

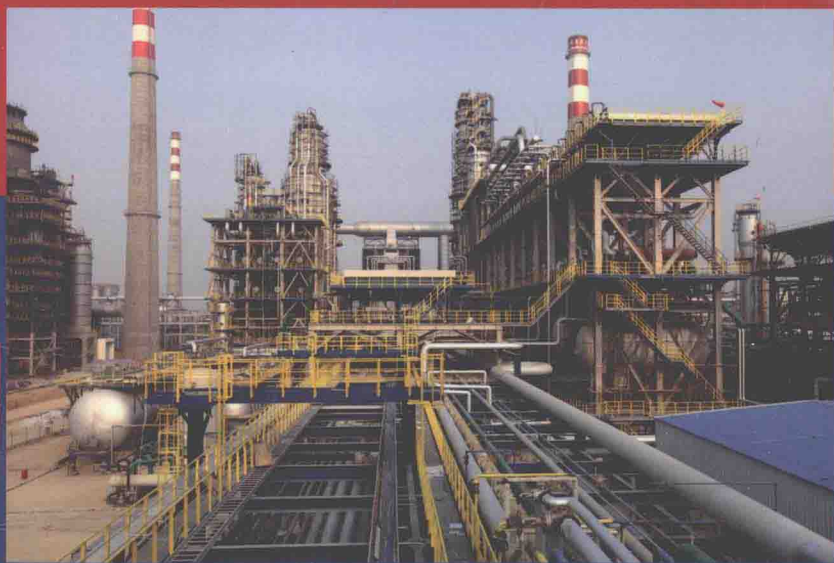
炼油厂设计与工程丛书

炼油厂装置平面布置 及管道设计

丛书主编 李国清

本书主编 张德姜 柯松林 唐永进

本书主审 丘平



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

炼油厂设计与工程丛书

炼油厂装置平面布置 及管道设计

丛书主编 李国清

本书主编 张德姜 柯松林 唐永进

本书主审 丘 平

中国石化出版社

内 容 提 要

本书着重介绍了炼油厂装置平面布置、管道布置、管道器材的设计与选用、管道应力分析等。

本书可供炼油厂工程设计技术人员、科研人员、生产操作和管理人员、建设施工和管理人员,以及高等院校相关专业的师生阅读与参考。

图书在版编目(CIP)数据

炼油厂装置平面布置及管道设计/李国清主编;
张德姜分册主编. —北京:中国石化出版社,2017. 2
(炼油厂设计与工程丛书)
ISBN 978-7-5114-3865-2

I. ①炼… II. ①李… ②张… III. ①炼油厂-装置
-平面布置②炼油厂-管线设计 IV. ①TE681

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 037703 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、
抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所
有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市朝阳区吉市口路9号
邮编:100020 电话:(010)59964500
发行部电话:(010)59964526
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail:press@sinopec.com
北京科信印刷有限公司印刷
全国各地新华书店经销

*

850×1168 毫米 32 开本 12 印张 1 插页 316 千字
2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷
定价:45.00 元

《炼油厂设计与工程丛书》编委会

主任：李国清

副主任：孙丽丽 王子康

顾问：徐承恩

委员：(按姓氏笔画排列)

于鸿培 王玉翠 王青川

计鸿谨 刘丽生 孙毅

李家栋 吴向东 余齐杰

张伟 张力克 张京生

张晓华 张德姜 陈争荣

陈瑞金 郑学鹏 孟庆海

赵文忠 胡德铭 侯凯峰

徐建棠 黄少敏 曹益新

彭丹心 韩宇丽 魏志强

前 言

经过 60 余年的发展，我国已经成为世界第二炼油大国，国产化技术名列世界前茅，积累了丰富的工程设计建设经验。为了更好地指导生产实验，努力提高炼油水平，更好地为建设世界一流能源化工公司服务，出版该套介绍炼油厂各专业工程设计内容及程序的《炼油厂设计与工程丛书》十分迫切、十分必要。

