

413442

建筑结构设计手册

管道支架

2
中国建筑工程出版社

建 筑 结 构 设 计 手 册

管 道 支 架

• 国 内 发 行 •

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

本书主要针对石油、化工等工业企业的特点，比较系统地介绍了独立式管架、组合式管架和拱形管道的設計方法，并附有計算例題。

本书可供土建結構設計人員和施工技術人員參考。

建筑结构设计手册 管道支架

· 国内发行 ·

*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：6 11/16 字数：174千字

1973年11月第一版 1973年11月第一次印刷

印数：1—57,400册 定价：0.68元

統一書号：15040·3085

毛 主 席 语 录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

管道支架是许多工厂（尤其是石油、化工等工厂）中的一种数量多、分布广的构筑物。做好管道支架设计工作，对加快基本建设速度、节约土建投资，具有重要意义。

对于管道和管架间的关系、管架的工作特点等，有些设计单位和工厂曾做过试验研究工作。在本书编写的过程中，我们又进行了一些调查研究和观测试验工作。在此基础上，我们编写出这本《管道支架》，作为建筑设计手册的一个分册来出版，供有关设计人员参考使用。

本书主要针对石油、化工等（不包括钢铁、矿山等系统的大型管道）工业企业的特点，比较系统地介绍了各种类型管道支架的设计方法，并附有计算例题。

此外，对于管道的允许跨度，由于它对管道支架的间距有直接影响，我们也做了一些工作，并把这部分列入附录，以供参考。

伟大领袖毛主席教导我们：“客观现实世界的变化运动永远没有完结，人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。”我们对管道支架系统的内在规律性的认识，还只是初步的，同时限于我们的水平，书中的缺点错误，在所难免，恳请读者提出批评意见，以便不断改进和提高。

在本书编写过程中，原化工部第一设计院、原石油部北京石油设计院曾给予很大支持；上海第二印染厂帮助我们做了半铰接管架的试验工作，谨表谢意。

派有关人员参加本书编写工作的单位有：第四机械工业部第十设计院，荆门炼油厂设计研究所，北京石油化工总厂设计院，上海化学工业设计院。

《管道支架》编写小组

1973年5月

目 录

第一章 概述	1
第一节 管道与管架	1
第二节 管架设计的特点	5
第三节 管道布置与牵制作用的关系	6
第二章 管架荷载计算	8
第一节 垂直荷载	8
第二节 风荷载	9
第三节 沿管道轴向的水平荷载及牵制系数	14
第四节 荷载组合	16
第三章 独立式管架的构造及计算	18
第一节 活动管架	20
第二节 固定管架	29
第三节 管架的内力分析及管架梁、柱、基础的设计	34
第四节 墙架、低管架、管枕及其他	53
第五节 独立式管架计算例题	66
第四章 组合式管架的构造及计算	110
第一节 纵梁式管架	110
第二节 拉杆式管架	114
第三节 吊索管架	120
第四节 悬索管架	124
第五章 拱形管道	138
第一节 拱形管道的构造及计算	138
第二节 拱形管道作用于管架上的力及管架设计	147
第三节 矢跨比 $\left(\frac{f}{L}\right)=\frac{1}{8}$ 的拱形管道的设计参考资料	148
第四节 拱形管道计算例题	152
附录一 管道跨度计算及有关表格	162
(一) 管道跨度计算原则	162

(二) 按强度条件确定管道的跨度	162
(三) 按刚度条件确定管道的跨度	166
(四) 管道计算图表	169
附录二 管道固定点间最大距离 $L(m)$	203
附录三 摩擦系数 μ	204
附录四 钢材在不同温度下的弹性模数及线膨胀系数	204
附录五 土壤冻胀等级分类表	206

第一章 概 述

第一节 管道与管架

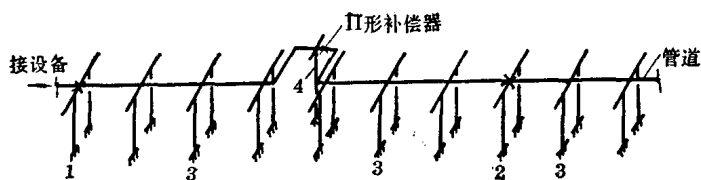
在化工和石油等工厂里，都有纵横联结的管道网。它担负着输送各种介质（液体、气体或固体粒料等）的任务。介质的温度有高温、常温和低温；介质的压力有高压和低压。管道的材料，多用钢管，当为腐蚀性介质时，则用塑料或其它材料的管道。

