

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50709 – 2011

钢铁企业管道支架设计规范

Code for design of pipe supports
in iron and steel enterprises

2011 – 07 – 26 发布

2012 – 06 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

钢铁企业管道支架设计规范

Code for design of pipe supports
in iron and steel enterprises

GB 50709 - 2011

主编部门：中 国 冶 金 建 设 协 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 2 年 6 月 1 日

中国计划出版社

2012 北 京

中华人民共和国国家标准
钢铁企业管道支架设计规范

GB 50709-2011

☆

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座4层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

850×1168毫米 1/32 3.375印张 84千字

2012年1月第1版 2012年1月第1次印刷

印数1-10100册

☆

统一书号:1580177·729

定价:21.00元

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1079 号

关于发布国家标准 《钢铁企业管道支架设计规范》的公告

现批准《钢铁企业管道支架设计规范》为国家标准,编号为 GB 50709—2011,自 2012 年 6 月 1 日起实施。其中,第 4.2.5、9.1.6(2)条(款)为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一一年七月二十六日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标[2007]126 号)的要求,由中冶赛迪工程技术股份有限公司会同有关单位共同编制完成。

本规范在编制过程中,编制组经广泛调查研究,认真总结了钢铁企业管道支架工程设计经验和科研成果,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,最后经审查定稿。

本规范共分 11 章和 5 个附录。主要技术内容是:总则,术语和符号,基本规定,管道支架的分类及选型,荷载与作用,管道支架的设计及计算,连接,地基基础设计,抗震设计,管道支架的构造,管道支架的防腐蚀等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中冶赛迪工程技术股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中冶赛迪工程技术股份有限公司(地址:重庆市渝中区双钢路 1 号,邮政编码:400013),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位: 中冶赛迪工程技术股份有限公司

参 编 单 位: 中冶南方工程技术有限公司

重庆建工集团股份有限公司

中冶京诚工程技术有限公司

中冶长天国际工程有限责任公司

中冶焦耐工程技术有限公司

中冶华天工程技术有限公司

中冶建筑研究总院有限公司
中冶东方工程技术有限公司
鞍钢集团设计研究院
宝山钢铁股份有限公司
上海宝冶集团有限公司
重庆大学

主要起草人：付征耀 黄必章 扈凤汉 何学荣 穆海生
孙衍法 李永录 朱丹蒙 张树生 王怀忠
曲圣伟 金祥武 席德顺 李英民 薛尚铃
胡朝晖 马 鹰 文铁军 韩 军 唐建设
王攀峰

主要审查人：郭启蛟 吴志平 张长信 王创时 崔 佳
李志明 刘业刚 李树彬 陈小平

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(5)
4	管道支架的分类及选型	(7)
4.1	一般规定	(7)
4.2	管道支架的类型	(7)
5	荷载与作用	(10)
5.1	一般规定	(10)
5.2	活动管道支架的管道摩擦力和位移反弹力	(10)
5.3	管道支架上水平荷载作用点	(13)
6	管道支架的设计及计算	(14)
6.1	一般规定	(14)
6.2	结构内力分析	(16)
6.3	钢筋混凝土结构管道支架设计	(17)
6.4	钢结构管道支架设计	(19)
7	连 接	(21)
7.1	一般规定	(21)
7.2	钢筋混凝土结构管道支架梁柱连接	(21)
7.3	钢结构管道支架梁柱连接	(21)
7.4	管道支架结构柱脚	(22)
8	地基基础设计	(27)
8.1	一般规定	(27)

8.2	计算	(27)
8.3	基础的构造	(34)
9	抗震设计	(36)
9.1	一般规定	(36)
9.2	地震作用	(37)
9.3	结构截面抗震验算	(41)
10	管道支架的构造	(44)
10.1	钢筋混凝土结构管道支架	(44)
10.2	钢结构管道支架	(45)
11	管道支架的防腐蚀	(47)
附录 A	管道支架在管道轴向水平荷载作用下 计算简图	(48)
附录 B	A 型管道支架内力计算	(50)
附录 C	悬索管道支架内力计算	(53)
附录 D	基础计算中 β 、 β' 、 ξ_1 、 ξ_2 、 η_1 、 η_2 取值表	(56)
附录 E	管托	(58)
	本规范用词说明	(66)
	引用标准名录	(67)
	附:条文说明	(69)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirement	(5)
4	Styles and type selection of pipe supports	(7)
4.1	General requirement	(7)
4.2	Styles of pipe supports	(7)
5	Loads and effect	(10)
5.1	General requirement	(10)
5.2	Pipeline friction of movable pipe supports and displacement-reaction	(10)
5.3	Horizontal load points of pipe supports	(13)
6	Design and caculation of pipe supports	(14)
6.1	General requirement	(14)
6.2	Internal force analysis of structures	(16)
6.3	Design of reinforced concrete pipe supports	(17)
6.4	Design of steel pipe supports	(19)
7	Connections	(21)
7.1	General requirement	(21)
7.2	Beam-to-column connections of reinforced concrete pipe supports	(21)
7.3	Beam-to-column connections of steel pipe supports	(21)
7.4	Column bases of pipe supports	(22)

8	Foundation design	(27)
8.1	General requirement	(27)
8.2	Calculation	(27)
8.3	Details of foundation	(34)
9	Seismic design	(36)
9.1	General requirement	(36)
9.2	Earthquake action	(37)
9.3	Seismic checking of structure interface	(41)
10	Details of pipe supports	(44)
10.1	Reinforced concrete pipe supports	(44)
10.2	Steel pipe supports	(45)
11	Anticorrosion of pipe supports	(47)
Appendix A	Caculation diagram of axial horizontal loads for pipeline supports	(48)
Appendix B	Internal force caculation of A type pipe hanger	(50)
Appendix C	Internal force caculation for cable pipe supports	(53)
Appendix D	Value tabel of $\beta, \beta', \xi_1, \xi_2, \eta_1, \eta_2$ for foundation caculation	(56)
Appendix E	Pipe brackets	(58)
	Explanation of wording in this code	(66)
	List of quoted standards	(67)
	Addition;Explanation of provisions	(69)

1 总 则

1.0.1 为在钢铁企业管道支架设计中,贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于钢铁企业架空管道的支架设计。

1.0.3 钢铁企业管道支架设计,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 管道支架 pipe support

管道系统中支承各种管道的竖向结构、横向结构或竖向与横向组合结构的总称。

2.1.2 管托 pipe bracket

置于管道支架上将管道和支架连接起来共同工作的装置。

2.1.3 固定管道支架 fixed pipe support

在管道的纵向和横向均视为管道的不移动支点的支架。

2.1.4 活动管道支架 movable pipe support

在管道的纵向、横向或者纵向和横向视为管道的可移动支点的支架。

2.1.5 单向活动管道支架 one-way movable pipe support

在管道的纵向应视为管道的可移动支点,横向为管道的不移动支点的支架。

2.1.6 双向活动管道支架 biaxial movable pipe support

在管道的纵向、横向均应视为管道的可移动支点的支架。

2.1.7 组合式管道支架 combined pipe support

由多个关联构件组合而成的管道支架。

2.1.8 主动管 active pipe

管道系统中对管道支架的工作状态起控制作用的管道。

2.1.9 主动管层 active pipe layer

管道系统中布置有主动管的管道层。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应:

F_k ——相应于荷载效应标准组合时,上部结构传至基础顶面的竖向力;

G_k ——基础自重及基础上土重标准值;

M_{kx} 、 M_{ky} ——相应于荷载效应标准组合时,作用于基础底面的沿 x 方向及 y 方向的力矩值;

N ——柱脚截面的轴力设计值;

N_b ——锚栓的总合拉力;

N_t ——单根锚栓承受的拉力设计值;

N_t^b ——单根锚栓的受拉承载力;

V_v ——单根锚栓承受的剪力设计值;

V_v^b ——单根锚栓的受剪承载力;

p_k ——相应于荷载效应标准组合时,基础底面处的平均压力值;

p_{kmax} 、 p_{kmin} ——相应于荷载效应标准组合时,基础底面边缘的最大、最小压力值;

t_1 ——管壁最高计算温度;

t_2 ——管壁最低计算温度;

N_i ——管道重量;

N_z ——主动管(最重管)重量;

q_i ——第 i 根管的单位长度重量;

R ——混凝土的压应力合力。

2.2.2 计算指标:

e_x 、 e_y ——基础沿 x 方向及 y 方向的偏心距;

e_w 、 e_t ——分别为锚栓中心至柱脚腹板(或加劲)和翼缘板表面的距离;

EI ——支柱刚度, E 为弹性模量, I 为惯性矩;

f ——底板钢材的抗拉强度设计值;

f_a ——修正后的地基承载力特征值；
 f_c ——基础混凝土抗压强度设计值；
 f_{cc} ——素混凝土轴心抗压强度设计值；
 k_{η} ——牵制系数；
 P_m ——管道摩擦力；
 P_f ——管道支架位移反弹力；
 t_p ——锚栓区受拉底板厚度；
 x_n ——柱脚底板下压应力分布长度；
 Δ_z ——主动管变形值；
 Δ_{zx} 、 Δ_{zy} ——主动管沿纵向及横向变形值；
 Δ_{zz} ——主动管斜向变形值；
 α_t ——钢材线膨胀系数；
 β_l ——混凝土局部受压时的强度提高系数；
 μ_i ——第 i 根管的摩擦系数。

2.2.3 几何参数

A 、 B ——基础底边尺寸；
 b_i ——支承肋间净距；
 b_d ——柱脚底板宽度；
 c 、 d ——锚栓中心至底板边缘的距离；
 H_0 ——管道支架柱计算长度；
 H_l ——管道支架柱的层间高度；
 L_k ——所计算的管道支架到固定点处的管道长度；
 L ——柱脚底板长度；
 L_0 ——受拉一侧锚栓合力至压力最大侧底板边的距离；
 b_v ——垂直于剪力作用方向的抗剪键宽度；
 h_v ——抗剪键高度。

3 基本规定

3.0.1 管道支架在规定的设计使用年限内,应符合下列要求:

- 1 应能承受在施工和使用期间可能出现的各种作用;
- 2 在正常使用时,应具有良好的工作性能;
- 3 在正常维护下,应具有足够的耐久性能;
- 4 在本规范规定的偶然荷载发生时和发生后,应能保持必需的整体稳定性。

3.0.2 管道支架应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求,按下列要求进行计算:

1 所有结构构件均应进行承载力计算,有抗震设防要求的结构,尚应按规定进行结构构件抗震承载力验算;

2 管道支架的横梁应进行挠度验算,管道支架应进行风荷载作用下的位移计算,固定管道支架应进行管道水平推力作用下的柱顶位移计算;

3 钢筋混凝土结构管道支架宜符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关规定;

4 预制钢筋混凝土结构管道支架应进行吊装验算。

3.0.3 管道支架荷载效应组合应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定执行。

3.0.4 管道支架设计时,应根据结构破坏可能产生后果的严重性,采用不同的安全等级。管道支架安全等级的划分应符合表3.0.4的要求。

表 3.0.4 管道支架安全等级的划分

安全等级	破坏后果	管道支架类型示例
一级	很严重	直接危及人的生命安全或造成重大经济损失
二级	严重	造成较大经济损失

3.0.5 管道支架设计使用年限为 50 年时,结构重要性系数应符合下列要求:

- 1 安全等级为一级的管道支架,不应小于 1.1;
- 2 安全等级为二级的管道支架,不应小于 1.0;
- 3 设计使用年限不要求达到 50 年的管道支架,其结构重要性系数应按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的有关规定执行。

3.0.6 管道支架的设计应具备下列资料:

- 1 管道平剖面布置图、管道规格,支架位置图及工艺对支架的要求;
- 2 管道重量,管道内介质重量,管道内事故水、试压水、沉积物、预留荷载、平台上的活荷载等,以及管道对支架的水平推力;
- 3 管道壁的最高、最低计算温度;
- 4 管道路由地形图、总图场平资料及岩土工程勘察资料。

4 管道支架的分类及选型

4.1 一般规定

4.1.1 管道支架可分为固定管道支架、单向活动管道支架、双向活动管道支架及组合式管道支架等类型。

4.1.2 管线系统中管道支架应力求结构形式统一、外形协调。

4.2 管道支架的类型

4.2.1 固定管道支架应按管道支架承受的荷载大小与管道布置情况选择合适的结构形式。管道应采用固定管托连接,管道支架应与基础固接。

4.2.2 单向活动管道支架可分为刚性、柔性和半铰接,并应符合下列要求:

1 单向活动刚性管道支架可用于管道重量较小、管道变形较大、高度较低的管线;其作用于管道支架上的摩擦力,应符合下式要求:

$$P_m < P_f \quad (4.2.2-1)$$

式中: P_m ——管道摩擦力;

P_f ——管道支架位移反弹力。

2 单向活动柔性管道支架可用于管道重量较大、管道变形较小、高度较高的管线;其作用于管道支架上的摩擦力,应符合下式要求:

$$P_m \geq P_f \quad (4.2.2-2)$$

3 单向活动半铰接管道支架可用于管道重量较大、主动管变形符合管道支架位移后倾斜度要求的管线;管道支架位移后的倾斜度应符合下式要求:

$$\frac{\Delta_z}{H} \leq 0.02 \quad (4.2.2-3)$$

式中: Δ_z ——主动管变形值;

H ——管道支架的高度。

4.2.3 双向活动管道支架,宜设置在管道的转角附近,可分为摇摆、双向滑动和摇动吊梁,并应符合下列要求:

1 双向活动摇摆管道支架上的主动管应采用固定管托或螺栓联结的铰接管托,其他管道应采用滑动管托;支柱与基础沿双向应采用铰接,可用于单管或管道数量不多的管线[图 4.2.3(a)],支柱和基础应为铰接;其支架的倾斜度应符合下列公式的要求:

$$\frac{\Delta_{zz}}{H} \leq 0.03 \quad (4.2.3-1)$$

$$\Delta_{zz} = \sqrt{\Delta_{zx}^2 + \Delta_{zy}^2} \quad (4.2.3-2)$$

式中: Δ_{zz} ——主动管斜向变形值;

Δ_{zx} 、 Δ_{zy} ——主动管沿纵向及横向变形值。

2 双向活动滑动管道支架上的管道沿纵向及横向均可滑动;其支架应与基础固接,可用于管道数量较多,管道沿纵向及横向均有较大变形的单层或多层管线。

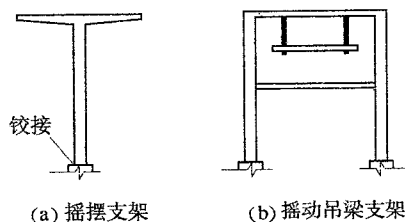


图 4.2.3 双向活动支架

3 双向活动摇动吊梁管道支架[图 4.2.3(b)],管道在吊梁上宜采用滑动管托,吊索的长度宜大于管道变形值的 10 倍。

4.2.4 管道跨距超过其允许变形值时,宜采用组合式管道支架。组合式管道支架根据结构组合形式可分为悬索式、桥架式、悬臂

式、桁架式及吊索式等形式。

4.2.5 符合下列条件之一的固定管道支架,应采用四柱式现浇钢筋混凝土框架结构支架、有支撑的空间钢框架结构支架或墩式支架:

- 1 输送液体介质公称直径大于或等于 500mm 的管道;
- 2 输送气体介质公称直径大于或等于 600mm 的管道;
- 3 输送易燃、易爆、剧毒、高温、高压介质的管道。

5 荷载与作用

5.1 一般规定

5.1.1 作用在管道支架上的荷载与作用可按下列要求分类:

1 包括管道、内衬、管道附件以及外裹保温层等自重,管道内介质重,管道支架自重的永久荷载;

2 管内沉积物、试压水等,积灰、冰雪、平台上操作或检修荷载等,管道补偿器的弹性力或不平衡力,介质压力作用下产生的水平力,管道摩擦力或管道支架位移反弹力,温度作用,风荷载;

3 管道中的事故水或其他事故状态下产生作用的偶然荷载;

4 包括常遇地震和罕遇地震的地震作用。

5.1.2 积灰荷载、管道风荷载及荷载效应组合,应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定执行,地震作用应按本规范第 9 章的有关规定执行。

5.1.3 当管道支架上敷设的振动管道重量超过全部管道重量的 30% 时,振动管道对支架的作用应按下列要求计算:

1 当振动管道设有限制振动的管卡或采取其他减振措施时,垂直荷载和水平荷载均应乘以 1.2 的动力系数;

2 当振动管道未采取减振措施时,垂直荷载和水平荷载均应乘以 1.5 的动力系数。

5.2 活动管道支架的管道摩擦力和位移反弹力

5.2.1 管道摩擦力应按下列规定计算:

1 不计牵制系数时,可按下式计算:

$$P'_m = \sum q_i \mu_i l \quad (5.2.1-1)$$

式中: q_i ——第 i 根管的单位长度重量;

μ_i ——第 i 根管的摩擦系数:钢对钢滑动时取 0.3,钢对钢滚动时取 0.1,有特殊可靠措施时可适当降低;

l ——管道跨距,管架两侧的管道跨距不等时,取平均值。

2 计及牵制系数时,可按下式计算:

$$P_m = k_q P'_m \quad (5.2.1-2)$$

式中: k_q ——牵制系数,可按本规范第 5.2.3 条的规定采用。

5.2.2 管道支架位移反弹力应按下列要求计算:

