

化工节能过程集成与资源利用
创新平台项目
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：河北工业大学

编制单位：河北工业大学

二〇二四年四月

表一

建设项目名称	化工节能过程集成与资源利用创新平台项目				
建设单位名称	河北工业大学				
建设项目性质	新建	改扩建 <input checked="" type="checkbox"/>	技改	迁建	
建设地点	天津市红桥区光荣道8号				
主要产品名称	/				
设计生产能力	本项目仅对相关设备、装置及技术方案进行优化、研究，最终将优化的技术和设备向工业化生产推广与应用，无实体产品				
实际生产能力	本项目仅对相关设备、装置及技术方案进行优化、研究，最终将优化的技术和设备向工业化生产推广与应用，无实体产品				
建设项目环评时间	2016年6月	开工建设时间	2016年8月		
调试时间	2024年3月	验收现场监测时间	2024年4月2日~4月3日		
环评报告表审批部门	天津市红桥区行政审批局	环评报告表编制单位	天津天发源环境保护事务代理中心有限公司		
环保设施设计单位	/	环保设施施工单位	/		
投资总概算(万元)	8122	环保投资总概算(万元)	30	比例(%)	0.37
实际总概算(万元)	8122	环保投资(万元)	35	比例(%)	0.43
验收监测依据	<p>(1) 《建设项目环境保护管理条例》(国令第682号), 2017年10月1日起施行;</p> <p>(2) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号), 2017年11月20日;</p> <p>(3) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》(公告2018年第9号), 2018年5月16日;</p> <p>(4) 《污染影响类建设项目重大变动清单(试行)》(环办环评函〔2020〕688号), 2020年12月13日;</p> <p>(5) 《化工节能过程集成与资源利用创新平台项目环境影响报告表》, 天津天发源环境保护事务代理中心有限公司, 2016</p>				

	<p>年6月；</p> <p>(6) 《关于化工节能过程集成与资源利用创新平台项目环境影响报告表的审批意见》(津红审投环许(2016)8号)，天津市红桥区行政审批局，2016年7月4日；</p> <p>(7) 其他相关工程资料。</p>																																												
<p>验收监测评价标准、标号、级别、限值</p>	<p>(1) 废水</p> <p>——废水污染物执行《污水综合排放标准》(DB12/356-2018)三级标准，详见下表。</p> <p style="text-align: center;">表 1-1 废水污染物排放标准</p> <table border="1" data-bbox="491 792 1401 1290"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>指标</th> <th>单位</th> <th>标准限值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>pH</td> <td>无</td> <td>6~9</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>SS</td> <td>mg/L</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>BOD₅</td> <td>mg/L</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>COD_{cr}</td> <td>mg/L</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>氨氮</td> <td>mg/L</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>总磷</td> <td>mg/L</td> <td>8.0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>总氮</td> <td>mg/L</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 废气</p> <p>校内(实验室建筑外)非甲烷总烃执行《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2020)表2“其他行业”限值；厂界处非甲烷总烃执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2中相应的限值；厂界处乙酸乙酯和臭气浓度执行《恶臭污染物排放标准》(DB12/059-2018)。</p> <p style="text-align: center;">表 1-2 废气污染物排放标准限值</p> <table border="1" data-bbox="491 1727 1401 2022"> <thead> <tr> <th>污染因子</th> <th>浓度限值(mg/m³)</th> <th>标准来源</th> <th>备注</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">NMHC</td> <td>2^①</td> <td rowspan="2">《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2020)</td> <td rowspan="2">实验室建筑外</td> </tr> <tr> <td>4^②</td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td>《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)</td> <td>厂界处</td> </tr> </tbody> </table>	序号	指标	单位	标准限值	1	pH	无	6~9	2	SS	mg/L	400	3	BOD ₅	mg/L	300	4	COD _{cr}	mg/L	500	5	氨氮	mg/L	45	6	总磷	mg/L	8.0	7	总氮	mg/L	70	污染因子	浓度限值(mg/m ³)	标准来源	备注	NMHC	2 ^①	《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2020)	实验室建筑外	4 ^②	4.0	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)	厂界处
序号	指标	单位	标准限值																																										
1	pH	无	6~9																																										
2	SS	mg/L	400																																										
3	BOD ₅	mg/L	300																																										
4	COD _{cr}	mg/L	500																																										
5	氨氮	mg/L	45																																										
6	总磷	mg/L	8.0																																										
7	总氮	mg/L	70																																										
污染因子	浓度限值(mg/m ³)	标准来源	备注																																										
NMHC	2 ^①	《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2020)	实验室建筑外																																										
	4 ^②																																												
	4.0	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)	厂界处																																										

乙酸乙酯	3.0	《恶臭污染物排放标准》 (DB12/059-2018)	厂界处
臭气浓度	20(无量纲)		
注：①为监控点处 1h 平均浓度值； ②监控点处任意一次浓度值。			

(3) 噪声

根据《天津市声环境功能区划（2022 年修订版）》（津环气候〔2022〕93 号），项目所在区域属于 1 类声环境功能区，声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 1 类标准限值。项目选址区域光荣道、勤俭道、丁字沽一号路、丁字沽北大街为城市道路交通干线，其两侧 50m 范围内执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 4a 类标准限值。综上，本项目运营期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 1 类、4 类标准限值，详见下表。

表 1-1 工业企业厂界环境噪声排放标准

标准限值 dB (A)		标准来源
昼间	夜间	
70	55	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）
55	45	

(4) 固体废物

- 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）
- 《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025-2012）

表二

工程建设内容

2.1 项目概况

为解决化工突出问题、提供关键节能技术支撑、带动新型节能环保技术资源综合利用等方向的发展，河北工业大学（以下简称“我单位”）投资建设“化工节能过程集成与资源利用创新平台项目”，该项目集合化学原理楼、中试车间的现有实验室及设备，同时利用教材科库房现有建筑场地新增配置相关设备进行创新平台建设。该平台主要包括节能热耦合塔设备集成、高效催化剂与反应精馏集成、化工过程集成与能量优化、生物质及海水资源综合利用、工程试验基地等五个技术方向的相应设施，依托化工楼仪器分析中心进行检测，以支撑其设备研发与优化的科学研究工作。

2016年6月，我单位委托天津天发源环境保护事务代理中心有限公司编制完成了《化工节能过程集成与资源利用创新平台项目环境影响报告表》，并于2016年7月4日取得了天津市红桥区行政审批局《关于对化工节能过程集成与资源利用创新平台项目环境影响报告表的审批意见》（津红审投环许〔2016〕8号）。本项目于2016年8月开工建设，并按环评报告表及批复有关要求，完善了环保措施，现项目已经建设完成。本次验收范围为：河北工业大学“化工节能过程集成与资源利用创新平台项目”整体竣工环保验收。

2.2 项目主要工程内容

本项目选址于河北工业大学红桥校区的东院和北院，利用学校现有的化工原理楼、中试车间等的实验室及设备，同时利用教材科库房现有建筑场地并增置设备建设创新平台。其中心坐标为（117.168556°E，39.178788°N）。项目地理位置及验收范围内的平面布置等详见附图。

项目主要工程内容及布置情况详见下表：

表 2-1 项目主要工程内容一览表

序号	工程名称	位置		备注
		环评阶段	验收阶段	
1	节能热耦合塔设备集成技术	东院化工原理楼 105室和教材科 库房	同环评阶段一致	/

2	高效催化剂与反应精馏集成技术	反应精馏理论基础的研究	东院化工原理楼 208 室	同环评阶段一致	/
		高效反应精馏设备的流体力学	东院化原楼 1 楼塔房 (2.2、2.3 与 5 工程试验基地在一个空间内)	同环评阶段一致	/
		立体催化精馏塔板反应量的研究		同环评阶段一致	
3	过程集成与能量优化		东院化工原理楼 107 室	同环评阶段一致	
4	生物质及海水资源综合利用技术	生物质资源利用	东院化工原理楼 310 室	东院化工原理楼 208 室	该实验位置由 310 室调整至 208 室, 310 室调整为会议室
		海水资源利用	北院中试车间	同环评阶段一致	/
5	工程试验基地		东院化原楼 1 楼塔房	同环评阶段一致	/
6	办公区		东院化工原理楼 205 室、303 室、305 室、307 室、309 室、311 室	同环评阶段一致	/

表 2-2 项目主要工程组成一览表

项目组成	工程内容		备注	
	环评阶段	验收阶段		
主体工程	<ul style="list-style-type: none"> ▶利用学校现有的化工原理楼、中试车间等的实验室及设备, 利用教材科的空库房并增置设备建设创新平台, 主要包括节能热耦合塔设备集成、高效催化剂与反应精馏集成、化工过程集成与能量优化、生物质及海水资源综合利用、工程试验基地等五个技术方向。 	利用学校现有的化工原理楼、中试车间等的实验室及设备, 利用教材科的空库房并增置设备建设创新平台, 主要包括节能热耦合塔设备集成、高效催化剂与反应精馏集成、化工过程集成与能量优化、生物质及海水资源综合利用、工程试验基地等五个技术方向。	主要实验内容同环评阶段一致, 其中生物质资源综合利用实验由环评阶段的东院化工原理楼 310 室调整至该楼 208 室	
公用工程	给水	<ul style="list-style-type: none"> ▶新鲜水源引自市政供水管网; ▶海水: 实验用海水部分来源于天然海水 (渤海), 部分为模拟海水。 	同环评一致	/
	排水	<ul style="list-style-type: none"> ▶采用雨污分流, 雨水排入市政雨水管网。本项目浓海水软化废水为清净下水, 经收集后排入市政污水管网, 最终进入咸阳路污水处理厂处理。 	同环评一致	/

