

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51019 – 2014

化工工程管架、管墩设计规范

Code for design of pipe racks and
pipe sleepers in chemical industry

2014 – 07 – 13 发布

2015 – 05 – 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

化工工程管架、管墩设计规范

Code for design of pipe racks and
pipe sleepers in chemical industry

GB 51019-2014

主编部门：中国工程建设标准化协会化工分会

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 5 年 5 月 1 日

中国计划出版社

2014 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 484 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《化工工程管架、管墩设计规范》的公告

现批准《化工工程管架、管墩设计规范》为国家标准，编号为GB 51019—2014，自 2015 年 5 月 1 日起实施。其中，第 3.3.5 条为强制性条文，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

2014 年 7 月 13 日

前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2008〕105 号)的要求,由中国石化工程建设有限公司和中国石油和化工勘察设计协会会同有关单位共同编制而成。

本规范编制过程中,编制组进行了广泛调查研究,认真总结实践经验,广泛征求国内各主要化工、石化设计院的意见,吸取了国内外最新科研成果和工程经验,完成报批稿。最后经审查定稿。

本规范共分 15 章和 3 个附录,主要内容包括:总则,术语和符号,基本规定,荷载,地震作用和抗震验算,有振动管道的管架,荷载和地震作用效应组合,管架,管廊,地基和基础,管架结构构造,管墩,管架的防腐蚀设计,钢管架的防火保护层设计,职业健康、安全、环保等。

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,由中国工程建设标准化协会化工分会负责日常管理,由中国石化工程建设有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,注意积累资料,随时将意见和建议寄送中国石化工程建设有限公司《化工工程管架、管墩设计规范》管理组(地址:北京朝阳区安慧北里安园 21 号,邮政编码:100101,E-mail:zhangkf.sei@sinopec.com),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:中国石油和化工勘察设计协会

中国石化工程建设有限公司

参编单位:中国寰球工程公司

中国石化集团上海工程有限公司

中国天辰工程有限公司

上海卓然工程技术有限公司

上海港湾软地基设计研究院

主要起草人:张克峰 章 健 李艳霞 郑建华 熊 威

袁佩双 刘洪坤 徐 望 张锦红 乐伶辉

齐怀通

主要审查人:杨诗勇 武笑平 黄文岐 邱道军 李云忠

马建勋 宋 福 张维秀 郭智竑 俞少林

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(5)
3	基本规定	(9)
3.1	管架、管墩分类	(9)
3.2	管架、管墩布置	(9)
3.3	结构选型	(13)
3.4	管架、管墩材料	(14)
3.5	管架结构计算	(16)
3.6	管架结构变形验算	(22)
4	荷 载	(24)
4.1	管道的牵制系数及水平荷载作用点	(24)
4.2	垂直荷载	(26)
4.3	管道水平推力	(27)
4.4	风荷载	(30)
4.5	冰雪荷载	(32)
5	地震作用和抗震验算	(35)
5.1	一般规定	(35)
5.2	地震作用	(37)
5.3	抗震验算	(39)
6	有振动管道的管架	(41)
6.1	振动管道	(41)
6.2	有振动管道的管架	(42)

6.3	有振动管道的管架减振措施	(42)
7	荷载和地震作用效应组合	(43)
8	管架	(47)
8.1	独立式管架	(47)
8.2	跨越管架	(50)
8.3	特种管架	(51)
8.4	吊索式管架	(51)
9	管廊	(59)
9.1	一般规定	(59)
9.2	平面模型简化计算	(62)
9.3	空间模型整体计算	(65)
10	地基和基础	(68)
10.1	一般规定	(68)
10.2	地基	(69)
10.3	基础	(74)
10.4	基础构造	(74)
11	管架结构构造	(76)
11.1	钢筋混凝土管架构造	(76)
11.2	钢结构管架构造	(78)
11.3	混合结构构造	(79)
12	管墩	(80)
12.1	管墩计算	(80)
12.2	预制混凝土管墩	(81)
12.3	现浇混凝土管墩	(81)
12.4	管墩结构构造	(82)
13	管架的防腐蚀设计	(83)
14	钢管架的防火保护层设计	(85)
14.1	一般规定	(85)
14.2	防火保护构造	(85)

15 职业健康、安全、环保	(89)
附录 A 梁扭矩作用下应力	(90)
附录 B 钢绞线技术规格	(96)
附录 C 采用 Π 形补偿器时固定管架水平 推力计算公式	(97)
本规范用词说明	(101)
引用标准名录	(102)
附:条文说明	(103)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(5)
3	Basic requirements	(9)
3.1	Classification of pipe supports and sleepers	(9)
3.2	Layout of pipe supports and sleepers	(9)
3.3	Structural type of pipe supports and sleepers	(13)
3.4	Material of pipe supports and sleepers	(14)
3.5	Calculation of pipe supports	(16)
3.6	Deformation checking	(22)
4	Loads	(24)
4.1	Tie-up coefficient and position of horizontal loads	(24)
4.2	Vertical loads	(26)
4.3	Horizontal loads	(27)
4.4	Wind loads	(30)
4.5	Ice and snow loads	(32)
5	Seismic action and seismic checking	(35)
5.1	General requirements	(35)
5.2	Seismic action	(37)
5.3	Seismic checking	(39)
6	Pipe supports with vibration pipes	(41)
6.1	Vibration pipes	(41)
6.2	Pipe supports with vibration pipes	(42)

6.3	Vibration energy dissipating	(42)
7	Load and seismic action combination	(43)
8	Pipe supports	(47)
8.1	Single-post pipe supports	(47)
8.2	Cross-over pipe supports	(50)
8.3	Special pipe supports	(51)
8.4	Suspension pipe supports	(51)
9	Pipe racks	(59)
9.1	General requirements	(59)
9.2	2-D pipe rack analysis	(62)
9.3	3-D pipe rack analysis	(65)
10	Foundation soil and pipe support foundation	(68)
10.1	General requirements	(68)
10.2	Foundation soil	(69)
10.3	Pipe support foundation	(74)
10.4	Details for foundations	(74)
11	Details for pipe supports	(76)
11.1	Details for reinforced concrete pipe supports	(76)
11.2	Details for steel pipe supports	(78)
11.3	Details for mixture structure pipe supports	(79)
12	Pipe sleepers	(80)
12.1	Pipe sleepers calculation	(80)
12.2	Precast concrete pipe sleepers	(81)
12.3	Cast-in-site pipe sleepers	(81)
12.4	Details for pipe sleepers	(82)
13	Anticorrosive design for pipe supports	(83)
14	Fireproof cover for steel pipe supports	(85)
14.1	General requirements	(85)
14.2	Details for fireproof cover	(85)

15 HSE management	(89)
Appendix A Torsional stresses of beam	(90)
Appendix B The technical specification of strand	(96)
Appendix C The formula of anchor support horizontal force from Π shaped compensator	(97)
Explanation of wording in this code	(101)
List of quoted standards	(102)
Addition; Explanation of provisions	(103)

1 总 则

1.0.1 为使化工和石油化工工程的管架、管墩设计中,贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、安全可靠、经济合理、确保质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于化工和石油化工工程的管架、管墩的设计。本规范不适用于管道本身作为受力结构及其他跨越江河的大型跨越管架的设计。

1.0.3 化工工程的管架、管墩的设计,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 管架 pipe support

支承架空管道或电缆桥架的各种结构总称。

2.1.2 管墩 pipe sleeper

支承较低管道、距离地面高度小于或等于 1m 的墩式结构。

2.1.3 管道 pipe

管架或管墩支撑的工艺、公用工程管线等的总称。

2.1.4 活动管架 sliding pipe support

管道支座与管架接触面的连接可以滑动、滚动,允许产生相对位移的管架,包括刚性活动管架和柔性活动管架。又称中间管架或中间活动管架。

2.1.5 刚性活动管架 rigid pipe support

活动管架(柱)的刚度较大,管道位移时,管架的水平位移小于管道位移,因此管道与管架之间产生相对位移,承受管道位移时产生的摩擦力的管架。又称刚性管架。

2.1.6 柔性活动管架 flexible pipe support

活动管架(柱)的刚度较小,管道位移时,管架的水平位移能满足管道位移的需要,管道与管架之间不产生相对位移,承受柱顶变位产生的水平推力的管架。又称柔性管架。

2.1.7 固定管架 anchor pipe support

管道支座与管架为固定连接,管道与管架之间不允许产生相对位移,承受区段间产生的全部纵向水平推力的管架。

2.1.8 Π 形补偿器管架 Π shaped compensator pipe support

设在管道纵向两榦固定管架区间,一般在中部位置处,支承

Π形补偿器管道的活动管架。

2.1.9 独立式管架 single-post pipe support

相邻管架之间无纵向联系构件的管架称为独立式管架,适用于能自行跨越的管道。

2.1.10 管廊式管架 fram pipe support

相邻管架间设置纵向联系构件,如纵梁或桁架,构成空间结构体系称为管廊式管架,多设置在装置区内及装置间,可为单层、双层、多层。按所处的区域及功能可分为全厂管廊、装置管廊、街区管廊、公用工程管廊、炉前管廊、带空冷器管廊等。又称管廊。

2.1.11 低管架 lower pipe support

最下层管道保温层外缘至地面净距为 0.5m~2.5m 的管架。

2.1.12 中管架 medium pipe support

最下层管道保温层外缘至地面净距为 2.5m~5.0m 的管架。

2.1.13 高管架 higher pipe support

最下层管道保温层外缘至地面净距为 5.0m 以上的管架。

2.1.14 跨越管架 cross-over pipe support

管道需要跨越铁路、道路时,管道升高支承在铁路、道路两侧的高管架上,形成 Π 型管道的高管架。

2.1.15 吊索式管架 suspension pipe support

由独立式管架、斜吊索、水平拉杆、型钢横梁、端部斜拉索组成的管架,一般间距采用 9m~12m。

2.1.16 长臂管架 long-arm pipe support

根据管道允许跨距的要求,将独立式管架沿纵向伸出长臂,并在其上安设横梁支承管道的管架。

2.1.17 特种管架 special pipe support

被支承的管道直径大于或等于 500mm、根数小于或等于 3 根,且管架高度大于 10m 的管架。

2.1.18 有振动管道的管架 pipe support with vibration pipes

管架上敷设有振动管道,振动管道重量占全部管道重量的

30%以上时。

2.1.19 纵梁式管架 longitudinal beam pipe support

沿管道轴向,在管架柱之间设置纵梁,并在纵梁上或梁下根据管道允许的间距,设置一定数量的横梁以敷设管径较小的管道的结构。

2.1.20 桁架式管架 truss pipe support

沿管道轴向,在管架柱之间设置跨度较大的桁架,并在其上弦、下弦根据管道支承允许的间距,设置(或悬吊)横梁以敷设管径较小的管道的结构。

2.1.21 混合结构管架 mixture structure pipe support

底层梁柱为钢筋混凝土结构,上部管架为钢结构,或横向梁柱为钢筋混凝土结构,纵向为钢结构的管架的结构。

2.1.22 中间横梁 transversal beam

在纵梁、桁架等管架纵向联系结构上,为支承管径较小的管道而设置的支承构件。

2.1.23 固定管架柱间支撑 anchor pipe support bracing

在固定管架上,为了承受较大的水平推力而设置的柱间支撑。

2.1.24 管道补偿器 expansion joint

设置在管道上吸收管道热胀、冷缩和其他位移的元件。

2.1.25 补偿器弹性反力 reacting force from expansion joint

管道受热膨胀或受冷收缩后,使补偿器压缩或拉伸变形,由于补偿器具有一定弹性,必将产生方向相反的变形力并通过管道传递于固定管架上的力。

2.1.26 牵制系数 tie-up coefficient

在设置多根管道的同一榀管架上,无热变形或热变形已经稳定的管道阻止变形管道推动管架,使管架受到的水平推力部分抵消,表示这种牵制作用的系数称为牵制系数。

2.1.27 核心区 core area

管架地基基础计算时,荷载作用于该区域时,管架基础底面与

地基土之间不出现零应力区的区域。

2.1.28 HSE 管理 HSE management

对实施安全、环境与健康活动的管理。

2.1.29 风险识别 risk assessment

估计风险大小以及确定风险是否容许的全过程。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

F ——作用在固定管架横梁上的水平推力标准值；

F_b ——管道补偿器弹性反力标准值；

F'_d ——每榀柱间支撑承受的水平力标准值；

F_{Ek} ——管架横向计算单元的总水平地震作用标准值；

F_f ——作用在柔性活动管架上，由于柱顶变位产生的弹性力标准值；

F'_f ——滚动支座管道水平推力标准值；

F_{fi} ——单根管道在第 i 个柔性活动管架上的弹性反力标准值；

F_i ——某单根管道的垂直荷载标准值；

F_L ——多根管道时，区间内作用于纵向构件上的总拉力标准值；

F_{L1} ——单根管道时，区间内作用于纵向构件上的总拉力标准值；

F_m ——作用在刚性活动管架上，由于管道位移产生的摩擦力标准值；

F_{mi} ——单根管道在第 i 个刚性活动管架上的摩擦力标准值；

F_n ——管道的阀门、弯管或盲板等由介质产生的内压力标准值；

- F'_o ——一根纵梁承受的拉力标准值；
- $F_{tAB}、F_{tBA}、F_{tBC}、F_{tCB}$ ——相应固定点 A、B、C 处的水平力标准值；
- F'_{to} ——作用于柱间支撑的水平力标准值；
- G ——横向计算单元的重力荷载代表值；
- G_1 ——横梁上总垂直荷载标准值；
- G_s ——冷凝水排放阀裹冰荷载标准值；
- M ——计算截面的弯矩设计值；
- q_f ——均布在柔性活动管架横梁上的水平推力标准值；
- Q_i ——质点 i 的水平地震作用标准值；
- q_m ——均布在刚性活动管架横梁上的水平推力标准值；
- q_v ——均布在横梁上的管道垂直线荷载标准值；
- R ——结构构件承载力设计值；
- R_L ——纵梁反力设计值；
- S ——结构构件内力组合的设计值；
- S_{Ehk} ——水平地震作用标准值的效应；
- S_{EvK} ——竖向地震作用标准值的效应；
- S_{GE} ——重力荷载代表值的效应；
- S_k ——作用在管道上的雪荷载标准值；
- S_0 ——基本雪压值；
- S_{tk} ——管道温度作用标准值的效应；
- V_j ——第 j 层水平地震作用标准值；
- w_k ——作用在管架上的管道横向风荷载标准值；
- w_{L1} ——作用在每根纵梁上的风荷载标准值；
- w_{L2} ——作用在每榀桁架上的风荷载标准值；
- w_0 ——基本风压值；
- w_t ——作用在竖向弯管风荷载标准值；
- w_z ——作用在每根柱上的风荷载标准值；

