

管道工程设计资料

管道支架的设计及计算

TC 42 B2-94

化工部化工工艺配管设计技术中心站

责任编辑 张利华

版权所有
翻印必究

管道工程设计资料
管道支架的设计及计算

TC 42B2-94

★

编辑 化工部工程建设标准编辑中心
(北京和平里北街化工大院3号楼)

邮政编码:100013

印刷 河北省沧州市人民印刷厂

1994年10月

管道工程设计资料

管道支架的设计及计算

TC 42B2-94

郑茂鼎 徐志远 黄振仁 编

郑茂鼎 主编

化工部工程建设标准编辑中心

内 容 简 介

《管道支架的设计及计算》(TC 42B2-94)较详细介绍了地上管道支架设计的基本知识与要求。

本书是国内近年来设计改革中推出的一部专著,全书共分八章,内容包括:管道支架设计的步骤;支架类型和材料选用;支架间距;支架位置的确定;结构设计和计算;设计中应注意的问题及经验设计等。本书附有 12 个附录,列入了常用计算公式、材料许用应力及相关的国家及行业标准等资料。

本书可供从事管道设计的有关工程技术人员,以及高等院校师生参考使用。

前 言

在石油、化工、电力、金属冶炼及某些轻工生产的装置中,管道是重要的组成部分之一。而管道支吊架(简称管道支架)又是与管道紧密联系在一起的结构。

提起管道支架,往往不被人重视,因它是较小的结构。例如,去化工厂参观或实习的学生,事后谈起他们在厂里实习若干天,仅见过设备、厂房、钢结构、仪表和管道,却没有见到管道支架。那么,管道是浮在空中吗?当然不是,只不过实习者没有把注意力放到管道支架上而已。譬如在具有五万米长管道的化工装置内,有各种管道支架大约五千个,在装置内应是举目可见的。

在一个大型装置中,管道支架的设计工作量很大,是重要的设计任务之一。如由独立的专业组来完成它,对保证设计质量是非常有利的。

管道支架设计不当,会使管道在运行中损坏管道组成件,更严重的是使转动设备受损,或在试运中被迫停车。因此应引起管道支架设计者的重视。

八十年代以来,为了控制工程进度与保证设计质量,在化工设计单位中管道设计方面开始重视划分专业,如配管、管道材料、应力计算、管道支架等。这是客观规律发展的必然结果。同时,在管道设计过程中,各专业需要密切配合,才能做好工作。

管道支架设计者需要机械方面的知识,专业人员的入门培训亟待一本参考书。但是国内化工行业中有关管道支架设计的专著非常罕见,本书就是为满足上述要求而尝试编写的。同时,希望能给管道支架设计者在提高设计质量、收集设计资料及使用等方面创造有利的条件。

本书第 2、4、5 章由中国寰球化学工程公司徐志远编写,6. 1

节部分内容由南京化工学院黄振仁编写,其余章节由中国寰球化学工程公司郑茂鼎编写,并整理校核全书。本书经唐士选审阅,并提出修改建议,在此谨致谢忱。

由于编者水平有限,书中缺点、错误在所难免,衷心盼望读者提出宝贵意见,以便今后进一步修改。

编者

1993年8月

目 次

前 言

1 概 述	(1)
1.1 设计范围	(1)
1.2 管道支架设计与配管及应力计算之间的关系	(1)
1.3 管道支架设计的合理步骤	(2)
1.4 提高管道支架设计的水平	(3)
2 管道支架的分类及结构组成	(5)
2.1 管道支架的分类及定义	(5)
2.2 管道支架结构的组成部分	(6)
2.3 标准架及通用架	(7)
3 管道支架的间距	(14)
3.1 水平管道的最大支架间距	(14)
3.2 垂直管道的支架间距	(27)
3.3 有脉动管道的支架间距	(28)
3.4 装有波形膨胀节管道的支架间距	(35)
3.5 一般导向支架的间距	(36)
3.6 无袋形管道的支架间距及支点高差	(38)
4 管道支架位置的确定	(41)
4.1 确定管道支架位置的要点	(41)
4.2 管道布置过程中对支架位置的考虑	(41)
4.3 应力分析过程中对管道支架的考虑	(43)
4.4 对管道上支托点位置的要求	(44)
4.5 决定管道支架位置的其他要求	(45)
4.6 典型配管的支架类型及位置	(46)
4.6.1 槽、罐类设备上部接管的支架	(46)
4.6.2 塔类设备管道的支架	(47)
4.6.3 泵管道的支架	(49)
4.6.4 离心式压缩机及透平机管道的支架	(51)