	供电	➤电源引自市政电网。	同环评一致	/
	采暖及制冷	➤冬季采暖来源为学校锅炉房，夏季制冷均采用空调。	同环评一致	/
环保工程	废气	➤实验室废气经换风系统以无组织形式排放。	同环评一致	/
	废水	➤本项目实验过程中产生的浓海水软化废水经总排口排入市政污水管网，最终进入咸阳路污水处理厂处理。	同环评一致	/
	固废	➤实验室有机废液为危险废物，经收集后依托现有危险废物暂存间内存放，交由天津合佳威立雅环境服务有限公司处理。	同环评一致。	/
	噪声	➤合理布局，选取低噪声设备，建筑隔声，安装减振基垫等措施。	同环评一致	/

由上表可知，相较环评阶段，验收阶段主要实验内容同环评阶段一致，发生的变化主要为生物质资源利用实验由东院化工原理楼 310 室调整至该楼 208 室，主要是由于项目建设过程中对项目涉及的各项实验布置进行了优化调整。

2.3 主要实验设备

表 2-3 主要实验设备一览表

工程	位置	设备名称	规格型号	数量 (台/套)		变化情况	
				环评阶段	验收阶段		
节能热耦合塔设备 集成技术	东院化工 原理楼 105 室	冷阱	CKDC-3006	2	2	/	
		调压器	TDGC ₂ -0.5kVA	5	5	/	
		回流比控制器	XHHL-BK	3	3	/	
		液相分配比控制器	XHHL-BK	3	3	/	
		温度显示器	XMTD-908	20	20	/	
		转子流量计	LZB-3	10	10	/	
		分析天平	JJ224-BC	1	1	/	
		热电偶	WZP-230F	20	20	/	
		气象色谱仪	SP-3420	1	1	/	
		1m 玻璃塔柱	φ 35×2.5mm	2	2	/	
		0.3 m 玻璃塔柱	φ 50×2.5mm	2	2	/	
	⊙ 环填料	φ 3mm×2.5mm	1.5L	1.5L	/		
	东院教材 科库房	精馏实验装置	BJLT-B	3	3	/	
吸收与解吸实验装置		BTXS-BC	3	3	/		
循环风道干燥实验装置		BDZG-B	3	3	/		
高效催	反应精馏	东院化工	气象色谱仪	SP-3400	1	/	

工程	位置	设备名称	规格型号	数量 (台/套)		变化情况	
				环评阶段	验收阶段		
化剂与反应精馏集成技术	理论基础的研究	原理楼 208 室	四口烧瓶	500mL	1	1	/
			恒温水浴	SY-601 型	1	1	/
			搅拌器	DJ-1 型	1	1	/
			分析天平	TC328A 型	1	1	/
			温度显示仪	XMTD-908	2	2	/
			热电偶	WZP-230F	2	2	/
高效反应精馏设备的流体力学	东院化原楼 1 楼塔房	有机玻璃实验塔	600mm	1	1	/	
		蝶阀	D7A1X5-10ZB1	10	10	/	
		球阀	Q41F	10	10	/	
		鼓风机	9-1LgNO.6.3	1	1	/	
		流量计	LZB-15	2	2	/	
		离心泵	50-32-125	2	2	/	
立体催化精馏塔板反应量的研究	东院化原楼 1 楼塔房	四口烧瓶	500mL	1	1	/	
		磁力搅拌器加热槽	SY-601 型	1	1	/	
		温度显示仪	XMTD-908	5	5	/	
过程集成与能量优化	东院化原楼 1 楼塔房	转子流量计	LZB-15	10	10	/	
		热电偶	WZP-230F	5	5	/	

工程	位置	设备名称	规格型号	数量 (台/套)		变化情况	
				环评阶段	验收阶段		
	东院化工原理楼 107 室	调压器	TDGC ₂ -0.5kVA	5	5	/	
		回流比控制器	XHHL-BK	5	5	/	
		温度显示器	XMTD-908	20	20	/	
		转子流量计	LZB-3	10	10	/	
		分析天平	JJ224-BC	1	1	/	
		气相色谱仪	SP-3420	1	1	/	
		1.5m 玻璃塔柱	φ 35×2.5mm	3	3	/	
		可调速蠕动泵	KCP-S10	3	3	/	
		循环水真空泵	SHD-Z	1	1	/	
		热电偶	WZP-230F	3	3	/	
生物质及海水资源综合利用技术	东院化工原理楼 310 室	高速离心机	H/T16MM	1	1	验收阶段布置于东院化工原理楼 208 室	
		超声波清洗机	SB-5200D	1	1		
		真空干燥箱	DZF	1	1		
		真空泵	2XZ-2	1	1		
		磁力搅拌器	台式	1	1		
	海水资源利用	北院中试车间	沸石柱	φ 300×500	90	90	/
			海水储罐	φ 5000×3000	2	2	/

工程	位置	设备名称	规格型号	数量 (台/套)		变化情况	
				环评阶段	验收阶段		
工程实验基地		储罐	Φ 1000×2000	7	7	/	
		化盐池	Φ 1500×1000	14	14	/	
		离心泵	50-32-125	1	1	/	
		电加热锅炉	KE-DRY	1	1	/	
		恒温搅拌器	DF-101S	1	1	/	
	内部热耦合塔	东院化原楼 1 楼塔房	摆线齿轮泵	CB-B	1	1	/
			转子流量计	LZB-15	1	1	/
			冷水槽	1200mm×600mm ×800mm	1	1	/
			气体过热器	壳程 219×455	1	1	/
			活塞式压缩机	ZW-2.0/2.5	1	1	/
			摆线齿轮泵	BB-B	1	1	/
			转子流量计	LZB-40	1	1	/
			压力表	-0.1~0.25Mpa	5	5	/
			无纸记录仪	STB-400	40 通道	40 通道	/
	内部热耦合精馏塔	Φ 317×4300	1	1	/		
乙醇回收	东院化原	乙醇回收塔	Φ 123×3000	2	2	/	

工程	位置	设备名称	规格型号	数量 (台/套)		变化情况		
				环评阶段	验收阶段			
塔	楼 1 楼塔房	塔顶再沸器	列管容积 14L, 传热面积 0.9m ² , 夹套容积 16L 传热面积 0.26 m ²	2	2	/		
		冷凝器	板式 BR005 传热面积 0.65m ²	1	1	/		
		进料泵	CSB-7	1	1	/		
		原料液贮槽	680×480×340mm	1	1	/		
		塔釜产品贮槽	525×480×340mm	1	1	/		
		塔顶产品贮槽	525×285×285mm	1	1	/		
		流量计	LZB-6	3	3	/		
			LZB-10	2	2	/		
			LZB-25	1	1	/		
		压力表	0~0.6Mpa	1	1	/		
		压力表	0~0.06Mpa	1	1	/		
		风机	9-LgNO6.3	10	10	/		
		直径 2600mm 冷模试验塔	东院化原楼 1 楼塔房	蝶阀	D7A1X5-10ZB1	10	10	/
				涡轮流量计	LYW-4	2	2	/
离心式管道泵	ISG32-125			1	1	/		

工程	位置	设备名称	规格型号	数量 (台/套)		变化情况	
				环评阶段	验收阶段		
			ISG32-110	1	1	/	
			ISG80-100	1	1	/	
		皮托管	L 型	1	1	/	
		电动蝶阀	Z1DJW-10K	1	1	/	
		φ 2600mm 半圆试验塔	φ 2600mm×2400mm	1	1	/	
	直径 1200mm 冷模试验 塔	东院化原 楼 1 楼塔 房	蝶阀	D7A1X5-10ZB1	7	7	/
			温度传感器	YLSS-1	2	2	/
			热膜风速仪	IFA300	1	1	/
			温度计	40~100℃	3	3	/
			φ 1200mm 不锈钢试验塔	φ 1200mm×2900mm	1	1	/
直径 600mm 冷模试验 塔	东院化原 楼 1 楼塔 房	蝶阀	D7A1X5-10ZB1	6	6	/	
		微型补偿压差计	JM9	2	2	/	
		旋涡气泵	HG-1100	1	1	/	
		皮托管	L 型	1	1	/	
		离心式管道泵	ISG32-125、ISG80-100	2	2	/	
		储水槽	61cm×100cm×85cm	1	1	/	
		转子流量计	LZB-DN40	1	1	/	