炼油工业是国民经济的支柱产业之一，我国炼油工业依靠独立自主、自力更生，不断创新和发展，目前总体技术处于世界先进水平，并仍在蓬勃发展中。据统计，2011 年我国的原油一次加工能力已达到 5.5 亿吨，居世界第二。我国炼油企业和炼油厂的发展步伐明显加快，炼油厂的规模不断扩大，炼化一体化程度不断提高，炼油基地化发展迅速，在国际炼油业中的地位不断提升。截至 2011 年底，我国加工规模在 1000 万吨/年以上的炼油厂有 17 家，新建和改扩建至千万吨级原油加工基地 20 座。炼油行业正坚定地走在装置大型化、炼化一体化、发展集约化的道路上。

本丛书共 20 个分册，系统介绍了有关炼油厂各专业范围的工程设计内容及程度，包括：炼油厂厂址选择及总图、总工艺流程、非工艺类专业领域详细设计技术、管道设计、安全与环保、经济评价等。

本丛书编著工作由一批长期工作在炼油厂设计一线

的技术骨干和专家共同完成，他们具有较高的理论水平和丰富的实践经验，因而本丛书内容贴近设计和生产实际，不仅具有新颖性和创新性，而且具有实用价值。

由于参与编写的专业面广，编写人员较多，会在编制内容上出现重复或遗漏，不妥之处请各位读者批评指正。



目 录

第一章 装置平面布置	(1)
第一节 装置的平面布置与全厂的关系	(1)
一、满足工艺设计要求	(1)
二、适应所在地区的自然条件	(2)
三、满足全厂总体规划的要求	(5)
第二节 设备平面布置的原则	(6)
一、安全设计的措施	(7)
二、安全距离	(8)
三、满足经济合理和用户要求	(14)
四、设备布置露天化	(16)
五、流程式布置工艺设备	(16)
第三节 管廊与常用设备的布置	(17)
一、管廊的布置	(17)
二、常用设备的布置	(22)
第四节 建筑物和构筑物的布置	(41)
一、建筑物的布置	(41)
二、构筑物的布置	(46)
三、通道的布置	(51)
第五节 装置平面布置特点及发展趋势	(53)
一、装置平面布置的类型及特点	(53)
二、流程式布置	(55)
三、装置布置发展趋势	(56)
第二章 管道布置	(58)
第一节 管道布置的规定	(58)
一、管道布置的要求	(58)

二、管道的净空或埋设深度	(64)
三、管道间距	(66)
第二节 管廊上的管道	(77)
一、管廊上荷载的种类和位置的确定	(77)
二、管廊上管道的布置	(78)
第三节 常用设备的管道	(82)
一、塔、反应器及容器的管道布置	(82)
二、加热炉的管道布置	(94)
三、换热设备的管道布置	(103)
四、泵的管道布置	(107)
五、压缩机的管道布置	(112)
第四节 特殊介质管道	(119)
一、液化烃管道的布置	(119)
二、氢气管道的布置	(120)
三、氧气管道的布置	(120)
四、真空介质管道的布置	(121)
五、低温介质管道的布置	(122)
六、极度危害介质的管道布置	(124)
七、气力输送介质管道的布置	(129)
第五节 泄放管道的布置	(130)
一、放空与放净管道的布置	(130)
二、泄压排放管道的布置	(132)
第六节 公用系统管道	(134)
一、蒸汽管道的布置	(134)
二、凝结水管道的布置	(137)
三、空气管道的布置	(137)
四、氮气管道的布置	(139)
五、地上水管道的布置	(141)
第七节 管道上的阀门安装	(144)

