

四川大学化学工程学院  
化工工艺设计课程

——邻苯二甲酸二辛酯设计说明书

指导老师：党亚固

小组成员：宋扬、王煜、  
潘铮、贾晨、苏乔、胡聿明

# 1 编制设计说明书

## 1.1 设计依据

### 1.1.1 设计任务书

### 1.1.2 技术资料

### 1.1.3 设计原则

(1) 认真贯彻贯彻国家基本建设的有关政策、法规，合理安排建设周期，  
严

格控制工程建设项目的生产规模和投资。

(2) 严格遵循现行消防、安全、卫生、劳动保护等有关规定、规范，保障  
生产安全顺利进行和操作人员的安

(3) 产品生产和质量指标符合国家及地方颁发的各项相关标准。

(4) 注重环境保护，设计中选用清洁生产工艺，在生产过程中减少“三废”  
排放，同时采用行之有效的“三废”治理措施，严格执行“三废”治理、  
“三同时”的方针。

(5) 坚持体现“社会效益、环保效益和公司经济效益并重”的原则，  
按照国民经济和社会发展的长远规划，行业、地区的发展规划，在项目调查、  
选择。

## 1.2 市场预测与分析

### 1.2.1 产品市场情况分析

我国 DOP 生产公司共有 26 家，产能 270 万吨/年；2023 年产量 141 万吨，  
进口量 16 万吨。预计 2023 年，DOP 生产公司将增长至 28 家，产能 340 万吨/

年，增长 26%。参考[1]中国苯酐-DOP 产业链分析及发展建议。

最近5年，我国DOP表观消费量除2023年出现下滑外，其他年份都在增长，2023年表观需求量133万吨，2023年上升到157万吨，5年增长18%；2023年表观消费155万吨，与2023年基本持平略有下降。预计未来5年，我国每年DOP表观消费量为145~155万吨。由于自给率高，需求重要由国内供应，进口量占消费量比例将连续下降。

最近5年，我国DOP产能扩张迅猛，2023年产能161万吨/年，2023年增长到270万吨/年，5年增长68%。预计2023-2023年尚有50万吨/年新增产能投产，到2023年终产能将增长到320万吨/年。2023-2023年，国内DOP产量从100万吨上升到141万吨，增长42%，2023年产量149万吨，比2023年仅增长5.6%。到2023年预计产量仍将维持在140~155万吨，装置开工率仅为50%左右。

### 1.2.2 产品价格趋势分析

### 1.2.3 产品替代产品分析

### 1.2.4 市场风险分析

## 1.3 产品方案

### 1.3.1 产品名称和性质

产品名称：邻苯二甲酸二辛脂

英文简称：DOP

产品分子式： $C_{24}H_{38}O_4$

结构式：

分子量：390.62

产品的理化性质：

(1) 性状：无色或微黄色非水溶性的油状液体，能与乙醇、丙酮等有机溶剂相混溶，不溶于水。

(2) 物理常数

沸点：370℃(1.0325×10<sup>5</sup>Pa,760mmHg)

折光率：1.4859 (20℃)

闪点：218.33℃ (开杯)

黏度：81.4CP (里泊) (20℃)

相对密度：0.9861 (20℃)

燃点：241℃

冰点：-55℃

熔点：-16℃

流动点：-41℃

体积电阻：1×10<sup>11</sup> (欧米伽·cm)

比热：(50~150℃) 平均为 0.57 卡/克

蒸发热：23.6 千卡/克分子

溶解度：在水中小于 0.1% (20℃)

挥发热：(150℃) 20mg/cm<sup>2</sup> 小时

1.3.2 产品的质量规格

1.3.3 产品规模 (t/d 或 t/a)

1.3.4 副产品数量 (t/d 或 t/a)