工程	位置	设备名称	规格型号	数量（台/套）		变化情况
				环评阶段	验收阶段	
			LZB-DN80	1	1	/
		微型补偿压差计	JM9	2	2	/

本项目验收阶段主要实验设备数量同环评阶段一致。

2.4 项目变动情况

综上，在本项目验收范围内，工程主要建设场地、工程建设内容等与环评阶段基本一致，其中，发生的变化主要为生物质资源综合利用实验的布置由环评阶段的东院化工原理楼 310 室调整至该楼的 208 室。

经对照《污染影响类建设项目重大变动清单》（试行），在本项目验收范围内，工程发生的变动不属于重大变动。

原辅材料消耗及水平衡

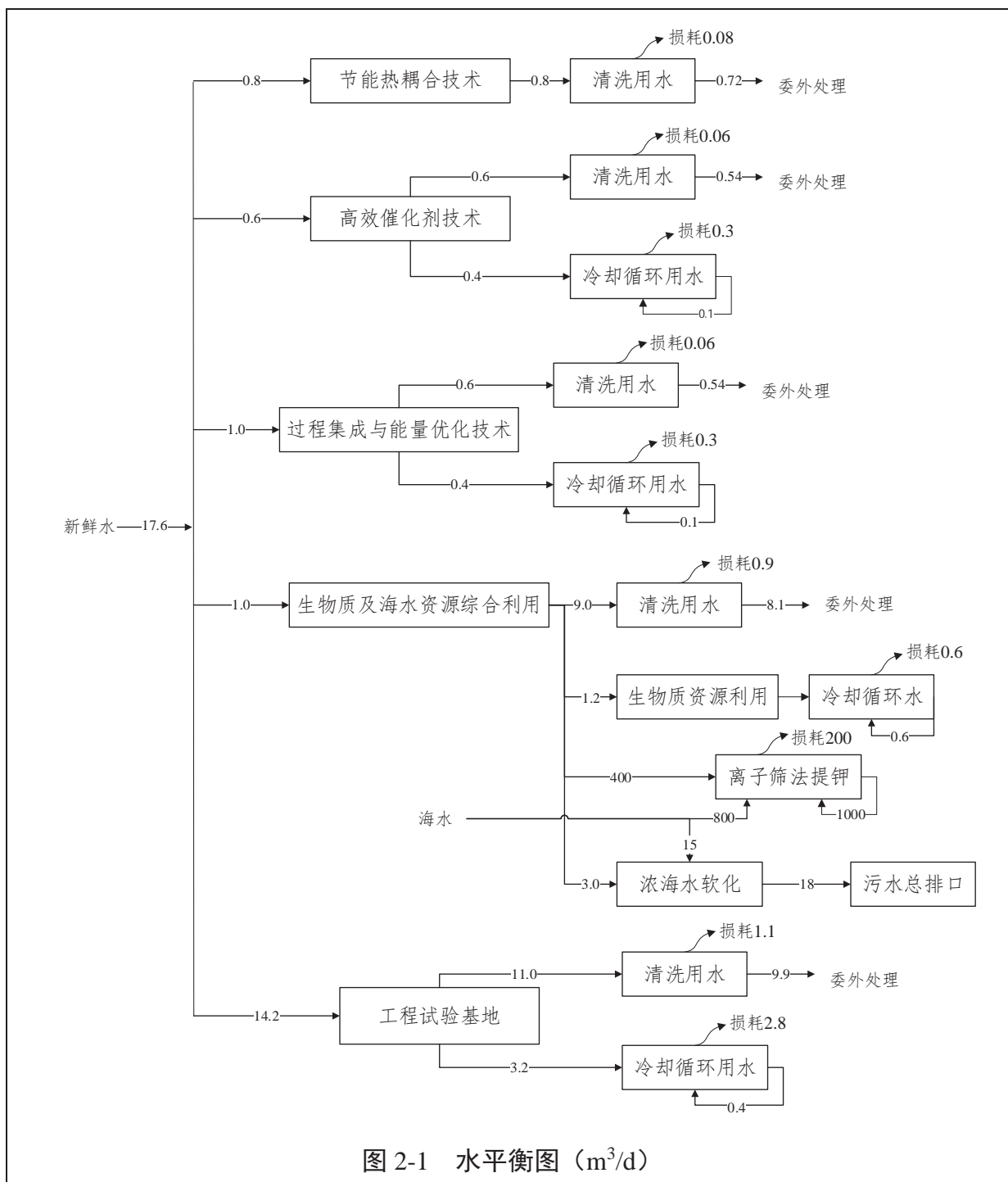
2.5 原辅材料消耗情况

表 2-5 本项目主要原辅料消耗情况一览表

工程名称	原料名称	单位	设计年消耗量	
			环评阶段	调试期间*
节能热耦合塔设备集成技术	正己烷	L/a	600	580
	正庚烷	L/a	600	580
	正辛烷	L/a	600	580
	乙醇	L/a	1575	1500
	水	L/a	800	780
高效催化剂与反应精馏集成技术	乙醇	L/a	25	23
	乙酸	L/a	20	19
	阳离子交换树脂	kg/a	10	9
过程集成与能量优化	乙酸甲酯	L/a	70	65
	甲醇	L/a	70	65
	蒸馏水	L/a	140	131
	乙腈	L/a	70	35
	正丙醇	L/a	70	65
生物质及海水资源综合利用技术	丁醇	kg/a	60	60
	丙酮	kg/a	30	26
	乙醇	kg/a	10	9

	木质素	kg/a	40	35
	氯化钠	t/a	32	29
	氯化钾	t/a	0.5	0.5
	斜发沸石	m ³ /周期	5	5
	二氧化硫	L/a	40	39
	氮气	L/a	120	110
	二氧化碳	L/a	120	110
	氢氧化钠	kg/a	2	1.6
工程试验	乙醇	L/a	2628	2520
基地	蒸汽	kg/a	3200	3100
注：折合为年消耗量。				

2.5.1 水平衡



主要工艺流程及产污环节（附处理工艺流程图，标出产污节点）

2.6 主要工艺流程及产污环节

2.6.1 节能热耦合塔设备集成技术

本技术以跨壁绝热隔壁塔和跨壁传热隔壁塔为研究对象，研究其对配制的正己烷-正庚烷~正辛烷三元混合物系的分离效果，为新型高效热耦合塔的设计和提供基础参数数据和理论依据，以解决化工领域中精馏过程能耗高，热力学效率低等问题。具体

如下：

(1) 自制跨壁绝热隔壁塔小试实验

整个隔壁塔的高度为 2.96m，其中主塔段和侧采段的玻璃塔柱高为 1m，塔径为 3.5×2.5cm，公共精馏段和公共提馏段的塔柱高为 0.3m，塔径为 4.5×2.5cm。实验采用连续精馏操作。

自制跨壁绝热隔壁塔小试实验装置图如下图所示。

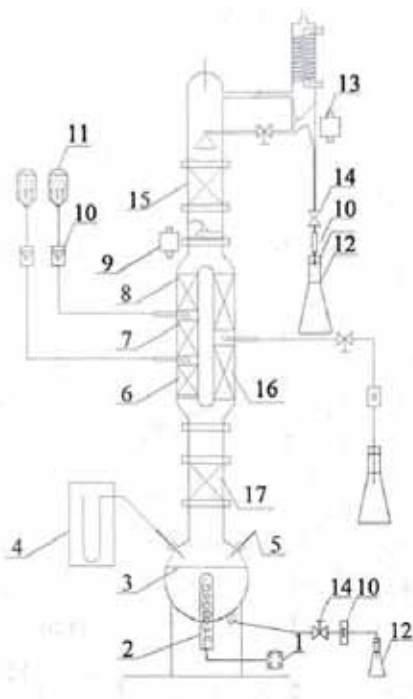


图 2-1 自制跨壁绝热隔壁塔小试实验装置图

注：1-调压器；2-热电阻丝；3-三口烧瓶；4-水银压力计；5-温度计；6-主塔段；7-法兰；8-贴片式热电阻测温仪；9-液相分配比控制器；10-转子流量计；11-高位槽；12-产品罐；13-回流比控制器；14-控制阀；15-公共精馏段；16-侧线采出段；17-公共提馏段

在实验过程中，将质量比为 1:1:1 的正己烷、正庚烷和正辛烷的混合原料从预分馏段的进料口进入三口烧瓶，通过电加热控温使三种物料分离，在塔顶采出正己烷；塔釜采出正辛烷；在侧线采出段的中间部分，正庚烷的浓度达到最大值时，作为侧线产品采出。配制的正己烷、正庚烷和正辛烷混合原料无杂质掺杂，相应得到的产品纯度较高，可以重新用于配制混合原料循环使用。