$\sum_{i=1}^{n'} F_b'$ ——支承于尽端固定管架上,转弯管道的弹性反力标准值。

2.2.2 计算系数

- K_j ——管道水平推力的牵制系数;
- α ——钢材线膨胀系数;
- α_1 ——相应于结构基本周期 T_1 的水平地震影响系数;
- γ_t ——管道温度作用水平推力的分项系数;
- γ_G ——重力荷载分项系数;
- γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——分别为水平、竖向地震作用分项系数;
- γ_{RE} ——承载力抗震调整系数;
- η ——不均匀分布系数;
- μ ——柱计算长度系数;
- μ' ——钢与钢的滑动摩擦系数;
- μ_g ——钢与钢的滚动摩擦系数;
- μ_r ——管道积雪分布系数;
- μ_s ——风荷载体型系数;
- μ'_s ——竖向弯管风荷载体型系数;
- μ_{s1} ——纵梁风荷载体型系数;
- μ_{s2} ——单榀桁架上风荷载体型系数;
- μ_{s3} ——柱上的风荷载体型系数;
- μ_z ——风荷载高度变化系数;
- φ ——桁架的挡风系数;
- Ψ_t ——管道温度作用水平推力的组合值系数。

2.2.3 几何特征

- d ——管道外径(包括保温层);
- d_1 ——冷凝水排放管的外径(包括保温层);
- H ——管架柱的高度;
- H_0 ——管架柱的计算长度;

h_1 ——纵梁的截面高度；
 h_2 ——桁架的高度；
 L ——横梁长度；
 L_1 ——所计算的管架距固定点的距离；
 L_0 ——柱间支撑和各类杆件的计算长度；
 L_s ——节点之间的中心距离；
 l ——横梁的间距；
 l_d ——前后相邻管架间距离的 1/2；
 l_h ——竖向弯管高度。

2.2.4 材料指标和应力

E ——钢材弹性模量；
 E_c ——混凝土弹性模量；
 f_a ——深宽修正后的地基承载力特征值；
 f_{ay} ——钢材屈服强度。

2.2.5 其他

g ——重力加速度；
 I_0 ——该榀管架所有柱沿纵向的截面惯性矩之和；
 I ——一榀管架中一根柱沿管道纵向的截面惯性矩；
 i ——截面回转半径；
 K ——横向计算单元的管架总侧移刚度；
 n ——固定管架至补偿器之间的活动管架数量；
 n' ——固定管架上的管道数量；
 T ——管道安装时的温度；
 T_1 ——支架纵向或横向计算单元的基本自振周期；
 T_{\max} ——主要热管受热时的最高温度；
 δ ——单位力作用于架顶时产生的架顶位移；
 Δ ——管架架顶位移；
 Δl ——主要热管在所计算的管架顶面处的位移量。

3 基本规定

3.1 管架、管墩分类

3.1.1 管架分类应符合下列要求：

1 可按结构形式分为独立式管架、管廊式管架(管廊)、跨越管架、吊索式管架、长臂管架。

2 可按纵向联系的结构形式分为纵梁式管架、桁架式管架、吊索式管架等。

3 可按管道在管架上的支承条件分为固定管架和活动管架。

4 可按管架材料分为钢筋混凝土管架、钢结构管架和混合结构管架。

5 可按支承管线的高度分为低管架、中管架及高管架。

6 可按管架外形分为 T 形、Π 形、A 形、单层、双层、多层,以及单榀框架式或空间框架等形式。

7 管廊式管架(管廊)可按所处的区域及功能分为装置管廊、街区管廊、公用工程管廊、炉前管廊、带空冷器管廊等。

3.1.2 管墩可分为固定管墩和活动管墩。

3.2 管架、管墩布置

3.2.1 管架、管墩在方案阶段结构布置时,管道专业应与总图、水道、仪表、电气等专业协调,在满足工艺条件下,应根据温度区段、道路、地下管网等具体情况和结构专业共同协作,合理确定管架(管廊)、管墩的结构体系,并应优化结构布置方案。

3.2.2 管架、管墩布置应符合下列要求：

1 管架线路布置时,宜平行于厂区道路或装置区的红线,并

宜与排水沟、地下管线、电缆沟等相协调。沿建(构)筑物附近布置时,结构专业应合理设计管架柱基础。

2 主要管架线路不宜穿越拟扩建的预留场地,并宜减少与公路、铁路、河道等的交叉。

3 在丘陵地区场地布置管架时,宜采用低管架或管墩,并应避免避开滑坡区域和排洪口。

4 采用低管架时,管道下部保温层的外缘至地面的净距不宜小于 0.5m。

5 在行人与交通频繁的地段宜采用中管架,结构最下缘至地面的净距不宜小于 2.2m。

6 管架跨越铁路、道路时宜采用跨越管架,并应符合本规范第 3.2.6 条的规定。

7 在装置区内宜采用高管架,结构梁底至地面的净距应满足工艺操作、运输、检修、消防等要求。

8 管架的支撑系统应保证地震时结构的整体稳定性和操作时水平力的可靠传递。

3.2.3 管廊式管架的布置除应符合本规范第 3.2.2 条的规定外,还应符合下列要求:

1 平面布置较复杂时宜分区,分区处管廊柱可设为双柱。

2 纵向设置通长的纵梁或桁架,横向应根据管道支承跨距的要求设置框架横梁及中间横梁(图 3.2.3-1)。

3 伸缩缝布置应符合下列要求:

1)全钢结构或纵梁、桁架采用钢结构,柱采用钢筋混凝土结构时伸缩缝间距不宜大于 120m;

2)预制装配式钢筋混凝土结构伸缩缝间距不宜大于 70m;

3)现浇钢筋混凝土结构伸缩缝间距不宜大于 35m;

4)伸缩缝位置应与 II 型补偿器位置、固定管架位置、结构伸缩缝的最大伸缩量相适应。

4 管廊式管架纵向柱间支撑的布置应符合下列要求：

- 1) 管道 Π 形补偿器(图 9.2.5)平面整体布置整齐单一时, 温度区段的设置应与管道 Π 形补偿器相适应, 柱间支撑位置应与固定管架的位置相一致;
- 2) 当固定管架布置分散且复杂时, 可根据固定管架设置情况, 合理划分温度区段, 每个温度区段宜在中间部位设置纵向柱间支撑;
- 3) 管道补偿器平面整体布置复杂时, 可根据固定管架设置情况, 合理划分温度区段, 每个温度区段可在两端附近处设置纵向柱间支撑。

5 纵梁式管架纵向柱距宜为 6m~9m。柱距大于 9m 时, 可在两侧的纵梁上翼缘设置水平支撑(图 3.2.3-1、图 3.2.3-2)。特殊情况时, 纵向柱距可按管道专业布置的实际需要, 可不受模数的限制。

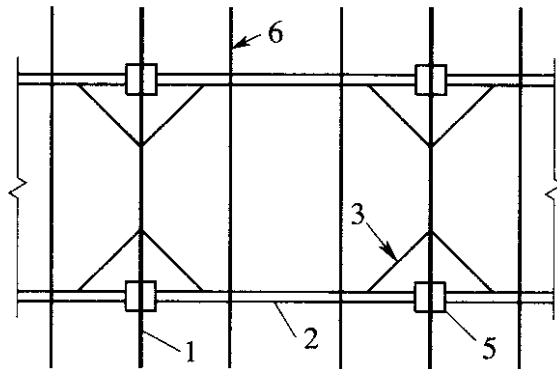


图 3.2.3-1 三角形水平支撑

1—框架横梁; 2—纵梁; 3—三角形水平支撑; 5—管架柱; 6—中间横梁

6 桁架式管架其纵向柱距宜采用 12m~24m, 基本柱距宜采用 18m。桁架上弦宜设交叉形水平支撑, 下弦也可在管架柱距左右两侧横梁区段内设交叉形水平支撑。支撑杆件可按拉杆设计。

7 宜根据管道的允许跨距, 将较大管道的支承点布置在管廊横向框架横梁上。

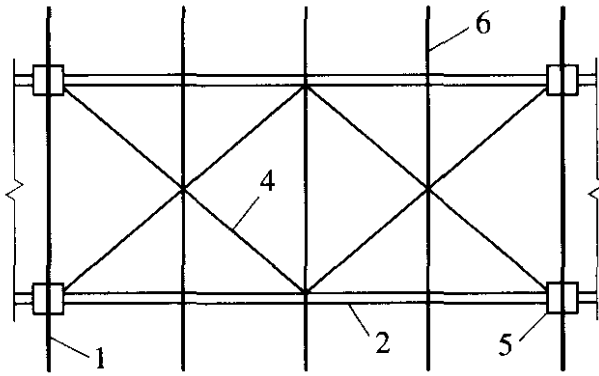


图 3.2.3-2 交叉形水平支撑

1—框架横梁；2—纵梁；4—交叉形水平支撑；5—管架柱；6—中间横梁

3.2.4 吊索式管架纵向柱距宜为 9m~12m，基本柱距宜采用 9m，中间悬吊横梁宜布置在 1/3 柱距处。

3.2.5 当管道沿纵向有一定坡度时，应按下列要求调整管架标高：

1 钢筋混凝土管架和混合结构管架，可调整管架基础的埋置深度。

2 应根据纵向距离与管道高差划分区域，同一区域内柱高应一致。可调整管道支托高度，选择统一柱高度的定型管架。

3 对于钢结构管架，可设定柱脚底板距地面的净距为 150mm~450mm，可调整钢筋混凝土基础短柱露出地面的高度使上部钢结构柱高一致。

3.2.6 管架跨越道路、铁路的净空和管架外缘距路边的限值，应符合下列要求：

1 厂区内应计及通过该道路最大设备的通行净空。厂区外应符合交通主管部门的要求。

2 跨越道路时，路面中心至管架结构下缘的最小净空应符合下列要求：

1) 厂区道路不应小于 5.0m；

2) 装置内的检修道路和消防道路不应小于 4.5m。

3 跨越铁路时，轨顶至桁架下缘对可燃气体、液化烃和可燃液体的管道不应小于 6.0m，对其他管道不应小于 5.5m。

4 管道与铁路或道路平行敷设时,管架外边缘距铁路轨外沿不应小于 3.0m,距道路外边缘不应小于 1.0m。

3.2.7 管道外缘与架空输电线路的净距应符合下列要求:

1 电压等级为 3kV 以下时,不应小于 1.5m。

2 电压等级为 3kV~10kV 时,不应小于 3.0m。

3 电压等级为 35kV~110kV 时,不应小于 4.0m。

3.2.8 管架布置时应计及电气和仪表电缆桥架敷设的需要,以及生产扩建需要预留的位置。装置区管廊式管架中电气和仪表电缆桥架宜布置在管廊最上层,可沿纵向一侧布置或两侧布置。

3.2.9 在管廊中间层设检修通道时,其层间净空不宜小于 2.2m,两侧宜设置栏杆。

3.3 结构选型

3.3.1 管架宜采用钢结构或钢筋混凝土结构,管墩宜采用钢筋混凝土结构或混凝土结构。

3.3.2 管架结构选型应符合下列要求:

1 应根据工程规模、施工条件、建设周期、防火防腐要求,以及改扩建等因素进行技术经济综合比较后,确定采用钢结构、钢筋混凝土结构或其他结构形式。

2 外形复杂、扩建改造可能性较大的管架宜用钢结构;外形简洁且改(扩)建可能性不大的管架,可采用预制钢筋混凝土结构或钢筋混凝土结构。

3 大中型企业的装置区内的管架,宜采用钢结构管廊式管架,也可根据实际情况,底层采用钢筋混凝土结构,底层以上采用钢结构的混合结构管架。

4 管道密集且管径以小于 100mm 为主,且为满足场地空间要求需要增大管架间距时,可采用管廊式管架。

5 对于装置之间或通向火炬系统的管架,被支承管道直径大于或等于 500mm、管道根数小于或等于 3 根,且独立式管架高度

大于 10m 时,可采用特种管架。

6 管道直径小于 150mm,且数量不多时,可采用钢筋混凝土纵向长臂管架,并应在其悬臂上设置钢横梁。

7 固定管架应采用刚性管架。水平推力较小者可采用独立式管架,较大者宜采用组合式空间体系结构、四柱式框架或纵向为“A”字形式的空间结构,组合式结构宜采用钢柱间支撑。

8 活动管架高度大于 6m,且管线的位移较小时,宜按柔性管架设计。

3.3.3 钢管架结构节点连接形式选择应符合下列要求:

1 管廊式管架,其梁-梁、梁-柱节点连接可采用焊接形式,施工时可先用安装螺栓临时固定,再行施焊;梁柱等主要构件也可采用工厂预制,现场可采用高强度螺栓组装的节点连接形式。