一、阀门的安装位置	(144)
二、阀门的旁通	(150)
三、启闭阀门的传动装置	(151)
四、止回阀的安装	(152)
五、减压阀的安装	(152)
六、气动调节阀的安装	(153)
七、安全泄压装置	(158)
八、疏水阀的安装	(173)
第八节 工艺管道上仪表或测量元件的布置	(176)
一、一般规定	(176)
二、流量测量仪表的布置	(181)
三、压力测量仪表的布置	(198)
四、温度测量仪表的布置	(207)
五、物位测量仪表的布置	(218)
六、过程分析仪表	(232)
第九节 管道的外防腐与绝热	(239)
一、管道外防腐	(239)
二、管道的绝热	(250)
第十节 管道伴热	(254)
一、伴热范围和伴热方式	(254)
二、伴热介质的温度与压力	(255)
三、伴热系统的材料选用	(256)
四、伴热计算	(257)
五、伴热管设计	(257)
六、夹套管安装设计	(257)
七、电伴热	(258)
第三章 管道器材的设计与选用	(259)
第一节 管道设计条件与设计准则	(259)
一、管道设计条件	(259)

二、设计准则	(262)
第二节 管道腐蚀与选材	(264)
一、腐蚀类型和基本原理	(264)
二、炼油装置中的腐蚀环境及选材原则	(266)
三、加工高硫高酸原油装置的管道设计选材原则	(290)
第三节 管道器材选用及标准	(300)
一、管子	(300)
二、管件	(307)
三、法兰	(310)
四、垫片	(314)
五、紧固件	(322)
六、法兰、垫片和紧固件选配	(326)
七、阀门	(327)
八、其他管道组成件	(333)
第四节 管道器材受压元件设计	(334)
一、金属直管	(334)
二、弯管及弯头	(336)
三、三通	(336)
四、盲板与平盖封头	(337)
五、支管连接的开孔补强	(337)
第四章 管道应力分析	(339)
第一节 管道应力分析方法	(339)
一、管道应力分析的基本方法	(339)
二、管道应力分析的安全评定	(348)
三、管道支吊架的种类、作用及选用原则	(358)
第二节 关键管系的应力分析	(363)
一、转油线的应力分析	(363)
二、压缩机管道的应力分析	(368)
参考文献	(372)

第一章 装置平面布置

第一节 装置的平面布置与全厂的关系

一、满足工艺设计要求

1. 满足工艺要求

装置的生产过程的要求主要体现在工艺流程图、材料选择流程图、工艺管道及仪表流程图、公用系统管道及仪表流程图、设备外形条件图、设备工艺数据表、设备表[包括塔、容器、换热器、工业炉、泵、压缩机、风机、空气冷却器(以下简称空冷器)等]、管道表等设计资料中。在这些图表中表示出工艺设备和管道的操作条件、设计条件、规格型号、外形尺寸等,以及工艺专业对平面与管道布置的要求。装置布置设计以此为依据,一般按照工艺流程顺序和同类设备适当集中相结合的原则进行布置。对于处理有腐蚀性、有毒和黏稠物料的设备宜按物性分别集中布置,以便对这类特殊物料采取统一的措施,如设置围堰、敷设防腐地面等。为防止结焦、堵塞,控制温降、压降,避免发生副反应等有工艺要求的相关设备,可靠近布置。对于在生产过程中设备之间有高差要求的,如:塔顶冷凝冷却器的凝液到回流罐,塔底或容器内流体到机泵,依靠重力流动的流体由高到低,固体物料的装卸等需要按工艺设计要求将各种设备布置在合适的高层位置。

2. 满足生产操作、检修、施工和消防的要求

(1) 设备、建筑物、构筑物应按生产过程的特点和火灾危险性类别分区布置。根据操作、维修、施工和消防的需要,综合考

虑设置必要的通道和场地。

(2) 装置布置设计必须为操作和管理提供方便。如对于主要操作点和巡回检查路线, 提供合适的通道、平台过桥、梯子等, 经常上下的梯子应尽量采用斜梯。

(3) 对设备、仪表和管道的维护和检修, 应尽量采用移动式的吊装设备, 装运需要检修的设备或部件, 缩短检修时间。对于需要就地检修的设备, 应提供必要的检修场地和通道。厂房内的设备检修, 应为大部件的起吊、搬运设置必要的吊车、吊装孔、出入口、通道和场地。