1 管道支架位移可按下列公式计算:

$$\Delta = k_q \Delta_z \quad (5.2.2-1)$$

$$\Delta_z = \alpha_1 (t_1 - t_2) L_k \quad (5.2.2-2)$$

式中: Δ_z ——主动管变形值;

α_1 ——钢材线膨胀系数,按表 5.2.2 选用;

t_1 ——管壁最高计算温度;

t_2 ——管壁最低计算温度;

L_k ——所计算的管道支架到固定点处的管道长度。

表 5.2.2 钢材弹性模量及线膨胀系数 α_1

管壁温度(°C)	弹性模量 $E(N/mm^2)$	线膨胀系数 $\alpha_1(°C)$
100	191×10^3	11.5×10^{-6}
150	189×10^3	11.9×10^{-6}
200	186×10^3	12.3×10^{-6}
250	183×10^3	12.6×10^{-6}
300	179×10^3	12.9×10^{-6}
350	173×10^3	13.2×10^{-6}
400	165×10^3	13.6×10^{-6}

注:温度为中间值时,采用线性插入法计算。

2 管道支架位移反弹力可按下式计算:

$$P_f = 3EI\Delta/H^3 \quad (5.2.2-3)$$

式中: EI ——支柱刚度,其中 E 为弹性模量, I 为惯性矩。钢筋混凝土支柱取 $0.85EI$;

H ——支柱的高度(主动管管托底至基础顶面距离)。

5.2.3 牵制系数应按下列要求取用:

1 管道根数不大于 2 时,牵制系数应取 1.0。

2 管道根数等于 3 或不少于 4,管道重量比小于 0.5 时,牵制系数应取 0.5;管道根数等于 3 或不少于 4,且管道重量比不小于 0.5 时,牵制系数应按表 5.2.3 选用。

表 5.2.3 牵制系数(k_q)

α	k_q
$0.50 \leq \alpha \leq 0.70$	0.67
$\alpha > 0.70$	1.00

3 管道根数不小于 4,且管道重量比小于 0.5 时,牵制系数应按图 5.2.3 选用,并应符合下列要求:

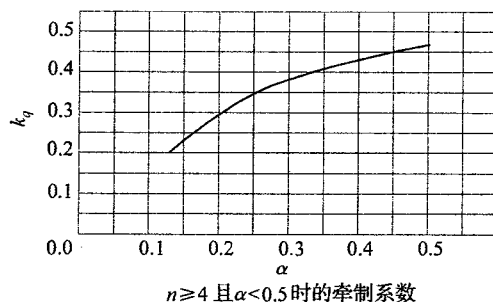


图 5.2.3 $n \geq 4$ 且 $\alpha < 0.50$ 时的牵制系数

1) α 值可按下式计算:

$$\alpha = N_z / \sum N_i \quad (5.2.3)$$

式中: N_i ——管道重量;

N_z ——主动管(最重管)重量,主动管在 n 范围内时,取主动管重量;主动管不在 n 范围内时,取最重管重量;

2) 计算多层管道支架横梁的摩擦力 P_m 时,简支梁取该横梁上全部管道,悬臂梁取不利一侧的全部管道;

3) 计算刚性管道支架的摩擦力 P_m 和柔性管道支架位移 Δ

时,取管道支架上全部管道;

4) 计算柔性管道支架的摩擦力 P_m 时,取该横梁上全部管道;

5) 计算 N_s 时,可将几根常温管道合并视为一根主动管。

5.3 管道支架上水平荷载作用点

5.3.1 采用上滑式管托时,作用在管道支架上的水平推力作用点应取管道外表皮的最低点;采用其他形式管托时,作用在管道支架上的水平推力作用点应取管托底面。

5.3.2 作用在管道支架上的风荷载作用点应取管道断面中心。

6 管道支架的设计及计算

6.1 一般规定

6.1.1 设计管道支架时,应计及管道与中间活动管道支架的相互支承作用,以及固定管道支架通过管道对中间活动管道支架的支承作用。

6.1.2 活动管道支架上采用滑动或滚动管托敷设多根管道时,管道支架设计应计及各管道不同时工作而产生的对管道支架的摩擦力和位移的影响。

6.1.3 敷设在活动管道支架上的管道,应根据各管道对支架的作用情况不同分为主动管和非主动管。主动管应布置在接近管道支架的中心处。

6.1.4 活动管道支架上主动管的选择应符合下列要求:

1 刚性活动管道支架,应选取管线中重量最大的管道作为主动管。

2 柔性管道支架应符合下列要求:

1)应选取管线中重量比不小于 0.7 的管道为主动管;

2)管线中无重量比不小于 0.7 的管道时,应选取管道变形值较小的管道作为主动管。主动管应取得工艺专业同意采用铰接管托,管道支架位移值等于该管道的变形值。

3 半铰接管道支架,应选取管线中变形值满足铰接倾斜度规定的重量较大的管道作为主动管,并应取得工艺专业同意。

6.1.5 在半铰接管道支架和摇摆管道支架的设计文件中,应包含施工过程中管道支架的临时稳定和安全措施要求。

6.1.6 刚性管道支架设计应符合下列要求:

1 管道支架顶位移应小于管道变形,管道支架顶位移和管道变形应为非整体工作;

2 纵向应为管道可移动支点,横向应为管道不移动支点;

3 管道支架承受的水平推力应为管道滑动摩擦力;

4 管道应采用滑动或滚动管托敷设于管道支架上,管道支架应与基础固接。

6.1.7 柔性管道支架设计应符合下列要求:

1 管道支架顶位移应与管道变形协调,管道支架顶位移和管道变形应为整体工作;

2 纵向应为管道可移动支点,横向应为管道不移动支点;

3 管道支架承受的水平推力应为管架位移反弹力;

4 主动管应采用滑动或铰接管托,其余管道应采用滑动或滚动管托敷设于管道支架上;管道支架应与基础固接。

6.1.8 半铰接管道支架设计应符合下列要求:

1 管道支架应以支柱的倾斜适应管道变形要求,不应出现相对位移,管架倾斜度不应大于 2%;

2 纵向应为管道可移动支点,横向应为管道不移动支点;

3 管道支架承受的水平推力,可不计;

4 主动管应采用铰接管托,其余管道应采用滑动或滚动管托敷设于管道支架上;管道支架沿纵向应与基础半铰接,沿横向应与基础固接。

6.1.9 固定管道支架设计应符合下列要求:

1 管道支架应具有足够刚度,并应保证管道系统稳定;

2 纵向及横向应为管道的不移动支点;

3 管道应采用固定管托敷设于管道支架上。

6.1.10 活动管道支架宜采用柱脚固定的柔性或刚性活动管道支架;地震基本烈度为 8 度及以上地区的活动管道支架,应采用柱脚固定的刚性活动管道支架。

6.1.11 固定管道支架横梁的最大挠度不宜大于横梁跨度的 $1/500$;

其他类型管道支架横梁的最大挠度不应大于横梁跨度的 $1/250$ 。

6.1.12 管道支架柱沿管道横向风荷载标准值作用下的柱顶位移,不应大于支架高度的 $1/400$;固定管道支架沿管道纵向在管道水平推力作用下的柱顶位移,不应大于支架高度的 $1/400$ 。

6.2 结构内力分析

6.2.1 管道支架结构可按弹性体系计算内力。

6.2.2 管道支架内力计算应符合下列要求:

1 宜按单片平面管道支架进行内力分析,四柱管道支架可按空间结构进行内力分析。

2 管道支架平面内,门型管道支架可按平面框架进行内力分析,T型管道支架应按悬臂梁、柱进行内力分析。

3 管道支架平面外内力计算应符合下列要求:

1)刚性管道支架中,支架柱可按上端自由、下端固接的受弯构件进行内力分析;门型管道支架横梁在水平推力作用下的平面外扭矩可按两端固接计算,水平推力作用下的平面外弯矩可按两端简支计算;T型管道支架横梁水平推力作用下的平面外扭矩、弯矩可按悬臂梁计算。

2)柔性管道支架中,支架柱可按主动管层和非主动管层共同作用下的管道支架位移进行内力分析;门型管道支架横梁非主动管层,水平推力作用下的平面外扭矩可按两端固接计算,水平推力作用下的平面外弯矩可按两端简支计算;主动管层,平面外扭矩、弯矩可按悬臂梁计算;T型管道支架梁水平推力作用下的平面外扭矩、弯矩可按悬臂梁计算。

3)半铰接管道支架中,支架柱主动管层可按中心受压计算内力、非主动管层可按简支梁计算内力;门型管道支架横梁非主动管层,水平推力作用下的平面外扭矩可按两端固接计算,水平推力作用下的平面外弯矩可按两端简支

计算;门型管道支架横梁主动管层,平面外扭矩、弯矩可按悬臂梁计算;T型管道支架梁水平推力作用下的平面外扭矩、弯矩可按悬臂梁计算。

4) 固定管道支架中,支架柱可按框架结构(四柱式)或悬臂(门型、单柱式)进行内力分析;门型管道支架横梁水平推力作用下的平面外扭矩可按两端固接计算,水平推力作用下的平面外弯矩可按两端简支计算;T型管道支架梁水平推力作用下的平面外扭矩、弯矩可按悬臂梁计算。

5) 管道支架横梁在管道轴向水平荷载作用下计算简图及管道支架支柱在管道轴向水平荷载作用下计算简图,可按本规范附录 A 确定。

6.2.3 A型管道支架内力可按本规范附录 B 的规定计算,悬索管道支架内力可按本规范附录 C 的规定计算。管托的计算和构造应符合本规范附录 E 的规定。

6.3 钢筋混凝土结构管道支架设计

6.3.1 管道支架横梁应按受弯构件进行抗弯承载力、斜截面抗剪承载力计算,受扭时还应进行截面抗扭承载力计算,并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

6.3.2 管道支架柱应按偏心受压(拉)构件进行受压(拉)承载力、斜截面抗剪承载力计算,受扭时还应进行截面扭曲承载力计算,并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

6.3.3 管道支架柱计算长度,可按下式计算:

$$H_0 = \mu H_i \quad (6.3.3)$$

式中: H_i ——管道支架柱的层间高度;

μ ——计算长度系数,应符合表 6.3.3-1 和表 6.3.3-2 的规定。

表 6.3.3-1 管道支架柱与横梁铰接时管道支架柱计算长度系数(μ)

管道支架形式	管道支架名称	层数	单跨		双跨	
			纵向	横向	纵向	横向
单片形式	固定管道支架	单层	2.00	1.50	2.00	1.50
		多层	2.00	1.50(顶)/1.25	2.00	1.50(顶)/1.25
	刚性管道支架	单层	1.50	1.50	1.50	1.50
		多层	1.50	1.50(顶)/1.25	1.50	1.50(顶)/1.25
	柔性管道支架	单层	1.25	1.50	—	—
		多层	1.25	1.50(顶)/1.25	—	—
	半铰接管道支架	单层	1.00	1.50	—	—
		多层	1.00	1.50(顶)/1.25	—	—
空间形式	纵梁式管道支架	单层	1.00	1.50	1.00	1.50
		多层	1.00	1.50(顶)/1.25	1.00	1.50(顶)/1.25
	四柱式管道支架	单层	1.50	1.50	—	—
		多层	1.50	1.50	—	—
	桁架式管道支架	单层	1.00	1.00	—	—
		多层	1.00	1.00	—	—
	A 型管道支架	单层	1.00	1.00	—	—
		多层	—	—	—	—

表 6.3.3-2 管道支架柱与横梁刚接时管道支架柱计算长度系数(μ)

管道支架形式	管道支架名称	层数	单跨		双跨		单柱	
			纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
单片形式	固定管道支架	单层	2.00	1.50	2.00	1.25	2.00	2.00
		多层	2.00	1.50	2.00	1.25	2.00	2.00
	刚性管道支架	单层	1.50	1.50	1.50	1.25	1.50	2.00
		多层	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	2.00
	柔性管道支架	单层	1.25	1.50	—	—	1.25	2.00
		多层	1.25	1.00	—	—	1.25	2.00

续表 6.3.3-2

管道支架形式	管道支架名称	层数	单跨		双跨		单柱	
			纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
单片形式	半铰接管道支架	单层	1.00	1.50	—	—	1.00	2.00
		多层	1.00	1.00	—	—	1.00	2.00
空间形式	纵梁式管道支架	单层	1.00	1.50	1.00	1.25	—	—
		多层	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
	四柱式管道支架	单层	1.50	1.50	—	—	—	—
		多层	1.25	1.25	—	—	—	—
	桁架式管道支架	单层	1.00	1.00	—	—	—	—
		多层	1.00	1.00	—	—	—	—
	A型管道支架	单层	1.00	1.00	—	—	—	—
		多层	1.25	1.25	—	—	—	—

6.3.4 管道支架柱的计算长度与截面最小宽度比应符合本规范第 10.1.4 条的规定。

6.4 钢结构管道支架设计

6.4.1 管道支架横梁应按受弯构件进行强度、整体稳定、局部稳定及变形计算,必要时尚应按压弯构件进行复核,并应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

6.4.2 管道支架柱应按偏心受压构件进行强度、整体稳定、局部稳定计算,并应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

6.4.3 管道支架的计算长度应符合下列要求:

1 管道支架柱横向计算长度,当采用单柱时,应按悬臂柱确定计算长度;当采用框架时,应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定执行;

2 管道支架柱纵向计算长度,应符合下列要求:

1)沿管道纵向为单柱时,柱的计算长度可按下式计算:

$$H_0 = \mu H \quad (6.4.3-1)$$

式中: H ——管道支架柱的高度,固定管道支架、刚性管道支架取支柱顶面至基础顶面距离,其他类型管道支架取主动管管托底至基础顶面距离;当主动管位于下层梁时,上层柱计算长度取主动管管托底至支柱顶面距离的2倍;

μ ——计算长度系数,应符合表6.4.3-1的规定。

表 6.4.3-1 沿管道纵向为单柱时柱的计算长度系数

支架类型	固定支架	刚性支架	柔性支架	半铰接支架	摇摆支架
μ	2.00	1.50	1.25	1.00	1.00

2)沿管道纵向为框架时柱的计算长度应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定执行。

3)柱间支撑的计算长度,应符合下列要求:

1)单斜杆计算长度按下式计算:

$$l_0 = l_s \quad (6.4.3-2)$$

式中: l_0 ——计算长度;

l_s ——节点中心距离、交叉点不作为节点。

2)交叉连接斜杆平面内计算长度按下式计算:

$$l_0 = 0.5 l_s \quad (6.4.3-3)$$

3)交叉连接斜杆平面外计算长度按下式计算:

$$l_0 = \mu l_s \quad (6.4.3-4)$$

式中: μ ——计算长度系数,拉杆取1;压杆分别取0.5(两杆均不中断)和0.7(两杆中有一杆中断并以节点板搭接)。

6.4.4 管道支架构件的长细比不宜超过本规范表10.2.3的容许值。

7 连 接

7.1 一 般 规 定

7.1.1 管道支架连接节点的构造形式及其连接,应保证传力简捷明确、安全可靠、施工方便。

7.1.2 钢筋混凝土结构管道支架和钢结构管道支架连接材料的选用,应分别符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《钢结构设计规范》GB 50017的有关规定。

7.1.3 钢筋混凝土结构管道支架梁柱连接宜采用现浇整体形式;两层管道支架可采用预制装配形式;超过两层的管道支架宜采用钢结构管道支架。

7.1.4 有抗震设防要求时,节点的承载力应大于杆件的承载力。

7.2 钢筋混凝土结构管道支架梁柱连接

7.2.1 装配式钢筋混凝土结构活动管道支架梁柱铰接连接时,应进行梁端剪力、管道轴向水平推力引起梁端扭矩计算,并应根据剪力、扭矩进行连接(焊缝或螺栓)强度验算。

7.2.2 现浇框架梁与柱的纵向受力钢筋在框架节点区的锚固和搭接,应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

7.2.3 固定管道支架和活动管道支架,按三、四级抗震等级框架结构设计并采取相应的抗震构造措施后,可不进行框架节点抗震计算。

7.3 钢结构管道支架梁柱连接

7.3.1 梁与柱的连接宜采用柱贯通型连接方式。

7.3.2 梁与柱刚性连接可采用下列形式:

1 采用焊缝连接时,梁翼缘与柱应采用坡口全熔透焊缝连接,腹板与柱可采用角焊缝;

2 采用栓焊混合连接时,梁翼缘与柱应采用坡口全熔透焊缝连接,梁腹板与柱应采用高强螺栓(借助连接板)进行摩擦型连接,非抗震区连接可采用单片连接板和单列高强度螺栓,抗震设防时,宜采用双片连接板和不少于两列高强度螺栓连接;

3 采用全栓连接时,梁翼缘与柱应采用高强度螺栓连接;

4 采用带悬臂梁段的柱单元时,悬臂梁段与中间梁段的连接宜采用全栓连接或栓焊混合连接。

7.3.3 梁与柱的半刚性连接,可采用借助端板或借助在梁上、下翼缘设置角钢的全栓形式;板件或工字形、H形截面梁的翼缘与工字形、H形或箱形、槽形截面的未设水平加劲肋的柱焊接,且不满足现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 柱腹板不设水平加劲肋的条件时,也可视作半刚性连接。