2 横梁与柱连接节点可采用高强度螺栓外伸端板半刚性连接节点形式。

3 根据所处位置,桁架上、下弦杆与柱的连接可采用刚接或铰接,管道补偿器处滑动式节点可采用节点板连接形式。腹杆采用钢管时也可用无连接板式的直焊节点。

4 大管线支座节点必要时应在支承梁腹板设置支座加劲肋。

5 柱脚节点宜采用刚性固定,也可采用铰接。

3.3.4 支承有振动管道的管架,管道宜设置减振支撑,管架结构宜采用刚性管架。

3.3.5 符合下列条件之一的固定管架,应采用四柱式现浇钢筋混凝土框架结构管架、有支撑的空间钢框架结构管架或管墩:

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。

3.4 管架、管墩材料

3.4.1 混凝土结构耐久性设计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,其最低强度等级应符合下列要求:

1 管架、固定管墩及基础的混凝土强度等级不应低于 C25,素混凝土基础及活动管墩混凝土强度等级不应低于 C20。

2 在腐蚀性区域,应符合本规范第 13 章的要求。

3.4.2 钢材应符合下列要求:

1 钢筋混凝土管架构件纵向受力钢筋宜采用 HRB400、HRB500 钢筋,箍筋宜采用 HRB300、HRB335、HRB400 钢筋。

2 悬吊构件的吊杆水平拉杆宜采用 HPB300 钢筋,斜吊索及端部斜拉索宜采用 HPB300 钢筋或镀锌钢绞线。

3 下列情况的结构不应采用 Q235 沸腾钢:

1)冬季工作温度等于或低于 -30°C 时的所有结构;

2)冬季工作温度等于或低于 -20°C 时直接承受振动荷载但可不验算疲劳的结构。

4 型钢、钢板除应符合本规范第 3.4.2 条第 3 款的规定外,尚应符合下列要求:

1)钢材宜采用 Q235BF、Q345B;

2)钢材的质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

3.4.3 螺栓应符合下列要求:

1 用于安装的普通螺栓性能等级宜采用 4.6 级。

2 高强度螺栓性能等级为 8.8 级或 10.9 级。

3 锚栓(地脚螺栓)宜采用 Q235B 钢,冬季工作温度低于 -20°C 时,宜采用 Q235BZ 钢,也可采用 Q345 钢材,但不得使用经冷加工处理的钢材。

3.4.4 焊条应符合下列要求:

1 手工电弧焊采用的焊条应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 或《热强钢焊条》GB/T 5118 的有关规定。选用焊条型号时应与构件钢材强度等级相适应。

2 钢筋的搭接焊、帮条焊、熔槽帮条焊及坡口焊选用的焊条，宜符合表 3.4.4 的规定：

表 3.4.4 钢筋的搭接焊、帮条焊、熔槽帮条焊及坡口焊的焊条选用

钢筋牌号	电弧焊接头型式	
	帮条焊、搭接焊	坡口焊、熔槽帮条焊
HPB300	E43 系列	E43 系列
HRB335	E43 系列	E50 系列
HRB400	E50 系列	E55 系列
HRB500	E60 系列	E70 系列

3 Q235 钢之间的焊接应采用 E43 系列焊条，Q345 钢之间的焊接应采用 E50 系列焊条。

4 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂应与主体金属力学性能相适应。

5 直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的管架结构，宜采用低氢型焊条。

3.4.5 有抗震要求时，钢材及施工应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

3.5 管架结构计算

3.5.1 管架及管墩结构设计基准期应为 50 年，设计使用年限宜为 50 年，安全等级宜为二级；支承输送高度有害和易发生次生灾害介质管道的管架或管墩安全等级宜为一级。

3.5.2 管架的抗震设防分类，应符合现行国家标准《石油化工建(构)筑物抗震设防分类标准》GB 50453 的有关规定；管架的基本抗震设防目标，应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

3.5.3 管架构件的模数应符合下列要求：

1 横梁长度宜为 0.25m。

- 2 柱高宜为 0.50m。
- 3 横梁间距宜为 0.50m。
- 4 沿管道的纵向柱距宜采用 1.00m, 横向柱距宜采用 0.50m。

3.5.4 钢筋混凝土管架柱脚为刚性固定、梁柱节点为铰接时, 管架柱计算长度可按下式计算:

$$H_0 = \mu H \quad (3.5.4)$$

式中: H ——柱高度(图 3.5.4);

μ ——计算长度系数, 应符合表 3.5.4 的规定。

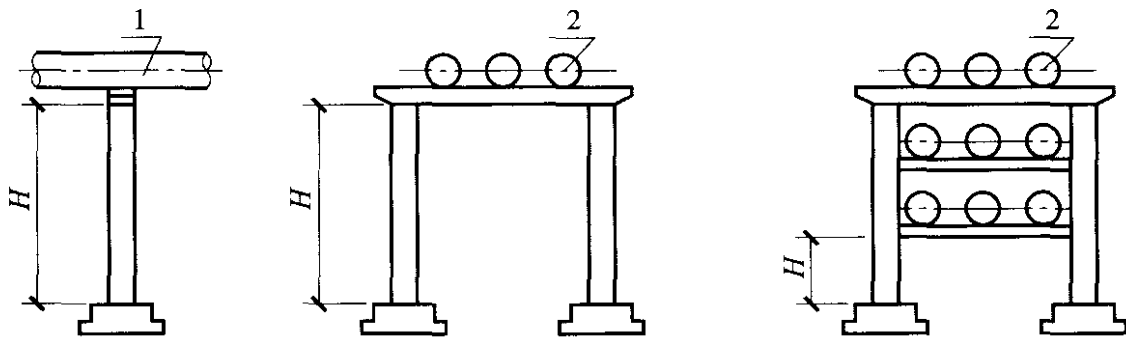


图 3.5.4 柱高度

1—轴向; 2—径向

表 3.5.4 钢筋混凝土管架柱脚为刚性固定、
梁柱铰接时柱的计算长度系数 μ

管架柱类型		单 跨		双 跨	
		轴向	径向	轴向	径向
刚性或柔性 管架	单层	1.25~1.50	1.50	1.25~1.50	1.25
	多层	1.25	1.25	1.25	1.00
管廊式 管架	单层	1.00	1.50	1.00	1.25
	多层	1.00	1.25	1.00	1.00

注: 1 表中轴向、径向分别指管道轴线方向和直径的方向。

2 表中系数(1.25~1.50)根据管道承受侧向支承作用的大小确定。管道重量大, 且根数多时取小值; 管道重量小, 且根数少时取大值。

3 对于多层管架, 最下层 H 值一般取基础顶面至最下层梁底的高度, 其他各层为该层柱净高。

3.5.5 钢筋混凝土管架柱脚为刚性固定、梁柱节点为刚接时，管架柱计算长度系数应符合表 3.5.5 的规定。

表 3.5.5 钢筋混凝土管架柱脚为刚性固定、梁柱刚接柱时的计算长度系数 μ

管架柱类型		单跨		双跨		T 型	
		轴向	径向	轴向	径向	轴向	径向
刚性或柔性管架	单层	1.25~1.50	1.50	1.25~1.50	1.00	1.25~1.50	2.00
	多层	1.25	1.25	1.25	1.00	1.25	2.00
管廊式管架	单层	1.00	1.25	1.00	1.00		
	多层	1.00	1.00	1.00	1.00		

注：1 表中轴向、径向分别指管道轴线方向和直径的方向。

2 表中系数(1.25~1.50)根据管道承受侧向支承作用的大小确定。管道重量大，且根数多时取小值；管道重量小，且根数少时取大值。

3 对于多层管架，最下层 H 值取基础顶面至最下层梁底的高度，其他各层为该层柱净高。

3.5.6 柱脚为刚性固定的钢管架柱轴向计算长度系数，应按本规范表 3.5.5 的规定采用；径向计算长度系数应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定执行。

3.5.7 水平钢支撑、管廊式管架柱间钢支撑为人字撑或单斜杆形式时，其计算长度应为节点中心的距离；水平钢支撑、柱间钢支撑为交叉支撑、桁架交叉腹杆的杆件计算长度计算，应符合下列要求：

1 杆件的平面内计算长度应取节点中心到交叉点之间的距离。

2 杆件的平面外计算长度应符合下列要求：

1) 杆件为压杆时，其计算长度 L_0 应按表 3.5.7 的规定取值：

表 3.5.7 交叉钢支撑杆件为压杆的平面外计算长度(L_0)

交叉支撑类型		计算长度
两杆截面相同并在交叉点均不中断	相交另一杆受压	$L_s \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{N_0}{N}\right)}$
	相交另一杆受拉	$L_s \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 - \frac{3N_0}{4N}\right)} \geq 0.5L_0$
两杆中有一杆在交叉点中断,但以节点板搭接	相交另一杆受压	$L_s \sqrt{1 + \frac{\pi^2 N_0}{12 N}}$
	相交另一杆受拉	$L_s \sqrt{1 - \frac{3N_0}{4N}} \geq 0.5L_0$

注:1 表中 L_s 为节点中心的距离(交叉点不作为节点考虑)。

2 表中 N 为所计算杆的内力; N_0 为相交另一杆的内力,均为绝对值。两杆均受压时,取 $N_0 \leq N$ 。

2) 杆件为拉杆时, L_0 应为 L_s 。

3.5.8 钢桁架弦杆和单系腹杆(用节点板与弦杆连接)计算长度 L_0 ,应符合下列要求:

1 弦杆在桁架平面内 L_0 应为 L_s ,弦杆在桁架平面外 L_0 应为桁架弦杆侧向支承点之间的距离,并应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

2 支座斜杆和支座竖杆的计算长度, L_0 应为 L_s 。

3 其他腹杆在桁架平面内, L_0 应为 $0.8L_s$,在桁架平面外, L_0 应为 L_s ,在桁架斜平面, L_0 应为 $0.9L_s$ 。

3.5.9 钢结构构件的容许长细比,应符合表 3.5.9 的规定。

表 3.5.9 钢结构构件的容许长细比 L_0/i

构件名称	抗震等级			
	一级	二级	三级	四级
固定管架柱	120	120	120	150
刚性管架柱	120	120	150	150
柔性管架柱	150	200	200	200
水平支撑受拉	250	250	300	300

续表 3.5.9

构件名称		抗震等级			
		一级	二级	三级	四级
水平支撑受压		150	150	200	200
柱间受拉交叉支撑		150	200	250	300
柱间受压交叉支撑		150	150	200	200
一般柱间人字撑		150	200	200	200
柱间支撑的横梁		150	150	150	150
纵梁及钢桁架 中各杆件	受拉	300	300	300	300
	受压	150	150	150	150

注:1 表中 i 为截面回转半径。

2 纵梁式管架的受压纵梁,其内力等于或小于承载能力的 50% 时,容许长细比值可取 200。

3 表中所列数值适用于 Q235 钢,采用其他牌号钢材时,应乘以 $\sqrt{235/f_{ay}}$,圆管应乘以 $235/f_{ay}$ 。

3.5.10 钢结构管廊式管架柱及中心支撑杆件板件宽厚比的限值,应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 有关钢结构弹性阶段设计的规定,且应大于表 3.5.10 的规定。

表 3.5.10 钢结构管廊式管架柱及中心支撑板件宽厚比限值

板件名称		抗震等级			
		一级	二级	三级	四级
柱	工字形截面翼缘外伸部分	10	11	12	13
	工字形截面腹板	43	45	48	52
中心 支撑	工字形截面翼缘外伸部分	9	10	11	13
	工字形截面腹板	26	27	28	33
	圆管外径与壁厚比	40	42	45	45

注:表中所列数值适用于 Q235 钢,采用其他牌号钢材时,应乘以 $\sqrt{235/f_{ay}}$,圆管应乘以 $235/f_{ay}$ 。

3.5.11 钢筋混凝土柱的长细比容许值不应大于表 3.5.11 的规定。

表 3.5.11 钢筋混凝土柱长细比容许值 H_{ox}/b 、 H_{oy}/h

构件名称	容许长细比
刚性管架柱	30
柔性管架柱	40
固定管架柱	25

注:1 H_{ox} 、 H_{oy} 为管架柱沿 x 、 y 方向的计算长度。

2 b 、 h 为所考虑柱的截面边尺寸,对活动管架柱不小于 200mm,对固定管架柱不小于 300mm。

3.5.12 钢筋混凝土管架构件裂缝控制等级可取三级,最大裂缝宽度限值宜为 0.2mm。

3.5.13 预制钢筋混凝土管架柱,应验算运输吊装过程中的承载能力,动力系数可取 1.5。

3.5.14 管廊式钢管架横梁上翼缘的侧向无支撑长度可计及管线牵制稳定作用,横梁大于 6m 时,侧向无支撑长度可取梁长 1/2;纵梁侧向无支撑长度应按实际结构取值,纵梁有支、吊杆且支、吊杆高度较小时,可计及支、吊杆对纵梁的约束稳定作用。

3.5.15 高宽比大于 5 的管架应进行倾覆稳定验算时,倾覆稳定系数应取 1.5。

3.5.16 当验算钢结构管架柱脚底板时,应计及在多种荷载工况下的柱脚底板受力状态,也应包括锚栓(地脚螺栓)受拉力时。

3.5.17 固定管架横梁扭转应力的计算应符合本规范附录 A 的规定。

3.5.18 管架设计应具备下列资料:

1 管道平剖面布置图、管道规格,管架位置图及相应要求。

2 管道重量,管道内介质重量,管道内试压水、预留荷载、平台上的活荷载等,以及管道对管架的水平推力。

3 管道壁的最高、最低计算温度。

4 总图场平资料及岩土工程勘察资料。

3.6 管架结构变形验算

3.6.1 管架梁、桁架构件的允许挠度值应符合表 3.6.1 的规定。

表 3.6.1 构件的允许挠度值

构件类型		允许挠度值
钢筋混凝土梁	当 $l_0 < 7\text{m}$ 时	$l_0/250$
	当 $7 \leq l_0 < 9\text{m}$ 时	$l_0/300$
	当 $l_0 \geq 9\text{m}$ 时	$l_0/400$
钢筋混凝土桁架		$l_0/500$
管架柱上的钢横梁		$l_0/250$
纵梁及桁架上的钢横梁		$l_0/250$
支撑中间横梁的钢纵梁		$l_0/400$
钢桁架		$l_0/500$