4.6.5	安全阀管道的支架	(54)
4.6.6	控制阀组管道的支架	(57)
4.6.7	管廊上管道的支架	(58)
4.7	非刚性管系的支架	(62)
5	管道支架的结构设计	(64)
5.1	管部附着件	(64)
5.1.1	管部附着件的材料及连接结构	(64)
5.1.2	管部附着件的设计要点	(68)
5.2	管道支架生根的结构型式	(74)
5.2.1	在设备上生根	(75)
5.2.2	在混凝土结构上生根	(80)
5.2.3	在墙上生根	(82)
5.2.4	在地面上生根	(83)
5.2.5	在基础上生根	(85)
5.2.6	在钢结构上生根	(86)
5.2.7	在大管上生根	(90)
5.3	辅助钢结构	(90)
5.3.1	辅助钢结构的型式	(91)
5.3.2	辅助钢结构与其它支架的组合使用	(93)
5.4	承重架	(94)
5.4.1	刚性支吊架	(94)
5.4.2	弹性支吊架	(101)
5.5	限制性支架	(107)
5.5.1	导向架	(107)
5.5.2	限位架	(109)
5.5.3	固定架	(111)
5.6	减振架	(112)
5.6.1	弹簧减振架(弹簧支撑架)	(112)
5.6.2	油压减振架	(118)
6	管道支架的计算	(121)
6.1	作用在管道支架上的荷载	(121)
6.1.1	管道单位长度的重力	(121)

6.1.2	承重架荷载简单计算法	(122)
6.1.3	支架的水平力及计算	(130)
6.1.4	多管平行敷设时对摩擦系数的考虑	(137)
6.1.5	管廊上管道荷载的简便算法	(137)
6.2	管道支架结构的计算	(140)
6.2.1	典型支架结构的计算	(141)
6.2.2	底板的计算	(154)
6.2.3	螺栓连接的计算	(157)
6.2.4	焊缝强度计算	(161)
6.3	管子与支腿管连接处的局部应力	(166)
6.4	墙架设计的必要条件	(168)
6.5	管道垂直向热位移的近似计算	(169)
7	管道支架设计中需要注意的问题	(174)
7.1	节省弹簧架的实例	(174)
7.1.1	卧式容器及换热器管道的支架	(174)
7.1.2	立式换热器管道支架	(175)
7.1.3	Z型及L型管道支架	(175)
7.1.4	斜刚性吊架	(177)
7.1.5	泵出口管道支架	(178)
7.1.6	选择管道上无垂直位移的点	(178)
7.1.7	安装薄垫代替小位移量的弹簧	(179)
7.1.8	重锤式支架	(179)
7.2	减小管道与支架间的相对位移	(180)
7.3	配管时应考虑的支架设计问题	(184)
7.4	放空管道的支架	(184)
7.4.1	放空管道设置支架的要求	(184)
7.4.2	安全阀放空管反力及其支架	(185)
7.4.3	特殊结构的放空管道及其支架	(186)
7.5	防止管道振动	(187)
7.5.1	管道固有频率与管道支架的选型	(187)
7.5.2	控制阀组的管道支架	(188)
7.5.3	往复式压缩机的管道支架	(188)