由于介质或大气温度的变化，管道产生热胀冷缩。为了适应这种热胀冷缩的要求，通常每隔一定距离，设置一个固定点。在两个固定点中间，设置一个补偿器（图1-1A）。用这样的方法，把管道划分为若干区段，每段管道的热膨胀量，由每段的补偿器所吸收。设置固定点的地方，管道与管架之间，不能发生相对位移，而且，管架顶端受力后的变形，与管道补偿器的变形值相比，应当很小。这种用以固定管道的管架，称为固定管架。其它仅作为管道支承，而不约束管道膨胀的管架，称为活动管架。

管道在固定管架上设有固定支座；在活动管架上设有活动支座，有时也设有滚动支座（图1-1B）。

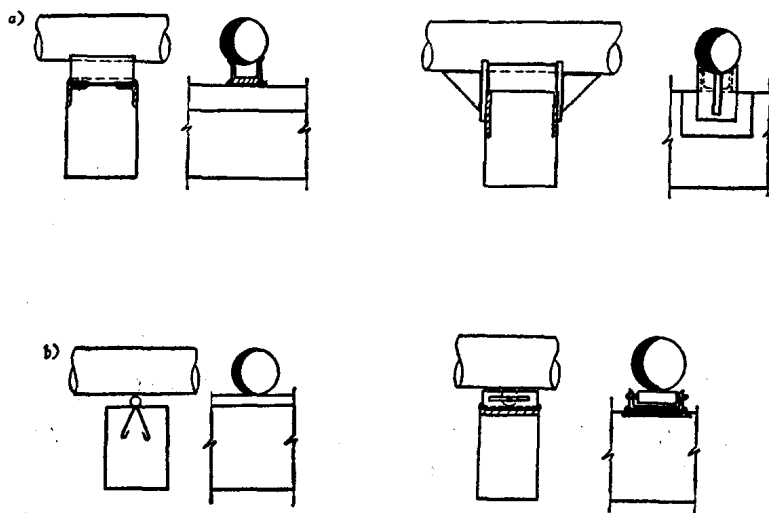
管架的型式比较多：按照管线敷设的方式，管架有高管架、低管架、管枕和墙架之分；按照管架的外形，有T形、Π形、单层、双层和多层，以及单片平面管架和空间刚架或塔架之分（图1-2）。许多情况下，为了加大管架间距，尚需采用某些辅助跨越结构，例如在相邻管架上附加纵横梁、桁架、悬索或吊索等，从而构成组合式管架（图1-3）。按管架结构的力学特点，又有刚性、柔性和半铰接之分（图1-4）。