注:1 l_0 为构件的计算跨度。

2 钢桁架、钢筋混凝土桁架制作时已预先起拱,可减去该起拱值。

3 悬臂构件的允许挠度计算时采用的 l_0 为悬臂长度的 2 倍。

4 纵向钢桁架的挠度限值可根据实际工程情况放宽。

3.6.2 管廊式管架构件的允许挠度值,除应符合第 3.6.1 条的规定外,还应符合下列要求:

1 在装置内沿管架纵向一个柱距内,管道支点最大挠度之差不应大于 30mm。

2 在装置外沿管架纵向一个柱距内,管道支点最大挠度之差不应大于 40mm。

3.6.3 钢管架柱沿径向的允许位移值应符合下列要求:

1 钢管架柱在风荷载标准值作用下沿径向产生的柱顶弹性位移与总高度之比值不宜大于 1/250。

2 钢结构管廊式管架,当水平支撑符合本规范第 9.1.10 条的规定时,在风荷载标准值作用下沿径向产生的柱顶点弹性位移

与总高之比值不宜大于 $1/200$ 。

3 抗震等级一级的钢管架柱在地震作用下,沿径向弹性层间位移值不宜大于 $1/250$ 。

4 振动管架应在动力分析的基础上进行位移限制。

3.6.4 混合结构管架混凝土柱沿径向的允许位移值,应符合下列要求:

1 混凝土柱在风荷载标准值作用下,沿径向产生的混凝土柱顶位移与混凝土柱总高度之比值不宜大于 $1/350$ 。

2 抗震等级一级的混凝土柱在地震作用下,沿径向弹性层间位移值不宜大于 $1/500$ 。

3.6.5 当管架与其他建(构)筑物相连并形成同一结构单元时,其允许位移应按所连接的建(构)筑物的位移要求确定。

4 荷 载

4.1 管道的牵制系数及水平荷载作用点

4.1.1 管架设计时除应计及管道对管架的荷载作用外,还应计及管道对管架的牵制作用。

4.1.2 活动管架上敷设 3 根或 3 根以上管道时,活动管架轴向水平推力 F_m 及 F_f 应乘以牵制系数 K_j 。

4.1.3 敷设单层管道的管架,牵制系数应按下列要求取值:

- 1 管架上支承 1 根~2 根管道时, K_j 应取 1.0。
- 2 管架上支承 3 根管道时,应符合表 4.1.3 的要求。

表 4.1.3 单层管架上敷设有 3 根管道时的牵制系数 K_j

$\alpha = \frac{\text{主要热管重量}}{\text{全部管道重量}}$	牵制系数 K_j
$\alpha < 0.5$	0.50
$0.5 \leq \alpha \leq 0.7$	0.67
$\alpha > 0.7$	1.00

注:主要热管系指支承的管道中直径较大且温度最高的该根管道。

3 管架上敷设的管道多于或等于 4 根时,牵制系数可根据 $\alpha = \frac{\text{主要热管重量}}{\text{全部管道重量}}$ 取值(图 4.1.3)。

4 管架上敷设的管道多于或等于 4 根时,牵制系数也可按下列要求取值:

- 1) 当 $\alpha \geq 0.8$ 时, K_j 可取 1.0;
- 2) 当 $\alpha < 0.6$ 时, K_j 可取 $(13\alpha - 1)/(21\alpha + 1)$;
- 3) 当 $0.6 \leq \alpha < 0.8$ 时,可用插值;
- 4) 当 $K_j < 0.2$ 时, K_j 可取 0.2。

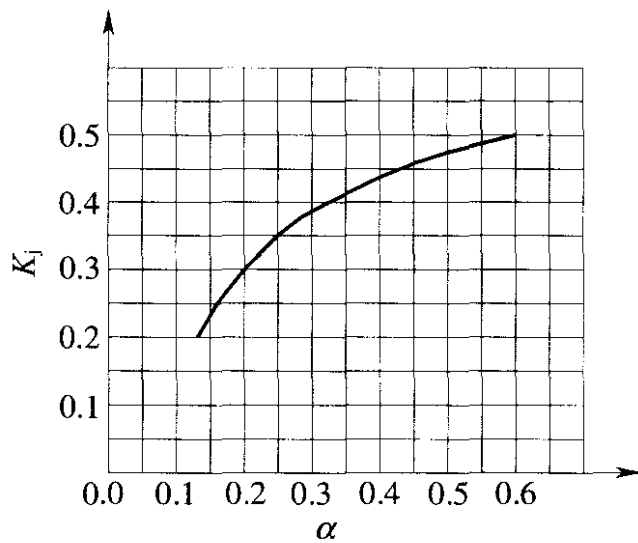


图 4.1.3 四根或四根以上管道牵制系数

4.1.4 敷设多层管道的管架,应按本规范图 4.1.3 查取牵制系数 K_j , α 值应按下列要求取值:

- 1 用于柱、基础时,全部热管中应选定一根主要热管重量与上、下层全部管道总重量之比。
- 2 用于梁时,所计算的该层应选定一根主要热管与该层全部管道总重量之比。

4.1.5 管架上的纵向水平荷载作用位置应符合下列要求:

- 1 活动管架水平推力作用点应为梁顶支承点(图 4.1.5-1)。
- 2 固定管架水平推力作用点,挡板式应在距梁顶以下 $e/3$ 处,焊接式应在支承梁顶面(图 4.1.5-2)。
- 3 地震作用位置应为支承梁顶;纵梁应为支座的支承面处。

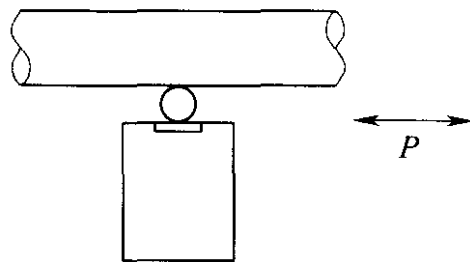


图 4.1.5-1 活动管架水平推力作用点位置

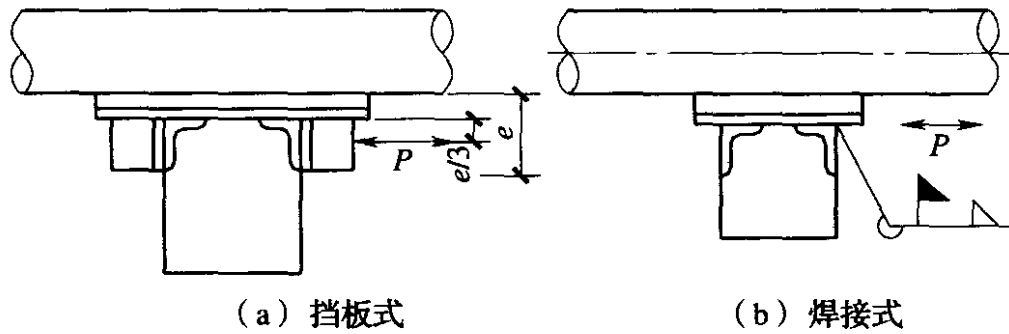


图 4.1.5-2 固定管架水平推力作用点位置

4.1.6 管架上的横向水平荷载作用位置应符合下列要求：

- 1 固定管架管道风荷载作用点位置可取支承梁顶面。
- 2 活动管架管道风荷载作用点位置应取支承梁顶面。
- 3 作用在纵梁或桁架上的风荷载应以集中荷载形式作用于纵梁或桁架支座节点的支承面。
- 4 地震作用位置应为支承梁顶，纵梁、桁架应为支座的支承面处。

4.2 垂直荷载

4.2.1 作用于管架上的垂直荷载，其中永久荷载应为结构自重；管道自重、管道附件、保温层、防火层和管道内介质的重量；电缆和仪表槽板重；操作平台和走道板的自重。平台和走道板上的活荷载标准值可采用 2.0kN/m^2 ；试压时的充水荷载可按实际情况采用。

4.2.2 管架横梁可按均布线荷载进行计算，有较大管道时，应按集中荷载计算；在选择计算区段时，应考虑该均布线荷载对区段的代表性；垂直均布线荷载标准值(图 4.2.2)可按下列公式计算：

$$q_v = \frac{\eta \sum_{i=1}^n F_i \cdot L_i}{L_4} \quad (4.2.2-1)$$

$$L_i = \frac{L_{iL} + L_{iR}}{2} \quad (4.2.2-2)$$

式中： q_v ——均布在横梁上的管道垂直线荷载标准值(kN/m)；

- η ——不均匀分布系数,取 1.1~1.2;
- L_i ——第 i 根管道轴向方向在该横梁两侧管道支承点的平均距离(m);
- L_{iL} ——第 i 根管道轴向方向在该横梁左侧管道支承点距该横梁上此根管道支承点的距离(m);
- L_{iR} ——第 i 根管道轴向方向在该横梁右侧管道支承点距该横梁上此根管道支承点的距离(m);
- F_i ——某单根管道的垂直荷载标准值(kN/m);
- L_4 ——较小管道的分布范围(不含直径大于或等于 500mm 液体管道的垂直荷载标准值)(m);
- n ——管道计算区段内的管道根数,取 4 根以上。

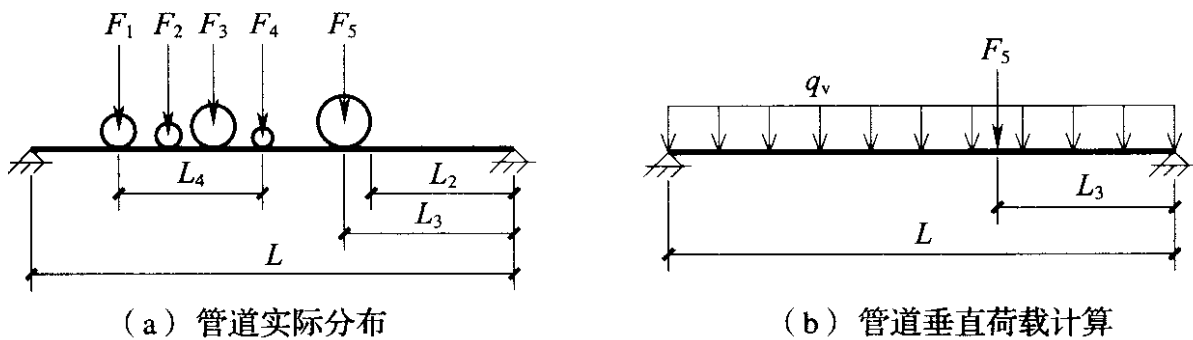


图 4.2.2 管道垂直荷载计算

L —横梁长度; L_2 —预留供发展所需的位置; $F_1 \sim F_4$ —较小管道的垂直荷载标准值;

F_5 —较大管道的垂直荷载标准值,该管道计算区段长度为管架的间距;

L_3 —集中荷载作用位置

4.2.3 管道上有积灰的可能时,对直径大于 300mm 的管道,尚应考虑标准值为 0.2kN/m^2 的积灰荷载。

4.3 管道水平推力

4.3.1 当活动管架(不包括支承有振动管道的管架和跨越式管架)所支承的管道符合下列条件之一时,管道的水平推力可不计算:

- 1 常温管道,介质的温度不超过 40°C 。
- 2 管道根数在 10 根以上,其中介质的最高温度 $T_{\max} \leq 130^\circ\text{C}$ 。
- 3 主要热管重量与全部管道重量的比值 $\alpha \leq 0.15$ 。

4.3.2 活动管架可分为刚性活动管架和柔性活动管架,可按下列要求判别:

1 $F_f < F_m$ 时应为柔性活动管架。

2 $F_f \geq F_m$ 时应为刚性活动管架。

4.3.3 刚性活动管架水平推力标准值应按下式计算:

$$F_m = K_j \cdot G_1 \cdot \mu' \quad (4.3.3)$$

式中: F_m ——作用在刚性活动管架上,由于管道位移产生的摩擦力标准值(kN);

G_1 ——正常操作时作用在一榀管架横梁上的总垂直荷载标准值(kN);

μ' ——摩擦系数,钢与钢滑动接触时采用 0.3,钢与混凝土滑动接触时采用 0.4,钢与聚四氟乙烯之间采用 0.1;

K_j ——牵制系数,可按本规范第 4.1.3 条和第 4.1.4 条取值。

4.3.4 均布在刚性活动管架横梁上的水平推力标准值应按下式计算:

$$q_m = \frac{F_m}{L} \quad (4.3.4)$$

式中: L ——横梁长度(m);

q_m ——均布在刚性活动管架横梁上的水平推力标准值(kN/m)。

4.3.5 柔性活动管架水平推力标准值为柱顶弹性反力标准值,应符合下列要求:

1 钢筋混凝土柔性活动管架水平推力标准值,应按下列公式计算:

$$F_f = \frac{3E_c I \Delta l K_j}{H^3} \cdot n \quad (4.3.5-1)$$

$$\Delta l = \alpha(T_{\max} - T)L_1 \quad (4.3.5-2)$$

式中: F_f ——作用在柔性活动管架上,由于柱顶变位产生的弹性反力标准值(kN);

n ——一榀管架柱的根数,宜为 2 根;

H ——管架柱的高度,双层管架时,为基础顶至主要热管所在横梁顶面的高度(mm);

Δl ——主要热管在所计算的管架顶面处的位移(mm);

α ——钢材的线膨胀系数(每升温 1°C), $\alpha=1.2\times 10^{-5}$;

T_{\max} ——主要热管受热时的最高温度($^{\circ}\text{C}$);

T ——管道安装时的温度($^{\circ}\text{C}$);

L_1 ——所计算的管架距固定点的距离(mm);

E_c ——混凝土的弹性模量(kN/mm^2);