表 1-1 产品规格

产品名称	规格	级别	产量 t/a	单价 元/t
DOP	纯度≥99.5%		50000	

### 1.3.5 产品包装方式

## 1.4 生产方法和工艺流程

### 1.4.1 生产方法 (扼要说明设计所采用的原料路线和工艺路线)

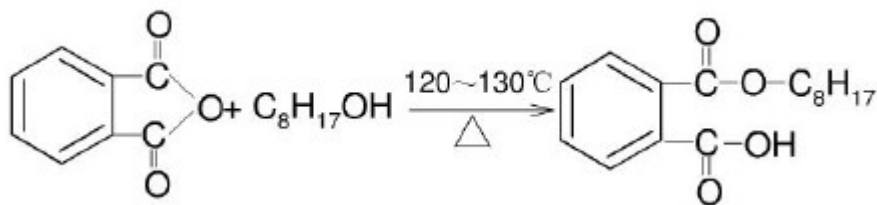
目前，国外生产有以下几种工艺：酸性触媒生产工艺（硫酸或对甲基苯磺酸）、非酸触媒生产工艺（金属氧化物，两性触媒，或脂类触媒）及无催化剂工艺，在单元生产方式上有连续法（各工艺单元均连续），半连续法（脱醇、中和连续）及间歇法，目前，国内以硫酸为触媒的生产工艺正在逐步转向非酸触媒的生产工艺，单元生产方式连续法和间歇法兼有。

本设计采用的是半连续法非酸触媒生产工艺。使用的原料有邻苯二甲酸酐、辛醇、钛酸四异丙酯、纯碱、活性炭，下面列出各种原料的理化性质和使用方法。

### 1.4.2 化学反映方程式 (写出方程式，注明化学物质名称，重要操作条件)

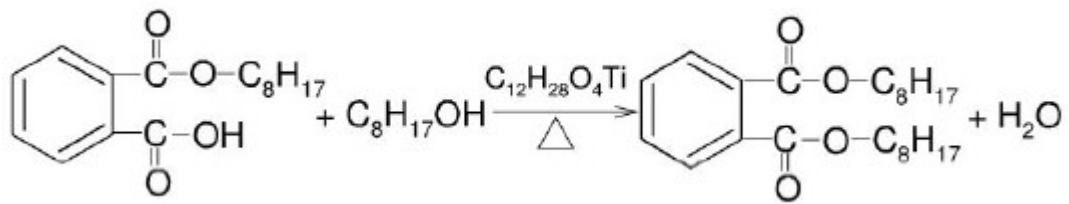
#### (1) 酯化工序

第一步：苯酐和辛醇反映生成苯二甲酸单辛酯，以下式表达：



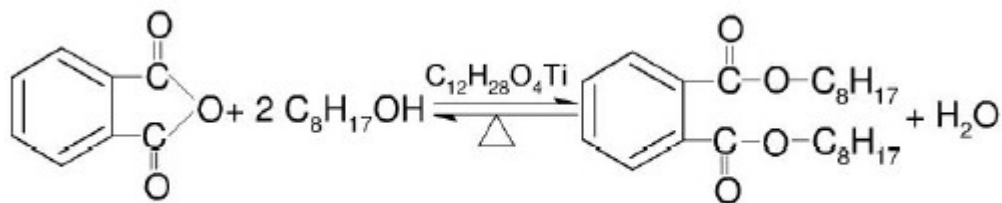
此反映不需要在催化剂作用下即可进行，温度在 120~130℃时反映可以基本完毕。