7.5.4	管道振幅的限制	(189)
7.6	保护设备管口的管道支架	(190)
7.6.1	卧式设备(带滚动支座)的管道支架	(190)
7.6.2	保护转动设备的管道支架	(190)
7.6.3	脆性材料的泵管道支架	(193)
8	管道支架构件的经验设计	(194)
8.1	螺栓的有关数据	(194)
8.1.1	螺栓直径	(194)
8.1.2	地脚螺栓	(194)
8.1.3	螺栓的最大拉力	(195)
8.1.4	螺栓安装间隙	(195)
8.2	构件的钻孔位置	(196)
8.2.1	一般钢构件的钻孔位置	(196)
8.2.2	钻孔直径	(196)
8.2.3	型钢的规线距离及最大孔径	(197)
8.3	常用材料规格的范围	(199)
8.4	焊缝的受力数据	(200)
附录 A	平面图形几何性质	(202)
附录 B	各种断面杆件受扭转的公式(见表 B)	(207)
附录 C	梁的计算公式	(211)
附录 D	框架计算公式	(230)
附录 E	柱的计算公式	(234)
附录 F	材料的许用应力和安全系数	(240)
附录 G	材料的物理性质	(246)
附录 H	可变弹簧支吊架系列	(249)
附录 I	恒力弹簧架结构图	(257)
附录 J	钢管特性数据	(259)
附录 K	型钢及钢板	(270)
附录 L	常用紧固件	(278)
参考文献	(285)

1 概 述

1.1 设计范围

支承管道的管架通常分为两部分：一部分属于土建主体结构部分，习惯称之为“管架”及“管廊”；另一部分为管道与土建主体结构之间相接的各种支、托、吊部分，也包括生根在建构筑物上的各种支架，以及高度在 2m 以下独立的支架，通常称为“管道支吊架”，简称“管道支架”。前者主结构、管架基础，以及建筑物的预埋件等均由土建专业负责设计。后者在化工厂设计中由管道专业负责设计。因此，管道专业与土建专业间的设计有着密切的联系。

1.2 管道支架设计与配管及应力 计算之间的关系

做管道布置工作要有管道支架方面的基本知识。在管道布置时，要考虑便于设置支架。管道自重产生的应力与支架的间距有关，支架必须布置成不大于允许的管支架间距。

管道支架的选型及位置是管道支架设计的首要问题。特别是在有热膨胀的管道或有压力脉动的管道上更为重要。

总之，做管道布置的人员需要为管道支架设计创造方便的条件，而管道支架设计者，应尽量设法通过管道支架的合理设计实现合理的配管方案，只有在无合理办法时，才改变管道走向。管道支架设计、柔性计算及管道布置三方面需要紧密配合和科学管理才能作出优良的管道设计。

现代化工装置常采用多生产工序联合布置的露天化方案。典

型的布置方法是把设备布置在管廊的两侧。管廊成为主要的支承管道的结构,使管道布置变得既合理又整齐美观,又便于做支架。

1.3 管道支架设计的合理步骤

关于管道支架设计的开展,有人可能认为应该在管道布置图完成之后。在八十年代以前我国确实是这样做的。八十年代中期由于吸取国外工程公司的设计分工及设计方法,在管道支架设计的步骤方面,也有了新的概念。

新概念主要是围绕着工厂必须在最短的期间内建成,尽快地投入生产,回收资金。世界上承包项目的工程公司,都是把设计、采购、建设按照建设进度要求,以交叉进行的方法来赢得时间,显示出严格的计划性。

在管道设计方面,管道布置工作一般有三个阶段:第一是初步阶段,作管道走向;第二是规划布置阶段,作管道研究;第三是成品设计阶段,作管道布置图(施工版)。

在初步阶段的末期到规划布置阶段完成之前,就可以对容器类设备的管口方位、设备上的生根件(包括管道支架预焊件、平台预焊件及保温(冷)的预焊件等)都确定下来,把条件及资料送交设备制造厂,这对于提前制造设备是十分有利的。越是复杂的及制造周期长的设备,越需提前提出条件。上述管道支架预焊件就是属于要配合的条件之一,如不提前做一部分支架设计工作,就无法提出条件。

从建设的要求来看,按照施工规律总是先土建,后设备安装,最后是管道安装及电气仪表安装。因此,管道设计者必须千方百计先满足土建要求,使土建专业尽快开展设计。当然,施工计划可以做到交叉进行,但交叉是有条件及有限度的。