I ——一榀管架中一根柱沿管道纵向的截面惯性矩(mm^4)。

2 钢结构柔性活动管架水平推力标准值应按下列式计算:

$$F_t = \frac{3EI\Delta lK_j}{H^3} \cdot n \quad (4.3.5-3)$$

式中: E ——钢的弹性模量(kN/mm^2)。

4.3.6 均布在柔性活动管架横梁上的水平推力标准值,应符合下列要求:

1 单层柔性活动管架横梁的水平推力应按下列式计算:

$$q_f = \frac{F_t}{L} \quad (4.3.6)$$

式中: q_f ——均布在柔性活动管架横梁上的水平推力标准值(kN/m)。

2 多层柔性活动管架横梁的水平推力应符合下列要求:

1) 主要热管所在梁应按公式(4.3.6)计算;

2) 非主要热管所在的梁应按本规范公式(4.3.4)计算,经计算 $q_m > q_f$ 时,非主要热管在横梁上水平推力应取 q_f 值。

4.3.7 固定管架横梁上的水平推力标准值应包括下列数值:

1 管道补偿器的弹性反力标准值 ΣF_b 。

2 关闭阀门时,管道的阀门、弯管及盲板等由介质产生的内压力标准值 ΣF_n 。

3 管道变形时在刚性活动管架上的摩擦力标准值总和为

$\sum_{i=1}^n F_{mi}$; 柔性活动管架弹性反力标准值总和 $\sum_{i=1}^n F_{fi}$, 应由固定管架至补偿器间各柔性活动管架的变位反力之和。

4 固定管架的水平推力 F , 应由管道(应力)专业计算 ΣF_b 、 ΣF_n 值, 结构设计人员应根据中间活动管架的特征、管道布置具体情况, 按重载式(端部固定管架)、减载式(中间固定管架), 自行计算出 $\sum_{i=1}^n F_{mi}$, 或 $\sum_{i=1}^n F_{fi}$ (n 为补偿器至固定管架间活动管架的个数), 相叠加后组成固定管架的总水平推力 F 值, 并应符合本规范附录 C 的规定。

4.4 风 荷 载

4.4.1 作用于管架横向的管道风荷载标准值, 应按下式计算:

$$w_k = \mu_s \mu_z w_0 d l_d \quad (4.4.1)$$

式中: w_k ——作用在管架上的管道横向风荷载标准值(kN);

μ_s ——风荷载体型系数, 应按表 4.4.1-1 选取;

μ_z ——风压高度变化系数, 应按表 4.4.1-2 选取;

w_0 ——基本风压(kN/m²);

d ——管道外径(包括保温层), 多根管道取平均外径(m);

l_d ——管道跨度, 管架两侧的跨度不等时, 取平均值(m)。

表 4.4.1-1 风荷载体型系数 μ_s

管道根数	体型系数 μ_s
单根	0.60
2根	0.90
3、4根	1.20
≥5根	1.40

注:1 μ_s 值适用于 $\mu_z w_0 d^2 \geq 0.015$ 的情况。当 $\mu_z w_0 d^2 \leq 0.002$ 时, μ_s 应乘以 1.7, 当 $0.002 < \mu_z w_0 d^2 < 0.015$ 时, μ_s 所乘系数可按中间插入法计算。

2 当按多根管道计算值小于按单根最大管径的管道计算值时, 取单根管道计算值, 并将公式(4.4.1)中 d 改为 d_{max} (包括保温层在内最大一根外径)。

表 4.4.1-2 风压高度变化系数 μ_z

离地面的高度(m)	地面粗糙度类别			
	A	B	C	D
5	1.17	1.00	0.74	0.62
10	1.38	1.00	0.74	0.62
15	1.52	1.14	0.74	0.62
20	1.63	1.25	0.84	0.62
30	1.8	1.42	1.00	0.62
40	1.92	1.56	1.13	0.73

注：地面粗糙度分为 A、B、C、D 四类。A 类指近海海面、海岛、海岸、湖岸及沙漠地区；B 类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇和城市郊区；C 类指有密集建筑群的城市市区；D 类指有密集建筑群且房屋较高的城市市区。

4.4.2 对于跨越管架管道的纵向风荷载(图 4.4.2),应按下式计算:

$$w_t = \frac{1}{2} \mu'_s \mu_z w_0 l_h \sum d \quad (4.4.2)$$

式中： w_t ——作用于竖向弯管的风荷载标准值，作用在梁顶面(kN)；
 μ'_s ——竖向弯管风荷载体型系数，可取 0.7；两根管道时应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定取值，两根以上取 1.3；适用于 $\mu_z w_0 d^2 \geq 0.015$ 的情况。当 $\mu_z w_0 d^2 \leq 0.002$ 时， μ'_s 应乘以 1.7，当 $0.002 < \mu_z w_0 d^2 < 0.015$ 时， μ'_s 所乘系数可按中间插入法计算；
 l_h ——竖向弯管高度(m)。

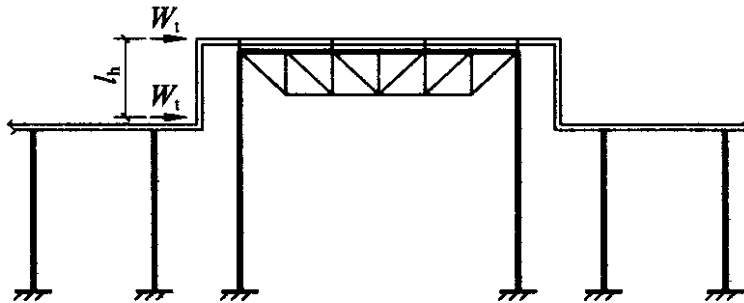


图 4.4.2 跨越管架的纵向风荷载

4.4.3 有双层弯管时,下层弯管纵向风荷载可按本规范公式(4.4.2)计算,作用点应在下层梁顶面。

4.4.4 作用在管架梁、柱上的风荷载应符合下列要求:

1 作用在每根纵梁上的风荷载应按下式计算:

$$w_{L1} = \mu_z \mu_{s1} w_0 h_1 l_d \quad (4.4.4-1)$$

式中: w_{L1} ——作用在每根纵梁上的风荷载标准值(kN);

μ_{s1} ——纵梁风荷载体型系数,每根纵梁可取 1.3;

h_1 ——纵梁的截面高度(m)。

2 作用在每榀桁架上的风荷载应按下式计算:

$$w_{L2} = \mu_z \mu_{s2} w_0 h_2 l_d \quad (4.4.4-2)$$

式中: w_{L2} ——作用在每榀桁架上的风荷载标准值(kN);

μ_{s2} ——单榀桁架构件体型系数 $\mu_{s2} = \varphi \mu_s$;

μ_s ——对型钢杆件可取 1.3;

φ ——桁架的挡风系数 $\varphi = A_n / A$;

A_n ——桁架杆件和节点挡风的净投影面积(m^2);

A ——为桁架的轮廓面积(m^2), $A = h_2 l_d$;

h_2 ——桁架的高度(m)。

3 作用在每根柱上的风荷载应按下式计算:

$$w_z = \mu_z \mu_{s3} w_0 b \quad (4.4.4-3)$$

式中: w_z ——作用在每根柱上的风荷载标准值(kN/m);

μ_{s3} ——柱的风荷载体型系数,每根柱可取 1.3;

b ——风荷载作用方向的柱截面宽度(m)。

4.4.5 设计时应计及作用在电缆桥架上的风荷载。

4.5 冰雪荷载

4.5.1 寒冷地区管壁温度在 0°C 以下时,覆冰荷载应符合下列要求:

1 应考虑管道表面覆冰后所引起的荷载及挡风面积增大和不均匀脱冰时产生的不利影响。

2 基本覆冰厚度应以离地面 10m 高度处统计所得的 50 年一遇的最大覆冰厚度为标准。当无观察资料时应通过实地调查确定,也可按下列经验数值采用。

1) 大凉山、川东北、川滇、秦岭、湘黔、闽赣等地区,可取 10mm~30mm;

2) 东北(部分)、华北(部分)、淮河流域等地区,可取 5mm~10mm;

3) 覆冰气象条件为风压 $0.15(\text{kN}/\text{m}^2)$ 同时气温为 -5°C 。

3 管道单位长度上的覆冰荷载可按下式计算:

$$q_e = \pi \delta \alpha_1 \alpha_2 (d + \delta \alpha_1 \alpha_2) \gamma \cdot 10^{-6} \quad (4.5.1)$$

式中: q_e ——管道单位长度上的覆冰荷载(kN/m^2);

δ ——基本覆冰厚度(mm);

d ——管道的直径(mm);

α_1 ——覆冰厚度修正系数,根据构件直径应按表 4.5.1-1 确定;

α_2 ——覆冰厚度的高度递增系数,应按表 4.5.1-2 确定;

γ ——覆冰重度,可取 $9\text{kN}/\text{m}^3$ 。

表 4.5.1-1 覆冰厚度修正系数 α_1

管道直径(mm)	30	40	50	60	70
α_1	0.80	0.75	0.70	0.63	0.60

表 4.5.1-2 覆冰厚度高度递增系数 α_2

离地面高度(m)	10	50	100
α_2	1.00	1.60	2.00

4.5.2 作用在管道上的雪荷载标准值,应按下式计算:

$$S_k = \mu_r S_0 d \quad (4.5.2)$$

式中: S_k ——作用在管道上的雪荷载标准值(kN/m);

μ_r ——管道积雪分布系数可取 $\mu_r = 0.7$;

S_0 ——基本雪压值(kN/m^2);

d ——管道外径(包括保温层)(m)。

4.5.3 寒冷地区在设有冷凝水排放阀处应考虑阀门覆冰的荷载,按集中力作用可按下式计算:

$$G_s = \frac{\pi d_1^2}{4} \times 10 = 2.5\pi d_1^2 \quad (4.5.3)$$

式中: G_s ——冷凝水排放阀覆冰荷载标准值(kN);

d_1 ——冷凝水排放管外径(包括保温层)(m)。

5 地震作用和抗震验算

5.1 一般规定

5.1.1 建于Ⅰ、Ⅱ类场地抗震设防烈度为8度和8度以下,以及建于Ⅲ类场地抗震设防烈度为7度和7度以下的管架结构,可不进行抗震验算,但应按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的有关规定采取抗震措施。符合下列条件之一时应进行横向水平地震作用验算:

- 1 管架上直径大于或等于500mm的管道多于或等于三根时;
- 2 容易产生较大次生灾害的单根管道且其直径大于或等于500mm时;
- 3 管架上有直径大于或等于1000mm的管道时;
- 4 管架顶部支承空冷器等重型设备时;
- 5 设有重型顶盖的管架。

5.1.2 管道沿纵向可以滑动的刚性活动管架,在管道滑动的方向可不进行抗震验算,但应符合抗震构造要求。

5.1.3 管架及管墩的抗震设防类别应符合本规范第3.5.2条的要求。

5.1.4 钢筋混凝土管廊式管架的抗震等级确定,应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关钢筋混凝土框架结构的规定;钢结构管廊式管架抗震等级确定应根据设防类别、烈度和管廊高度采用不同的抗震等级,并应符合相应的计算和构造措施要求。丙类钢结构管廊式管架的抗震等级应按表5.1.4确定;混合结构管架的抗震等级可分别按钢结构和混凝土结构的相应规定确定抗震等级,且混凝土和钢结构部分的抗震等级确定时均应按

管廊总高度确定。其他的固定管架抗震等级不应低于三级,活动管架抗震等级不宜低于四级。

表 5.1.4 丙类钢结构管廊式管架抗震等级

管廊高度	烈 度			
	6	7	8	9
≤60m		四	三	二
>60m	四	三	二	一

5.1.5 高度大于 10m 的独立式特种管架应进行纵、横向地震作用验算。

5.1.6 在多遇地震下,钢结构管架阻尼比可取 0.04,钢筋混凝土管架阻尼比可取 0.05,混合结构管架阻尼比可取 0.045;结构在罕遇地震下阻尼比可取不大于 0.05。

5.1.7 计算地震作用时管架的重力荷载代表值应按下列要求取值:

1 永久荷载的重力荷载代表值应符合下列要求:

- 1)管道(包括内衬、保温层和管道附件)和操作平台可采用自重标准值的 100%;
- 2)管道内介质可采用自重标准值的 100%;
- 3)管架柱可采用自重标准值的 25%;
- 4)管架横梁、管廊式管架上的纵向承重结构、电缆架和电缆可采用自重标准值的 100%。

2 包括冰、雪荷载、积灰荷载、走道活荷载等作用在冷管道上的可变荷载,可取其标准值的 25%。

5.1.8 符合本规范第 5.2.6 条规定的管架应进行竖向地震作用验算。

5.1.9 一般管架结构可不进行罕遇地震作用下薄弱层的弹塑性变形验算。

5.1.10 采用混合结构管架时,钢支撑、钢结构与混凝土柱的连接,应符合连接不先于支撑破坏的要求。钢支撑部分应符合现行

国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

5.2 地震作用

5.2.1 平面模型简化计算时管架结构基本自振周期可按下列公式计算：

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{G}{g \cdot K}} \quad (5.2.1-1)$$

$$\text{纵向} \quad K = \sum_{i=1}^n K_i \quad (5.2.1-2)$$

$$\text{横向} \quad K = K_H \quad (5.2.1-3)$$

式中： T_1 ——管架横向或纵向计算单元的基本自振周期(s)；

G ——横向或纵向计算单元的总重力荷载代表值(kN)；

K_i ——纵向计算单元内第 i 个支架的纵向抗侧移刚度(kN/m)；

K_H ——横向计算单元的管架抗侧移刚度(kN/m)；

g ——重力加速度,取 9.81m/s^2 ；

n ——纵向计算单元内的支架个数。

5.2.2 支承两层及两层以上管道的管架,其重力荷载代表值可按下列公式确定：

$$G_E = G_{En} + \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{H_i}{H_n} \right)^2 G_{Ei} \quad (5.2.2)$$

