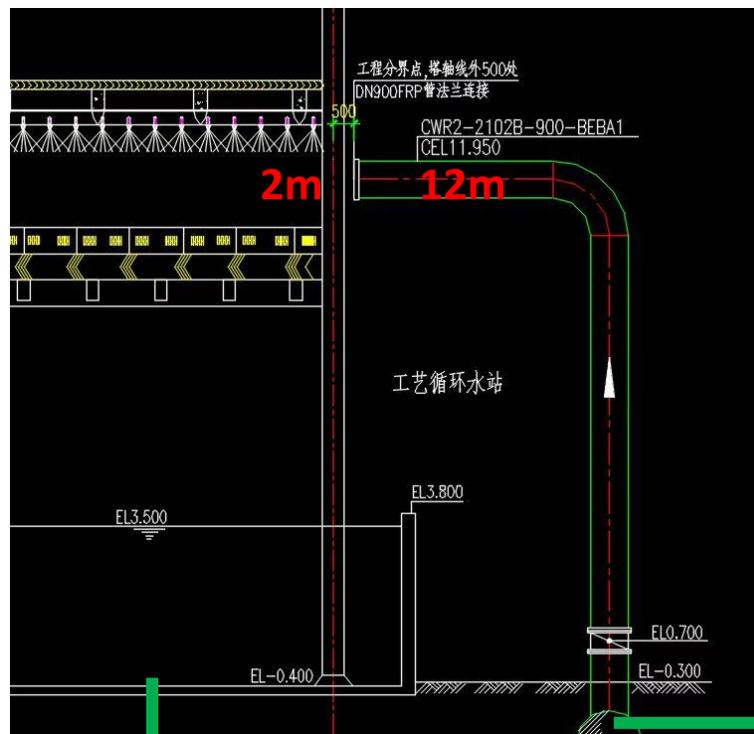

**蒸汽冷凝液处理**

- 蒸汽冷凝液的1/3去精制
- 蒸汽冷凝液的2/3直接高温除铁
- 减少冷凝液精制规模
- 降低冷凝液冷却和加热的热损失



## 循环水系统优化

- 循环水站分区设置，靠近用户；
- 按照用户对供水压力的不同要求，高压、低压分区供水，配置不同扬程的循环水泵；或局部用水增压，或降低循环水冷却器标高；
- 大小循环水泵设计(工况分析)



## 蒸发式冷却器应用

蒸发冷设备名称	进出口温度 (°C)	热负荷 (KW)	循环水消耗 ( $\Delta T=8^{\circ}\text{C}$ , t/h)
变换气水冷器	103/40	11209	1207
热再生塔顶冷凝器	91/46	3799	409
合成水冷器	86/42	15659	1686
氨冷凝器	50/40	23984	2583

- 年节水42万吨
- 年节电120万度

项目	单位	水冷器方案	蒸发冷方案
循环水 ( $\Delta T=8^{\circ}\text{C}$ )	t/h	5885	/
除盐水	t/h	/	35.7
电	KW	750	600
能耗折标煤	tce/吨氨	基准	-0.006
CO <sub>2</sub> 排放量	万t/a	基准	-0.89

**PART**

**5**

**总图优化**



- **通过联合布置, 节约占地, 缩短管线长度, 节能降耗**
- **在总图布置前期, 通过研究特殊管线走向, 优化装置间布置关系**
- **通过总图布置与装置设备布置之间的迭代调整, 理顺工艺物料走向和空间约束的关系, 节约占地**
- **关注定量安全风险分析对减小装置间距的作用**
- **确定固体物料输送和转运方案, 减少车辆在厂区内的行进距离和往返次数**

**PART**

**6**

**数智工厂**



中国化学

中国五环工程有限公司

WUHUAN ENGINEERING CO., LTD.

- 通过仪表设计统一规定，确定检测仪表和控制阀的技术要求
- 建议进一步扩大电动阀门应用范围，降低装置操作员的劳动负荷
- 配合数字化工厂建设，完成在线检测仪表的分类分级优化定义
- 通过设备和流程优化，进一步提升装置自动化水平，特别是开停车过程的自动化水平
- 持续推进控制系统逻辑优化，提升装置可靠性和安全水平



中国五环官方微信号

**中国五环工程有限公司**  
WUHUAN ENGINEERING CO.,LTD.

**创建精品工程  
成就客户事业**