冷凝回收过程中，会少量物料挥发产生有机废气，无组织排放在实验室内。

(2) 自制跨壁传热隔壁塔小试实验

整个隔壁塔的高度为 2.96m，其中主塔段和侧采段的玻璃塔柱高为 1m，塔径为

3.5×2.5cm，公共精馏段和公共提馏段的塔柱高为 0.3m，塔径为 4.5×2.5cm。实验采用连续精馏操作。

自制跨壁传热隔壁塔小试实验装置图如下所示：

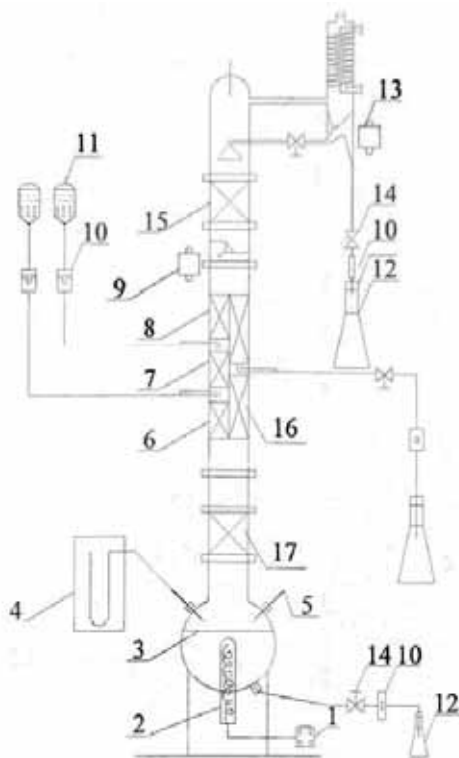


图 2-2 自制跨壁传热隔壁塔小试实验装置图

注：1-调压器；2-热电阻丝；3-三口烧瓶；4-水银压力计；5-温度计；6-主塔段；7-法兰；8-贴片式热电阻测温仪；9-液相分配比控制器；10-转子流量计；11-高位槽；12-产品罐；13-回流比控制器；14-控制阀；15-公共精馏段；16-侧线采出段；17-公共提馏段

在实验过程中，将质量比为 1:1:1 的正己烷、正庚烷和正辛烷的混合原料从预分馏段的进料口进入三口烧瓶，通过电加热控温使三种物料分离，在塔顶采出正己烷；塔釜采出正辛烷；在侧线采出段的中间部分，正庚烷的浓度达到最大值时，作为侧线产品采出。配制的正己烷、正庚烷和正辛烷混合原料无杂质掺杂，相应得到的产品纯度较高，可以重新用于配制混合原料循环使用。

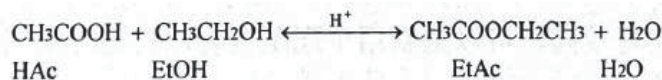
冷凝回收过程中，会少量物料挥发产生有机废气，无组织排放在实验室内。

2.6.2 高效催化剂与反应精馏集成技术

该技术包括反应精馏理论基础的研究、高效反应精馏设备的流体力学、立体催化精馏塔板反应量的研究等三部分。

(1) 反应精馏理论基础的研究

该实验是以阳离子交换树脂 Amberlyst15 为新型催化剂合成乙酸乙酯的可行性研究。其反应方程式如下：



首先量取定量的乙酸、乙醇和催化剂，将乙醇和催化剂加入到三口烧瓶中，开启加热器和搅拌器，然后将乙酸放入到恒温水浴中预热，当二者都达到指定的温度后，将乙酸迅速加入到三口烧瓶中。定时取样检测至反应达到平衡，停止实验。最后，将每次实验所用阳离子交换树脂过滤回收循环使用，实验所用试剂回收。

实验过程中会挥发产生少量有机废气，无组织排放在实验室内。

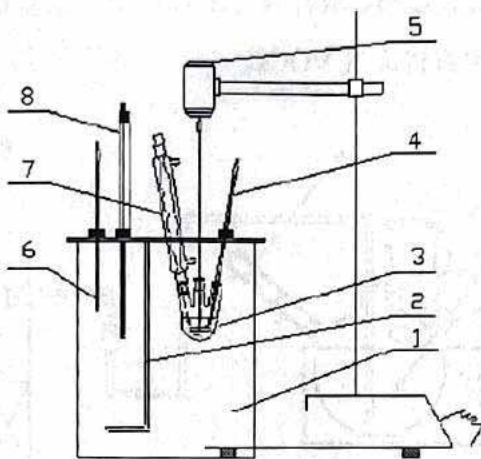


图 2-3 理论基础研究装置示意图

注：1 恒温水浴；2 加热器；3 反应釜；4 精密温度计；5 电动搅拌器；6 水银温度计；7 冷凝器；8 电接点温度计

(2) 高效反应精馏设备的流体力学

本实验目的是观测气液接触情况，研究流体力学情况。实验塔为直径 600mm 的有机玻璃实验塔，可以方便地观察塔板上的气液接触情况。本实验采用水-空气作为测试物系，液相由离心式水泵自水箱中抽出，经转子流量计进入实验塔中，并流过塔板；气相由离心式鼓风机压入实验塔下部，气体自下而上通过塔板板孔，在塔板上与流过的液体进行接触。液体由降液管流下，重新流回到水箱中循环使用，气体经过雾沫夹带收集板收集液滴后放空。

本实验用水仅与空气接触，全部可回用，无污染产生。

(3) 立体催化精馏塔板反应量的研究

用强酸型阳离子交换树脂作催化剂，以乙醇和乙酸催化反应生成乙酸乙酯为研究对象，对立体催化精馏塔板的反应量进行实验研究。

实验装置主要由磁力搅拌加热槽、烧瓶、催化剂筐和接收瓶组成。具体如下图所示，该工艺步骤如下：

按比例在烧瓶中加入乙酸和乙醇。开通冷凝水，打开加热和磁力搅拌开关，将加热槽温度调至比共沸液体沸点稍高，并利用加热带给催化剂筐反应器保温。待反应物沸腾后，通过压力装置挤压将液体压至催化剂筐，并通过流量计控制其流速使其以固定流速流过催化剂筐发生反应。将反应后的液体加入四口烧瓶继续加热使其达到泡点，重复步骤直到反应达到平衡为止。将实验结束的有机溶剂收集。

实验过程中会挥发产生少量有机废气，无组织排放在实验室内。

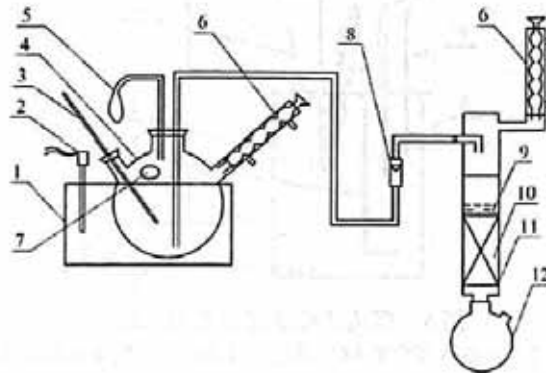


图 2-4 立体催化精馏塔板反应量实验装置示意图

注：1 磁力搅拌加热槽；2 热电偶；3 温度计；4 烧瓶；5 压力球；6 冷凝管；7 取样口；8 流量计；9 丝网；10 催化剂；11 催化剂筐；12 接受瓶

2.6.3 过程集成与能量优化

本技术包括过程的集成技术、过程的优化技术两大部分。主要是对化工物系进行分析，确定分离的方案，然后使用化工模拟软件 Aspen plus 进行模拟，进行过程的集成、优化，最后实验验证。

(1) 过程的集成技术

本技术研究以乙酸甲酯、甲醇和水的混合物为媒介，采用萃取精馏提分离乙酸甲酯和甲醇，实现其回收再利用。在回收率为 99%的限制条件下，研究不同工艺参数时塔釜能耗及产品纯度的变化，最终得到最优的操作条件。具体如下：

实验精馏塔装置图如下所示：选用 35×2.5mm 玻璃塔进行减压萃取精馏实验，塔高 2m，填料为 φ3x3mm 金属 θ 环。首先在塔釜加入 1L 料液，然后抽真空至 50kPa，保持

压力恒定对塔釜进行电加热，塔顶使用自来水冷凝循环，全回流操作，待塔顶温度恒定不变的时候再继续进料，并使用蠕动泵及转子流量计对进料流量进行有效控制。溶剂进料位置在距塔顶 1m 处，原料在距塔顶 1.5m 处进料。溶剂在塔中在进料以后选用不同的回流比，并且在真空取样器中取样，使用 GC-2010 气象色谱仪进行检测。

塔 2 釜液水与操作未稳定时的废液经收集后作为危险废物处置。实验过程中会挥发产生少量有机废气，无组织排放在车间内。

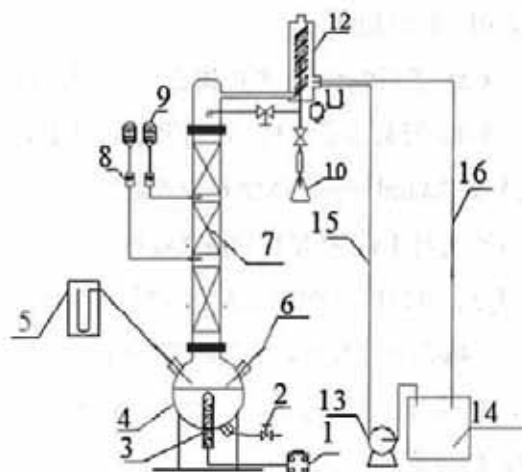


图 2-5 精馏塔单塔装置图

注：1 调压器；2 控制阀；3 电阻丝；4 自制玻璃釜；5 水银压力计；6 热电偶；7 主塔段；8 流量计；9 高位槽；10 产品罐；11 回流量比例控制器；12 冷凝器；13 蠕动泵；14 储水罐；15 冷凝水进；16 冷凝水循环