7.3.4 梁与柱的刚性、半刚性连接应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定进行下列验算:

- 1 连接焊缝和螺栓的强度验算;
- 2 柱腹板的抗压承载力验算;
- 3 柱翼缘的抗拉承载力验算;
- 4 柱腹板的抗拉承载力验算;
- 5 梁柱节点域承载力验算。

7.4 管道支架结构柱脚

7.4.1 钢结构管道支架的柱脚可采用插入式或露出式(锚栓式)。采用插入式柱脚时,柱插入深度应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

7.4.2 露出式(锚栓式)柱脚可按下列规定计算:

- 1 锚栓总拉力可按下列公式计算(图 7.4.2-1):

$$N_b = R - N \quad (7.4.2-1)$$

$$R = N(e + L_0 - L/2) / \lambda L_0 \quad (7.4.2-2)$$

$$e = M / N \quad (7.4.2-3)$$

$$\lambda = 0.68 + 0.0425\epsilon \quad (7.4.2-4)$$

$$\epsilon = 6M / NL \quad (7.4.2-5)$$

式中: N_b ——锚栓的总合拉力;

M 、 N ——柱脚截面的弯矩、轴力设计值;

L ——柱脚底板长度;

L_0 ——受拉一侧锚栓合力至压力最大侧底板边的距离;

R ——混凝土的压应力合力。

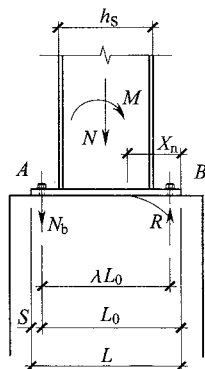


图 7.4.2-1 锚栓柱脚受力

注: h_s 为柱截面高度; A 和 B 为螺栓; S 为锚栓至柱脚底板边缘的距离。

2 公式(7.4.2-4)仅用于 $\epsilon > 1.65$, 且计算结果 $\lambda > 0.85$ 时, λ 应取 0.85; 当 $\epsilon \leq 1.65$ 时, 可按构造要求配置锚栓。

3 柱脚底板下混凝土的抗压强度, 可按下列公式验算:

1) $\epsilon \leq 1.65$ 时, 底板下最大压应力应满足下式要求:

$$P_{\max} = \frac{N}{Lb_z} + \frac{6M}{b_z L^2} \leq \beta_L f_{cc} \quad (7.4.2-6)$$

式中: b_z ——柱脚底板宽度;

x_n ——柱脚底板下压应力分布长度;

f_{cv} ——素混凝土轴心抗压强度设计值,按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值;

β_l ——混凝土局部受压时的强度提高系数,按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值。

2) $\epsilon > 1.65$ 时,底板下最大压应力应满足下式要求:

$$P_{\max} = \frac{2R}{x_n b_z} \leq \beta_l f_{cv} \quad (7.4.2-7)$$

$$x_n = 4(1-\lambda)L_c \quad (7.4.2-8)$$

4 柱脚底板厚度的计算应按受拉、受压区域分别计算,应取计算厚度的最大值。

5 锚栓区受拉底板厚度应根据支承条件(图 7.4.2-2)按下列公式计算,但不应小于柱较厚板材厚度,且不宜小于 30mm:

1) 伸臂类底板[图 7.4.2-2(a)]:

$$t_p \geq \sqrt{\frac{6N_1 e_f}{0.5bf}} \quad (7.4.2-9)$$

式中: N_1 ——单根锚栓承受的拉力设计值;

f ——底板钢材的抗拉强度设计值;

b ——底板宽度;

e_f ——锚栓中心至柱脚翼缘板表面的距离。

2) 两边支承类底板当 $\frac{e_f}{e_w} \leq \frac{e_f + c}{e_w + d}$ 时[图 7.4.2-2(b)]:

$$t_p \geq \sqrt{\frac{6N_1 e_w e_f}{[(e_f + c)e_f + be_w + 0.5be_f^2/e_w]f}} \quad (7.4.2-10)$$

式中: e_w ——锚栓中心至柱脚腹板(或加劲)表面的距离;

c, d ——锚栓中心至底板边缘的距离。

3) 两边支承类底板当 $\frac{e_f}{e_w} > \frac{e_f + c}{e_w + d}$ 时[图 7.4.2-2(b)]:

$$t_p \geq \sqrt{\frac{6N_1 e_w e_f}{[(e_f + c)(2e_f + e_w^2/e_f) + 0.5be_w]f}} \quad (7.4.2-11)$$

4) 三边支承类底板[图 7.4.2-2(c)]:

$$t_p \geq \sqrt{\frac{3b_1 e_f N_t}{(4ce_f + b_1^2 + 4e_f^2)f}} \quad (7.4.2-12)$$

式中: b_1 ——支承肋间净距。

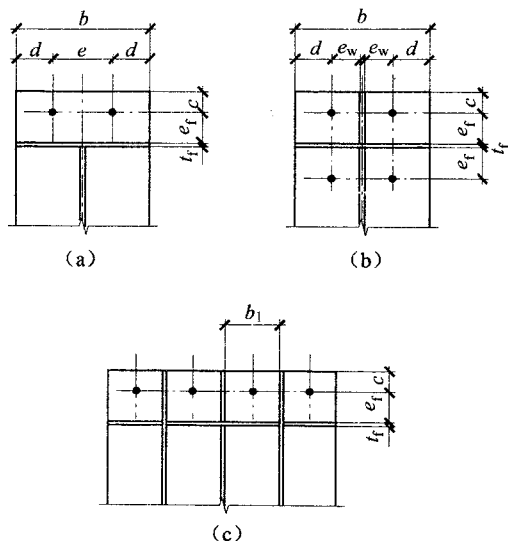


图 7.4.2-2 承受锚栓拉力的柱脚底板

6 受压区底板的厚度可按下式计算:

$$t_p \geq \sqrt{\frac{6M}{f}} \quad (7.4.2-13)$$

式中: M ——根据底板的支承条件,分别按双向板、简支或悬臂板计算得出的底板弯矩,底板所受的混凝土反力可由公式(7.4.2-6)、公式(7.4.2-7)计算 $P_{\max}$ 时求得,压力图形可分别取为梯形和三角形。

7 钢柱底部的剪力可由底板与混凝土之间的摩擦力传递至基础,摩擦系数应取 0.4;对剪力大于底板下的摩擦力时,可采用下列方式承受全部剪力:

1) 设置抗剪键,由抗剪键承受全部剪力。抗剪键的抗剪承

载力可按下式计算：

$$N_v^0 = 0.7 f_c b_v h_v \quad (7.4.2-14)$$

式中： f_c ——基础混凝土抗压强度设计值；

b_v ——垂直于剪力作用方向的抗剪键宽度；

h_v ——抗剪键高度。

2)有可靠经验时可以用锚栓抵抗全部剪力，但底板上的锚栓孔直径不应大出锚栓直径 5mm，且柱安装就位后螺母下的垫板应与柱脚底板焊接。当受拉侧锚栓同时受拉、受剪时，单根锚栓的承载力应按下式计算：

$$\sqrt{\left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2 + \left(\frac{V_v}{V_v^b}\right)^2} \leq 1 \quad (7.4.2-15)$$

式中： N_t ——单根锚栓承受的拉力设计值；

V_v ——单根锚栓承受的剪力设计值；

N_t^b ——单根锚栓的受拉承载力；

V_v^b ——单根锚栓的受剪承载力。

7.4.3 半铰接管道支架的柱脚锚栓直径，可按下式计算：

$$d_0 = \sqrt{\frac{M - 0.5 N_t S}{0.785 N_t^b S}} \quad (7.4.3)$$

式中： d_0 ——锚栓有效直径(mm)，大于或等于 20mm；

M ——作用于基础顶面的弯矩设计值；

N_t ——操作状态时作用于基础顶面的竖向力设计值；

S ——锚栓中心距离。

8 地基基础设计

8.1 一般规定

8.1.1 多立柱管道支架基础可采用独立式基础或联合式基础。

8.1.2 下列情况应进行管道支架基础的沉降计算和差异沉降计算：

1 工艺专业对管道基础沉降及差异沉降有明确要求时，计算结果应满足其要求；

2 同一管线系统的管道支架基础不能采用同一地基形式时，计算结果应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

8.2 计 算

8.2.1 管道支架基础底面的压力，应符合下列规定：

1 当轴心荷载作用时，应符合下式要求：

$$p_k \leq f_a \quad (8.2.1-1)$$

式中： p_k ——相应于荷载效应标准组合时，基础底面处的平均压力值；

f_a ——修正后的地基承载力特征值。

2 当偏心荷载作用时，除应符合公式(8.2.1-1)的要求外，尚应符合下式要求：

$$p_{k\max} \leq 1.2f_a \quad (8.2.1-2)$$

式中： $p_{k\max}$ ——相应于荷载效应标准组合时，基础底面边缘的最大压力值。

8.2.2 管道支架基础的偏心距应符合下列要求：

1 双向偏心受压时，应符合下列要求：

1) 固定管道支架基础:

$$e_x/A \leq 1/5 \quad (8.2.2-1)$$

$$e_y/B \leq 1/5 \quad (8.2.2-2)$$

$$e_x = M_{kx}/(F_k + G_k) \quad (8.2.2-3)$$

$$e_y = M_{ky}/(F_k + G_k) \quad (8.2.2-4)$$

式中: M_{kx} 、 M_{ky} ——相应于荷载效应标准组合时,作用于基础底面的沿 x 方向及 y 方向的力矩值;

A 、 B ——基础底边尺寸;

F_k ——相应于荷载效应标准组合时,上部结构传至基础顶面的竖向力值;

G_k ——基础自重及基础上土重标准值。

2) 其他管道支架基础:

$$e_x/A \leq 1/4 \quad (8.2.2-5)$$

$$e_y/B \leq 1/4 \quad (8.2.2-6)$$

2 单向偏心受压时,应符合下列要求:

$$e_x/A \leq 1/4 \quad (8.2.2-7)$$

$$e_y/B \leq 1/4 \quad (8.2.2-8)$$

8.2.3 基础底面压力,应符合下列要求:

1 轴心荷载作用时,应符合下列要求:

$$p_k = \frac{F_k + G_k}{A \times B} \quad (8.2.3-1)$$

式中: F_k ——相应于荷载效应标准组合时,上部结构传至基础顶面的竖向力;

G_k ——基础自重及基础上土重标准值;

A ——基础的宽度;

B ——基础的长度。

2 当单向偏心荷载作用,偏心距不超过核心范围时,应符合下列要求:

$$p_{kmax} = \frac{F_k + G_k}{A \times B} + \frac{M_k}{W} \quad (8.2.3-2)$$

$$p_{kmin} = \frac{F_k + G_k}{A \times B} - \frac{M_k}{W} \quad (8.2.3-3)$$

式中: M_k ——相应于荷载效应标准组合时, 作用于基础底面的力矩值;

W ——基础底面的抵抗矩;

p_{kmax} ——相应于荷载效应标准组合时, 基础底面边缘的最大压力值;

p_{kmin} ——相应于荷载效应标准组合时, 基础底面边缘的最小压力值。

3 单向偏心荷载作用, 偏心距超过核心范围时(图 8.2.3-1), 应按下列公式计算:

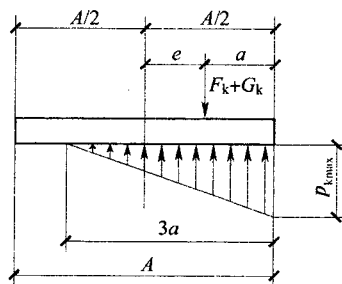


图 8.2.3-1 偏心荷载($e > A/6$)作用下基底压力计算示意

$$p_{kmax} = \frac{2(F_k + G_k)}{3Ba} \quad (8.2.3-4)$$

式中: B ——垂直于力矩作用方向的基础底面边长;

a ——合力作用点至基础底面最大压力边缘的距离。

4 双向偏心受压基础, 当基础底面全面积受压时(图 8.2.3-2), 应按下列公式计算各点压力:

$$p_{max} = \beta \frac{F_k + G_k}{AB} \quad (8.2.3-5)$$

$$p_{min} = (2 - \beta) \frac{F_k + G_k}{AB} \quad (8.2.3-6)$$

$$p_1 = \beta' \frac{F_k + G_k}{AB} \quad (8.2.3-7)$$

$$p_2 = (2 - \beta') \frac{F_k + G_k}{AB} \quad (8.2.3-8)$$

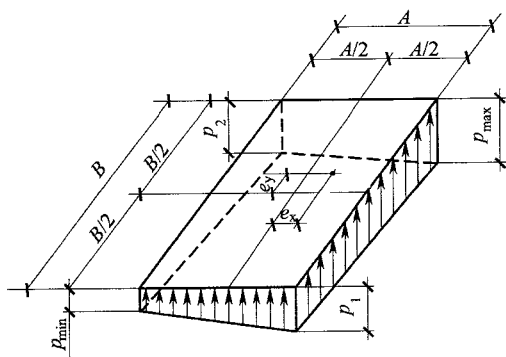


图 8.2.3-2 基础底面全面积受压

5 双向偏心受压基础,当偏心距超过核心范围(图 8.2.3-3),且基础底面受压区为五边形时,应按下列公式计算各点应力:

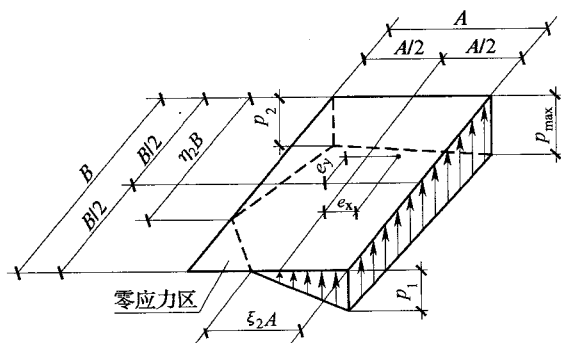


图 8.2.3-3 基础底面受压区为五边形

$$p_{\max} = \beta \frac{F_k + G_k}{AB} \quad (8.2.3-9)$$

$$p_1 = p_{\max} \frac{(1 - \eta_2) \xi_2}{1 - \eta_2 \xi_2} \quad (8.2.3-10)$$

$$p_2 = p_{\max} \frac{(1 - \xi_2) \eta_2}{1 - \xi_2 \eta_2} \quad (8.2.3-11)$$

6 当偏心距超过核心范围,且基础底面受压区为四边形时 [图 8.2.3-4(a)、图 8.2.3-4(b)],应按下列公式计算各点应力:

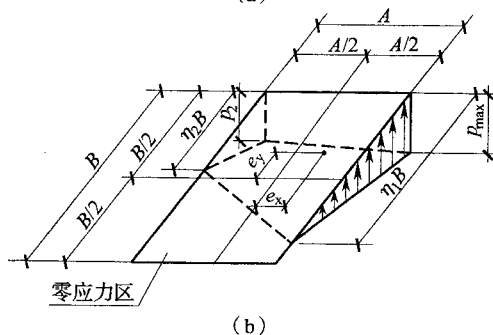
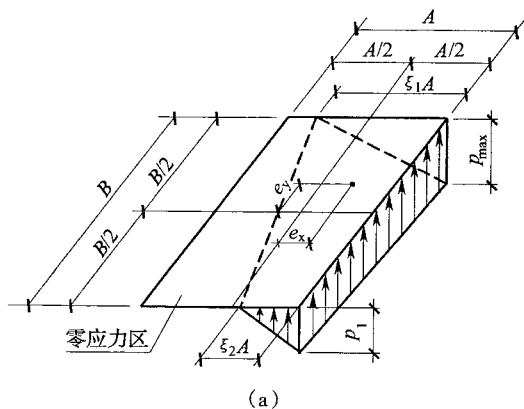


图 8.2.3-4 基础底面受压区为四边形

$$p_{\max} = \beta \frac{F_k + G_k}{AB} \quad (8.2.3-12)$$

$$p_1 = p_{\max} \frac{\xi_2}{\xi_1} \quad (8.2.3-13)$$

$$p_2 = p_{\max} \frac{\eta_2}{\eta_1} \quad (8.2.3-14)$$

$$e_x = M_{kx} / (F_k + G_k) \quad (8.2.3-15)$$

$$e_y = M_{ky} / (F_k + G_k) \quad (8.2.3-16)$$

式中: M_{kx} 、 M_{ky} ——相应于荷载效应标准组合时,作用于基础底面的沿 x 方向及 y 方向的力矩值;

F_k ——相应于荷载效应标准组合时,上部结构传至基础顶面的竖向力值;

G_k ——基础自重及基础上土重标准值。

7 β 、 β' 、 ξ_1 、 ξ_2 、 η_1 、 η_2 依据 $\frac{e_x}{A}$ 和 $\frac{e_y}{B}$ 按本规范附录 D 取用。

8.2.4 基础底板内力计算应符合下列规定:

1 单向偏心基础底板内力及配筋计算,应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定执行;