式中： G_E ——多层管道的重力荷载代表值(kN)；

G_{En} ——顶层管道的重力荷载代表值(kN)；

G_{Ei} ——第 i 层管道的重力荷载代表值(kN)；

H_n ——顶层管道高度(m)；

H_i ——第 i 层管道的高度(m)；

n ——管道层数。

5.2.3 平面模型简化计算时,管架横向或纵向总水平地震作用标

准值可按下式计算：

$$F_{EK} = \alpha_1 G \quad (5.2.3)$$

式中： F_{EK} ——管架横向或纵向计算单元的总水平地震作用标准值(kN)；

α_1 ——管架结构的相应横向或纵向基本自振周期的水平地震影响系数，应根据地震烈度、场地类别、设计地震分组和结构自振周期以及阻尼比，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定确定。

5.2.4 平面模型简化计算管架高度不超过 55m 时，横向或纵向总水平地震作用标准值沿竖直方向在各质点 G_i 的分配 Q_i 可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关底部剪力法规定确定，其他管架结构宜采用振型分解反应谱法。

5.2.5 平面模型简化计算时，管架各层杆件水平地震作用标准值应符合下列要求：

1 各层水平地震作用标准值应按下式计算：

$$V_j = \sum_{i=j}^n Q_i \quad (5.2.5)$$

式中： V_j ——第 j 层水平地震作用标准值(kN)；

Q_i ——由 5.2.4 条确定的质点 i 的水平地震作用标准值(kN)。

2 各层水平地震作用标准值 V_j 应按本层杆件的相对抗侧移刚度分配给本层各杆件。

5.2.6 竖向地震作用应符合下列要求：

1 抗震设防烈度为 8 度和 9 度时，大直径管道的跨度大于或等于 24m、管廊式管架的桁架跨度大于或等于 24m，以及长悬臂管架等应验算竖向地震作用，其标准值可采用重力荷载代表值与竖向地震作用系数的乘积，竖向地震作用可不传至基础。

2 竖向地震作用系数可按表 5.2.6 取值。

表 5.2.6 竖向地震作用系数

序号	结构类别	烈度	场地类别		
			I	II	III、IV
1	跨度大于或等于 24m 的钢桁架	8	0.0(0.10)	0.08(0.12)	0.10(0.15)
		9	0.15	0.15	0.20
2	跨度大于或等于 24m 的钢筋混凝土桁架	8	0.10(0.15)	0.13(0.19)	0.13(0.19)
		9	0.20	0.25	0.25
3	跨度大于或等于 24m 的大直径管道、长悬臂管架	8	0.10(0.15)		
		9	0.20		

注：括号中数值用于设计基本地震加速度为 0.30g 的地区。

5.2.7 空间模型整体计算时，地震作用应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定执行。

5.3 抗震验算

5.3.1 结构构件地震作用效应与其他荷载效应的基本组合，应按下列下式计算：

$$S = \gamma_G S_{GE} + \Psi_{Eh} \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} + \Psi_t \gamma_t S_{tk} \quad (5.3.1)$$

式中：S——结构构件内力组合的设计值；

γ_G ——重力荷载分项系数，一般情况下应采用 1.2；当重力荷载效应对构件承载能力有利时，宜采用 1.0；当验算结构抗倾覆或抗滑移时，宜采用 0.9；

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应；

γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——分别为水平、竖向地震作用分项系数，可按表 5.3.1 采用；

S_{Ehk} ——水平地震作用标准值的效应；

S_{Evk} ——竖向地震作用标准值的效应；

γ_t ——管道温度作用水平推力的分项系数，可采用 1.0；

S_{tk} ——管道温度作用标准值的效应,按本规范第 4.3 节确定的水平推力;

Ψ_t ——管道温度作用水平推力组合值系数,单根热管时采用 1.0;多根热管时采用 0.8;

Ψ_{Eh} ——水平地震作用组合值系数;对于固定管架,纵向水平地震作用与管道水平推力组合时采用 0.5,其余情况采用 1.0。

表 5.3.1 地震作用分项系数

序号	地震作用		γ_{Eh}	γ_{Ev}
1	仅按水平地震作用计算		1.3	0
2	仅按竖向地震作用计算		0	1.3
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
4		竖向地震作用为主时	0.5	1.3

5.3.2 管架结构构件截面抗震验算,应符合下式要求:

$$S \leq \frac{R}{\gamma_{RE}} \quad (5.3.2)$$

式中: R ——结构构件承载力设计值;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数,可按表 5.3.2 采用。

表 5.3.2 构件承载力抗震调整系数

序号	材料	结构构件	受力状态	γ_{RE}
1	钢	柱、梁、支撑、连接板、螺栓、焊缝	强度破坏	0.75
2		柱、支撑	屈曲稳定	0.80
3	钢筋混凝土、 预应力钢筋 混凝土	梁	受弯	0.75
4		轴压比小于 0.15 的柱	偏压	0.75
5		轴压比不小于 0.15 的柱	偏压	0.80
6		其他各类构件	受剪、偏拉	0.85

注: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均采用 1.0。

5.3.3 管架结构构件连接应按地震作用效应与其他荷载效应的组合进行弹性设计,节点极限承载力验算应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定执行。

6 有振动管道的管架

6.1 振动管道

6.1.1 下列管道应按振动管道设计：

- 1 直径大于或等于 200mm 的蒸汽及凝液管道。
- 2 往复泵输送液体的管道,如高压锅炉给水管道。
- 3 时停时开、扫线频繁的管道,间歇式输送管道。
- 4 活塞式压缩机输送气体的管道,大型离心式压缩机进出口管道。
- 5 生产过程中突然升温增压或减压的管道,如紧急放空管道、连通至火炬的管道、安全阀排放管道等。
- 6 使用快速切断阀的管道。
- 7 温度大于 200℃ 的高压管道。
- 8 转油管道和烟气管道。
- 9 两相流管道。
- 10 裂解气管道以及急冷油、急冷水管道等其他容易产生振动的管道。

6.1.2 振动管道的荷载作用位置宜按下列部位确定：

- 1 往复泵或活塞式压缩机的出口处。
- 2 加热炉主管道出口处。
- 3 设有安全阀或减压阀处。
- 4 设有降压孔板处。
- 5 管道直径改变处。
- 6 管道三通连接处。
- 7 管道垂直或水平的弯头处。

6.2 有振动管道的管架

6.2.1 有振动管道的管架宜采用管廊式管架,活动管架宜采用刚性管架,柱间支撑除应符合本规范第 3.2.3 条的要求外,可局部设置层间支撑。

6.2.2 有振动管道的管架应符合下列要求:

1 有振动管道的管架宜采取减振措施,当未采取减振措施时,振动管道的垂直荷载和水平推力的标准值应分别乘以不小于 1.5 的动力系数。

2 振动管道设有限制振动的管卡或采取其他减振措施,且管架结构形式符合本规范第 6.2.1 条规定时,振动管道的垂直荷载和水平推力应分别乘以不小于 1.3 的动力系数。

3 管架的自振频率应避开振动管道的脉冲频率的 $\pm 20\%$,对多根振动管道的管架应分别避开各自管道的脉冲频率的 $\pm 20\%$ 。

4 计算基础时可不计及振动影响。

6.2.3 管道专业按事故状态提供荷载时,荷载不应乘以动力系数,也不应乘以分项系数。

6.2.4 管廊式管架上布置有振动设备时,空冷器等竖向当量荷载和水平当量荷载应按现行行业标准《石油化工钢结构冷换框架设计规范》SH/T 3077 的有关规定执行。

6.3 有振动管道的管架减振措施

6.3.1 单独敷设振动管道的管架应采用空间体系的钢结构管架,纵横向应设置 X 形或人字形柱间支撑。

6.3.2 单独敷设振动管道的管架节点连接宜采用普通螺栓加焊接或高强度螺栓的连接方式。

6.3.3 管线振动力较大时,管道专业宜采取减振措施,并应在横梁两端埋设槽钢护挡等。

7 荷载和地震作用效应组合

7.0.1 管架设计应按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载效应组合,并应取各自最不利的效应组合进行设计。

7.0.2 管架基本荷载分类、代号及分项系数应按表 7.0.2 确定。

表 7.0.2 荷载分类、代号及分项系数

序号	荷载分类	代号	分项系数
1	结构自重、管道自重、管道附件、保温、防火、防腐材料管架上的设备自重,以及电缆和仪表槽板重、积灰荷载、雪荷载、裹冰的荷载	(1)	1.2
2	管道内介质重	(2)	1.2
3	平台、走道板上的操作活荷载	(3)	1.3
4	管道试压充水荷载	(4)	1.1
5	活动管架上的水平推力	(5)	1.3
6	活动管架反作用于固定管架的水平推力	(6)	1.3
7	管道补偿器的位移弹性反力 F_b	(7)	1.3
8	管道内的不平衡内压力 F_n	(8)	1.3
9	振动管道垂直荷载(包括管道自重、保温、介质重)	(9)	1.2
10	振动管道水平推力	(10)	1.0
11	横向风荷载	(11)	1.4
12	纵向风荷载	(12)	1.4
13	横向地震作用	(13)	1.3
14	纵向地震作用	(14)	1.3
15	竖向地震作用	(15)	1.3

注:1 (1)、(2)、(5)中均不包括振动管道的有关荷载。

2 平台、走道板上可不再考虑雪荷载。

3 当恒载效应起控制作用时,(1)、(2)荷载分项系数应取 1.35。

7.0.3 承载能力极限状态效应组合宜符合表 7.0.3 规定。

表 7.0.3 承载能力极限状态效应组合

编号	组合情况	参加组合的工况	备注
1	活动管架 正常操作 + 横向风荷载	$1.2(1)+1.2(2)+1.2 \times 1.3(9)+0.9[1.3(3) \pm 1.3(5) \Psi_1 \pm 1.3(10) \pm 1.4(11)]$	振动管道 有减振措施
2			
3		$1.2(1)+1.2(2)+1.2 \times 1.5(9)+0.9[1.3(3) \pm 1.3(5) \Psi_1 \pm 1.5(10) \pm 1.4(11)]$	振动管道 无减振措施
4			
5	活动管架正 常操作 + 纵向 风荷载	$1.2(1)+1.2(2)+1.2 \times 1.3(9)+0.9[1.3(3) \pm 1.3(5) \Psi_1 \pm 1.3(10) \pm 1.3(12)]$	振动管道 有减振措施
6			
7		$1.2(1)+1.2(2)+1.2 \times 1.5(9)+0.9[1.3(3) \pm 1.3(5) \Psi_1 \pm 1.3(10) \pm 1.3(12)]$	振动管道 无减振措施
8			
9	固定管架正 常操作 + 横向 风荷载	$1.2(1)+1.2(2)+1.2 \times 1.3(9)+0.9[1.3(3) \pm 1.3(6) \Psi_1 \pm 1.3(7) \Psi_1 \pm 1.3(10) \pm 1.4(11)]$	振动管道 有减振措施
10			
11		$1.2(1)+1.2(2)+1.2 \times 1.3(9)+0.9[1.3(3) \pm 1.3(6) \Psi_1 \pm 1.3(7) \Psi_1 \pm 1.5(10) \pm 1.4(11)]$	振动管道 无减振措施
12			
13	固定管架关 闭阀门时,非 正常操作 + 横 向风荷载	$1.2(1)+1.2(2)+1.2 \times 1.3(9)+0.9[1.3(3) \pm 1.3(6) \Psi_1 \pm 1.3(7) \Psi_1 \pm 1.3(8) \Psi_1 \pm 1.3(10) \pm 1.4(11)]$	振动管道 有减振措施
14			
15		$1.2(1)+1.2(2)+1.2 \times 1.5(9)+0.9[1.3(3) \pm 1.3(6) \Psi_1 \pm 1.3(7) \Psi_1 \pm 1.3(8) \Psi_1 \pm 1.5(10) \pm 1.4(11)]$	振动管道 无减振措施
16			
17	管线试压 + 横向风荷载	$1.2(1)+0.9[1.3(3)+1.1(4) \pm 0.5 \times 1.4(11)]$	—
18			
19	管线试压 + 纵向风荷载	$1.2(1)+0.9[1.3(3)+1.1(4) \pm 0.5 \times 1.4(12)]$	—
20			

续表 7.0.3

编号	组合情况	参加组合的工况	备注
21	横向地震作用	$1.2(1)+1.2(2)\pm 1.3(13)$	—
22			
23	纵向地震作用(固定管架)	$1.2(1)+1.2(2)\pm 1.3(7)\Psi_1\pm 0.5\times 1.3(14)$	—
24			
25	竖向地震作用+横向地震作用	$1.2(1)+1.2(2)\pm 1.3(15)\pm 0.5(13)$	竖向地震作用为主
26			水平地震作用为主
27		$1.2(1)+1.2(2)+0.5(15)\pm 1.3(13)$	
28			
29	竖向地震作用+纵向地震作用(固定架管)	$1.2(1)+1.2(2)+1.3(7)\Psi_1\pm 1.3(15)\pm 0.5\times 0.5(14)$	竖向地震作用为主
30			水平地震作用为主
31		$1.2(1)+1.2(2)+1.3(7)\Psi_1\pm 0.5(15)\pm 0.5\times 1.3(14)$	
32			
33	活动管架检修+横向风荷载	$1.2(1)+1.2\times 1.3(9)+0.9[1.3(3)\pm 0.4(11)]$	—
34			
35		$1.2(1)+1.2\times 1.3(9)+0.9[1.3(3)\pm 0.4(11)]$	—
36			