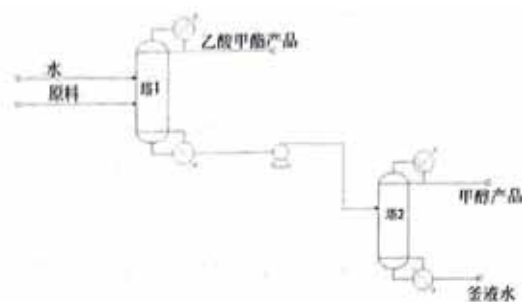


图 2-6 实验流程图

(2) 过程的优化技术

针对乙腈和正丙醇的混合物，采取 N-甲基吡咯烷酮（NMP）为萃取剂进行萃取精馏分离提纯的方法，以得到高纯度产品乙腈和正丙醇。首选通过数学方法广义神经网络 GRNN 进行优化，得到节能降排的较优操作参数，然后进行试验验证。

实验精馏塔为高 1.5m 的玻璃精馏塔，填料为 $\phi 3 \times 3\text{mm}$ 金属 θ 环填料，0.5m 处

NMP 进料，1m 处原料混合物进料。进料采用流量计控制进料流量，塔釜采用电阻丝加热。

实验步骤具体如下：

首先将 0.5L 正丙醇和 NMP 的混合液直接加入到塔釜，常压下，开启塔的循环冷凝水 30L/h。开启塔釜加热，等待至全回流 1h，然后按设定乙腈-正丙醇混合液原料进料流 2.11mL/min，NMP 萃取剂进料流 4.86mL/min 进料。待塔顶温度稳定后，回流比设为 1.4，在塔顶和塔釜取样分析。采用 SP-3420A 型气相色谱仪分析式样组分。塔顶得到 99.8% 的乙腈产品可以循环利用，塔釜是正丙醇和 NMP 的混合物，4h 后停止加料，继续精馏，回收 NMP 塔顶采出纯度不高的正丙醇混合液，1h 后温度重新稳定，塔顶采出 99.8% 高纯度正丙醇，塔釜是 99.9% 高纯度 NMP，均可重新用于实验。

实验过程中产生的正丙醇混合液经收集后作为危险废物处置。实验过程中会挥发产生少量有机废气，无组织排放在车间内。

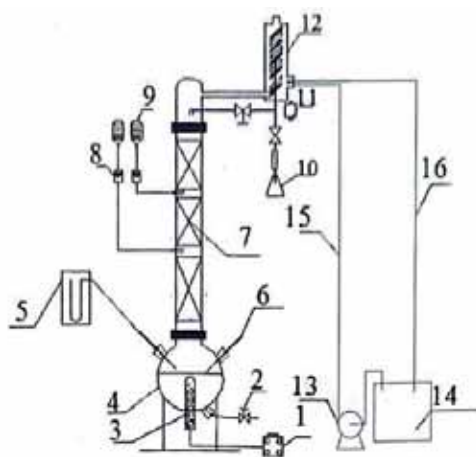


图 2-7 精馏塔实验装置图

注：1 调压器；2 控制阀；3 电阻丝；4 自制玻璃釜；5 水银压力计；6 热电偶；7 主塔段；8 流量计；9 高位槽；10 产品罐；11 回流量比例控制器；12 冷凝器；13 蠕动泵；14 储水罐；15 冷凝水进；16 冷凝水循环

2.6.4 生物质及海水资源综合利用技术

(1) 生物质资源利用

➤ 木质素基吸附材料的制备

根据木质素在各种溶剂中的溶解性，将其分为可溶组分和不可溶组分，可溶组分通过旋转蒸发及真空干燥回收，用于高活性木质素材料；不可溶组分经分离后用于制备

高吸附性木质素材料。干燥过程产生的溶剂经冷凝回收循环使用。

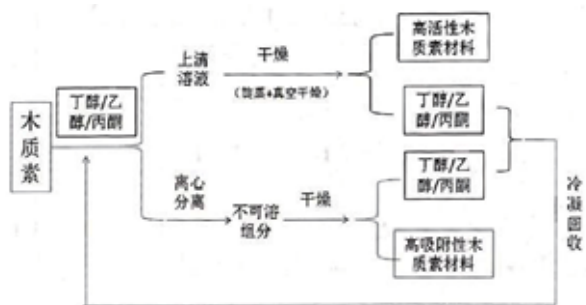


图 2-8 木质素基吸附材料的制备流程图

➤木质素对 ABE 溶剂吸附和脱附实验及解析溶剂的处理

将木质素加入到含 ABE 溶剂的烧瓶中，通过超声震荡和磁力搅拌加速其吸附过程，待平衡后测定其吸附状态。脱附时，利用高温水蒸汽对饱和吸附剂进行解析，该过程可以实现木质素吸附剂的吸附与解吸循环。

解析溶剂成分主要为水、丁醇、丙酮、乙醇等，混合溶剂通过硅胶瓶吸收多余的水分，从而实现丁醇、丙酮、乙醇的重新提浓再利用。硅胶瓶中的水分通过干燥的方式去除。

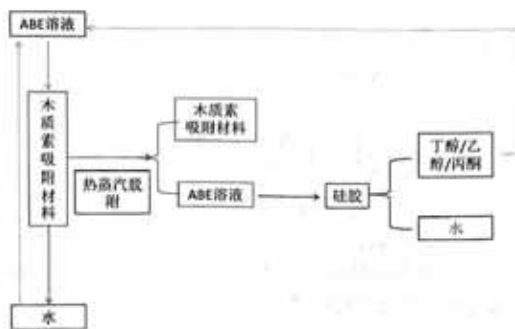


图 2-9 木质素对 ABE 溶剂吸附脱附实验流程图

实验过程中会挥发产生少量有机废气，无组织排放在实验室内。

(2) 海水资源利用

➤离子筛法提钾

①沸石改性：自来水通过化盐槽形成饱和盐水，然后进入到冷饱和盐水槽，通过换热器加热至 90℃后进入热饱和盐水槽。

②改性水循环：正常运行前，热饱和盐水自下而上通过离子交换柱，对沸石进行改性处理。改性水循环回到冷饱和盐水槽，此时无盐水转移（路径③）；正常运行后，按照第三步骤操作。

③盐水转移：正常运行时，盐水转移进入富钾盐水槽用作钾离子洗脱工序（路径⑥），再生循环水回至冷饱和盐水槽中。

④海水吸附：沸石经过改性后，将海水（ $C_{K^+} \approx 0.4\text{g/L}$ ）以从顶部依次通过沸石柱，进行钾离子吸附，吸后海水（ $C_{K^+} \approx 0.2\text{g/L}$ ）进入吸后海水储罐。