2 双向偏心基础(受压区为五边形)(图 8.2.4)底板的内力,可按下列公式计算:

$$M_{1-1} = \frac{S_a^2}{12} \left[(2B + b_1) \left(p_a + p_b - \frac{2G}{AB} \right) + (p_a - p_b) B \right] \quad (8.2.4-1)$$

$$p_a = \frac{p_{\max} + p_1}{2} \quad (8.2.4-2)$$

$$p_b = \frac{1}{2} \left[p_{\max} \left(1 - \frac{S_a}{A} \right) + p_2 \frac{S_a}{A} + p_1 \left(1 - \frac{S_a}{\xi_2 A} \right) \right] \quad (8.2.4-3)$$

$$M_{2-2} = \frac{S_b^2}{12} \left[(2A + a_1) \left(p'_a + p'_b - \frac{2G}{AB} \right) + (p'_a - p'_b) A \right] \quad (8.2.4-4)$$

$$p'_a = \frac{p_{\max} + p_2}{2} \quad (8.2.4-5)$$

$$p'_b = \frac{1}{2} \left[p_{\max} \left(1 - \frac{S_b}{B} \right) + p_1 \frac{S_b}{B} + p_2 \left(1 - \frac{S_b}{\eta_2 B} \right) \right] \quad (8.2.4-6)$$

式中: M_{1-1} 、 M_{2-2} ——任意截面 1-1、2-2 处相应于荷载效应基本组合时的弯矩设计值;

$p_{\max}$ 、 $p_{\min}$ 、 p_1 、 p_2 ——相应于荷载效应基本组合时的基础底面角部地基反力设计值；

G ——考虑荷载分项系数的基础自重及其上土自重；

S_a 、 S_b ——任意截面 1-1、2-2 至基础边缘最大反力处的距离。

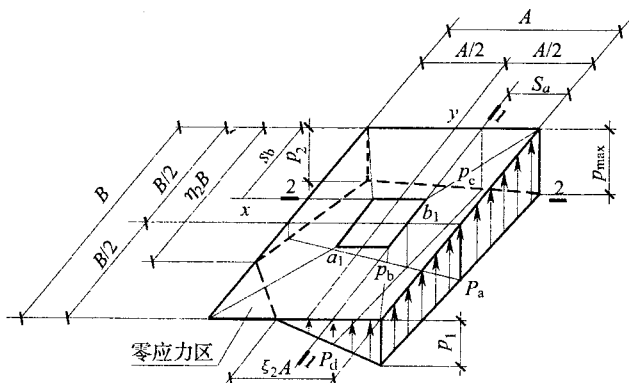


图 8.2.4 双向偏心基础(受压区为五边形)

8.2.5 基础底板配筋可按下式计算：

$$A_s = \frac{M}{0.9h_y f_y} \quad (8.2.5)$$

式中： M ——计算截面处的荷载效应基本组合时的弯矩设计值，当按本规范第 8.2.1 条～第 8.2.3 条计算时，应计算地下水浮力的不利影响。

8.2.6 管道支架基础承载力验算中采用的上部结构荷载为地震作用参与的组合时，地基承载力应为调整后的地基地震承载力，地基土地震承载力调整系数应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定执行。

8.2.7 计算偏心距 e_x 、 e_y 时，不应计及走道及平台活荷载；当重力有利时，应按空管道计算。

8.2.8 联合基础的设计与计算应符合下列要求：

1 联合基础的地基承载力计算时，应采用上部结构的整体荷载作为合力对基础进行地基承载力验算，基底压力应按本规范第 8.2.3 条计算；

2 四柱联合基础采用梁板式时，梁宜按简支梁计算，支座应为管道支架柱脚，荷载应为基底净反力。

8.2.9 分离式基础的设计与计算应符合下列要求：

1 分离式基础应采用各支柱的荷载进行地基承载力计算，基底压力应按本规范第 8.2.3 条计算；

2 受拉的支柱基础应计及拉力的作用。

8.2.10 管道支架基础采用桩基时，应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定进行下列计算：

1 桩的竖向抗压、抗拔及水平承载力验算；

2 桩对基础的冲切验算、桩对基础的局部承压验算及基础的配筋计算。

8.3 基础的构造

8.3.1 管道支架基础的构造应符合下列要求：

1 插入式杯口基础的最小插入深度、杯口尺寸、最小杯壁厚度及最小杯底厚度，应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

2 地脚螺栓连接基础构造应符合下列要求：

1) 地脚螺栓中心线至基础边缘的距离不应小于 $4d$ ，且不应小于 150mm；

2) 钢柱底板边缘至基础边缘的距离不应小于 100mm；

3) 当螺栓直径小于或等于 36mm 时，宜采用直钩螺栓；当螺栓直径大于 36mm 时，宜采用锚板螺栓；

4) 有可靠经验时，可用锚栓抵抗柱底剪力，当地脚锚栓不能完全承担柱底剪力时，应设置抗剪键承担柱底剪力；

5)螺栓的埋入深度应接受拉设计。

8.3.2 联合基础设计应符合下列要求：

- 1 多支架联合基础应设计为梁板式；
- 2 联合基础顶面应按计算配置钢筋；
- 3 联合基础板底配筋应满足最小配筋率的要求。

8.3.3 分离式基础设计应符合下列要求：

1 当支架支腿距离较大,不能采用联合基础时,可采用分离式基础,但应保证两基础或多基础坐落于同一地基持力层上；

2 当采用桩基础时,应保证各立柱基础桩的桩端坐落于同一持力层上,宜减少各立柱之间的不均匀沉降。

9 抗震设计

9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于抗震设防烈度为 6 度~9 度地区钢铁企业管道支架的设计。

9.1.2 抗震设防烈度应按国家规定的权限审批、颁发的文件(图件)确定。

9.1.3 抗震设防烈度应采用现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 的地震基本烈度,也可采用与本规范设计基本地震加速度值对应的烈度值。做过地震安全性评价的工程场地或已编制抗震设防区划的地区,可按经主管部门批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防。

9.1.4 管道支架抗震设防标准和类别,应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的有关规定。

9.1.5 钢筋混凝土结构固定管道支架和输送易燃、易爆、剧毒介质的钢筋混凝土结构管道支架,应符合《构筑物抗震设计规范》GB 50191 三级抗震的要求,其他管道支架应符合四级抗震的要求。

9.1.6 抗震设防烈度为 6 度~9 度时,管道支架应符合下列要求:

- 1 活动管道支架宜采用刚性支架,不宜采用半铰接支架;
- 2 输送易燃、易爆、剧毒、高温、高压介质的管道,严禁作为管道支架跨越结构的受力构件;
- 3 单柱式双向活动管道支架柱与基础的连接,应采用锚栓连接。

9.1.7 管道支架抗震设计应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定。

9.2 地震作用

9.2.1 地震影响系数,应根据地震烈度、场地类别、设计地震分組和结构自振周期以及阻尼比,按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定取用。

9.2.2 管道支架结构宜按多遇地震作用进行内力和变形分析。

9.2.3 管道支架应按本规范规定的抗震设防标准进行地震作用和作用效应计算,6度时,可不进行截面抗震验算,但应符合有关的抗震措施要求。

9.2.4 活动管道支架,在管道滑动的方向可不进行抗震验算,但应满足抗震构造要求。

9.2.5 管道支架的计算单元(图 9.2.5-1、图 9.2.5-2),宜按下列要求选取:

1 独立式管道支架的纵向计算单元长度,可采用主要管道相邻两补偿器中至中的距离;横向计算单元长度,可采用管道支架相邻两跨中至中的距离;

2 管廊式管道支架的纵向计算单元长度,可采用结构相邻两伸缩缝之间的距离;横向计算单元长度,可采用管道支架相邻两跨中至中的距离。

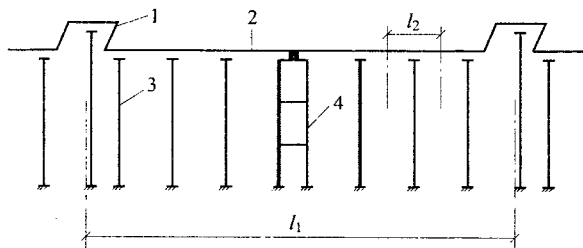


图 9.2.5-1 独立式支架的计算单元

1—补偿器;2—管道;3—活动支架;4—固定支架;

l_1 —纵向计算单元长度; l_2 —横向计算单元长度

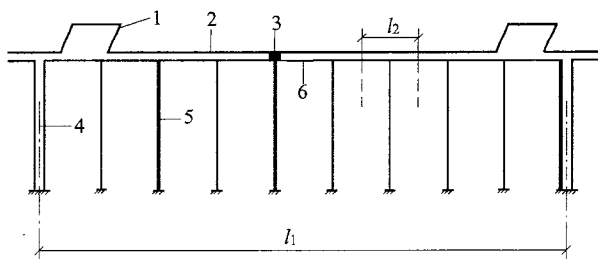


图 9.2.5-2 管廊式支架计算单元

1—补偿器；2—管道；3—管道固定点；4—伸缩缝；5—支架；
6—水平构件； l_1 —纵向计算单元长度； l_2 —横向计算单元长度

9.2.6 敷设有单层或多层管道的管道支架结构，可按单质点体系计算。水平地震作用点的位置可按下列要求选取：

1 采用上滑式管托的独立式管道支架，可取在管道外径的最低点；管托与梁顶埋件焊接的固定管道支架，可取在管道的中心处；其他形式的管道支架，可取在支承管道的横梁的顶面；

2 管廊式管道支架可取在支座的支承面处。

9.2.7 管道支架的重力荷载代表值，应符合下列要求：

1 永久荷载，应按下列要求采用：

- 1) 管道(包括内衬、保温层和管道附件)和操作平台，应采用自重标准值的 100%；
- 2) 管道内介质，应采用自重标准值的 100%；
- 3) 管道支架，可采用自重标准值的 25%；
- 4) 管廊式管道支架上的水平构件、电缆架和电缆，应采用自重标准值的 100%。

2 可变荷载，应按下列要求采用：

- 1) 冷管道，应采用冰、雪荷载标准值的 50%；热管道或冷、热管间隔敷设的多管共架管道，不应计算冰、雪荷载；
- 2) 积灰荷载，应采用荷载标准值的 50%；
- 3) 走道活荷载，应采用荷载标准值的 50%。

9.2.8 管道支架纵向或横向计算单元的基本自振周期,可按下列公式计算:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{G_E}{gK}} \quad (9.2.8-1)$$

纵向:
$$K=\sum_{i=1}^n K_i \quad (9.2.8-2)$$

横向:
$$K=K_H \quad (9.2.8-3)$$

式中: T ——管道支架纵向或横向计算单元的基本自振周期;

G_E ——管道支架纵向或横向计算单元的重力荷载代表值;

K ——管道支架纵向或横向计算单元的支架的抗侧移刚度;

K_i ——管道支架纵向计算单元内第 i 个支架的纵向抗侧移刚度,半铰支架可按柱截面高度的 $1/2$ 计算;

n ——管道支架纵向计算单元内的支架个数;

K_H ——管道支架横向计算单元支架的横向抗侧移刚度。

9.2.9 支承二层及二层以上管道的管道支架,其重力荷载代表值应按下列式确定:

$$G'_E=G_{En}+\sum_{i=1}^{n-1}\left(\frac{H_i}{H_n}\right)^2 G_{Ei} \quad (9.2.9)$$

式中: G_E ——多层管道的重力荷载代表值;

G_{En} ——顶层重力荷载代表值;

G_{Ei} ——第 i 层重力荷载代表值;

H_n ——顶层高度;

H_i ——第 i 层的高度;

n ——管道层数。

9.2.10 刚性活动管道支架上管道的滑动系数,可按下列式计算:

$$\zeta=\frac{\alpha_E G_E K_d}{G_D K_D \mu} \quad (9.2.10)$$

式中: ζ ——活动管道支架上管道的滑动系数;

α_E ——管道在管道支架上滑动前,计算单元的水平地震影响系数;

K_d ——管道在管道支架上滑动前,刚性活动管道支架的总抗侧移刚度;

G_D ——作用于刚性活动管道支架上的总重力荷载代表值;

K_D ——管道在管道支架上滑动前,计算单元管道支架的总抗侧移刚度;

μ ——管道和管道支架间的滑动摩擦系数。

9.2.11 当滑动系数 ξ 不小于 0.5,且管道和管道支架间的滑动摩擦系数 μ 为 0.3 时,单柱和双柱活动管道支架在管道轴向的抗侧移刚度,可按下式确定:

$$K_c = \frac{28.41G_d}{H} \quad (9.2.11)$$

式中: K_c ——管道在管道支架上滑动后,单柱或双柱活动管道支架在管道轴向的等效抗侧移刚度, K_c 不应大于管道滑动前管道支架的抗侧移刚度;

G_d ——作用于刚性活动管道支架上的重力荷载代表值;

H ——管道支架的高度。

9.2.12 管道支架纵向计算单元的总水平地震作用标准值,应按下列下式计算:

$$F_{EK} = \alpha G_E \quad (9.2.12)$$

式中: F_{EK} ——管道支架纵向计算单元的总水平地震作用标准值;

G_E ——纵向计算单元的重力荷载代表值;

α ——水平地震影响系数。

9.2.13 纵向计算单元内各管道支架的纵向水平地震作用标准值,可按下列公式计算:

$$F_{Eki} = \lambda_i F_{EK} \quad (9.2.13-1)$$

$$\lambda_i = \frac{K_i}{K} \quad (9.2.13-2)$$

式中: F_{Eki} ——第 i 个管道支架的纵向水平地震作用标准值,可滑动的活动管道支架不计算;

λ_i ——第 i 个管道支架的抗侧移刚度与计算单元管道支架的总抗侧移刚度之比。

9.2.14 管道支架横向计算单元的水平地震作用标准值,应按下式计算:

$$F'_{Ek} = \alpha G_E \quad (9.2.14)$$

式中: F'_{Ek} ——管道支架横向计算单元的水平地震作用标准值。

9.2.15 抗震设防烈度为 8 度和 9 度时,支承大直径管道跨度大于 24m 管廊式管道支架的桁架,应进行竖向地震作用计算。

9.2.16 竖向地震作用标准值可采用其重力荷载代表值与竖向地震作用系数的乘积;竖向地震作用,可不向下传递,但构件节点设计时,应计入;竖向地震作用系数,可按表 9.2.16 选用。

表 9.2.16 竖向地震作用系数

结构类别	烈度	场地分类		
		I	II	III、IV
钢桁架	8	可不计算(0.10)	0.08(0.12)	0.10(0.15)
	9	0.15	0.15	0.20
钢筋混凝土桁架	8	0.10(0.15)	0.13(0.19)	0.13(0.19)
	9	0.20	0.25	0.25
大跨度结构	8	0.10(0.15)		
	9	0.20		

注:括号内数值系设计基本地震加速度为 0.30g 的地区。

9.3 结构截面抗震验算

9.3.1 结构构件的截面抗震验算,除本规范另有规定者外,地震作用标准值效应和其他荷载效应的基本组合,应按下式计算:

$$S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} + \gamma_w \psi_w S_{wk} + \gamma_t \psi_t S_{tk} \quad (9.3.1)$$

式中：S——结构构件内力组合的设计值，包括组合的弯矩、轴向力和剪力的设计值；

γ_G ——重力荷载分项系数，宜采用 1.2；当重力荷载效应对构件承载能力有利时，不应大于 1.0，当验算结构抗倾覆或抗滑时，不应小于 0.9；

S_{GE} ——重力荷载代表值效应，重力荷载代表值应按本规范第 9.2.9 条规定确定；

γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——分别为水平、竖向地震作用分项系数，应按表 9.3.1 选用；

S_{Ehk} ——水平地震作用标准值效应；

S_{Evk} ——竖向地震作用标准值效应；

S_{wk} ——风荷载作用标准值效应；

S_{tk} ——温度作用标准值效应；

γ_w 、 γ_t ——分别为风荷载、温度作用分项系数，均应采用 1.4；

ϕ_w ——风荷载组合值系数，取 0.0，高耸支架可采用 0.2；

ϕ_t ——温度作用组合值系数，其组合值系数单管可采用 0.7，多管可采用 0.55。

表 9.3.1 地震作用分项系数

地震作用		γ_{Eh}	γ_{Ev}
仅按水平地震作用计算		1.3	0.0
仅按竖向地震作用计算		0.0	1.3
同时按水平和竖向地震作用计算	水平地震作用为主时	1.3	0.5
	竖向地震作用为主时	0.5	1.3

9.3.2 结构构件的截面抗震验算，应采用下列设计表达式：

$$S \leq R / \gamma_{RE} \quad (9.3.2)$$

式中：R——结构构件承载力设计值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，除本规范另有规定外，应按现

行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定执行。

9.3.3 当仅按竖向地震作用计算时,结构构件承载力的抗震调整系数宜采用 1.0。

10 管道支架的构造

10.1 钢筋混凝土结构管道支架

10.1.1 管道支架构件最小截面尺寸,应符合下列要求:

1 横梁的宽度不应小于 200mm,高度不应小于 250mm,悬臂端高度不应小于 200mm;

2 支架柱最小边不应小于 200mm,有抗震设防要求时,不应小于 250mm。

10.1.2 管道与钢筋混凝土结构管道支架、钢结构管道支架或横梁间的净空,不宜小于 150mm。

10.1.3 管道支架混凝土强度等级不应低于 C25,基础混凝土强度等级不应低于 C20。

10.1.4 当抗震设防烈度为 7 度~9 度时,钢筋混凝土结构管道支架柱计算长度与截面最小宽度比,固定管道支架的比值不应大于 25,活动管道支架的比值不应大于 35。