(4) 装置布置设计应为装置的施工和设备安装提供必要的条件, 如设置吊装主要设备或必须在现场进行组装设备需要的场地、空间和通道等。

(5) 装置布置设计应将上述操作、检修、施工和消防所需要的通道、场地、空间结合起来综合考虑。

二、适应所在地区的自然条件

自然条件是一个地区经历千万年的天然、非人为因素改造形成的基本情况, 主要包括气候、风向、地形、地质等。

1. 确定厂房布置的原则

结合所在地区的气温、降雨量、风沙等气候条件 and 生产过程特点以及某些设备的特殊要求, 确定哪些设备可露天布置。露天布置是设备布置的发展趋势, 便于安装、检修, 利于防火、防爆。然而我国幅员广阔, 南北地区温差很大, 所以在严寒(年最冷月平均气温 $<-10^{\circ}\text{C}$, 日平均温度 $<5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $>145\text{d}$)^[1]地区, 机泵等设备宜布置在厂房内; 风沙较多地区, 非密闭的机械传动设备应布置在厂房内。

2. 结合地形和地质特点

(1) 结合所在地区的地形特点。在一般情况下, 装置布置在长方形平整地段上, 以便把管廊设在能联系尽量多的设备位置, 设备布置在管廊两侧。然而在山丘地区的厂区大多采用阶梯式竖

向布置，储存液化烃和可燃液体的储罐应尽量布置在较低的阶梯上，工艺装置和全厂性重要设施布置在较高的阶梯上。

(2) 装置布置设计应结合地质条件。一般情况下，一个装置的占地约为 10000~20000m²甚至达 30000m²，在此范围内地质条件不可能有太大变化，个别地质太差之处还可以靠打桩加强。但在一个装置内仍可能有地质条件好与差的不同地段，这时应考虑将地质条件好的地段，布置重荷载设备和有振动的设备，使其基础牢固可靠。

3. 考虑风向频率的影响

装置布置设计应考虑风向频率的影响，尽可能避免因风向而引起的火灾和减少因风向而造成的污染。所谓风向频率是在一定时段内，各种风向出现的次数占所有观察总次数的百分率，用式(1-1)表示。

$$\text{风向频率} = \frac{\text{该风向出现次数}}{\text{风向的总观察次数}} \times 100\% \quad (1-1)$$

将风向分为 8 个或 16 个方位，按照各个方位风的出现频率以相应的比例长度点在 8 个或 16 个轴线的轴线上，再将各相邻方向的线端用直线连接，即成为闭合折线，此闭合折线即风向风玫瑰图。风向风玫瑰图可分为月、季、年三种。根据我国气象资料的统计，图 1-1 为国内 25 个城市地区的风向风玫瑰图。但是，由于风向受地方性影响较大，如地形不同，有山、有谷等，往往邻近的气象台站资料联系性不大，最好是在建厂所在地区进行实测。

释放源与明火风向平面位置关系实例分析见图 1-2^[2]。

由图 1-2 可见采用全年最小频率风向的提法较为合理。

在现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160—2008 和国家现行标准《石油化工工艺装置布置设计规范》SH 3011—2011 中都采用了全年最小频率风向的概念。