根据上面所述,管道支架设计的安排与配管工作之间的进度

配合的关系见图 1.3 所示。

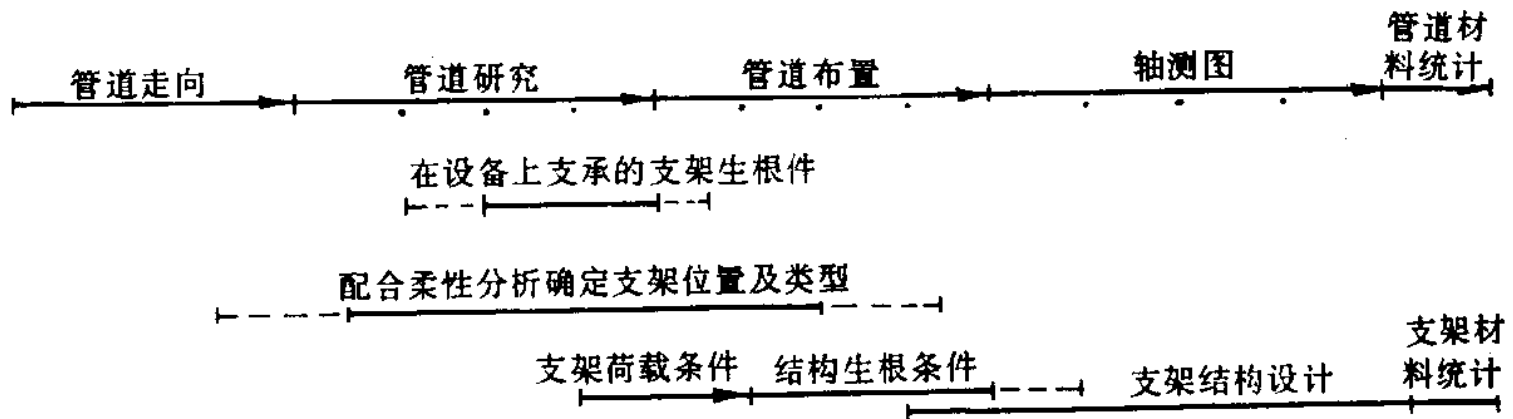


图 1.3 配管与支架设计进度关系图

从上图中可以得出结论,管道支架设计与管道布置设计应是平行交叉进行。如果等管道布置图结束后再设计支架,将会延误设备的条件,以及延误土建专业出图,势必造成延长建设进度,而且管道支架设计与配管也不能同步完成。如影响投产日期,对经济上会造成巨大的损失。因此,设计这个环节合理的组织应视为非常重要的方法问题。管道支架设计一定要尽早开展工作,但是,开始阶段人力不要多,后可逐步增员。而且管道支架设计在工程设计中成立专业组是合理的。不仅是平行作业的需要,也是提高工效与保证质量的需要。

管道与土建专业之间的有关条件较多,为加快设计工作、简化条件关系也是不能忽视的。国际上化工厂建设多采用钢结构的建、构筑物,不仅建设速度快,对支架的生根创造了方便的条件。采用钢结构对建设进度是有利的,对实现管道支架设计的合理步骤也是有利的。

1.4 提高管道支架设计的水平

管道支架设计质量常被忽视,有的留给施工人员自行决定架型,从实践中证明这种作法是有问题的。例如,有的工程公司为了

节省设计工作量,把公称直径 50mm 以下的管道支架由施工人员根据标准选型,结果发现有些施工人员不了解设计意图,把有热位移的管道支架做成固定架,这是十分危险的。此外,设计者也有考虑不周的地方,如滑动管托不够长而从梁上滑落;管道的振幅过大;应采用滑动架的点误选为固定架,使薄弱部位因热胀应力过大而断裂;弹簧托座的弹簧歪斜严重;水平力过大,把外管柱子推斜;放空管支架缺少,管道被反力推倒等等。以上这些都是不应该出现的问题。管道支架属于机械方面的设计工作,合理的做法应由有机械常识的设计人员从事这项工作,健全设计标准,成立专业组,重视培训等,才有助于支架设计质量的提高。