10.1.5 敷设于管道支架顶层横梁上的外侧管道,应采取防止管道滑落的措施;采用下滑式或滚动式管托的管道支架,应采取防止管托滑落于梁侧的措施。

10.1.6 管道支架埋件的锚筋应按计算确定,下列管道支架埋件的锚筋不宜小于 4 ϕ 12,锚固长度应按计算满足受拉钢筋的抗震锚固要求,且不应小于 30d:

1 固定管道支架与管托相连的埋件,管道支架与跨越管道支架柱相连的埋件;

2 抗震设防烈度不小于 8 度时,柱间支撑与管道支架相连的埋件;

3 梁、柱铰接点处的埋件。

10.1.7 半铰管道支架柱沿管道纵向的构造配筋,每边不应少于 $2\phi 16$;柱脚横梁全长和柱根部不小于 500mm 高度范围内的箍筋,直径不应小于 8mm,间距不应大于 100mm。

10.1.8 钢筋混凝土支架柱的箍筋,应符合下列规定:

1 单柱式管道支架,自柱顶至最下一层横梁底以下不小于 500mm 和柱底以上不小于 500mm 范围内,箍筋直径不应小于 $\phi 8$,间距不应大于 100mm;

2 柱间支撑与柱连接处上、下各不小于 300mm 范围内,应按间距不大于 100mm 加密箍筋。

10.1.9 管道支架悬臂横梁上如敷设管道,则悬臂长度不宜大于 1500mm。

10.1.10 在管廊式管道支架直线段的适当部位,应设置柱间支撑及水平支撑;当抗震设防烈度为 8 度和 9 度时,在有柱间支撑的基础之间宜设置连系梁。

10.2 钢结构管道支架

10.2.1 钢结构管道支架材质宜采用 Q 235B 或 Q 345B。

10.2.2 钢结构管道支架截面板件宽厚比的限值,除应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 对钢结构弹性阶段设计的有关规定外,尚应符合表 10.2.2 的规定。

表 10.2.2 钢支架柱板件的宽厚比限值

板 件 名 称	6 度、7 度	8 度	9 度
工字形截面翼缘外伸部分	13	11	10
圆管外径壁厚比	60	55	50

注:表中所列数据适用于 Q 235 钢,当为其他钢号时,工字形截面翼缘外伸部分应

乘以 $\sqrt{235/f_y}$,圆管外径壁厚比应乘以 $235/f_y$, f_y 为钢材的屈服强度。

10.2.3 钢结构管道支架构件的长细比,应符合表 10.2.3 的规定。

表 10.2.3 支架构件的长细比

类 型		6 度、7 度	8 度	9 度
固定支架和刚性支架		150	150	120
柔性支架		200	200	200
支撑	按拉杆设计	300	250	200
	按压杆设计	200	150	150

注：表中所列数据适用于 Q235 钢，当为其他钢号时，应乘以 $\sqrt{235/f_y}$ 。

10.2.4 除单柱管道支架外，钢结构管道支架的梁与柱的连接应采用柱贯通型。

10.2.5 四柱式钢结构固定管道支架，对较大直径的管道，抗震设防烈度为 8 度、9 度时，在直接支承管道的横梁平面内，宜设置与四柱相连的水平支撑；当管道支架较高时，宜在管道支架沿高度方向的适当部位增设水平支撑。

10.2.6 抗震设防烈度为 8 度、9 度时，钢结构单柱固定管道支架的柱脚应采用刚性柱脚。

11 管道支架的防腐蚀

11.0.1 管道支架应根据所处环境的腐蚀性等级采取合理的结构形式和适宜的防腐措施。

11.0.2 腐蚀性等级的划分和防腐措施,应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的有关规定。

11.0.3 管道支架在中等腐蚀条件下不宜采用吊索式、悬索式及半铰接的结构形式,在强腐蚀条件下不应采用吊索式、悬索式及半铰接的结构形式。

11.0.4 建于海边(岸)或近海处于高盐度地区的钢结构管道支架,大气对钢结构管道支架的腐蚀等级应取不低于中等腐蚀等级;处于露天环境中的钢结构管道支架,大气对钢结构管道支架的腐蚀等级不应低于弱腐蚀等级。

11.0.5 管道支架应根据所处的环境类别、腐蚀的情况加强定期维护。

附录 A 管道支架在管道轴向水平荷载作用下计算简图

A. 0. 1 管道支架横梁在管道轴向水平荷载作用下计算简图见表 A. 0. 1。

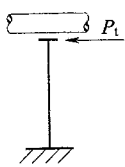
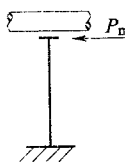
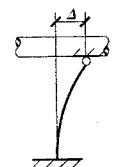
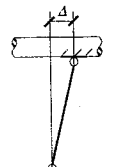
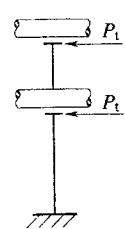
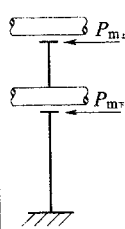
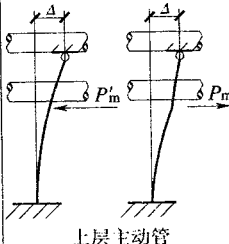
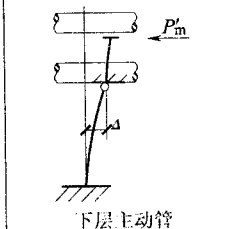
表 A. 0. 1 管道支架横梁在管道轴向水平荷载作用下计算简图

结构形式	管架示意图	横梁计算简图	适用范围
门型管架			固定管道支架的 主动管层横梁
			固定管道支架的 非主动管层横梁
			刚性管道支架横梁
			柔性或半铰接管 道支架非主动管层 横梁
T 型管架			固定管道支架的 主动管层横梁
			固定管道支架的 非主动管层横梁
			刚性管道支架横梁
			柔性或半铰接管 道支架非主动管层 横梁
T 型管架			固定管道支架的 主动管层横梁
			固定管道支架的 非主动管层横梁
			刚性管道支架横梁
			柔性或半铰接管 道支架非主动管层 横梁

注: P_t 为作用于固定管道支架的主动管层横梁上的管道水平推力, P'_m 为作用于柔性或半铰接管道支架的主动管层或非主动管层横梁上的管道摩擦力, P_m 为作用于固定管道支架的非主动管层横梁或刚性管道支架横梁上的管道摩擦力, P' 为管道支架柱对横梁的反力。

A.0.2 管道支架支柱在管道轴向水平荷载作用下计算简图见表 A.0.2。

表 A.0.2 管道支架支柱在管道轴向水平荷载作用下计算简图

支架形式	固定管道支架	刚性管道支架	柔性管道支架	半铰接管道支架
单层 管道 轴向 水平 推力				
双层 管道 轴向 水平 推力			 上层主动管	
			 下层主动管	

注: Δ 为管道支架位移, Δ_z 为管道变形。

附录 B A 型管道支架内力计算

B.1 无横梁 A 型管道支架内力计算

B.1.1 无横梁 A 型管道支架的内力(图 B.1.1),可按下列公式计算:

1 斜柱顶部杆端弯矩可按下式计算:

$$M_{CA} = M_{CB} = \frac{1}{2} M_t \quad (\text{B.1.1-1})$$

式中: M_t ——作用于管道支架顶部的弯矩设计值。

2 斜柱底部杆端弯矩可按下式计算:

$$M_{AC} = M_{BC} = \frac{1}{4} M_t \quad (\text{B.1.1-2})$$

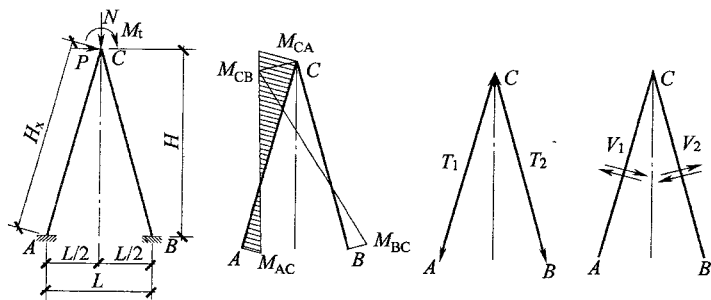


图 B.1.1 无横梁 A 型管道支架计算

3 斜柱受拉侧杆轴力可按下式计算:

$$T_1 = \frac{H_x}{l} \left(\frac{l}{2H} N - P - \frac{1}{H} M_t \right) \quad (\text{B.1.1-3})$$

式中: P ——作用于管道支架顶部的水平推力设计值;

N ——作用于管道支架顶部的竖向轴力设计值。

4 斜柱受压侧杆轴力可按下式计算:

$$M_{CD} = -M_{DC} = \frac{3HI_2}{7HI_2 + 4II_1} M_t \quad (\text{B. 2. 1-3})$$

$$M_{CA} = M_{DB} = \frac{5HI_2 + 2II_1}{4(7HI_2 + 4II_1)} M_t \quad (\text{B. 2. 1-4})$$

$$M_{AC} = M_{BD} = -\frac{HI_2 + II_1}{7HI_2 + 4II_1} M_t \quad (\text{B. 2. 1-5})$$

$$T_1 = \frac{H_x}{l} \left[\frac{l}{2H} N - P - \frac{3(7HI_2 + 2II_1)}{H(7HI_2 + 4II_1)} M_t \right] \quad (\text{B. 2. 1-6})$$

$$T_2 = \frac{H_x}{l} \left[\frac{l}{2H} N + P + \frac{3(7HI_2 + 2II_1)}{H(7HI_2 + 4II_1)} M_t \right] \quad (\text{B. 2. 1-7})$$

$$T_3 = \frac{H_x}{l} \left[\frac{l}{2H} N - P - \frac{3(3HI_2 + 2II_1)}{H(7HI_2 + 4II_1)} M_t \right] \quad (\text{B. 2. 1-8})$$

$$T_4 = \frac{H_x}{l} \left[\frac{l}{2H} N + P + \frac{3(3HI_2 + 2II_1)}{H(7HI_2 + 4II_1)} M_t \right] \quad (\text{B. 2. 1-9})$$

$$V_1 = V_2 = \frac{3(7HI_2 + 2II_1)}{2(7HI_2 + 4II_1)} \frac{M_t}{H_x} \quad (\text{B. 2. 1-10})$$

$$V_3 = V_4 = \frac{3(3HI_2 + 2II_1)}{2(7HI_2 + 4II_1)} \frac{M_t}{H_x} \quad (\text{B. 2. 1-11})$$

$$V_5 = \frac{12HI_2}{7HI_2 + 4II_1} \frac{M_t}{H_x} \quad (\text{B. 2. 1-12})$$

式中: M_{EC} 、 M_{ED} 、 M_{CE} 、 M_{DE} 、 M_{CD} 、

M_{DC} 、 M_{CA} 、 M_{DB} 、 M_{AC} 、 M_{BD} ——分别为图 B. 2. 1(b) 所示位置的杆端弯矩;

T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 ——分别为图 B. 2. 1(c) 所示的各斜柱段的轴向力;

V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 、 V_5 ——分别为图 B. 2. 1(d) 所示各斜柱段的剪力。

附录 C 悬索管道支架内力计算

C.0.1 悬索管道支架的主索内力应按下列要求进行计算:

1 主索两端支点在同一水平面时(图 C.0.1-1),主索中任一截面的水平分力,应按下式计算:

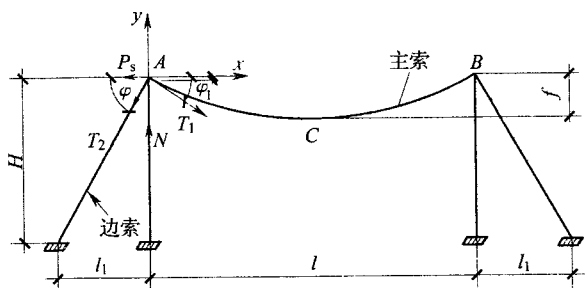


图 C.0.1 悬索管道支架计算

$$P_s = \frac{M_c^0}{f} = \frac{ql^2}{8f} \quad (\text{C.0.1-1})$$

式中: M_c^0 ——中点 C 处的简支梁弯矩;

f ——中点 C 处的主索挠度,取 $f=(0.05 \sim 0.10)l$;

l ——主索的计算跨距;

q ——沿跨度方向的均布荷载设计值。

2 当有风荷载时,应按下式计算:

$$q = \sqrt{q_v^2 + q_w^2} \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中: q_v ——垂直均布荷载设计值;

q_w ——均布风荷载设计值,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定采用,索的体形系数可

取 1.2。

3 主索两端支点在—水平面时,主索中的最大拉力 T_1 ,应按下列公式计算:

$$T_1 = \frac{P_s}{\cos \varphi_1} \quad (\text{C. 0. 1-3})$$

或
$$T_1 = P_s \sqrt{1 + 16n_0^2} \quad (\text{C. 0. 1-4})$$

$$\varphi_1 = \tan^{-1} \frac{4f}{l} \quad (\text{C. 0. 1-5})$$

式中: n_0 ——主索挠度 f 与跨距 l 之比, $n_0 = (f/l)$;

φ_1 ——支点处主索与水平面的夹角。

C. 0. 2 悬索管道支架的边索内力可按下式计算:

$$T_2 = \frac{P_s}{\cos \varphi} \quad (\text{C. 0. 2-1})$$

$$\varphi = \arctan H/l_1 \quad (\text{C. 0. 2-2})$$

式中: φ ——边索与水平面的夹角。

C. 0. 3 管道支架支柱承受的垂直荷载及风荷载,应符合下列要求:

1 垂直荷载应按下式计算:

$$N = T_2 \sin \varphi + T_1 \sin \varphi_1 \quad (\text{C. 0. 3})$$

2 风荷载应全部由管架支柱承受。

C. 0. 4 悬索管道支架的主索挠度及索长,可按下列规定计算:

1 主索两端支点在—水平面时,其任一点的挠度应按下式计算:

$$y = 4n_0 x(l-x)/l \quad (\text{C. 0. 4-1})$$

2 f/l 为 0.05~0.10 的悬索,不需计及索中拉力引起的伸长,主索长度应按下式计算:

$$L = l \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{l} \right)^2 \right] \quad (\text{C. 0. 4-2})$$

C. 0. 5 悬索构件主索和边索截面承载力,应分别按下列公式验算:

1 主索截面拉力应满足下式要求:

$$T_1 \leq \frac{f_y A_s}{\gamma_{ca}} \quad (\text{C. 0. 5-1})$$

2 边索截面拉力应满足下式要求:

$$T_2 \leq \frac{f_y A_s}{\gamma_{ca}} \quad (\text{C. 0. 5-2})$$

式中: γ_{ca} ——索强度调整系数,取 1.7;

A_s ——索截面面积;

T_1 、 T_2 ——分别为主索和边索最大拉力,按本规范公式(C. 0. 1-4)和公式(C. 0. 2-1、C. 0. 2-2)计算;

f_y ——钢绞线或钢筋的抗拉设计强度。

C. 0. 6 边索基础可按下式做抗拔验算:

$$T_2 \leq \frac{G_f}{1.7 \sin \varphi} \quad (\text{C. 0. 6})$$

式中: G_f ——基础自重和基础上的填土重的标准值;

T_2 ——边索内力,按本规范公式(C. 0. 2)计算;

φ ——边索与水平面的夹角(图 C. 0. 6)。

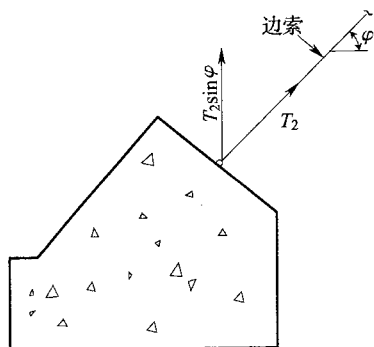


图 C. 0. 6 边索基础荷载

附录 D 基础计算中

表 D 基础计算中

e_x/A	e_y/B 系数	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14
		β	β'	β	β'	β	β'	β	β'
0.00	β	1.00	1.13	1.25	1.37	1.49	1.61	1.73	1.85
	β'	1.00	1.13	1.25	1.37	1.49	1.61	1.73	1.85
0.02	β	1.11	1.23	1.35	1.47	1.59	1.71	1.83	1.95
	β'	1.11	0.99	1.11	1.23	1.35	1.47	1.59	1.71
0.04	β	1.23	1.35	1.47	1.59	1.71	1.83	1.95	2.07
	β'	1.23	1.11	0.99	1.11	1.23	1.35	1.47	0.94
0.06	β	1.35	1.47	0.59	1.71	1.83	1.95	2.07	2.20
	β'	1.35	1.23	1.11	0.99	1.11	1.23	0.93	0.79
0.08	β	1.49	1.61	1.73	1.85	1.96	2.09	2.21	2.35
	β'	1.49	1.37	1.23	1.13	1.01	0.93	0.80	0.66
0.10	β	1.61	1.73	1.85	1.97	2.09	2.21	2.35	2.49
	β'	1.61	1.49	1.35	1.25	0.93	0.84	0.77	0.72
0.12	β	1.72	1.85	1.97	2.09	2.21	2.35	2.49	2.64
	β'	1.72	1.61	1.49	0.95	0.87	0.77	0.68	0.63
0.14	β	1.85	1.97	2.09	2.22	2.35	2.49	2.64	2.80
	β'	1.85	1.73	0.96	0.89	0.81	0.72	0.63	0.54
0.16	β	1.97	2.09	2.22	2.35	2.49	2.64	2.81	2.98
	β'	1.97	0.96	0.90	0.83	0.76	0.68	0.60	0.51
0.18	β	2.09	2.21	2.36	2.50	2.65	2.81	2.99	3.18
	ξ_1	0.97	0.90	0.85	0.78	0.71	0.64	0.56	0.48
0.20	ξ_2	0.97	0.14	0.30	0.34	0.36	0.36	0.35	0.34
	β	2.23	2.37	2.51	2.66	2.83	3.00	3.19	3.40
0.22	ξ_1	0.91	0.94	0.98	0.71	0.66	0.60	0.52	0.45
	ξ_2	0.91	0.83	0.77	0.12	0.20	0.23	0.24	0.24
0.24	β	2.39	2.52	2.67	2.83	3.03	3.22	3.42	3.65
	ξ_1	0.85	0.88	0.92	0.96	0.62	0.56	0.49	0.42
0.26	ξ_2	0.83	0.78	0.72	0.66	0.03	0.08	0.12	0.13
	β	2.55	2.71	2.88	3.05	3.26	3.47	3.69	3.93
0.28	ξ_1	0.77	0.82	0.86	0.89	0.94	0.97	1.00	0.39
	ξ_2	0.77	0.72	0.67	0.61	0.58	0.52	0.46	0.02
0.30	β	2.77	2.94	3.12	3.31	3.53	3.75	3.99	4.25
	ξ_1	0.71	0.75	0.79	0.82	0.87	0.90	0.92	0.94
0.32	ξ_2	0.71	0.68	0.64	0.59	0.53	0.48	0.42	0.36
	β	3.01	3.23	3.42	3.63	3.85	4.09	4.36	4.64
0.34	ξ_1	0.65	0.69	0.72	0.75	0.80	0.82	0.84	0.86
	ξ_2	0.65	0.55	0.51	0.47	0.45	0.40	0.35	0.30