第二步：苯二甲酸单辛酯和辛醇反映生成苯二甲酸二辛酯和水以下式表达：



此步反映需要在 Cat 钛酸四异丙酯作用下进行，反映液温在 225~235℃可以基本完毕。

酯化反映的总反映式为：



此反映为一可逆反映，为使反映尽快向形成酯的方向进行必须将反映过程中生成的水迅速从反映体系中移出。

### 1.4.3 工艺流程

#### (1) 酯化工序

邻苯二甲酸酐和 2-乙基己醇在催化剂钛酸四异丙酯的作用下，通过常压加热脱水得到邻苯二甲酸二辛酯粗酯。

#### (2) 后解决工序

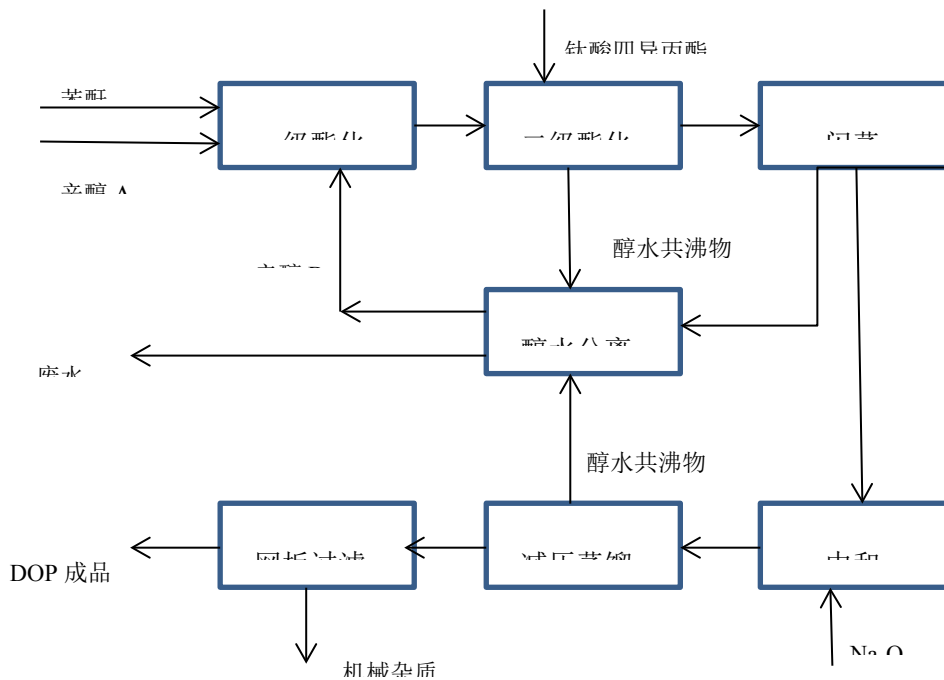
酯化合格后，打料过程中运用酯化反映余热将酯化反映过量醇大部分脱出，液温在 180℃~200℃时，在真空状态下用管道泵加入碱水降酸值，然后从釜底蒸汽分派盘通入活蒸汽，运用负压下减少回收醇的沸点，醇水共沸的原理，将过量醇从反映体系中移出，从而得到精酯。

#### (1) 过滤工序

后解决合格物料，在此工序通过网板式密闭过滤机过滤去除杂质，得到合格成品。以上几个工序可表达为：

酯化 → 闪蒸、后解决、脱醇 → 压滤 → 成品

### 1.4.3.1 工艺流程简图（方块图）



### 1.4.3.2 带控制点工艺流程图及流程简述

#### (1) 酯化工序

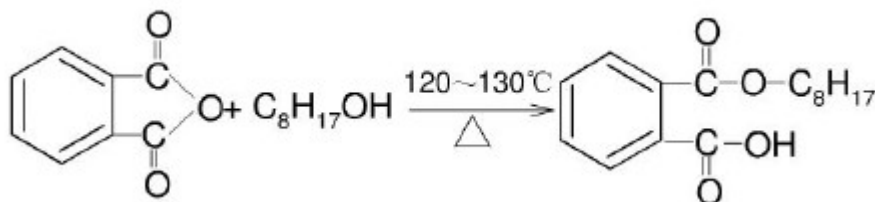
用离心泵将纯度为 99.3% 的苯酐从苯酐贮罐泵到高处计量槽 V0104，再次用离心泵将纯度为 99.7% 的辛醇从辛醇贮罐泵到高处计量槽 V0103，使用液位控制系统控制物料进料，保证苯酐与辛醇按 1:2 的质量比加入反应釜。辛醇分四次加入。

表 1 单锅进料

一级酯化釜进 料	苯酐	辛醇		
-------------	----	----	--	--

量 (KG)	19378.65	38757.3		
二级酯化进料	单酯	催化剂		
量 (KG)	36145.6	1395		
二级酯化出料	DOP	单酯	辛醇	水
量 (KG)	50505.05	144.48	5019.65	2331