⑤沸石柱加热：吸附完成后，通入富钾盐水循环槽中的 90°C 富钾盐水对离子交换柱进行加热处理。

⑥钾离子洗脱：自下而上通入富钾盐水槽中加热到 90°C 的盐水对沸石柱上钾离子进行洗脱，部分富钾液作为洗脱循环液回到富钾盐水槽中。

⑦富钾液产品：得到富钾液产品装车运输。

⑧沸石柱降温：用冷饱和盐水槽中的盐水对沸石柱进行降温处理，回到温饱和盐水槽。至此，完成一次吸附洗脱循环。

该实验中物料循环使用。

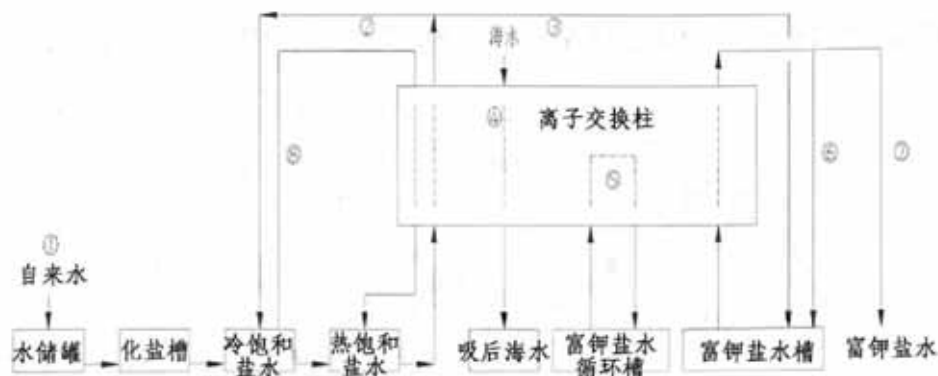


图 2-10 离子筛法提钾实验流程图

➤浓海水软化净化

浓海水软化净化实验利用烟气的酸性与海水的天然碱性，通过选择合适工艺参数对海水中的钙、镁离子进行脱除固定，从而降低海水淡化工艺能耗与延长设备寿命。

①向缓冲瓶中以一定流速持续通入氮气、二氧化碳与二氧化硫混合气体，待缓冲瓶 2 中的指示剂变色时，说明装置中充满模拟烟气。

②取海水 200mL 于海水软化瓶中，通入模拟烟气，通过调节各气体比例与模拟烟气流速进行海水软化净化条件试验。缓冲瓶 2 用于防止海水倒吸。

③使用原子吸收分光光度计对海水中的 Ca、Mg 离子浓度进行分析。

④含二氧化硫尾气使用尾气吸收瓶中的氢氧化钠溶液进行吸收处理。

本实验产生浓海水软化废水，即采用氢氧化钠溶液吸收二氧化硫尾气后产生的含有

硫酸钠的废水，主要成分为硫酸钠，经收集后排入市政污水管网。

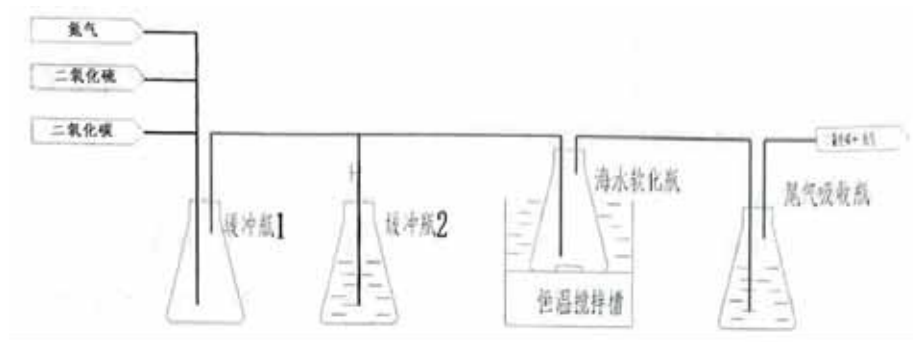


图 2-11 浓海水软化工艺流程图

2.6.5 工程试验基地

工程试验基地包括内部热耦合精馏塔、乙醇回收塔及 3 座冷模试验塔(直径 600mm、1200mm、2600mm)，各塔均为精馏塔。其中，内部热耦合精馏塔用于研究塔的传热情况；乙醇回收塔用于进一步提纯回收乙醇；冷模试验塔用于研究塔内的流体力学性能。其工艺过程均为精馏过程，基本一致，具体如下：

配制一定比例的乙醇、水混合溶液，通入精馏塔内，分离为乙醇蒸汽和水，乙醇蒸汽进入塔顶冷凝器冷凝后回收，水直接进入塔底回收。

实验过程中会挥发产生少量有机废气，主要成分为乙醇，无组织排放在实验室内。

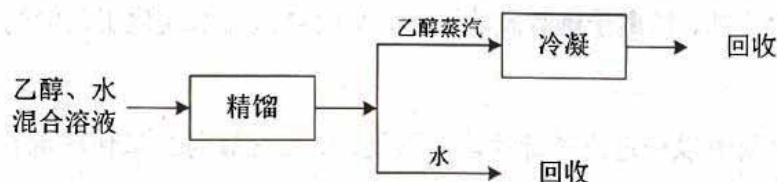


图 2-12 工程试验基地精馏塔精馏过程实验流程图

表三

主要污染源、污染物处理和排放（附处理流程示意图，标出废水、废气、厂界噪声监测点位）：

3.1 污染物治理设施

3.1.1 废气

本项目运营期排放的废气主要为实验溶液配制、加热、取样、冷凝等操作工作产生的少量有机废气，本项目化工原理楼各实验室内均设置通风橱，实验室门窗正常状况下处于关闭状态，实验过程中涉及挥发性化学试剂的操作尽量在通风橱中进行，实验室有机废气经通风橱收集后通过管道引至活性炭装置净化处理后排放。

3.1.2 废水

本项目运营期产生的废水主要为浓海水软化产生的废水，主要成分为硫酸钠，经收集后通过学校北院废水总排口排入市政污水管网，最终进入咸阳路污水处理厂进一步处理。

表 3-2 废水排放情况

序号	废水类别	污染物种类	排放规律	排放去向
1	浓海水软化废水	硫酸钠	间断排放，排放期间流量不稳定且无规律，但不属于冲击型排放	经收集后通过学校北院废水总排口排入市政污水管网，最终进入咸阳路污水处理厂进行进一步处理

3.1.3 噪声

本项目运营期噪声源主要为进料泵、蠕动泵及风机等设备运行产生的噪声，通过选用低噪声设备、建筑隔声、基础减振等措施降低设备运行噪声影响。

3.1.4 固体废物

本项目运营期产生的固体废物主要为东院实验室实验过程中产生的有机废液，为危险废物，经收集后暂存于学校原有危险废物暂存间（位于东院工程训练中心西侧），交由天津合佳威立雅环境服务有限公司处置。

表 3-4 固体废物产生情况一览表

序号	名称	来源	类别及编号	形态	主要成分	处置措施
1	实验室有机废液 (S ₁)	实验过程	HW49 (900-047-49)	液态	甲醇、乙酸甲酯、正丙醇等	交由天津合佳威立雅环境服务有限公司处置

3.2 排污口规范化

本项目废水排放依托学校现有废水排放口。目前，该废水排放口已按照相关要求进行了规范化建设。

本项目产生的危险废物依托学校原有危险废物暂存间存放。学校内原建设一处危险废物暂存间，位于东院工程训练中心西侧，各类危险废物分类暂存。危险废物暂存间地面均进行了硬化，并设置有环保标识牌。



图 3-3 排污口规范化建设现状

3.3 监测点位

本次主要对无组织废气、厂界噪声、废水排放口等进行验收监测，验收监测的布点情况详见附图 3。

表四

建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 环境影响报告表主要结论

根据《化工节能过程集成与资源利用创新平台项目环境影响报告表》，项目环评阶段的主要环境影响要素、采取的环保措施和建议、评价结论等主要内容包括下表。

表 4-1 项目环境影响报告表中的主要内容

类型		环境影响报告表中的主要内容
项目概况	项目名称	化工节能过程集成与资源利用创新平台项目
	地理位置	天津市红桥区光荣道 8 号河北工业大学东院和红桥区丁字沽一号路 8 号河北工业大学北院
	主要工程内容	集合化学原理楼、中试车间的现有实验室及设备，同时利用教材科库房现有建筑场地、新增配置相关设备进行创新平台建设。该平台主要包括节能热耦合塔设备集成、高效催化剂与反应精馏集成、化工过程集成与能量优化、生物质及海水资源综合利用、工程试验基地等五个技术方向的相应设施，依托化工楼仪器分析中心进行检测，以支撑其设备研发与优化的科学研究工作。
污染防治设施及影响	水环境	<p>本项目产生的废水主要为浓海水软化废水，排入学校下水管网，最终进入咸阳路污水处理厂进行进一步处理。</p> <p>外排废水中主要污染物能够达到《污水综合排放标准》(DB12/356-2008)相应的三级标准的限值要求，可实现达标排放。</p>
	环境空气	<p>本项目有机废气由节能热耦合塔设备集成技术、高效催化剂与反应精馏集成技术、过程集成与能量优化、生物质及海水资源综合利用技术、工程试验基地等五个研发方向使用的醇类、酸类、酮类及烷烃类有机试剂产生。VOCs 废气主要成分为非甲烷总烃，通过实验室的换风系统以无组织形式排放。预计不会对周围环境造成明显影响。</p>
	声环境	<p>本项目运营期噪声主要为实验中使用的泵类、风机产生的噪声，其设备噪声，源强为 70~85dB(A)。经建筑隔声及距离衰减后，厂界噪声能够满足 GB 12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》1类和 4 类要求，不会对周围声环境造成明显不利影响。</p>
	固体废物	<p>本项目运营期产生的固体废物主要为实验室有机废液，属于危险废物，年产生量约为 75kg/a；由学校统一收集、暂存于河北工业大学东院工程训练中心西侧的危险品仓库，定期交由具有危废处理资质的天津合佳威立雅环境服务有限公司处理。在保证对固体废物集中收集、及时外运、委托处理的前提下，本项目固体废物不会对外环境产生二次污染。</p>
总量控制		本项目不涉及 COD、氨氮、SO ₂ 、NO _x 等总量控制指标。

结论

本项目建设符合国家产业政策要求。建设地为科教用地，规划选址可行。实验过程产生的废气污染物可实现达标排放；浓海水软化废水通过学校废水总排口经市政下水管网排入咸阳路污水处理厂，具有可行的排水去向；在选用低噪声设备并经过相应的减振隔声措施后，厂界噪声可达标排放；各类固体废物均得到合理的处理处置措施，不产生二次污染。综上所述，本项目在落实各项环保措施的情况下，各类污染物可以做到达标排放，不会对环境产生明显影响，从环境角度，本项目建设具备环境可行性。