注：I、II 区为受压区为四边形时的系数 $\beta, \xi_1, \xi_2, (\eta_1, \eta_2)$ ；III 区为受压区为五

$\beta, \beta', \xi_1, \xi_2, \eta_1, \eta_2$ 取值

$\beta, \beta', \xi_1, \xi_2, \eta_1, \eta_2$ 取值

	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	系数
	1.97	2.09	2.23	2.39	2.57	2.79	3.04	β
		0.96	0.91	0.85	0.79	0.73	0.67	η_1
系数	1.97	0.96	0.91	0.85	0.79	0.73	0.67	η_2
β	2.07	2.20	2.37	2.52	2.75	2.93	3.20	β
η_2	0.94	0.89	0.94	0.89	0.84	0.74	0.69	η_1
ξ_2	0.64	0.14	0.84	0.79	0.74	0.64	0.59	η_2
β	2.20	2.34	2.49	2.67	2.88	2.72	3.40	β
η_2	0.89	0.84	0.99	0.93	0.86	0.79	0.72	η_1
ξ_2	0.56	0.28	0.77	0.72	0.67	0.62	0.57	η_2
β	2.33	2.48	2.64	2.83	3.05	3.31	3.61	β
η_2	0.81	0.76	0.71	0.96	0.89	0.82	0.75	η_1
ξ_2	0.52	0.32	0.12	0.66	0.61	0.57	0.52	η_2
β	2.48	2.64	2.82	3.02	3.25	3.52	3.84	β
η_2	0.75	0.70	0.65	0.61	0.93	0.85	0.79	η_1
ξ_2	0.50	0.35	0.19	0.02	0.56	0.51	0.47	η_2
β	2.63	2.80	2.99	3.21	3.45	3.73	4.07	β
η_2	0.67	0.63	0.59	0.55	0.95	0.88	0.80	η_1
ξ_2	0.48	0.35	0.22	0.07	0.50	0.46	0.42	η_2
β	2.80	2.98	3.18	3.41	3.67	3.97	4.35	β
η_2	0.59	0.55	0.51	0.48	0.98	0.90	0.82	η_1
ξ_2	0.46	0.34	0.23	0.11	0.45	0.41	0.38	η_2
β	2.97	3.16	3.38	3.63	3.91	4.23	4.63	β
η_2	0.50	0.46	0.43	0.40	0.37	0.93	0.85	η_1
ξ_2	0.44	0.34	0.24	0.13	0.02	0.36	0.33	η_2
β	3.18	3.39	3.63	3.89	4.19	4.54	4.95	β
η_2	0.42	0.40	0.38	0.35	0.33	0.95	0.87	η_1
ξ_2	0.42	0.33	0.24	0.14	0.04	0.30	0.28	η_2
β	3.39	3.62	3.87	4.15	4.48	4.86	5.29	β
η_2	0.38	0.30	0.28	0.26	0.25	2.95	0.87	η_1
ξ_2	0.31	0.30	0.21	0.12	0.04	0.23	0.21	η_2
β	3.61	3.85	4.13	4.43	4.79	5.19	5.66	β
η_2	0.38	0.30	0.28	0.19	0.18	0.96	0.88	η_1
ξ_2	0.24	0.23	0.22	0.12	0.03	0.17	0.16	η_2
β	3.89	4.15	4.45	4.76	5.13	5.57		β
η_2	0.35	0.28	0.21	0.11	0.10	0.96		η_1
ξ_2	0.14	0.14	0.14	0.11	0.03	0.11		η_2
β	4.19	4.48	4.80	5.13	5.54			
η_2	0.33	0.26	0.19	0.10	0.03			
ξ_2	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03			
	4.52	4.84	5.19	5.57				
	0.93	0.95	0.96	0.96				
	0.28	0.23	0.17	0.01				
	4.93	5.27	5.65					
	0.85	0.86	0.87					
	0.24							

边形时的系数 β, ξ_2, η_2 ; IV 区为受压区为全面积时的系数 β, β' 。

附录 E 管 托

E.1 管托材料及几何尺寸

E.1.1 管径 D 大于 426mm 时,宜采用钢板制造的管托;管径 D 不大于 426mm 时,宜采用槽钢制造的简易管托,槽钢型号可按表 E.1.1 选用。

表 E.1.1 槽钢型号

管道外径(mm)	108	133	159	219	273	325	377	426
槽钢型号	[8	[10	[12.6	[16a	[20a	[25a	[28a	[32a

注:管托宽度,不宜小于 200mm。

E.1.2 管托几何尺寸和螺栓位置,可按下列要求确定(图 E.1.2):

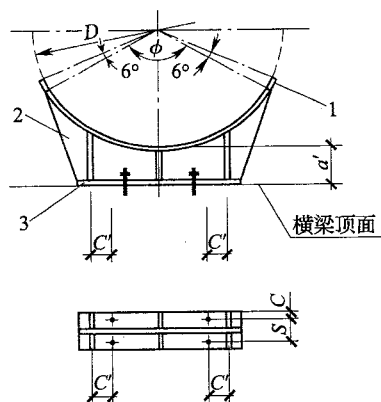


图 E.1.2 管托几何尺寸

1—弧形板;2—腹板;3—底板

1 管托扇形角度宜取 $\theta=90^\circ$;上滑式管托,当管径 D 不小于

1000mm 时,宜取 $\theta=120^{\circ}$;

2 管托弧形垫板的包角不应小于 $(\theta+12^{\circ})$;厚度不应小于管壁厚度的 0.6 倍;宽度不应小于 200mm,且不宜小于 $5.66\sqrt{D}$ (mm), D 为平均管径,单位为 mm;

3 不同管径的各类型管托(滚动管托除外),其高度 a' 宜相同;

4 螺栓中心至构件边缘的距离不得小于螺栓孔直径的 2 倍。
螺栓与管托底板的关系尺寸,可按表 E. 1. 2 采用。

表 E. 1. 2 螺栓与管托底板的关系尺寸(mm)

尺寸符号	螺 栓 直 径				
	16	20	24	30	36
S	100	100	100	120	120
C	40	40	50	60	70
C'	60	70	80	90	110

E. 2 管托与管道或支架的连接

E. 2. 1 固定管托的管托应与管道焊接,管托与支柱可采用螺栓连接或焊缝连接(图 E. 2. 1)。

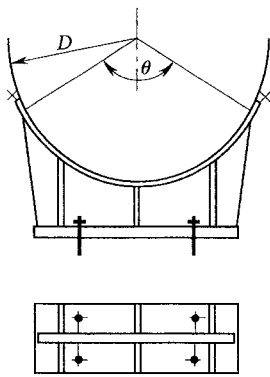


图 E. 2. 1 固定管托

E. 2. 2 铰接管托的管托应与管道焊接,管托与支柱应采用螺栓连接(图 E. 2. 2-1)或挡板固定(图 E. 2. 2-2)。

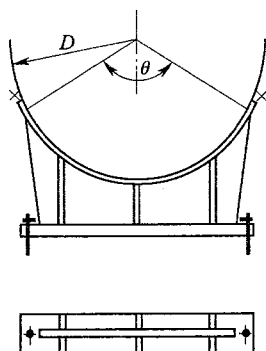


图 E. 2. 2-1 铰接管托

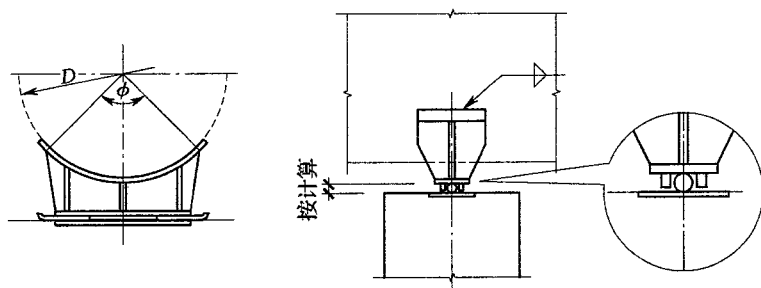


图 E. 2. 2-2 铰接管托

E. 2. 3 滑动管托可采用上滑式管托或下滑式管托进行管道、管托与支柱之间的连接。上滑式管托与支柱可采用螺栓连接或焊接(图 E. 2. 3-1),管道应在管托上滑动;下滑式管托应与管道焊接,管托应在支柱上滑动(图 E. 2. 3-2)。

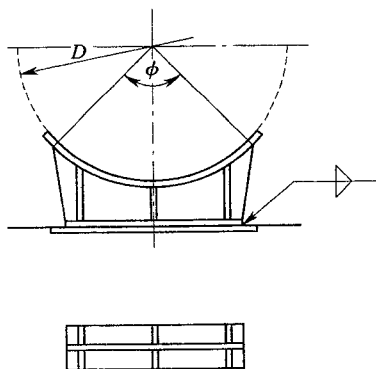


图 E. 2.3-1 上滑式管托

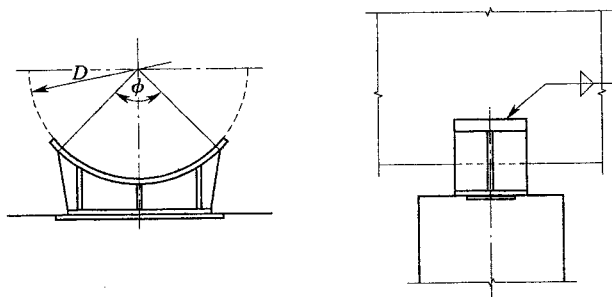


图 E. 2.3-2 下滑式管托

E. 2.4 滚动管托应与管道焊接,管托应以滚轴支承于支柱上(图 E. 2.4)。

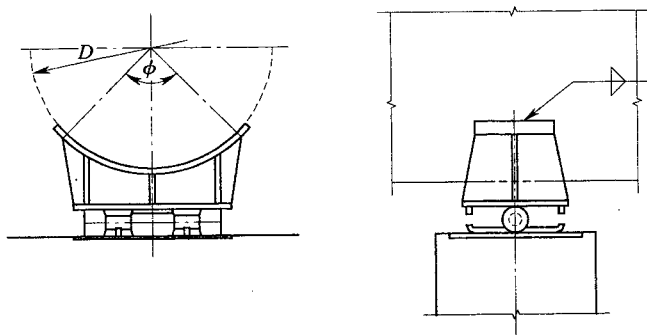


图 E. 2.4 滚动管托

E.2.5 简易管托(图 E.2.5)与管道及支架的连接方式,应和相应的钢板制造管托相同。

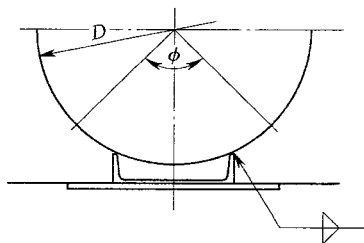


图 E.2.5 简易管托示例(下滑式)

E.3 管托的螺栓计算

E.3.1 直通管的管托,当与支柱采用螺栓连接时,应按下列要求进行连接计算(图 E.3.1):

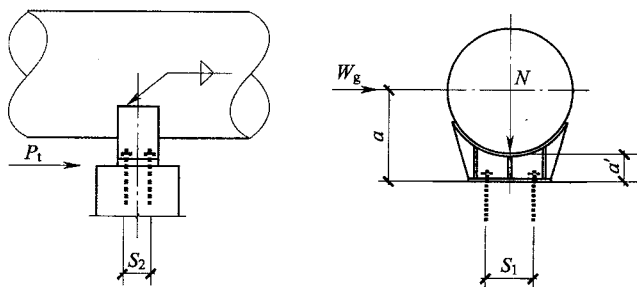


图 E.3.1 管托荷载及计算

1 螺栓的拉力 N_t ,应按下列公式验算抗拉承载力:

1) 固定管托及铰接管托时:

$$N_t = \frac{2}{m} \left(\frac{1.2 W_g a}{S_1} - \frac{N}{2} \right) \leq N_t^b \quad (\text{E.3.1-1})$$

式中: S_1 、 S_2 ——一组螺栓的中心距离。

2) 上滑式管托时:

$$N_t = \frac{2}{m} \left(\frac{1.2W_g a}{S_1} + \frac{P_m' a'}{S_2} - \frac{N}{2} \right) \leq N_t^b \quad (\text{E. 3. 1-2})$$

2 螺栓的剪力 N_v , 应按下列公式验算抗剪承载力:

1) 固定管托时:

$$N_v = \frac{1}{m} \sqrt{P_t^2 + W_g^2} \leq 0.9 N_v^b \quad (\text{E. 3. 1-3})$$

2) 铰接管托时:

用于柔性管架:

$$N_v = \frac{1}{m} \sqrt{P_t^2 + W_g^2} \leq 0.9 N_v^b \quad (\text{E. 3. 1-4})$$

用于半铰接管架:

$$N_v = \frac{W_g}{m} \leq 0.9 N_v^b \quad (\text{E. 3. 1-5})$$

3) 上滑式管托时:

$$N_v = \frac{1}{m} \sqrt{P_m'^2 + W_g^2} \leq 0.9 N_v^b \quad (\text{E. 3. 1-6})$$

式中: m ——螺栓总根数;

W_g ——风荷载引起的管道中心位置的水平力设计值, 按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定计算;
当管道在横向承受水平推力 P_{ty} 时, 应合并计入 P_{ty} ;

P_t ——管架位移反弹力;

P_m' ——管道摩擦力;

P_t ——管道水平推力;

N ——操作状态时管道垂直荷载;

a, b ——水平荷载至管托底面的高度, 按本规范第 5. 3. 1 条确定;

N_v, N_t ——某个普通螺栓所承受的剪力和拉力;

N_v^b, N_t^b ——一个普通螺栓的受剪、受拉的承载力设计值。

3 多根管道时, 固定管托和铰接管托的螺栓计算中, 尚应计及非主动管摩擦力所引起的附加影响;

应小于管壁厚度的 0.6 倍。

E.4.2 管托螺栓直径不得小于 16mm;螺栓根数,固定管托和上滑式管托应采用 4 根,铰接管托应采用 2 根;螺栓外露长度不应小于 60mm。

E.4.3 管托与管道或支柱的焊接时,管托与管道(除上滑式管托外)应沿管道方向焊接,焊缝长度应等于弧板宽度,最小焊脚尺寸不应小于 6mm;管托与支柱焊接时,焊缝长度应等于底板宽度,最小焊脚尺寸不应小于 6mm。

E.4.4 滑动管托、滚动管托宜在摩擦面涂抹润滑剂,也可采用其他摩擦系数低的摩擦副产品。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《中国地震动参数区划图》GB 18306
- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《钢结构设计规范》GB 50017
- 《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046
- 《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153
- 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
- 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
- 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94