一个地区的风向观察只能在该地区的某一个观察站，该站与该地区的工厂建设地点可能相差很远，有地区性的影响，所以考

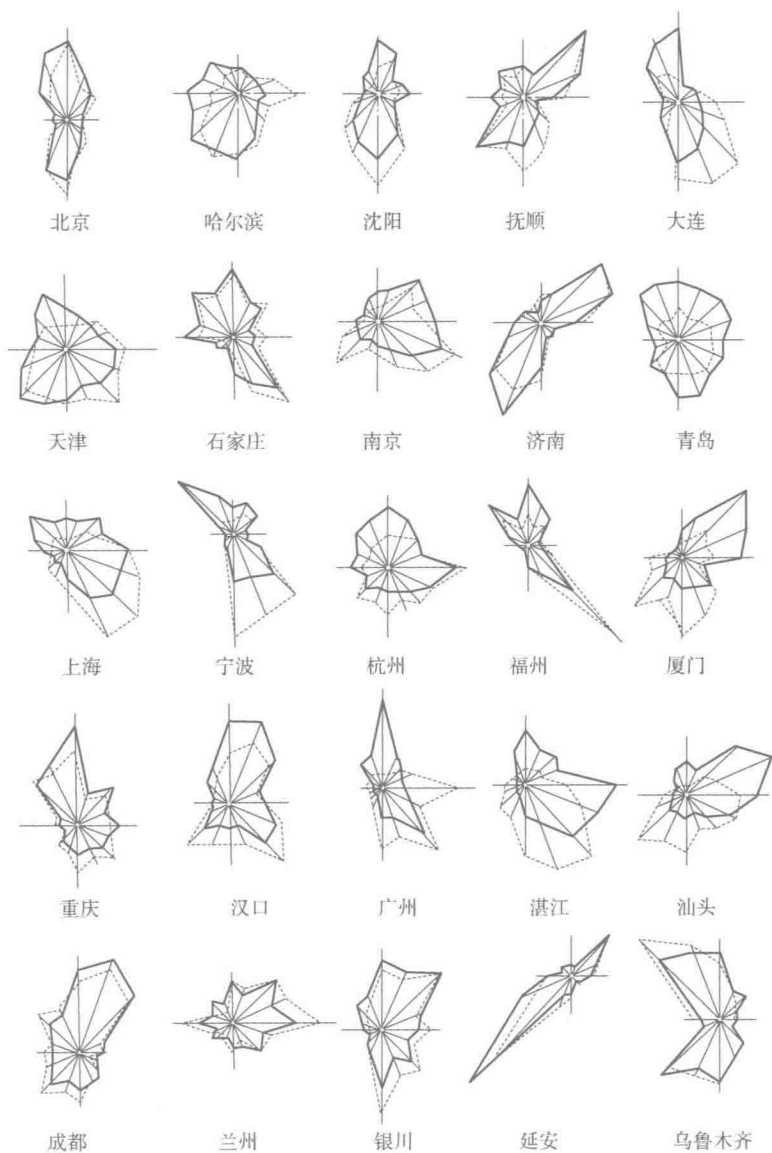
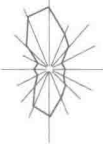





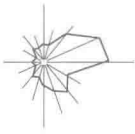

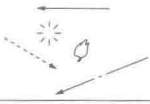


图 1-1 25 个城市地区的风向风玫瑰图

注：实线为全年风向风玫瑰图、虚线为夏季风向风玫瑰图。

虑风向的影响，只能作到相对合理。

风向玫瑰图类型		按主导风向要求	按最小频率风向要求
主导风向与次主导风向在同一轴线上 (北京)		释放源在明火的下风向 	释放源在明火的上风向 
		不太合理	合理
主导风向的侧风向与次主导风向在同一轴线上 (杭州)		释放源在明火的侧风向 	释放源在明火的上风向 
		不太合理	合理
其他类型 (南宁)		释放源在明火的侧风向 	释放源在明火的上风向 
		合理	合理