4.2 环评批复文件

根据天津港保税区行政审批局《关于对化工节能过程集成与资源利用创新平台项目环境影响报告表的审批意见》（津红审投环许〔2016〕8号），该项目审批决定的主要内容详见附件1。

4.3 环评及其批复落实情况

本项目环评及其批复要求落实情况详见下表。

表 4-2 环评文件中的环保措施及其落实情况

环境问题		环评文件中环保措施及建议	实际落实情况
运营期	废气	本项目有机废气由节能热耦合塔设备集成技术、高效催化剂与反应精馏集成技术、过程集成与能量优化、生物质及海水资源综合利用技术、工程试验基地等五个研发方向使用的醇类、酸类、酮类及烷烃类有机试剂产生。VOCs 废气主要成分为非甲烷总烃，通过实验室的换风系统以无组织形式排放。	已落实。 本项目化工原理楼相关实验室设置有通风橱，实验过程产生的少量有机废气经通风橱收集后经管道引至活性炭装置净化处理后排放。根据验收监测结果：本项目实验室建筑外及学校厂界处无组织废气污染物浓度均能满足相关标准限值要求，达标排放。
	废水	本项目产生的废水主要为浓海水软化废水，排入学校下水管网，最终进入咸阳路污水处理厂进行进一步处理。	已落实。 本工程运营期产生的废水主要为浓海水软化产生的废水，主要成分为硫酸钠，经收集后通过学校北院废水总排口排入市政污水管网，最终进入咸阳路污水处理厂进一步处理。 根据验收监测结果，外排废水能够满足《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）三级标准的限值要求，达标排放。
	噪声	选用低噪声设备、采取必要降噪、减振措施，建筑隔声。	已落实。 本项目噪声源主要为进料泵、蠕动泵及风机等设备运行产生的噪声，通过选用低噪声设备、建筑隔声、基础减振等措施降低设备运行噪声影响。根据验收监测结果，厂界噪声均能达标排放。

固体废物	<p>本项目运营期产生的固体废物主要为实验室有机废液，属于危险废物，由学校统一收集、暂存于河北工业大学东院工程训练中心西侧的危险品仓库，定期交由具有危废处理资质的天津合佳威立雅环境服务有限公司处理。</p>	<p>已落实。 本项目运营期产生的固体废物主要为学校东院实验过程中产生的有机废液，为危险废物，经收集后暂存于学校原有危险废物暂存间（位于东院工程训练中心西侧），交由天津合佳威立雅环境服务有限公司处置。</p>
------	---	--

表 4-3 环评批复意见及落实情况

序号	环评批复意见	实际落实情况
1	<p>该项目有机废气由节能热耦合塔设备集成技术、高效催化剂与反应精馏集成技术、过程集成与能量优化、生物质及海水资源综合利用技术、工程试验基地等五个研发方向使用的有机试剂产生，VOCs 废气通过实验室的换风系统以无组织形式排放。</p>	<p>已落实。 本项目化工原理楼相关实验室设置有通风橱，实验过程产生的少量有机废气经通风橱收集后经管道引至活性炭装置净化处理后排放。根据验收监测结果：本项目实验室建筑外及学校厂界处无组织废气污染物浓度均能满足相关标准限值要求，达标排放。</p>
2	<p>该项目运营期产生的废水为清洗废液和浓海水软化产生的废水，其中清洗废液由学校集中收集委托有资质的单位处理；浓海水软化废水为清净下水直接通过学校废水总排口经市政污水管网最终进入咸阳路污水处理厂。</p>	<p>已落实。 本工程运营期产生的清洗废液作为危险废物，经收集后交由天津合佳威立雅环境服务有限公司处置；产生的废水主要为浓海水软化产生的废水，主要成分为硫酸钠，经收集后通过厂区总排口排入市政污水管网，最终进入咸阳路污水处理厂进一步处理。 根据验收监测结果，外排废水能够满足《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）三级标准的限值要求，达标排放。</p>
3	<p>该项目运营期产生的固体废物主要为实验室有机废液，属于危险废物，由学校统一收集、暂存于河北工业大学东院工程训练中心西侧的危险品仓库，定期交由具有危废处理资质的天津合佳威立雅环境服务有限公司处理。</p>	<p>已落实。 本项目运营期产生的固体废物主要为学校东院实验过程中产生的有机废液，为危险废物，经收集后暂存于学校原有危险废物暂存间（位于东院工程训练中心西侧），交由天津合佳威立雅环境服务有限公司处置。</p>

表五

验收监测质量保证及质量控制：

5.1 监测分析方法

(1) 废水监测分析方法

表 5-1 废水监测分析方法

项目	检测标准或方法	检出限
pH	《水质 pH 值的测定 电极法》(HJ 1147-2020)	/
化学需氧量	《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》(HJ 828-2017)	4mg/L
五日生化需氧量	《水质 五日生化需氧量 (BOD ₅) 的测定 稀释与接种法》(HJ 505-2009)	0.5 mg/L
悬浮物	《水质 悬浮物的测定 重量法》(GB 11901-1989)	4mg/L
氨氮	《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》(HJ 535-2009)	0.025 mg/L
总氮	《水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法》(HJ 636-2012)	0.05 mg/L
总磷	《水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》(GB 11893-1989)	0.01 mg/L

(2) 废气监测分析方法

表 5-2 废气监测分析方法

项目	检测标准或方法	检出限	
无组织	非甲烷总烃 (小时值)	《环境空气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 直接进样-气相色谱法》(HJ 604-2017)	0.07mg/m ³
	非甲烷总烃 (一次值)	《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2020) 附录 F 固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 便携式氢火焰离子化检测器法	0.56
	乙酸乙酯	《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2020) 附录 H 固定污染源废气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	0.9μg/m ³
	臭气浓度	《环境空气和废气 臭气的测定 三点比较式臭袋法》(HJ 1262-2022)	/

(3) 噪声监测分析方法

厂界噪声监测采用《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中规定

的测量方法。

5.2 监测仪器

(1) 废水监测仪器

表 5-3 废水监测仪器

检测项目	检测仪器	编号
pH 值	HQ40d 型便携式水质多参数测定仪	YQ-110
氨氮	DR6000 型紫外双光束光度计	YQ-016
悬浮物	AX124ZH/E 型万分之一电子天平	YQ-010
	BGZ-70 型电热鼓风干燥箱	YQ-005
总氮	YXQ-LB-30SII 型立式压力蒸汽灭菌器	YQ-244
	DR6000 型紫外双光束光度计	YQ-016
总磷	YXQ-LB-30SII 型立式压力蒸汽灭菌器	YQ-244
	DR3900 型可见分光光度计	YQ-014
五日生化需氧量	SPX-450 型生化培养箱	YQ-172
	JPSJ-605F 型溶解氧测定仪	YQ-001

(2) 废气监测仪器

表 5-4 废气监测仪器

检测项目	仪器名称	仪器编号
非甲烷总烃	GC-4000A 型气相色谱仪	YQ-200
	EXPEC 3200 型便携式挥发性有机气体分析仪	YQ-236
乙酸乙酯	MH1200 型大气/颗粒物采样器	YQ-030、065、090、091
	ISQ7000+TRACE1300 型气相色谱-质谱仪	YQ-125
	MARKES TD100-xr 型热脱附仪	YQ-185
臭气浓度	真空采样瓶	/
	WDM-60 型无油空气压缩机	YQ-063

(3) 噪声监测仪器

表 5-5 噪声监测仪器

名称	仪器编号
AWA6228+型多功能声级计	YQ-041
AWA6021A 型声校准器	YQ-218

5.3 人员能力

参加本次验收监测的技术人员均具备所承担监测任务所需的专业理论知识和基本操作技能并有一定的实际工作经验，所有人员均做到持证上岗。

5.4 水质监测分析过程中的质量保证和质量控制

水质监测依据《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）的技术要求，对布点、样品保存、运输、监测分析等实施全过程质量控制，每批水样分析的同时抽取 10% 的平行双样，平行双样的相对偏差均在允许范围内；测试分析中采用了校准曲线、准确度检验、精密度检验等质控手段。

5.5 气体监测分析过程中的质量保证和质量控制

废气监测实行全过程的质量保证，有组织排放源监测技术执行《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB16157-1996）、《固定污染源废气监测技术规范》（HJ/T 397-2007）和《固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范（试行）》（HJ/373-2007），采样仪器逐台进行气密性检查、流量校准。

5.6 噪声监测分析过程中的质量保证与质量控制

噪声测量质量保证与质量控制按照噪声测量质量保证与质控按国家环保总局《环境监测技术规范》噪声部分和《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中第五部分规定进行。监测时使用经计量部门检定、并在有效使用期内的声级计；声级计在测试前后用标准发声源进行校准，测量前后仪器灵敏度相差不大于 0.5dB。