向反应釜 R0101 中通入高压蒸汽加热，通过反映液温度控制器调节蒸汽阀开度，控制一级酯化釜温度在 120~130℃；苯酐和辛醇迅速发生一级酯化反应生成单酯，转化率 100%，反应完毕以后，将物料通入二级酯化釜 R0102、R0103、R0104，反应釜事先在反应釜夹套通入蒸汽升温并在反应釜中通如氮气和催化剂质量为总投料量千分之二十四的钛酸四异丙酯，运用温度传感器调节蒸汽阀开度，控制二级酯化反映液体温度在 225~235℃，反应时间。冷凝水加以循环运用，从反应釜 R0104 出料中苯酐转化率达成 99.6%，反应结束后将酯化混合物通入贮罐，待用。各级酯化反映进料出料如上表所示。



## (2) 后解决工序

将酯化液浆通过泵 P0204 打到闪蒸塔 T0201，运用真空泵 P0202 对闪蒸塔 T0201 抽真空，运用压力控制显示器保证塔内真空度不低于-0.08MPa。酯化液打浆的过程中，运用酯化反映余热将酯化反映过量醇大部分脱出。闪蒸后物料密度达成 0.965g/cm<sup>3</sup>~0.980 g/cm<sup>3</sup> 时，送入中和塔 T0202。

打开纯碱贮罐进料阀，在酯化打浆料液温在 180℃~200℃时，将配置好的纯碱溶液

(3) 过滤工序

## 1.5 物料能量衡算

物料计算结果 (以物料平衡图或物料流程图表达)

分子量: 苯酐 148.12      异辛醇 130.0      DOP 390.3      H<sub>2</sub>O 18

日产 DOP  $50000 \div 330 = 151.15$  吨

每小时生产  $151.15 \div 24 = 6.31313$  吨

规定达成最后产品达规格

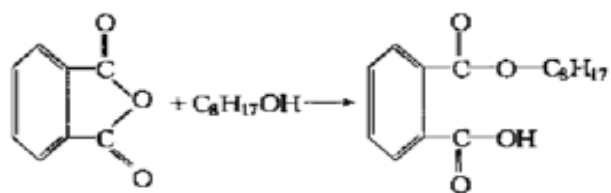
产品规格: 一等品 DOP 含量 99.5%

故每小时要得纯 DOP 为:  $6.31313 \times 99.5\% = 6.28$  吨

设整个过程之中 DOP 损失量为 4%

则实际每小时产纯 DOP 为  $6.28 \div (1 - 4\%) = 6.54$  吨

### 1.5.1 一级酯化段物料计算



根据一级酯化反映式:

二级酯化反映式:

第一步酯化转化率为 100%, 第二步酯化转化率为 99.5%。

一小时一级酯化反映釜进釜苯酐的量为:  $6.54 \times 1000 \div 390.3 \div 0.995 = 16.84$  kmol

根据投料比 苯酐: 异辛醇=1:2.2

异辛醇投入量为  $16.84 \times 2.2 = 37.048 \text{ kmol}$

又回流 异辛醇量  $21.55 \text{ kmol}$

总异辛醇量  $37.048 + 21.55 = 58.598 \text{ kmol}$

出釜异辛醇量为  $37.048 - 16.84 + 21.55 = 41.758 \text{ kmol}$

单酸酯的量  $16.84 \text{ kmol}$

### 1.5.2 二级酯化段物料计算

进釜 异辛醇  $41.758 \text{ kmol}$

单酸酯的量  $16.84 \text{ kmol}$

氧化铝与辛酸亚锡复配催化剂量  $0.28 \text{ kmol}$

$\text{N}_2$   $8 \text{ m}^3/\text{h}$

出釜 第一釜的转化率  $X_A = 0.523$

DOP 的物质的量  $n_d = 16.84 \times 0.523 = 8.80732$

异辛醇量为  $n_b = 41.758 - 8.80732 = 32.95$

单酸酯的量  $16.84 - 8.80732 = 8.03268 \text{ kmol/h}$

氧化铝与辛酸亚锡复配催化剂量  $0.28 \text{ kmol}$

产生的水的物质的量  $n_{\text{水}} = 16.84 \times 0.523 = 8.80732$

异辛醇一部分作为带水剂与水一起出釜，异辛醇经冷凝器冷却再回流至反应釜中，

经测定  $n_b : n_{\text{水}} = 2.5 : 1$ 。所以  $n_b = 8.80732 \times 2.5 = 22.0183 \text{ mol/h}$ 。

$$N_2 \text{ 8m}^3/\text{h}, \text{ 转化为摩尔流量: } \frac{8 \times 101500}{8.314 \times 303.15} = 322.16 \text{ mol} = 0.32216 \text{ kmol}$$