- 注:1 支承有振动管道的管架组合时,应按本规范第 6.2.2 条规定乘以动力系数。
- 2 风荷载考虑横向作用,并具有正、反不同方向,对于具有支承竖向弯管的管架,应按本规范第 4.4.2 条规定计算纵向风荷载。
- 3 在组合时,对水平推力、管道位移弹性反力、横向、纵向地震作用均具有正、反不同方向,应相应取其不同的编号。
- 4 可变荷载的组合值系数在表 7.0.3 中已取 0.9,纵向地震作用于固定管架上、与管道水平推力组合时采用 0.5。
- 5 表中代号为(5)、(6)、(7)、(8)四类荷载在计算时尚应符合本规范第 5.3.1 条的规定,即荷载应乘以温度作用产生的水平推力的组合系数 Ψ_1 ,单根热管时可采用 1.0,多根热管时可采用 0.8。
- 6 表中代号(1)永久荷载分项系数,当组合效应对结构有利时,可将前面的 1.2 系数改为 1.0,当验算结构抗倾覆或抗滑移时,系数改为 0.9。
- 7 非正常操作时的偶然荷载,表中(8)管道内的不平衡内压力 F_n 不乘分项系数,与偶然荷载同时存在的其他荷载也可采用适当的代表值。
- 8 当提供检修荷载大于操作活荷载时,表中组合 33~组合 36 中代号(3)项荷载用实际检修荷载代替。

7.0.4 分期建设时,应考虑各期工程的实际情况,按本规范表 7.0.3 进行承载能力极限状态效应组合时,应取其最不利者进行设计。

7.0.5 正常使用极限状态荷载效应组合宜按表 7.0.5 的规定执行,组合值系数和频遇值系数应取 0.5,准永久值系数应取 0.5。

表 7.0.5 正常使用极限状态荷载效应组合

编号	组合情况	参加组合的工况
1	活动管架正常操作	(1)+(2)+(3)+(5)+(9)+(11)
2	固定管架正常操作	(1)+(2)+(3)+(6)+(9)+(11)
3	管道充水试压	(1)+(3)+(4)+(11)

注:1 活动管架、固定管架上支承的管道,均应考虑充水试压荷载。

2 表中代号(1)永久荷载分项系数,当组合效应对结构有利时,可将前面的 1.2 系数改为 1.0,当验算结构抗倾覆或抗滑移时,系数改为 0.9。

7.0.6 地基基础设计时,作用效应与相应的组合应符合本规范第 10 章的规定。

8 管 架

8.1 独立式管架

8.1.1 独立式管架横向计算单元可取实际结构为计算单元,纵向计算单元可取主要管道补偿器中到中为计算单元。

8.1.2 独立式活动管架可采用刚性管架,也可采用柔性管架。管架较低或管道较大时,应按刚性管架设计;管架较高且管道位移较小时,宜采用柔性管架。采用柔性管架时,管架的水平变位应满足管道位移的要求。

8.1.3 钢筋混凝土 Π 形、H形独立式管架内力计算,应符合下列要求:

1 钢筋混凝土 Π 形、H形独立式管架平面内内力计算,应符合下列要求:

1) 梁柱为铰接、柱和基础为刚性固定时,管架内力应按排架结构计算,柱计算长度系数按本规范表 3.5.4 采用;

2) 梁柱为刚接,应按框架结构进行内力分析,柱计算长度系数按本规范表 3.5.5 采用。

2 钢筋混凝土 Π 形、H形独立式管架平面外内力计算时,柱应按上端自由下端固定计算。

8.1.4 钢结构 Π 形、H形独立式管架内力计算,应符合下列要求:

1 钢结构 Π 形、H形独立式管架平面内内力计算,应符合下列要求:

1) 梁柱刚接,柱脚和基础为刚性固定时,应按框架结构进行内力分析,柱计算长度系数应按现行国家标准《钢结构设

计规范》GB 50017 的有关规定执行；

2) 梁柱刚接, 柱脚平面内为铰接(平面外刚接), 应按下端为铰接的框架计算, 柱计算长度系数, 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 钢结构 Π 形、H 形独立式管架平面外内力计算时柱应按上端自由下端固定计算, 柱计算长度系数取值应按本规范表 3.5.5 确定; 钢结构固定管架横梁应计算水平荷载产生扭矩的作用。

8.1.5 独立式管架柱应按双向偏心受压构件计算, 对于“T”型管架柱, 尚应进行抗扭计算。活动管架梁应按双向受弯构件计算, 水平荷载作用下的弯矩 M_y 小于或等于垂直荷载作用下的弯矩的 0.1 倍时, 可按单向受弯计算。独立式固定管架梁应按双向受弯及受扭计算。

8.1.6 独立式活动管架可包括独立式单层刚性管架(图 8.1.6-1)、独立式双层刚性管架(图 8.1.6-2)、独立式单层柔性管架(图 8.1.6-3)和独立式双层柔性管架(图 8.1.6-4)。

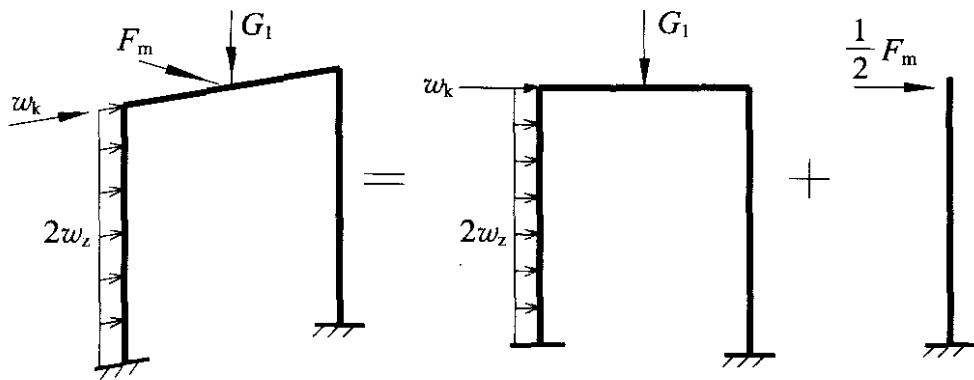


图 8.1.6-1 单层刚性管架计算

G_1 —竖向荷载; F_m —水平推力, 其中 G_1 、 F_m

仅表示荷载作用方向, 不表示集中荷载或均布荷载;

w_k 、 w_z —风荷载、水平荷载

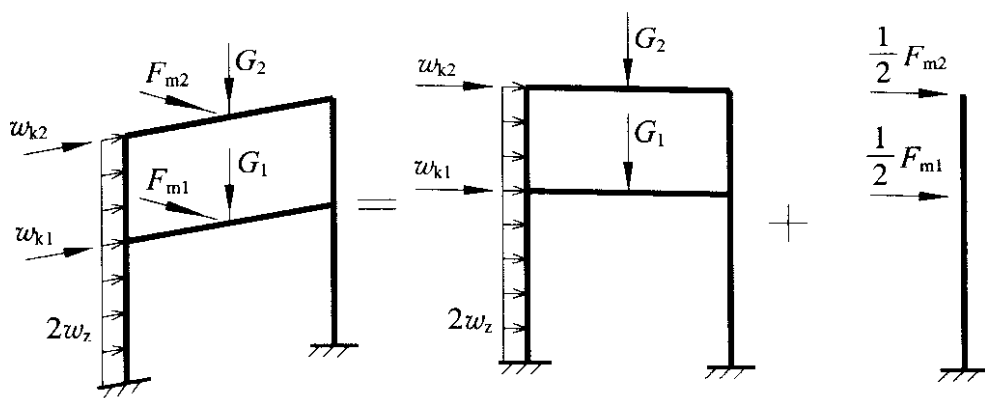


图 8.1.6-2 双层刚性管架计算

w_{k1} —作用于下层管道上的风荷载； w_{k2} —作用于上层管道上的风荷载

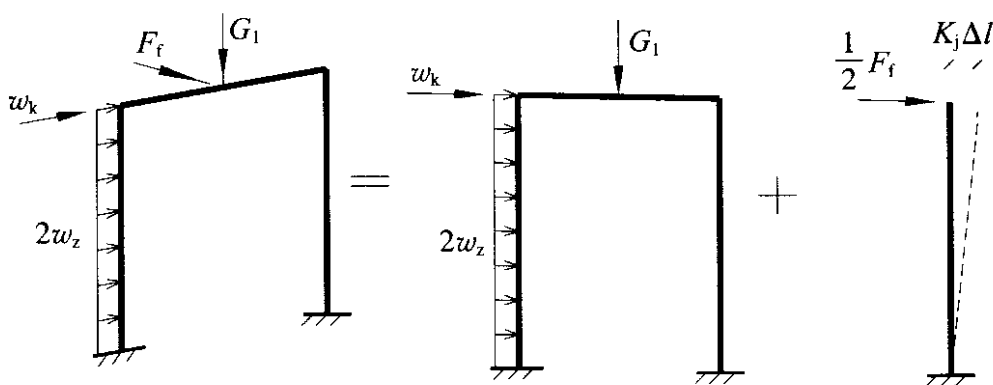


图 8.1.6-3 单层柔性管架计算

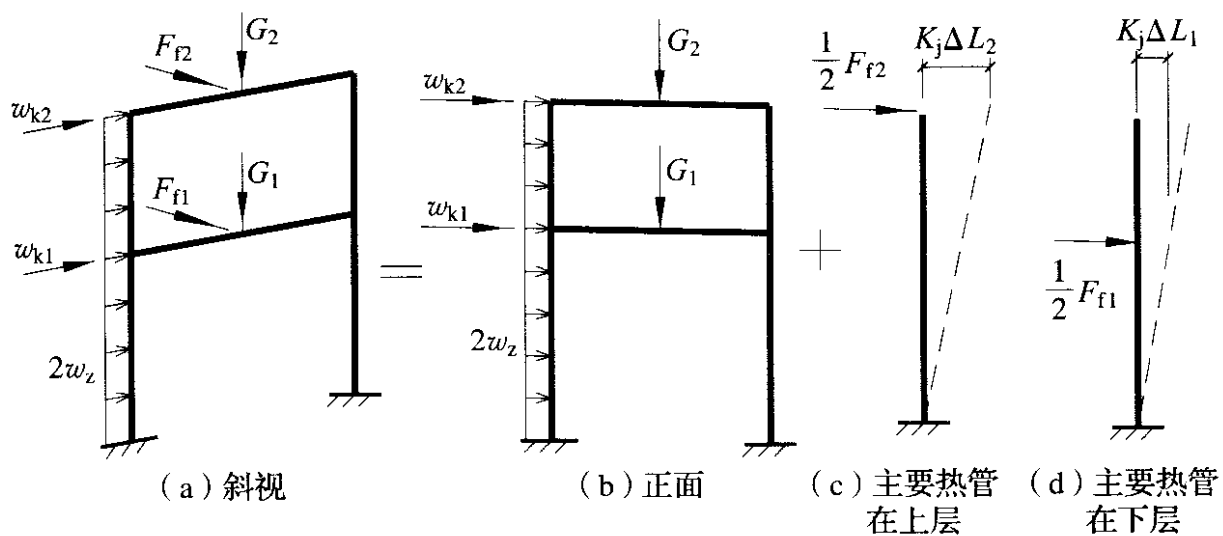


图 8.1.6-4 双层柔性管架计算

8.1.7 独立式固定管架的计算应按本规范第 8.1.6 条独立式活动管架中的刚性管架确定,但水平推力 F 应按本规范第 4.3.7 条计算,并宜考虑固定管架两侧传来的水平推力叠加时方向的不同。

8.2 跨越管架

8.2.1 跨越管架和紧邻的第一个低管架(图 8.2.1)的垂直荷载和水平推力标准值,均应分别乘以 1.5 的增大系数,有振动管线时,可乘以本规范第 6.2.2 条规定的动力系数。

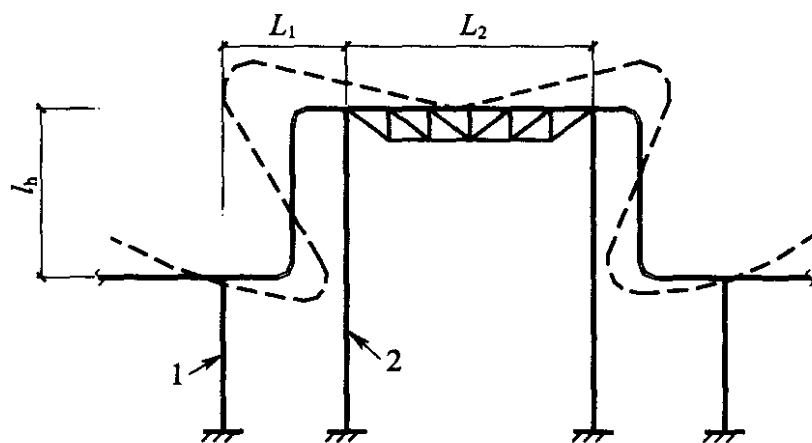


图 8.2.1 跨越管架纵向示意

1—第一个低管架;2—跨越管架

8.2.2 跨越管架中的高管架,计算管线水平推力时应符合下列要求:

1 不带桁架或纵梁的跨越高管架柱宜按柔性管架设计,计算架顶变位时,管道长度应按下式计算:

$$L = \frac{l_h + L_1 + L_2}{2} \quad (8.2.2)$$

2 桁架式跨越高管架架顶水平推力为桁架所平衡,计算管架柱时管道水平推力可不予计及,但计算桁架时应计及此水平推力。

8.2.3 支承有振动管道或易燃物料管道的跨越管架,应设置具有

较大刚度的跨越管架。

8.3 特种管架

8.3.1 特种管架的受力应与柔性管架相同。

8.3.2 管道为滑动支座时应符合下列要求：

1 等效水平推力 F_f 应按本规范公式(4.3.5-3)计算；其中， I_0 应为此榀管架所有柱沿纵向的截面惯性矩之和，当柱为变截面时应取底端的 I_0 值；当为格构式截面时，可取其各杆件组合后的 I_0 值。