表六

验收监测内容

6.1 废水

本工程运营期产生的废水主要为浓海水软化废水，经学校北院废水总排口排入市政污水管网，最终进入咸阳路污水处理厂进行进一步处理。验收监测方案详见下表。

表 6-1 废水验收监测方案

监测点位	监测因子	监测频次
北院废水总排口	pH、SS、COD、BOD ₅ 、氨氮、总磷、总氮	连续监测 2 天，每天 4 次

6.2 废气

表 6-2 废气监测方案

监测点位	监测因子	监测频次
厂界处	非甲烷总烃、乙酸乙酯、臭气浓度	2 周期 3 次
厂区内（实验室建筑外）	非甲烷总烃（小时值和一次值）	2 周期 2 次

6.3 噪声

厂界噪声监测方案详见下表：

表 6-3 厂界噪声监测方案

监测点位	监测因子	监测频次
东院及北院四侧厂界外 1m	等效连续 A 声级	连续 2 天，每天昼间 2 次

注：夜间不进行相关实验。

表七

验收监测期间生产工况记录

7.1 生产工况

验收监测期间，本项目实验室内相关实验设施均正常运行。

验收监测结果

7.2 验收监测结果

7.2.1 废水

表 7-2 废水监测结果

采样时间	检测项目	检测结果				日均值*	标准
		第 1 频次	第 2 频次	第 3 频次	第 4 频次		
第一周期	pH 值（无量纲）	7.2	7.3	7.3	7.3	7.2~7.3	6~9
	总氮（mg/L）	45.9	46.6	44.7	48.3	46.4	70
	总磷（mg/L）	6.32	6.18	5.98	6.2	6.2	8.0
	氨氮（mg/L）	35.1	37.2	36.8	35.7	36.2	45
	悬浮物（mg/L）	66	64	60	68	65	400
	COD _{Cr} （mg/L）	257	237	179	231	226	500
	BOD ₅ （mg/L）	131	110	98.7	119	115	300
第二周期	pH 值（无量纲）	7.4	7.3	7.2	7.3	7.2~7.4	6~9
	总氮（mg/L）	54.1	53	51.7	55	53	70
	总磷（mg/L）	6.82	6.87	6.6	6.54	6.71	8.0
	氨氮（mg/L）	38.7	38.4	36.8	39.7	38.4	45
	悬浮物（mg/L）	71	64	60	69	66	400
	COD _{Cr} （mg/L）	247	227	248	239	240	500
	BOD ₅ （mg/L）	118	104	130	106	115	300

注：其中 pH 为范围值。

由上表可知，废水中的主要污染物能够满足《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）三级标准限值要求，实现达标排放。

7.2.2 废气

废气监测结果详见下表：

表 7-3 废气监测结果一览表 (mg/m³)

监测点位	检测项目	第一周期			第二周期			标准限值 (mg/m ³)	达标情况	
		1	2	3	1	2	3			
厂界	上风向	NMHC	0.51	0.49	0.47	0.44	0.41	0.4	4.0	达标
		乙酸乙酯	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	3.0	达标
		臭气浓度	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20 (无量纲)	达标
	下风向-1	NMHC	0.64	0.63	0.6	0.69	0.64	0.69	4.0	达标
		乙酸乙酯	1.1×10 ⁻³	1.2×10 ⁻³	1.1×10 ⁻³	1.4×10 ⁻³	1.3×10 ⁻³	1.4×10 ⁻³	3.0	达标
		臭气浓度	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20 (无量纲)	达标
	下风向-2	NMHC	0.64	0.6	0.58	0.63	0.65	0.7	4.0	达标
		乙酸乙酯	1.1×10 ⁻³	1.2×10 ⁻³	1.2×10 ⁻³	1.4×10 ⁻³	1.3×10 ⁻³	1.5×10 ⁻³	3.0	达标
		臭气浓度	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20 (无量纲)	达标
	下风向-3	NMHC	0.7	0.57	0.61	0.64	0.69	0.73	4.0	达标
		乙酸乙酯	1.1×10 ⁻³	1.1×10 ⁻³	1.1×10 ⁻³	1.4×10 ⁻³	1.3×10 ⁻³	1.5×10 ⁻³	3.0	达标
		臭气浓度	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20 (无量纲)	达标
厂内 (实验室建筑外)	NMHC (小时值)	0.45			0.38			2	达标	

	NMHC (一次值)	0.51	0.40	4	达标
注：乙酸乙酯无组织排放的方法检出限为 0.9μg/m ³ ，当检测结果低于检出限时，表示为未检出。					

由上表可知，验收监测期间，校内实验室建筑外非甲烷总烃浓度能够满足《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2020)中相应标准限值要求，学校厂界处非甲烷总烃浓度能够满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中相应标准限值要求，学校厂界处乙酸乙酯和臭气浓度能够满足《恶臭污染物排放标准》(DB12/059-2018)中相应标准限值要求。综上，本项目无组织废气污染物均能满足相关标准限值要求，实现达标排放。

7.2.3 噪声

厂界噪声监测结果详见下表。

表 7-4 厂界噪声监测结果

监测点位		第一周期		第二周期		标准值	达标情况
		昼 1	昼 2	昼 1	昼 2		
东院	东侧厂界外 1m	42	46	55	45	55	达标
	南侧厂界外 1m	54	47	54	55	70	达标
	西侧厂界外 1m	46	45	50	41	55	达标
	北侧厂界外 1m	48	41	49	48	55	达标
北院	东侧厂界外 1m	57	51	59	56	70	达标
	南侧厂界外 1m	55	53	58	45	70	达标
	西侧厂界外 1m	48	44	45	45	55	达标
	北侧厂界外 1m	43	47	51	48	70	达标

由上表可知，学校北院及东院厂界四侧昼间噪声均能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中相应 1、4 类标准限值要求，厂界噪声能够达标排放。

表八

验收监测结论

8.1 工程概况

河北工业大学投资建设“化工节能过程集成与资源利用创新平台项目”，该项目集合化学原理楼、中试车间的现有实验室及设备，同时利用教材科库房现有建筑场地、新增配置相关设备进行创新平台建设。该平台主要包括节能热耦合塔设备集成、高效催化剂与反应精馏集成、化工过程集成与能量优化、生物质及海水资源综合利用、工程试验基地等五个技术方向的相应设施，依托化工楼仪器分析中心进行检测，以支撑其设备研发与优化的科学研究工作。本次验收范围为“化工节能过程集成与资源利用创新平台项目”整体竣工环保验收。

8.2 工程变动情况

在本项目验收范围内，工程主要建设场地、工程建设内容等与环评阶段基本一致，其中，发生的变化为生物质资源综合利用实验的布置由环评阶段的东院化工原理楼 310 室调整至该楼的 208 室。

经对照《污染影响类建设项目重大变动清单》（试行），在本项目验收范围内，工程发生的变动不属于重大变动。

8.3 环保设施落实情况

（1）本项目运营期排放的废气主要为实验溶液配制、加热、取样、冷凝等操作工作产生的有机废气。本项目化工原理楼相关实验室设置有通风橱，实验过程产生的少量有机废气经通风橱收集后经管道引至活性炭装置净化处理后排放。

（2）项目运营期产生的废水主要为浓海水软化产生的废水，主要成分为硫酸钠，经收集后通过学校北院废水总排口排入市政污水管网，最终进入咸阳路污水处理厂进一步处理。

（3）项目运营期噪声源主要为进料泵、蠕动泵及风机等设备运行产生的噪声，通过选用低噪声设备、建筑隔声、基础减振等措施降低设备运行噪声影响。

（4）项目运营期产生的固体废物主要为东院实验室实验过程中产生的有机废液，为危险废物，经收集后暂存于学校原有危险废物暂存间（位于东院工程训练中心西侧），交由天津合佳威立雅环境服务有限公司处置。

8.4 验收监测结果

(1) 验收监测期间，校内实验室建筑外非甲烷总烃浓度能够满足《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2020)中相应标准限值要求，学校厂界处非甲烷总烃浓度能够满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中相应标准限值要求，学校厂界处乙酸乙酯和臭气浓度能够满足《恶臭污染物排放标准》(DB12/059-2018)中相应标准限值要求。本项目无组织废气污染物均能满足相关标准限值要求，达标排放。

(2) 验收监测期间，学校北院废水总排口外排废水水质能够满足《污水综合排放标准》(DB12/356-2018)三级要求，实现达标排放。

(3) 验收监测期间，东院及北院厂界昼间噪声均能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中相应的1、4类标准限值要求，厂界噪声能够达标排放。

8.5 结论

河北工业大学“化工节能过程集成与资源利用创新平台项目”有效落实了环境影响报告表及其批复要求的各项污染控制措施和环保设施，运营阶段，项目产生的废气、废水及噪声等均能达标排放，各项固体废物处置去向合理。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的相关规定，项目符合竣工环保验收合格的条件，建议予以通过环保验收。

8.6 建议

(1) 建议对尽量对工程试验基地等较大型实验装置排放有机废气的点位设置集气设施并增上废气处理装置，有机废气经收集处理后外排。

(2) 加强对各环保设施的管理维护工作，确保其正常运行。