设计管架时，首先要根据管道的具体情况，研究确定管架的



A—管架系统示意

1—尽头固定管架；2—中间固定管架；3—活动管架；4—补偿器管架



B—管道支座示意

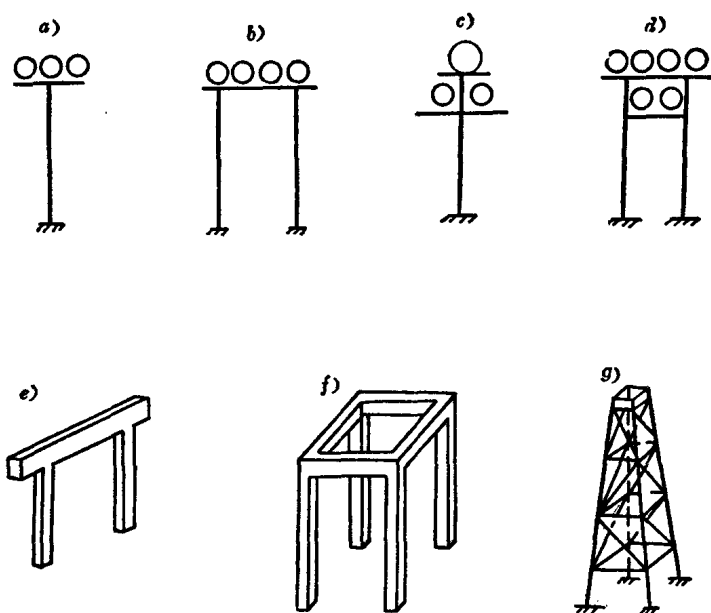
a) 固定支座

左—焊接固定支座，适用于推力小的情况；右—挡板固定支座，适用于推力大的情况

b) 活动支座

左—滑动支座；右—滚动支座

图 1-1

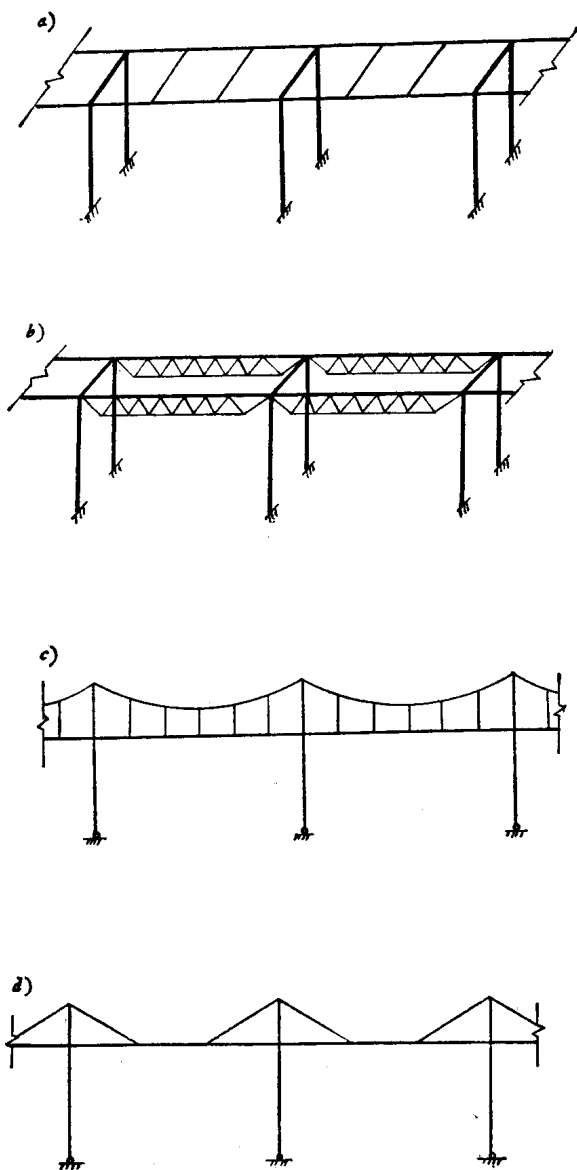


a—单层T形；b—单层II形；c—双层T形；d—双层II形；
e—单片平面管架；f—空间刚架；g—塔架

图 1-2

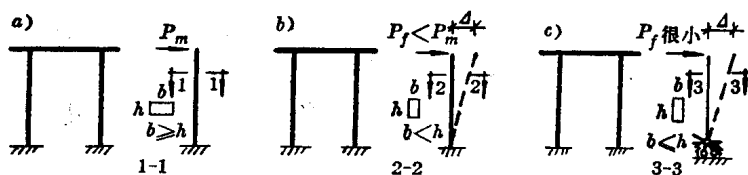
间距，固定点的布置及管架的型式。在确定管架的位置时，尚应注意管架与建筑物、构筑物相对位置的关系。如遇跨越铁路、公路、河流，以及同地上或地下线路交叉时，应符合有关规定的要求。管架应优先考虑采用装配式钢筋混凝土结构，其次是由型钢组成的钢结构或由钢筋组成的轻钢结构；当为低管架时，亦可用砖石结构。

管架的基础通常采用钢筋混凝土或素混凝土杯型基础、倒圆台基础和桩基础等。



a—纵梁式； b—桁架式； c—悬索； d—吊索

图 1-3 组合式管架



a—刚性管架

柱顶不能适应管道热变形要求，承受摩擦推力 P_m 。柱脚与基础的联结在管线的轴向与径向均为嵌固

b—柔性管架

柱顶能适应管道热变形要求，柱顶反力 $P_f < P_m$ 。柱脚与基础的联结在管线的轴向与径向均为嵌固

c—半铰接管架

柱顶能适应管道热变形要求， P_f 很小。柱脚与基础的联结在管线轴向为半铰接，在径向为固接

图 1-4

第二节 管架设计的特点

在管网中，管道支承在管架上。外观上，管架是支承管道的结构，然而从整个管网看，管道又把各自互不相关的管架连成了一个整体，使整个管网在实际上形成了一个空间体系。

此外，在一个管架上，通常敷设很多管道。由于各管道输送的介质的温度各不相同，生产过程中的升温次序也参差不齐，以致一些管道正在膨胀，一些却在收缩，还有一些则不胀不缩。一般说来，在一个管架上，没有所有管道在同一瞬间向同一个方向膨胀的情况。因此，各管道由于热胀冷缩而作用于管架上的摩擦推力就不一致，各条管道之间就存在着互相牵制的作用。