图例： 明火； 释放源

——> 主导风向

——> 次主导风向

-----> 最小频率风向

图 1-2 释放源与明火风向平面位置关系实例分析图

三、满足全厂总体规划的要求

全厂总体规划包括全厂总体建设规划、全厂总流程设计和全厂总平面布置设计。

1. 满足全厂总体规划要求

根据全厂总体规划要求，有些装置作为第一期工程建设项目，另一些装置作为第二期工程建设项目。在装置布置设计时，既要考虑第一期工程的有关设施不影响第二期工程的动工，

又要考虑第二期工程的施工不影响第一期工程的生产。如果一个装置内的设备或建筑物需要分期建设时,应按照装置的工艺流程、生产性质和设备特点确定预留区的位置,使后期施工的工程不影响或尽量少影响前期工程的生产。

2. 满足全厂总流程设计要求

根据全厂总流程设计要求,为了合理利用能源,可将一些装置集中紧凑布置组成联合装置,即由两个或两个以上独立装置集中紧凑布置,且装置间直接进料,无供大修设置的中间原料储罐,其开工或停工检修等均同步进行,视为一套装置。在装置布置时,应根据联合装置中各单元部分的占地需要合理划分街区,以使各装置的内部布置设计更为合理。

3. 满足全厂总平面布置设计要求

在全厂总平面布置中确定装置的位置和占地之后,应了解原料、成品、半成品的储罐区,装置外系统管廊、道路及有关相邻装置等的相对位置,以便确定本装置的管廊位置和设备、建筑物的布置,使原料、产品的储运系统和公用工程系统管道的布置合理,并与相邻装置在布置风格方面相互协调。

第二节 设备平面布置的原则

随着工程技术的发展,设备可靠性和自动化控制水平的提高,为装置联合创造了有利的条件。由热联合、工艺联合等形式的联合装置,进而发展为合理化集中布置的工艺装置区。即不仅把工艺过程相关的工艺装置联合起来,也把有关的系统设施、甚至与工艺过程无关的装置集中管理,共用中央控制室和变、配电所等。这样既可节省投资,减少操作人员,合理占地,缩小污染区域,又可实现工艺过程,确保安全、平稳生产操作。装置布置不仅要把装置内的所有设备、建筑物、构筑物等,进行合理的设备平、立面布置,同时要满足用管道将各个设备连接起来,建立整个工艺过程的需求,使装置最后获得合格的产品。

装置布置的原则是满足生产要求和安全防火、防爆的条件，并应做到节省用地、降低能耗、经济合理、满足用户要求，有利于环境保护。

一、安全设计的措施

炼油厂的原料和产品绝大多数属于可燃、易爆或有毒物质，有火灾、爆炸或中毒的危险，安全生产对炼油厂特别重要。

火灾和爆炸的危险程度，从生产安全的角度来看，可划分为一次危险和次生危险两种。一次危险是设备或系统内有发生火灾或爆炸的危险，但在正常操作状况下，不会危害人身安全或设备完好。次生危险是指由于一次危险而引起的危险，它会直接危害到人身安全、造成设备毁坏和建筑物的倒塌等。装置布置设计的三重安全措施是根据有关防火、防爆规范的规定，首先预防一次危险引起的次生危险，其次是一旦发生次生危险，则尽可能限制其危害程度和范围，第三是次生危险发生以后，能为及时抢救和安全疏散提供方便条件。

1. 预防次生危险的发生

装置内的加热炉(密闭通风者除外)是主要点火源，也是火灾的主要火源之一。控制室、机柜间、变、配电所在工作时可能产生火花，也属于明火火源。高温设备(尤其是操作温度等于或高于自燃点的设备)是属于火源设备。在明火火源处，没有可燃、易爆物存在，也不能引起火灾，所有火源设备，均应远离可能泄漏并散发大量可燃性气体的工艺设备、储罐、压缩机、泵等，并且火源设备应布置在全年最小频率风向的下风侧。对于可能泄漏可燃性气体的设备，为防止气体积聚宜露天布置或半露天(敞开式厂房或半敞开式厂房)布置，在装置平面布置设计中除应考虑防火的设计要求之外，还应考虑防爆的设计要求。正确处理可燃物质释放源与点火源之间的关系，做到协调合理。