中华人民共和国国家标准

钢铁企业管道支架设计规范

GB 50709 - 2011

条文说明

制 定 说 明

《钢铁企业管道支架设计规范》GB 50709—2011,经住房和城乡建设部 2011 年 7 月以第 1079 号公告批准发布。

本规范制定过程中,编制组进行了广泛深入的调查研究,总结了我国钢铁企业管线系统工程建设中的实践经验,同时参考了国外先进技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《钢铁企业管道支架设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还对强制性条文的强制理由做了解释。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(75)
2	术语和符号	(76)
2.1	术语	(76)
2.2	符号	(76)
3	基本规定	(77)
4	管道支架的分类及选型	(78)
4.1	一般规定	(78)
4.2	管道支架的类型	(79)
5	荷载与作用	(81)
5.1	一般规定	(81)
5.2	活动管道支架的管道摩擦力和位移反弹力	(81)
6	管道支架的设计及计算	(83)
6.1	一般规定	(83)
6.2	结构内力分析	(85)
6.3	钢筋混凝土结构管道支架设计	(85)
7	连 接	(86)
7.2	钢筋混凝土结构管道支架梁柱连接	(86)
7.3	钢结构管道支架梁柱连接	(86)
7.4	管道支架结构柱脚	(86)
8	地基基础设计	(88)
8.1	一般规定	(88)
8.2	计算	(88)
8.3	基础的构造	(90)
9	抗震设计	(91)

9.1	一般规定	(91)
9.2	地震作用	(91)
10	管道支架的构造	(95)
10.1	钢筋混凝土结构管道支架	(95)
10.2	钢结构管道支架	(97)

1 总 则

1.0.1 本条是制定本规范的指导思想,也是管道支架设计必须遵守的总原则。

1.0.2 本条指出本规范适用于钢铁企业架空管道的支架设计。在以往的设计实践中要求所支承的管道必须有足够的纵向刚度,其原因在于把管道和支架当成一个密不可分的系统来考虑,两者存在事实上的协同关系,如果管道的纵向刚度过小,将导致其管道与支架的共同作用难于实现而丧失其前提条件。本规范在编制原则上坚持了这一较为先进的设计思想。随着分析技术的发展,现在也有管线系统方面的专业分析软件,在系统内变形协调的情况下可不受上述条件的限制。

2 术语和符号

2.1 术 语

本节仅对本规范中涉及的比较重要的名词术语进行了解释。

2.2 符 号

本规范的符号是根据现行国家标准《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083 的规定编制的。涉及现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 及《建筑结构荷载规范》GB 50009 等现行国家规范的符号,按相应规范的符号直接采用。

3 基本规定

3.0.1 本条采用现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定,其中“正常使用”是针对管道支架而言。在本规范规定的设计使用年限内,管道支架(包括基础)应能承受可能出现的各种作用。本规范采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,以可靠指标度量结构构件的可靠度,用含分项系数的设计表达式进行计算。

3.0.4、3.0.5 冶金工厂的能源介质管线类似于生命线工程,对车间的正常生产起到至关重要的作用,因而考虑其安全等级不能低于二级,尤其是针对某些危害性较大的输送管线(如氧气管道、氢气管道、天然气管道、煤气管道)直接涉及人的生命安全或导致重大经济损失,其支架的安全等级可以按照一级来考虑。如果是临时过渡性的或者是与高炉一代炉龄有关的管道支架,其安全等级可在本规定的基础上适当降低,但应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的相关规定。

3.0.6 管道支架设计,应根据各管线专业提供的设计资料和岩土工程勘察资料进行。各管线专业提出的设计资料是管道支架设计的基本依据。当设计中需对设计资料调整时,必须通过协商,取得相关专业的确认。岩土工程勘察资料也是管道支架设计的必要依据。对于复杂地基条件下的管道支架,必要时尚应按设计要求进行专门勘察和专题论证。工艺专业提供的管道及拟设管道支架的平面布置图、纵断面图、横断面图;管道几何信息及对管道支架的要求(应包括管道的最大位移限值和最大差异沉降限值);管托形式及其与管道支架连接的方式与要求,非刚性管道支架上可采用铰接管托连接的管道。管道重量应包括管道、内衬、保温层、管道附件等。

4 管道支架的分类及选型

4.1 一般规定

4.1.1 管道支架类型分为固定管道支架、单向活动管道支架、双向活动管道支架及组合式管道支架等几大类。管线系统中管道支架类型一般由工艺专业确定或与结构专业协商确定,管道支架结构形式根据其作用、受力特性及场地条件确定。图 1 为管线系统示意图,图 2 为管道支架常用类型示意图。

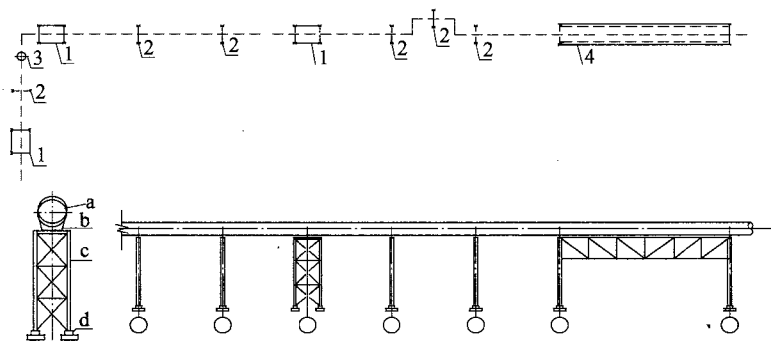
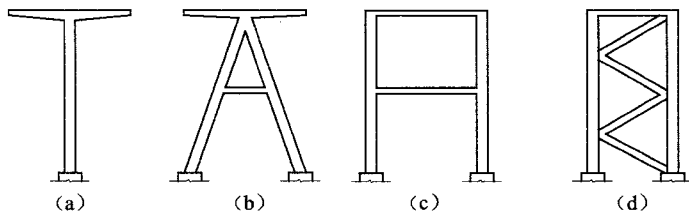


图 1 管线系统示意

1—固定支架; 2—单向活动; 3—双向活动支架; 4—组合支架;

a—管道; b—管托; c—支架; d—基础



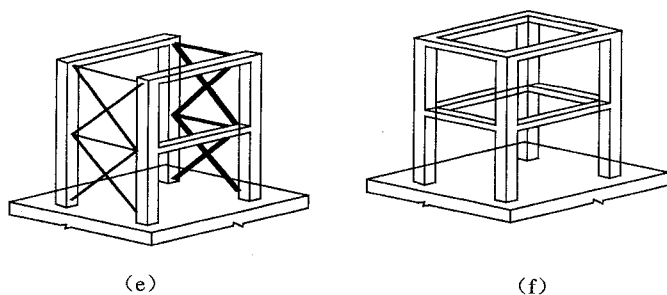


图 2 管支架常用类型示意

4.2 管道支架的类型

4.2.2、4.2.3 单向活动刚性管道支架沿管道的纵向刚度较大,位移较小,其结构形式一般选用图 2 中(a)、(b)、(c)、(d);纵向水平荷载大,支架高度又高时,实际工程中也可选用图 2 中(e)、(f)。公式(4.2.2-3)和公式(4.2.3-1)对管道支架位移后倾斜度的要求,其限值沿用《冶金工业管道支架设计规程》YS 13—77 中的规定。

4.2.4 管道因跨越河流、山谷、铁路、公路以及其他建(构)筑物而跨距超过其允许值时,或因管道直径较小需设置数量较多的管道支架造成显著不经济时,宜采用组合式管道支架;悬索式组合管道支架由主索、边索、横梁和支柱等构件组成,适用于两支柱间距离较大的管线;桥架式组合管道支架由桁架或纵梁、横梁和支柱等构件组成,适用于管道直径较小、管道数量较多的管线;悬臂式组合管道支架,当管道的跨距超过允许值不多时可采用,一般用于管道直径较小、管道数量较多的管线;桁架式组合管道支架,对于介质温度接近于大气温度的管道,当其跨距超过允许值时,可利用管道本身作为桁架的上弦杆组成桁架式组合管道支架,这种结构形式一般用于两支架之间的管道无补偿器、阀门、法兰盘等附件的单根管线;吊索式组合管道支架由吊索、固定拉索、水平拉杆、横梁和支

柱等构件组成,吊索与水平拉杆的倾斜角 θ 宜取 30° ,适用于管道直径较小、管道数量较多的管线。

4.2.5 输送介质管道直径较大和输送高危害性介质的管道,其安全性无论是对于工厂的正常生产,还是对于人身健康、环境保护等要求,都是非常重要的。因此本条为强制性条文,规定其固定管道支架必须采用四柱式现浇钢筋混凝土框架结构支架、有支撑的空间钢框架结构支架或者墩式支架等可靠形式,确保这类管线系统的可靠、安全运行。

5 荷载与作用

5.1 一般规定

5.1.1 管道附件包括管道上的阀门、加劲肋板、法兰、补偿器、支吊挂件及平台、依附管道等构件。管道重、管道内介质重、管内沉积物、试压水等荷载,由工艺专业提供。温度作用是指由管道内的介质和大气温度产生的作用力,一般由工艺专业考虑,在其所提管道对管架的水平作用力中体现,包括管道补偿器的弹性力或不平衡力、介质压力作用下产生的水平力等。地震作用根据工艺管道设计要求、管道布置形式、场地地震烈度强度等级等因素,对管架结构进行水平或竖向抗震作用计算,具体见本规范第9章(节)有关条文。偶然荷载中,偶尔会遇到可能发生水锤效应的管道及管架布置情况,据国内目前情况来看,这种影响一般由管道专业在设计时已采取措施解决或避免其发生;若确实不能回避时,由管道专业协同管架设计等专业参照有关规定和工程经验专门研究考虑。

5.1.3 对钢铁企业振动管道,一般管道工艺专业在管线布置时均采取了减振或防振措施,并且管道振动影响因素复杂,很难作确切的计算分析,这里参照机械工业出版社《简明管道支架计算及构造手册》的相关规定来考虑对支架的振动影响。下列各类管道属于振动管道:管道外径大于或等于200mm的蒸汽管道;设有“快速切断阀”的管道;往复泵输送的液体管道;活塞式压缩机输送的气体管道;生产过程中突然升温增压的管道(如紧急放空管)。

5.2 活动管道支架的管道摩擦力和位移反弹力

5.2.1 一般来说,混凝土支架的顶面支承管托位置处均设置有钢板预埋件,所以本条文没有将钢对混凝土的摩擦系数 $\mu_i=0.6$ 列

出来。钢对钢滚动时,在有特殊可靠措施情况下,可取 $\mu_i = 0.03$, 如有润滑油包裹及密封无杂质条件下的轴承之间的滚动等。

5.2.3 管道支架上的管道采用滑动或滚动管托设置多根管道时,管道摩擦力及管道支架位移的计算宜考虑各管道不同时工作而发生的牵制影响。

6 管道支架的设计及计算

6.1 一般规定

6.1.1 管道支架是管道的支承结构,而敷设于管道支架上的管道,通过摩擦力或连接对管道支架具有一定的支承作用,所以管道不仅是管道支架上的荷载,同时也是管道支架的支承构件,管道与管道支架形成空间支承体系。目前国内外资料在管道支架设计中均考虑了管道和管道支架间的相互作用,主要体现在管道支架柱计算简图的设定和计算高度的取值上。当管道刚度比较大时,可以把管道和管道支架作为一个多跨排架考虑,此时可假定管道支架上端为铰支点,下端根据连接方式不同,视为固接或铰接,管道视为水平连杆。

6.1.2 多管共架时,各管道同时产生温度作用的可能性是极小的,当某一瞬间有温度作用的管道推动管道支架位移(变形)时,无温度作用的管道不但不推动管道支架位移(变形)。反而会阻止管道支架位移(变形)。这就是牵制作用。

6.1.3 主动管的定义见第 2.1.8 条。非主动管道为不属于主动管的管道。

6.1.4 对活动管道支架主动管的选择说明如下:

1 主动管对刚性管道支架的控制作用体现为控制管道支架的内力大小。因重量最大的管道在管道支架上滑动或滚动时对管道支架产生的摩擦力是最大的,因此刚性管道支架应选择重量最大的管道为主动管。

2 选择柔性管道支架的主动管,其目的是控制柔性管道支架的位移。分以下几种情况:

1) 选取管线中重量比 $\alpha \geq 0.7$ 的管道为主动管。此时管道支

架的工作状态为该管所控制,管道支架承受的外力应取该管变形值 Δ_z 进行计算。

2) 管线中无重量比 $\alpha \geq 0.7$ 的管道时,则选取管道变形值 Δ_z 较小的管道作为主动管,并采用铰接管托,此时管道支架的工作状态由该管控制,管道支架承受的外力应取该管道的变形值 Δ_z 进行计算。由于管道变形较小,因此对管道支架的水平推力也小。

3) 对管线中各管道重量比 α 小于0.7,且各管道与管道支架又不采取铰接的情况,此时管道支架的工作状态将与各管道的工作情况不一致。因此,任何管道也不能作为该管道支架的主动管。由于各管道与管道支架间的工作情况不一致,说明管道与管道支架间出现了相对位移,因此该管道支架不属于柔性管道支架,而为刚性管道支架。因此当各管道重量比 α 小于0.7,且各管道与管道支架又不采取铰接时,应按刚性管道支架确定主动管。

3 当采用半铰接管道支架时,因支架柱底弯距很小,管道对支架的水平推力可以忽略不计。主动管的选取,应以管道本身的强度和稳定条件确定。如选重量大的管道为主动管时,则该管不但有一定能力承受其他管道的摩擦力,同时还将减小对固定管道支架的水平推力的影响。所以半铰接管道支架应选取重量大且满足铰接倾斜度规定值的管道为主动管。

6.1.5 半铰接管道支架的柱脚构造允许支架柱沿管道轴向方向出现半铰(不完全铰),虽然在该方向有一定程度的嵌固,安装时具有一定的稳定性,但若处理不当,管道安装完毕前极易发生不稳定事故。所以,必须设置临时稳定措施,通常可以在施工图中注明“在安装过程中应设置临时支撑,当上部管线全部安装完毕后方可拆除”。摇摆管道支架在管道安装前两个方向均可动,安装完毕前管道与支架间未组成空间体系,是不稳定的,因此需设置临时支撑,以确保施工时管道支架的稳定、施工的安全。

6.1.11、6.1.12 这两条是对《冶金工业管道支架设计规程》YS 13—77 第 38 条正常使用极限状态和耐久性要求的补充。现行国

家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 第 10.5.7 条对管道支吊架的刚度要求为：“用于固定支架、限位和阻尼装置时，梁的最大挠度不应大于 0.002 倍梁的计算长度；用于其他支架时，梁的最大挠度不应大于 0.004 倍梁的计算长度”。

6.2 结构内力分析

6.2.2、6.2.3 管道支架结构受力复杂，通常为空间受力体系，条文中给出的内力分析原则、方法是经简化处理，并考虑了管道同管道支架间的相互作用、管道间的牵制影响，在工程中是适用的。当然鼓励设计时进行空间结构分析。

6.3 钢筋混凝土结构管道支架设计

6.3.3 管道支架柱的计算高度系根据结构形式、管道与管道支架的相互作用，并综合有关资料提出的。

7 连 接

7.2 钢筋混凝土结构管道支架梁柱连接

7.2.3 现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 第 17.1.6 条规定“钢筋混凝土支架的抗震等级,固定支架和活动支架可分别按第三、第四抗震等级采用”。现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 第 6.2.15 条规定“三、四级框架节点核芯区,可不进行抗震验算,但应符合抗震构造措施的要求”。

7.3 钢结构管道支架梁柱连接

7.3.3 为与最新修订的国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 相协调,这里提出了半刚性连接节点。由于半刚性连接的构件内力分析和稳定计算较复杂,且半刚性连接节点降低刚架的抗侧移刚度,会一定程度地影响它在管架设计中的使用。但它具有可以有效地调整梁端弯矩,使之与跨中弯矩相近,减小梁截面;抗震性能好;一般多采用螺栓连接,安装方便等优点,可以考虑有选择的应用。如不设加劲肋的各类截面构件间的刚性连接;改扩建工程构件的内力调整等。本次编写中参考了欧洲规范 EC3-EN 1993-1-8:2005 中的有关条文。

7.4 管道支架结构柱脚

7.4.2 锚栓式基础中锚栓的计算,世界各国计算方法差别很大。我国目前采用的计算方法,是《钢结构设计规范》TJ 17—74 建议的方法。该方法在荷载偏心大时,锚栓的计算结果偏大,因此又要求当锚栓计算结果直径大于 60mm 时,改用“钢筋混凝土梁比拟法”计算,计算比较复杂。这里采用李德滋教授提出的方法,应用

了半无限空间弹性体的计算方法。当确定锚栓拉力为零的偏心距 e 时,近似地假定混凝土压应力图形为二次抛物线,压应力图形重心距受压底板受压端为 $x_n/4$ 。当弯矩引起的边缘应力与轴向力引起的应力之比 $\epsilon \leq 1.65$ 时,锚栓不受拉。 $\epsilon > 1.65$ 时,底板下混凝土压应力图形假定为三角形,压应力合力及压应力图形重心距受压底板受压端位置不变(仍为 $x_n/4$)。 $\lambda \leq 0.85$ 是为保证柱脚底板与混凝土的接触面不小于 $0.6h_0$ 。该法取用的混凝土受压合力点位置与试验结果较接近。比较各方法计算结果,该方法比《钢结构设计规范》TJ 17—74 建议的方法节省,比“钢筋混凝土梁比拟法”计算方便,且在弯矩较大时两者计算结果相近。另外,该方法不论偏心大小只需单一方法计算。所以,这里推荐该方法。锚栓承受拉力与梁柱外伸端板高强度螺栓连接相似,但不同的是:锚栓没有预拉力,柱底板很快脱离下部混凝土,钢柱底板基本不承受拉力;锚栓通常开有较大孔,并配有较厚的锚栓垫板,所以柱脚底板受拉可借鉴梁柱外伸端板高强度螺栓连接计算端板厚度的思路(但不能引用),采用塑性铰理论线理论推出相关公式。