管道由于温度的变化（主要是介质的温度变化）而产生胀缩，给管架以水平推力。倘如管架顶能随着管道的胀缩而自由地变位，则活动管架就不承受水平推力，固定管架承受的水平推力也会减少。否则，活动管架就要承受水平推力，固定管架承受的水平推力也将增加。

管架设计的特点可归结为：

一、管架是支承管道的，而管道在一定程度上也是支持管架

的。当管线胀缩时，管道施力于管架，使管架顶随之变位；但管线敷设在管架上，并且胀缩是有一定量的，故当管架有倾倒趋势时，管线就不让其倾倒。这如同在管架顶上架设着一根连续的纵梁，因此管架柱不是独立的。柱顶相当于支承在一个有限变位的弹性支座上。考虑到这一特点，管架柱的计算长度（ l_0 ）就比完全独立的悬臂柱的要小（见表3-2、3-3）；同时考虑到管架柱所受的垂直荷载一般比较小，因此管架柱的长细比（ $\frac{l_0}{i}$ ）也允许取得大一些（见表3-4、3-5）。

二、同一活动管架上的管线与管线是互相制约的，存在着牵制作用。产生热变形（胀或缩）的管道推动着管架位移，无热变形或热变形已经稳定的管道阻止着管架位移，两者互相牵制，使得管道的水平推力互相抵消了一部分。这种作用的存在，使管架实际所受的水平推力较将各管道水平推力总和起来的值显著减少。目前，根据一定数量的试验，已获得了可供设计应用的牵制系数图表（见表2-3，图2-2）。

三、管线作用于管架的水平推力，是由于管道热变形引起的。假如活动管架柱脚是一个理想铰，管架顶能完全适应管线的热变形，则活动管架也就不承受水平推力。可见活动管架承受水平推力的大小是随其适应管线热变形的能力而定的。比较起来，刚性活动管架承受的水平推力大，柔性活动管架承受的水平推力小，而半铰接活动管架承受的水平推力就更小。根据这一特点，设计中就可按具体情况选用适合于具体工程的管架型式，做到既经济合理，又安全可靠，施工方便。

第三节 管道布置与牵制作用的关系

通过一系列的现场观测和模拟试验，发现管架上的管道布置与牵制作用有如下一些关系：

一、管架上管道根数越多，牵制作用越大。

二、常温管道的重量所占比例越大，牵制作用越大。

三、管道中介质温度高的和温度低的、重量大的和轻的，其排列越对称、越均衡，牵制作用越大。

四、主要热管占全部管线重量的比值越小，则牵制作用越大。

五、双层管架上的管道牵制作用比单层的大。

六、高温管道偏设于一侧时，牵制作用小。

七、管道不同时启动运转，牵制作用大；同时启动运转，则牵制作用小。

由上可知，管架上的管道布置情况对管架承受水平推力的大小有很大的影响。因此，在进行管架设计时，应在满足管道工艺安装要求的条件下使管道布置尽可能达到牵制作用最大的效果。

第二章 管架荷载计算

管架承受的荷载一般可分三类：

1. 垂直荷载：包括管道、管道附件、保温层、管内输送的介质以及在某些情况下考虑管道水压试验时的水重，还有冰、雪、积灰、平台和行人等荷载。

2. 沿管道轴线方向的水平荷载：包括补偿器的弹力、不平衡内压力、管道移动的摩擦力（如刚性活动管架等）或管架变位弹力（如柔性管架等）。

3. 与管道轴线方向交叉的侧向水平荷载：包括风荷载、拐弯管道或支管传来的推力、管道横向位移产生的摩擦力等。

此外，当管架处于地震区或管道不可避免地要产生振动时，则管架将承受动力荷载，其计算应参照有关专门规定进行。但是，考虑到整个管网实际上是一个由管线和管架组成的空间体系，具有较好的抗震性能；同时管线材料是钢管，管线接头亦多为焊接，具有适应振动的性能。因此，当地震区为七级或七级以下时，可以不作抗震计算。