∴每一小时有:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{(0.32216 + 17.61 + 39.63) \times 8.314 \times 473.15}{101.500} = 2230.90 \text{ m}^3 \text{ 排出反应釜。}$$

一级酯化段物料衡算表

入塔	苯酐	异辛醇	单酸酯	出塔	苯酐	异辛醇	单酸酯
量(kmol/h)	16.84	58.598	0	量(kmol/h)	0	41.758	16.84
摩尔含量 (%)	22.23	77.76	0	摩尔含量 (%)	0	69.97	30.02

二级酯化段釜物料衡算

入釜	异辛醇	单酸酯	氧化铝与辛 酸亚锡	N <sub>2</sub>	水	DOP
量(kmol/h)	41.758	16.84	0.28	0.32216	0	0
出釜	异辛醇	单酸酯	氧化铝与辛 酸亚锡	N <sub>2</sub>	水	DOP
量(kmol/h)	32.95	8.03268	0.28	0.32216	8.80732	8.80732

## 1.6 原材料方案、动力供应和公用工程

### 1.6.1 原材料辅材料、动力工程的消耗

表 1-2 原料消耗

原料名称	规格	级别	消耗量 万 t/a
邻苯二甲酸酐			
辛醇			

表 1-3 辅助原料消耗

序号	名称	消耗量	单位
1	钛酸四异丙酯		
2	纯碱		
3	活性炭		

### 1.6.2 公用工程消耗

表 1-4 公用工程消耗

序号	名称	消耗量	单位
1	水		
2	电		
3	汽		
4	煤		

## 1.7 资源综合运用及节能、节水措施

### 1.7.1 资源综合运用

本项目单体生产重要原材料为苯酐、辛醇，年消耗量分别为 380 吨、 671

吨，原料转化率高，醇回收运用率较高，污染物排放量低，资源得到了有效运用。

能耗现状 本项目装置能耗表见表 11-1。

表 11-1 装置能耗表

序号	名称	单位	消耗定额	折标煤系数	折标煤 (kg)	总能耗 (t) /a
1	电	kW.h	150	0.1229	18.135	18.135
2	蒸汽 (1)	t	3.44	21.6	74.304	74.304
3	仪表空气	Nm <sup>3</sup>	7	0.04	0.28	0.28
4	压缩空气	Nm <sup>3</sup>	5.0	0.04	0.20	0.2
5	氮气	Nm <sup>3</sup>	22.6	0.04	0.94	0.94
5	蒸汽 (2)	t	1.118	94.9	106.098	106.098
合计					199.957	200.0

本项目单位产品综合能耗标准煤 0.2t，年总能耗为 200 t 标准煤。

## 1.7.2 环境保护

### 1 环境保护指导思想及原则

指导思想: 以经济建设为中心，以环境保护为重点，逐步使环境与经济、社会发展相协调，努力开展环境的综合整治，加强自然生态的保护，积极防治环境污染，合理运用资源，使环境建设、经济建设、工业区建设同步规划、同步实行、同步发展，实现经济效益、社会效益和环境效益的统一。

环境保护规划的原则:

- (1) 坚持全面规划，合理布局，突出重点，兼顾一般的原则。
- (2) 坚持实事求是，因地制宜的原则。
- (3) 坚持谁污染谁治理，谁开发谁保护的原则。

(4) 坚持以防为主，防治结合，综合治理的方针。

## 2 环境目的及污染物排放标准

### (1) 国家或地方的有关环保法规

《中华人民共和国环境保护法》

《中华人民共和国水污染防治法（修正）》

《中华人民共和国大气污染防治法》（2023 年 4 月 29 日颁布）

《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（1996 年 10 月 29 日颁布）

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2023 年 12 月 29 日修订）

《中华人民共和国清洁生产促进法》

国务院令（1998）第 253 号《建设项目环境保护管理条例》

《贵州省环境保护条例（2023 年）》

《中共贵州省委贵州省人民政府关于环境保护若干问题的决定》（1998-11-03 生效）

《危险化学品安全管理条例》，国务院令第 344 号

《国家危险废物名录》，国家环境保护总局、经贸委、外经贸部、公安部，1998 年 7 月 1 日起执行

### (2) 设计执行的标准依据

《地表水环境质量标准》 GB3838-2023

《环境空气质量标准》 GB3095-1996

《大气污染物综合排放标准》 GB16297-1996

《工业公司设计卫生标准》 TJ36-79

《危险废物焚烧污染控制标准》 GB18484-2023

《工业场合有害因素职业接触限值》 GBZ2-2023

《声环境质量标准》 GB3096-2023

《工业公司噪声控制设计规范》 GBJ87-85

《工业公司厂界环境噪声排放标准》 GB12348-2023

《建筑施工场界噪声限值》 GB12523-90

《危险废物集中焚烧处置工程建设技术规范》 HJ/T176-2023

《危险废物贮存污染控制标准》 GB18597-2023

### **(3) 其他相关标准**

固体废物等按照《国家危险废物名录》、《固体废物申报登记指南》进行分类收集和无害化解决。危险废物贮存按《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)执行。

## **3 污染源及排放情况**

### **(1) 废气污染源及排放情况**

本项目废气重要来自酯化反映的合成尾气、开停车尾气等，废气量总计为XXXNm<sup>3</sup>/h，重要污染物为硫酸、粉尘和挥发辛醇气体。

### **(2) 废水污染源**

本项目废水分为生产废水、清静下水和生活污水三部分，其中，生产废水重要有酯化反映合成废酸水、中和废碱水、裂解废碱水、贮罐区放空气洗涤废碱水及地面冲洗水等，污水中重要污染物为有机物。生活污水重要为生活设施排放的污水，废水中重要污染指标为 COD、BOD<sub>5</sub>、SS 等。清静下水重要是循环排污水等，

### **(3) 固体废物(液)污染源**

本项目固体废物(液)排放源重要有酯化反映合成废渣浆、中和废碱渣以及废催化剂等，总量为 108t/a。

### **(4) 噪声污染源及排放情况**

本项目重要噪声源涉及泵、汽车运送等，设备噪声级最高为 70dB (A)，最低为 50dB (A)。

#### **4 污染防治措施**

##### **(1) 废气污染治理措施**

###### **1、有组织废气**

本项目有组织气体均进行焚烧。焚烧系统的焚烧炉型号为 JN-GAS-30BCGS，焚烧温度 $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ ，烟气停留时间 2S，焚毁去除率 $\geq 99.99\%$ ，燃烧效率 $\geq 99.9\%$ ，焚烧为负压燃烧方式，因此，本项目在焚烧过程中不会导致污染。废气经处理后均满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级排放标准规定。

###### **2、无组织废气**

无组织废气重要为罐区贮罐呼吸及生产过程的无组织排放。控制无组织排放措施如下：

- a、为了减少废气的无组织排放，采用密封性能高的阀门和输送泵，有效地减少了原料和产品在输送过程中的逸散。
- b、生产过程中及安全阀和不正常操作排放出来的废气所有密闭集中输送到焚烧装置解决，不使其逸散外界。
- c、定期检查管道和阀门，如有泄漏，应立即采取措施。

##### **(2) 废水污染治理措施**

本项目排水进行了清污分流，即排水系统分为生活污水排水系统、生产废水—初期雨水排水系统和清净下水—雨水排水系统。设计将生活废水、生产污水和初期雨水收集后排入污水预解决站进行进一步解决，达成《贵州省环境污染物排放标准》(DB52/12—1999) 2023 年 1 月 1 日之后建设的单位表 3

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/076230101030010144>