管道支架材料统计,宜采用计算机统计,目前有不少设计单位已经可以做到。

2 管道支架的分类及结构组成

2.1 管道支架的分类及定义

按支架的作用分为三大类:承重架、限制性支架和减振架。承重架又可分为滑动架(托架)、杆式吊架、恒力架和滚动支架。限制性支架又可分为导向架、限位架和固定架。

2.1.1 承重架:用来承受管道的重力及其它垂直向下荷载的支吊架。

2.1.1.1 滑动架:在支承点的下方支撑的托架,除垂直方向支撑力及水平方向摩擦力以外,没有其他任何阻力。

2.1.1.2 杆式吊架:在支承点的上方以悬吊的方式承受管道的重力及其他垂直向下的荷载,吊杆处于受拉状态。

2.1.1.3 恒力架:在有效的工作范围内,对于支承方向上任何数值的位移,其支承力恒定不变或几乎恒定不变,例如重锤恒力架和弹簧恒力架。

2.1.1.4 滚动支架:采用滚筒支承,摩擦力较小。

2.1.2 限制性支架:用来阻止、限制或控制管道系统热位移的支架。

2.1.2.1 导向架:使管道只能沿轴向移动的支架,并阻止因弯矩或扭矩引起的旋转。由于结构的原因常兼有限制侧向线位移的作用。

2.1.2.2 限位架:限位架的作用是限制线位移。在所限制的轴线上,至少有一个方向被限制。如果沿一个轴线的正负两个方向限制管道的线位移,这种结构被称为往复限位架。

定值限位架:在任何一个轴线上限制管道的位移至所要求的

数值,称为定值限位架。

垂直于管道轴线方向的限制性支架,如使用拉杆达到定值限位或单向限位等目的的结构,它与常规的导向架不同,也属于限位架。

2.1.2.3 固定架:不允许支承点有三个轴线的全部线位移和角位移。

2.1.3 减振架:用来控制或减小除重力和热膨胀作用以外的任何力(如物料冲击、机械振动、风力及地震等外部荷载)的作用所产生的管道振动的支架。

减振架有弹簧及油压两种类型。

2.1.4 按有否弹性元件而区分的支架

2.1.4.1 刚性支架:至少有一个方向是刚性的支架。所谓刚性是相对于管道的刚性而言的。

2.1.4.2 弹性支架:包括一个或几个弹性元件的支架,如变力弹簧支吊架,也称“可变弹簧支吊架”。

2.2 管道支架结构的组成部分

从管道支承的结构及连接关系等方面考虑,可把整个支架视为由几个部分组成。即管部附着件、连接配件、特殊功能件、辅助钢结构及生根件等。

2.2.1 管部附着件:它是附着在管道上的支架部件,是支架与管道外壁相连接或接触的部件。如管托、管卡、U形螺栓、鞍型管托、吊耳、支耳、支腿、耳轴及裙座等。

2.2.2 连接配件:指连接的零部件、吊杆等。

2.2.3 特殊功能件:是指弹簧架、限位杆等部件或其它特殊功能的装置。如减振器等。

2.2.4 辅助钢结构:一般由型钢及钢板制造。其作用是将管道支

承点的力传递给土建结构或设备外壁。辅助钢结构的高度一般不超过 2m。较高的钢结构不属于管道支架的范围,应提交土建专业设计。

2.2.5 除上述外,还有支架生根件。由于生根件附在设备或土建钢筋混凝土结构上,从备料的角度来讲,也可不算管道支架的组成部分,但从管道支架的设计方面看,可作为支架的组成部分。

上述五个部分构成管道支架是多种多样的,但不一定每个管道支架都兼有五个部分。如管廊上的管托,只有附着件;也有支架只有辅助钢结构,如不保温管道直接放在门式架或 T 型架上。所以,五个组成部分可以根据具体的支承条件与要求组合使用,构成各种类别的支架,起到 2.1 中所述各类支架的作用。

2.3 标准架及通用架

标准管道支架系指整个结构各部位的尺寸是已定不变的。例如:管托类就是标准架;需指定型号、管径,使用材料的区别一般也包括在型号中。标准架的结构型式可见表 2.3-1 所示。

通用架系指管道支架的型式已定,但部分尺寸需在选用时临时确定。其结构型式可见表 2.3-2。因此,通用架常作成既有图又有表的形式,在表中可填入所确定的尺寸。此类图纸一般均为 A3 或 A4 图幅。设计时可以指定两张或以上的通用图组合成某种管道支架;也可以将几根管道的支架共同支承在一个辅助钢结构上,具有很大灵活性及节省设计工时。因此一个设计单位的通用架图纸都是经过精心研究制备的。这种图占很大比例。目前国际上的工程公司都采用这种通用图。