第一节 垂直荷载

一、输送液体的管道

$$Q = \Sigma 1.2(q_z + q_w)l + \Sigma q_v l \quad (2-1)$$

式中 1.2——荷载系数；

q_z ——管道自重(kg/m)；

q_w ——管道的保温层重量(kg/m)；

q_v ——管道内输送的液体的重量(kg/m)，液体重量按充满管道截面计算，不考虑荷载系数；

l ——管架间距(m)，当管架两侧的间距不等时，取其

平均值,

Q ——作用在一个管架上的总垂直荷载(kg)。

二、输送固体粒料的管道

$$Q = \Sigma 1.2(q_z + q_a)l \quad (2-2)$$

式中 q_a ——管道内输送的固体粒料的重量(kg/m)。

三、输送气体的管道

$$Q = \Sigma 1.2(q_z + q_w + q_L)l \quad (2-3)$$

式中 q_L ——管道内冷凝液的重量(kg/m)，对于不同管径的管道，其冷凝液的填充量可按如下取用：

$d_g < 100$ 时，按冷凝液占管子截面积的20%计算；

$d_g = 100 \sim 500$ 时，按冷凝液占管子截面积的15%计算；

$d_g > 500$ 时，按冷凝液占管子截面积的10%计算。

d_g ——管道的公称直径(mm)。

一个管架上支承有多根气体管道，在对管架考虑进行水压试验的验算时，一般仅考虑其中对管架梁截面计算的最不利情况的一根在进行水压试验。在计算摩擦水平推力时，则不考虑水压试验。

对于管道附件（如阀门、法兰、支管等），作集中荷载考虑，其对相邻管架的荷载分配可按简支梁的计算简图进行计算。

如需计算冰、雪、积灰等荷载时，这些荷载的数值和分布可根据具体情况按有关资料取用。

第二节 风 荷 载

作用在管架上的风荷载，有如下两部分：

一、作用于管道，然后沿管道的径向以集中力的形式传给管架；

二、直接作用于管架的柱和梁。

对于直接作用于管架柱和横梁上的风荷载，在通常情况下，因其影响很小，均略去不计。但对组合式管架的纵梁，则应予以计算。当必须计算作用于管架柱和横梁的风荷载时（例如特别高大

的管架), 则可参照一般结构物的风荷载计算方法进行计算。

管架承受的管道径向风荷载 T_r , 按下式计算:

$$T_r = 1.3K \cdot K_s \cdot W_0 \cdot d \cdot l \quad (2-4)$$

式中 1.3——荷载系数;

K ——风载体型系数, 表2-1;

K_s ——风压高度变化系数, 表2-2;

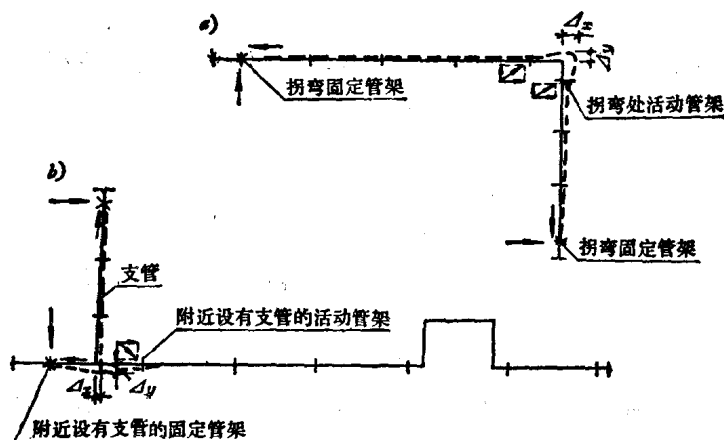
W_0 ——基本风压值(kg/m^2);

d ——管道直径(m); 如为保温管道, 则为保温层的外径, 多根管道并排敷设时, 取最大的 d 值;

l ——两相邻管架的间距(m); 如管架两侧的间距不等时, 取其平均值。

对于活动管架, T_r 应不大于计算管道的横向摩擦力, 否则 T_r 按计算管道的横向摩擦力取用。

与管道轴线方向交叉的侧向水平荷载, 除风荷载外, 对于拐弯或附近设有支管的固定管架, 尚有拐弯管道或支管传来的侧向水平推力; 对于拐弯或附近设有支管的活动管架, 其管架顶尚有因管道横向位移引起的侧向摩擦力(图2-1)。这两项荷载对相应的管架应予考虑。



a—拐弯管道; b—设有支管的管道

图 2-1