8 地基基础设计

8.1 一般规定

8.1.1 所谓独立式基础是指一个多立柱管道支架坐落在同一个基础上,联合式基础是指一个多立柱管道支架坐落在多个不同的基础上。考虑到固定支架的受力特点,一般采用联合式基础。

8.1.2 重要管道(如直径较大的煤气管道等),差异沉降可能造成管道破坏,应根据管道允许的差异沉降控制差异沉降,尤其是沿管道方向地基差别较大时。

8.2 计 算

8.2.2 由于支架基础垂直荷载较小,由风荷载、管道温度荷载及介质推力产生的弯矩相对较大,基础偏心距往往超出基础核心区范围(图 3),为了保证管道的正常运行,设计管道基础时,除计算地基承载力外,还应控制基础的偏心距。

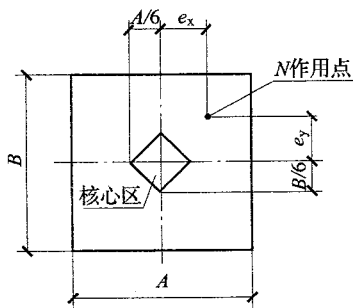


图 3 基础偏心距示意

8.2.3 支架基础一般为双向偏心受压构件,风荷载、管道的温度荷载及介质推力均为临时荷载,当基础的偏心距超出基础核心区

范围时,基础与地基之间出现部分脱离,一般的材料力学公式不能适用,可从附表中查取相关参数并根据公式计算基底压力。

8.2.4 根据角点基底压力 $p_{\max}$ 、 p_1 计算中点压力 p_a ,根据计算截面 1-1 两端对应的基底压力 p_c 、 p_d 计算 1-1 剖面中点处基底压力 p_b 。 p_a 、 p_b 确定后,依据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 按单向偏心基础并进行基础底板内力计算。当组合值由永久荷载控制时, $G=1.35G_k$; G_k 为基础及其上土的标准自重。

$$p_c = p_{\max} \left(1 - \frac{S_a}{A}\right) + p_2 \frac{S_a}{A} \quad (1)$$

$$p_d = p_1 \left(1 - \frac{S_a}{\xi_2 A}\right) \quad (2)$$

$$p_b = \frac{p_c + p_d}{2} = \frac{1}{2} \left[p_{\max} \left(1 - \frac{S_a}{A}\right) + p_2 \frac{S_a}{A} + p_1 \left(1 - \frac{S_a}{\xi_2 A}\right) \right] \quad (3)$$

对于条文图中 8.2.3-4(a)所示的受压区为四边形的 1-1 剖面的弯矩可按式计算:

$$M_{1-1} = \frac{S_a^2}{24} \left[(2B + b_1) \left(2p_1 + 2p_{\max} - \frac{p_1 S_a}{\xi_2 A} - \frac{p_{\max} S_a}{\xi_1 A} - \frac{4G}{AB} \right) + S_a B \left(\frac{p_1}{\xi_2 A} + \frac{p_{\max}}{\xi_1 A} \right) \right] \quad (4)$$

对于条文图中 8.2.3-4(b)所示的受压区为四边形的 2-2 剖面的弯矩可按式计算:

$$M_{2-2} = \frac{S_b^2}{24} \left[(2A + a_1) \left(2p_2 + 2p_{\max} - \frac{p_2 S_b}{\eta_2 B} - \frac{p_{\max} S_b}{\eta_1 B} - \frac{4G}{AB} \right) + S_b A \left(\frac{p_2}{\eta_2 B} + \frac{p_{\max}}{\eta_1 B} \right) \right] \quad (5)$$

8.2.5 由于水浮力的作用会使基础的垂直力减小,基础的偏心距加大,因此计算基础偏心距时应考虑水浮力的作用。

8.2.7 走道及平台荷载及介质重量对偏心距的计算为有利荷载,在风载和温度荷载作用时可能不存在上述荷载,因此偏心距计算时不考虑此类荷载。

8.2.9 当支架单肢出现拉力时,按受拉计算基础短柱的配筋,按拉力验算基底压力。

8.3 基础的构造

8.3.1 对于插入式杯口基础,支架(钢支架及混凝土支架)插入杯口的深度应满足最小要求,每个支架立柱单独考虑。

9 抗震设计

9.1 一般规定

9.1.5 输送易燃、易爆、剧毒介质管道的支架,如在地震作用下发生破坏,将产生严重的次生灾害,故将其抗震等级比普通介质管道支架提高一级。

9.1.6 唐山一丰南地震时,半铰接支架的柱脚处有裂缝出现。可见,处于半固定状态的半铰接支架,在强烈的震动作用下,承受了一定地震作用。此外,还发现管道拐弯处的半铰接支架因地震作用导致歪斜等。

凡以管道本身作为支架结构受力构件的,一般跨度都比较大。由于振动对管道有较大的影响,尤其是周期性的频繁振动会对作为受力构件的管道出现疲劳破坏,导致管道内的介质泄漏甚至管道断裂,所以将本条第2款列为强制性条款,严禁将输送易燃、易爆、剧毒、高温、高压介质的管道作为管道支架跨越结构的受力构件,以免发生工厂被迫停产事故和严重危害人身安全的事故。

9.2 地震作用

9.2.4 对可不进行抗震验算的活动支架的范围作出规定主要是考虑到:在支架的静力计算中,支架的横向水平荷载主要是管道及支架所受的风荷载,并没有考虑管道和支架间的摩擦力,因此,在高烈度条件下横向水平地震作用可能大于作用于支架上的水平荷载,故在地震作用下应进行抗震计算。在管道纵向,当管道和支架发生相对滑移时,对刚性活动支架,作用于支架上的最大地震作用不会超过静力计算中支架所受的滑动摩擦力,可不进行抗震验算,只需满足相应的抗震构造措施要求。但对柔性活动支架,在静力

计算中,由于它能适应管道变形的要求,主要承受支架柱的位移反弹力,其所受纵向水平荷载小于管道与支架间的滑动摩擦力,支架所受的纵向水平力为:

$$P_f = K\delta \quad (6)$$

式中: K ——支架柱的总侧移刚度(N/m);

δ ——支架顶的位移(m)。

由此可见,在8度、9度地震作用下当支架的位移大于静力计算的位移 δ 时,柔性支架所受纵向水平地震作用大于静力计算时的水平荷载,故应予验算。

9.2.6 水平地震作用点的位置,过去设计中极不统一,有取管道中心的,有取管道与管托接触处的,亦有取梁顶面的。各种管托的构造型式见图4,因此水平地震作用点的位置,对上滑式管托,可近似取管道外径的最低点,其他管托取横梁顶面。对挡板式固定管托,地震作用位置为梁下 $e/3$ 处,由于离梁顶距离一般很小,故偏安全统一取为支承梁顶面。

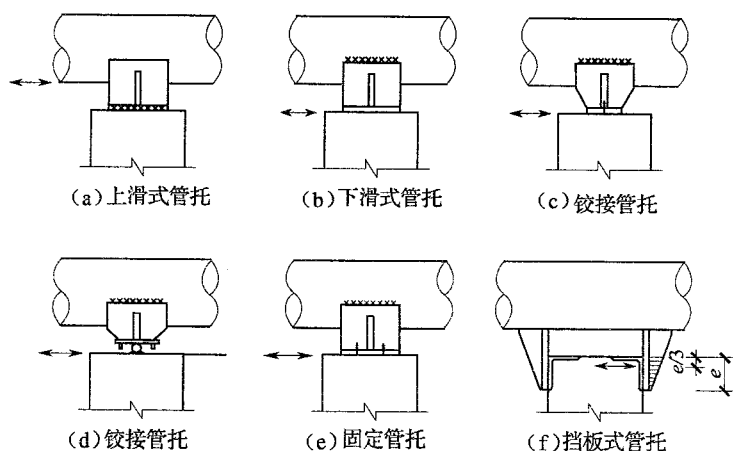


图4 各种管托的地震作用位置

9.2.7 本条补充了积灰荷载和走道活荷载的重力荷载代表值的

取值。当走道活荷载是按实际情况取值时,活荷载的重力荷载代表值应取标准值的 100%,积灰荷载的大小可根据实际情况和有关规定取值。

9.2.10~9.2.12 对有滑动支架的计算单元,纵向地震作用的计算可分为两种状态:

支架和管道间没有发生滑移呈整体工作状态,此时各支架的刚度可按结构力学方法确定,作用于支架上的水平地震作用小于管道与支架间的滑动摩擦力。

支架和管道间产生了相对滑移,成非整体工作状态,此时支架本身的刚度没有发生变化,但支架刚度并没有充分发挥,即此时滑动支架参与工作的刚度小于支架自身的固有刚度。

设:作用于活动支架上的总重力荷载代表值为 G_D ,计算单元的总重力荷载代表值为 G_E ,管道滑动前计算单元的地震影响系数为 α_E ,活动支架的总刚度为 K_d ,计算单元的总刚度为 K_D ,管道和活动支架间的静摩擦力为 T 。则在整体工作状态时,活动支架所承受的水平地震作用为:

$$F_{Ed} = \alpha_E G_E \cdot \frac{K_d}{K_D} \quad (7)$$

支架所承受的总水平荷载为:

$$F = \alpha_E G_E \cdot \frac{K_d}{K_D} + T \quad (8)$$

管道滑动时,活动支架所受的总滑动摩擦力为:

$$P_m = G_D \cdot \mu \quad (9)$$

令管道的滑动系数 $\zeta = \frac{F_{Ed}}{P_m}$,即 $\zeta = \alpha_E \cdot \frac{G_E}{G_D} \cdot \frac{K_d}{K_D \cdot \mu}$,当 $T + F_{Ed} \geq P_m$,即 $\zeta \geq 1.0 - \frac{T}{P_m}$ 时,管道在支架上产生滑动。

T 值的大小会随着管道的运行状态和温度的变化等情况而变化,在实际工程中难以用简单的方法确定,根据管道支架的受力特点可以确定: T 在 $0.0 \sim 0.3G_D$ 之间。通过对比实际震害调查结果

果,可以确定:当管道和支架间的静摩擦力 T 在 $0.1G_D \sim 0.15G_D$ 之间时,管道的滑动情况和实际震害调查结果基本吻合。为简单起见,偏安全地取 $T=0.15G_D$,则很容易得出:当管道滑动系数 $\xi \geq 0.5$ 时,管道在支架上产生滑动。

如将作用于支架上的水平地震荷载和水平静摩擦力总称为水平荷载,当作用于活动支架上的水平荷载等于管道和支架间的滑动摩擦力 P_m 时,支架所受水平荷载已达到极限状态,此时水平荷载和竖向荷载之间存在直接的联系,故可以设定:支架在水平荷载和竖向重力荷载代表值作用下,达到了临界状态,但由于支架并未达到其承载力极限状态,故其处于一种稳定的临界状态。此时,作用于支架上的重力荷载代表值即为其临界荷载,通过求解临界荷载,可间接求出支架此时参与震动的实际刚度(有效刚度)。条文中当管道在支架上滑动时活动支架实际参与震动的刚度就是据此原理推导出来的。

应该注意的是:条文中的双柱活动支架是指沿管道径向为双柱,而在轴向为单柱的 π 形支架。在计算纵向计算单元的水平地震作用标准值时,地震影响系数 α 应根据管道在支架上是否滑动确定。式 9.2.10-1 和式 9.2.10-2 是针对管道在刚性活动支架上滑动时得出的,对柔性活动支架,由于能适应管道的变形,与支架始终处于整体工作状态,可直接按刚度比例分配水平地震作用。

由于已经求出管道和支架产生相对滑动时,支架参与工作的实际刚度,故纵向计算单元内各支架所受的水平地震作用可直接按各支架的刚度比例进行分配。

10 管道支架的构造

10.1 钢筋混凝土结构管道支架

10.1.2 管道与钢筋混凝土结构管道支架,钢结构管道支架或横梁间的净空要求考虑了施工中可能发生的管线安装误差和安装时必要的操作空间要求(如图 5),同时考虑在地震时管线的滑动位移。

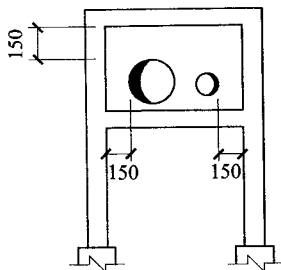


图 5 管道与支架或横梁的净空

10.1.3 支架多处于室外露天环境,本条是考虑耐久性要求而确定的最低标准。根据环境类别,还应满足各相关规范的要求。

10.1.4 与《冶金工业管道支架设计规程》YS 13—77 相比,支架柱的长细比 λ 值作了降低修正,目的是增加其刚度,在地震时抗失稳的能力更强。

10.1.5 唐山—丰南地震、辽宁海城地震等支架的震害调查表明:管道从支架上滑落下来而造成的破坏是地震区的主要震害之一。对敷设于顶层横梁上的管道为防止管道滑落,可设置防震短柱、防震挡板(如图 6),或设置防震管卡。对下滑式管托,不管是地震区或非地震区,支架破坏的原因,大都是由于管托滑落于梁侧造成的。由于通常的设计管托长度在 200mm~300mm,加上施工安装误差,实际能供管道的滑移量仅有 80mm~100mm。管道在正常

运行时,管道的伸缩量很大,接近甚至超过 80mm~100mm,在地震作用下,很容易滑落于梁侧,从而导致支架破坏。

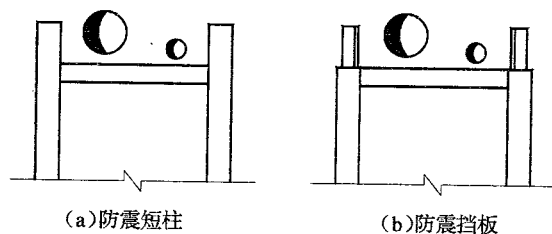


图 6 防止管道滑落的构造措施

10.1.6 石化行业的调查发现,部分支架的梁、柱节点和连接角钢,当所受水平荷载较大时,经常出现锚筋拔出现象。在地震区为避免钢筋“锚固先于构件破坏”,制定了本条规定。

10.1.7 震害中沿管道纵向的半铰接支架柱脚出现裂缝,说明柱脚处沿管道纵向并不是完全铰,承担了一部分地震作用。为保证半铰接支架在地震时的安全,应加强半铰接支架柱沿管道纵向的配筋。

10.1.8 本条规定是加强节点的延性措施,防止地震时节点先破坏。

10.1.9 支架的悬臂横梁为弯、剪、扭复合受力,受力情况复杂,在高烈度下还要承受竖向地震作用的影响。当悬挑长度过大,梁的内力较大,管道径向或轴向传给支架柱的弯、剪荷载也大,而柱本身垂直荷载较小,特别是单柱式支架,给设计造成困难。悬挑长度过大时,必须加大梁、柱截面,既不经济又不美观。故作本条规定。

10.1.10 管廊式支架一般可不设中间固定支架,但仍应设置中间固定点,固定点一般设于支架横梁上,水平支撑宜设置在固定点处。在直管线段的末端,一般设置柱间支撑,用以增加纵向刚度和稳定性,特别是增强其在地震作用下抵抗振动的刚度,同时利用支撑承受支架的不平衡内力。柱间支撑应能将地震作用直接传至基

础。高烈度地区,柱间支撑的基础间设置连系梁有利于提高基础的整体性。

10.2 钢结构管道支架

10.2.2 本条是考虑稳定要求,参照国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017 及《钢管混凝土结构设计与施工规程》CECS 28:90 而制定。

10.2.3 本条是考虑支架柱稳定要求,参照现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 而制定。对钢管柱可参照中国工程建设标准化协会标准《钢管混凝土结构设计与施工规程》CECS 28:90 的规定。

10.2.4 钢结构管道支架的梁与柱的连接采用柱贯通型是为了使破坏发生在梁端,而不是柱端。

10.2.5 对四柱式固定支架,通常情况下,管道并不一定敷设于框架梁上,为保证支架在地震作用下的空间整体作用,增加支架的刚度,在抗震设防烈度为 8 度、9 度时,在直接支承管道的平面内宜设置水平支撑。同时,在支架的中间高度处亦应根据具体情况设置水平支撑。工程实践中水平支撑间的间距 8 度时一般控制在 6m 以内,9 度时一般控制在 5m 以内。

10.2.6 钢结构柱脚的设计应保证能传递柱底的内力,由于铰接柱脚仅能传递竖向压力和水平剪力,因此,一般情况下对轴心受压柱采用该种柱脚形式。而对固定支架,由于柱底存在较大弯矩,在地震作用下,为保证能将柱底内力传递至基础,使基础和柱子共同工作,应采用刚性柱脚。鉴于通常的钢支架中,一般不采用埋入式或外包式柱脚,本条没有推荐该两种柱脚形式,实际工程中,如支架受荷载很大或有需要时,可予采用。虽刚性柱脚比较接柱脚繁琐,但由于固定支架受地震作用较大,而数量较少(约占支架总数的 10%左右),对少量的固定支架柱脚作重点处理是有现实意义的,也是可行的。



S/N:1580177•729



9 158017 772906 >



统一书号:1580177 • 729

定 价:21.00 元