2 F_f 应符合本规范第 4.3.2 条第 1 款的规定。

8.3.3 管道为滚动支座时，水平推力应按下式计算：

$$F'_f = G_1 \mu_g K_j \quad (8.3.3)$$

式中： F'_f ——滚动支座管道水平推力标准值(kN)；

μ_g ——钢与钢的滚动摩擦系数，取 0.1。

8.4 吊索式管架

8.4.1 吊索式管架应由水平拉杆、斜吊索、型钢横梁和独立式管架组成(图 8.4.1)，管架间距宜为 9m~12m，可用于敷设管道直径小于 100mm 且数量不多、无高温高压管道的管架。

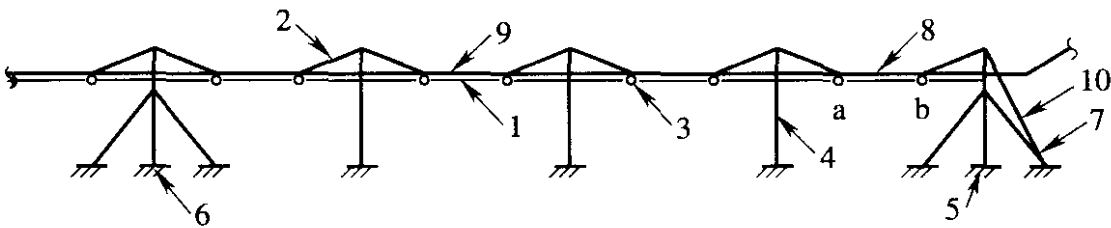


图 8.4.1 吊索式管架示意

1—水平拉杆；2—斜吊索；3—型钢横梁；4—活动管架；5—端部固定管架；

6—固定管架；7—端部斜拉索；8— $a \sim b$ 为水平力最大区间；9—管道；

10—柱顶斜拉索

8.4.2 吊索式管架吊索系统(图 8.4.2-1、图 8.4.2-2)应由斜吊索、端部斜拉索、柱顶斜拉索等组成。

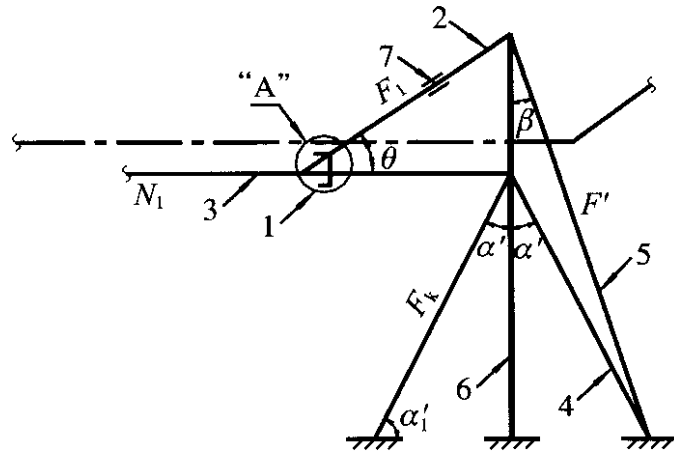


图 8.4.2-1 吊索系统

1—中间横梁;2—斜吊索;3—水平拉杆;4—端部斜拉索;5—柱顶斜拉索;
6—端部固定管架;7—花篮螺丝;8—环形钢筋;9—螺丝双面调紧

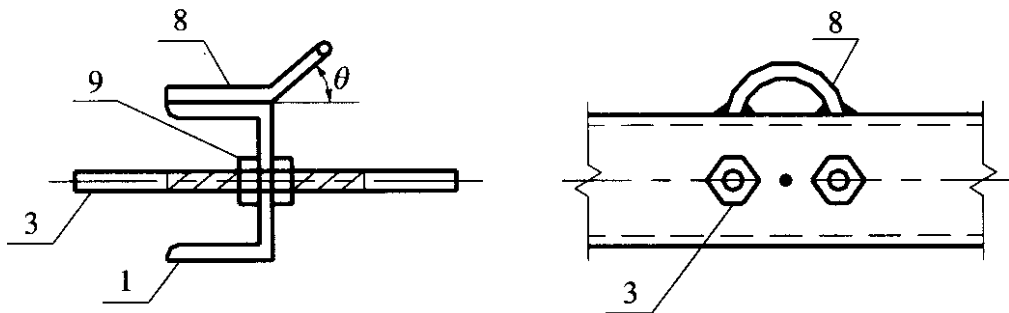


图 8.4.2-2 “A”详图

8.4.3 吊索式管架横梁承载力应符合下列要求:

1 横梁荷载应由管线的垂直荷载及其水平推力组成(图 8.4.3)。

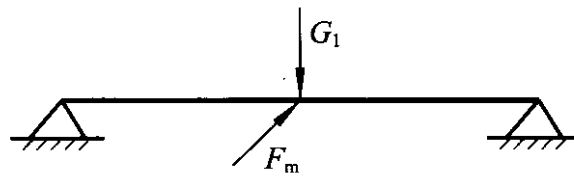


图 8.4.3 中间横梁计算

G_1 —垂直荷载标准值(kN); F_m —水平推力标准值(kN)

2 横梁在垂直荷载及水平推力作用下,横梁承载力应按两端简支双向受弯构件计算。

8.4.4 吊索式管架斜吊索设计应符合下列要求：

1 斜吊索内力(本规范图 8.4.2-1),应按下式计算：

$$F_1 = \frac{G_1}{2\sin\theta} \quad (8.4.4-1)$$

式中： F_1 ——一根吊索的内力标准值(kN)；

θ ——吊索与水平拉杆间夹角，不宜小于 35° 。

2 斜吊索截面应按下式计算：

$$\frac{F_k}{F_1} \geq 2.0 \quad (8.4.4-2)$$

式中： F_k ——斜吊索的破断力设计值。

3 当斜吊索采用光圆普通钢筋时钢筋截面积，应按下式计算：

$$F_k = A_s f_y \quad (8.4.4-3)$$

$$A_s \geq \frac{2.0F_1}{f_y} \quad (8.4.4-4)$$

式中： f_y ——钢筋抗拉强度设计值(N/mm²)；

A_s ——受拉钢筋截面积(mm²)。

8.4.5 吊索式管架水平拉杆内力计算应符合下列要求：

1 管道水平推力和吊索水平分力均应由水平拉杆承受，水平拉杆的最大内力应在靠近端部固定管架跨间的两个吊点 a-b 区间(图 8.4.1)，内力值应符合下列要求：

1)单根管道时，应按下列公式计算：

$$F_{L1} = 0.8 \sum_{i=1}^n F_{mi} + F_{ts} \quad (8.4.5-1)$$

$$F_{ts} = G_1 \frac{\cos\theta}{2\sin\theta} \quad (8.4.5-2)$$

式中： F_{L1} ——单根管道时，区间内管架水平拉杆的总拉力标准值(kN)；

F_{ts} ——斜吊索在水平拉杆上沿水平方向的总分力标准值(kN)。

2)多根管道时，应按下式计算：

$$F_L = \sum_{i=1}^{n'} F_{Li} \quad (8.4.5-3)$$

式中： F_L ——多根管道时，区间内管架水平拉杆的总拉力标准值(kN)。

2 每根水平拉杆的水平拉力，应按下式计算：

$$F'_o = \frac{F_L}{n_o} \quad (8.4.5-4)$$

式中： n_o ——水平拉杆的根数，宜为 2 根。

3 水平拉杆截面应按下式计算：

$$\frac{F_h}{F_o} \geq 2.0 \quad (8.4.5-5)$$

式中： F_h ——水平拉杆的破断力设计值，当采用钢绞线时，按本规范表 B.0.1 采用。

4 当水平拉杆采用钢筋时，钢筋截面积应按下式计算：

$$A_s \geq \frac{F_h}{f_y} = \frac{2.0F'_o}{f_y} \quad (8.4.5-6)$$

8.4.6 吊索式管架端部斜拉索计算应符合下列要求：

1 端部斜拉索内力标准值(图 8.4.6)，可按下式计算：

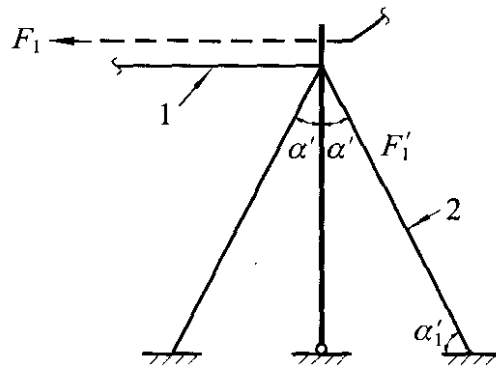


图 8.4.6 端部固定管架

1—水平拉杆；2—端部斜拉索

$$F'_t = \frac{F_t}{n_o \sin \alpha'} \quad (8.4.6-1)$$

式中： F_t ——固定管架承受的管道传来的水平力标准值，按本规范第 4.3.7 条计算，由管道专业提供(kN)；

α' ——端部斜拉索与管架柱夹角；

α_1' ——端部斜拉索与地面夹角，不宜大于 60° ；

n_0 ——端部斜拉索根数，与水平拉杆相同，双柱为 2，单柱为 1。

2 端部斜拉索截面可按下式计算：

$$\frac{F_k}{F_t'} \geq 2.0 \quad (8.4.6-2)$$

式中： F_k ——端部斜拉索的破断力设计值，当采用钢绞线时，按本规范表 B.0.1 取用。

3 当端部斜拉索采用钢筋时，钢筋截面积应按下式计算：

$$A_s \geq \frac{F_k}{F_y} = \frac{2.0F_t'}{f_y} \quad (8.4.6-3)$$

8.4.7 吊索式管架柱顶斜拉索计算应符合下列要求：

1 柱顶斜拉索内力(本规范图 8.4.2-1)，可按下式计算：

$$F' = \frac{F_1 \cdot \cos\theta}{\sin\beta} \quad (8.4.7-1)$$

式中： F' ——柱顶斜拉索的内力标准值(kN)；

β ——柱顶斜拉索与管架柱的夹角。

2 柱顶斜拉索截面可按下式计算：

$$\frac{F_k}{F_t'} \geq 2.0 \quad (8.4.7-2)$$

式中： F_k ——斜拉索的破断力设计值，当采用钢绞线时，按本规范表 B.0.1 取用。

3 当柱顶斜拉索采用钢筋时，钢筋截面积应按下式计算：

$$A_s \geq \frac{F_k}{f_y} = \frac{2.0F_t'}{f_y} \quad (8.4.7-3)$$

8.4.8 斜吊索与中间横梁连接点位置应向管架纵向中心线移动一定尺寸设置(图 8.4.8)。

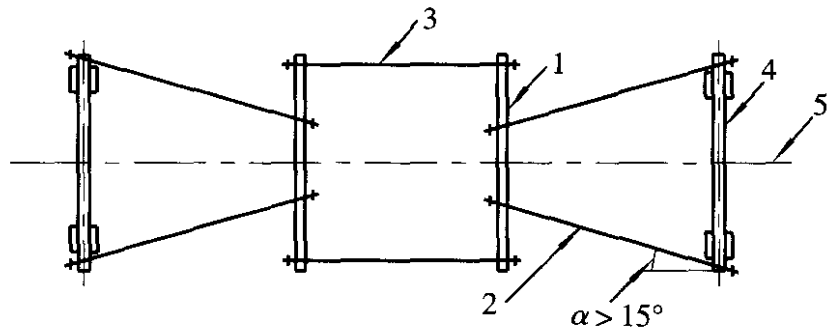


图 8.4.8 斜吊索移置平面示意

1—中间横梁；2—斜吊索；3—水平拉杆；4—吊索管架；5—管架纵向中心线

8.4.9 管架柱设计应符合下列要求：

1 吊索管架中的管架根据所采用的管架形式，应按本章有关独立式管架的规定进行设计。独立式管架柱不应承受纵向水平推力，应只承受由斜拉索和吊索传来的分力。当一侧吊索松弛或不设柱顶斜拉索时（图 8.4.9），应验算在水平拉杆处管架柱的截面承载力。

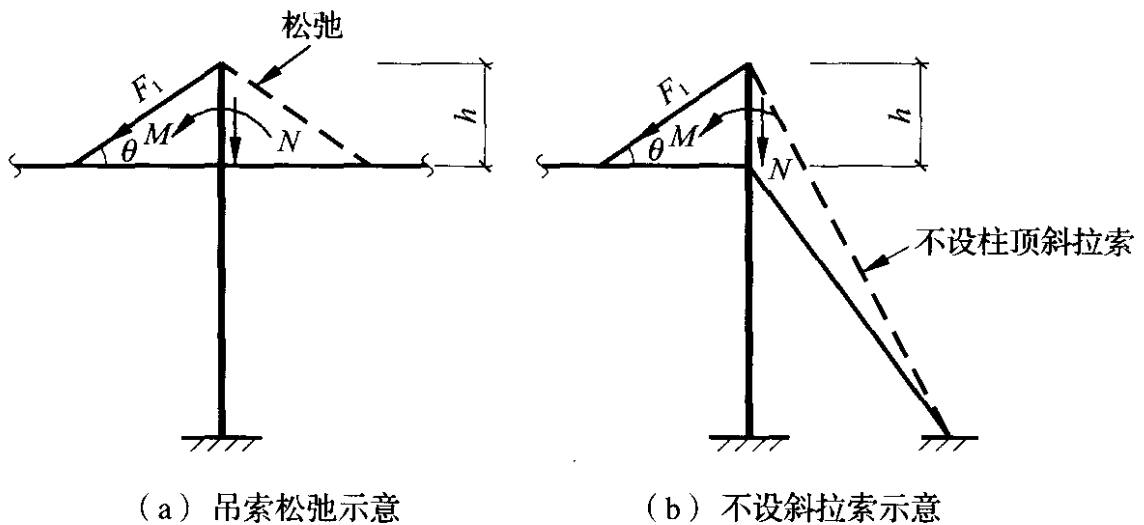


图 8.4.9 水平拉杆处的柱荷载

2 水平拉杆处管架柱截面的内力可按下列公式计算：

$$M = F_1 \cdot \cos\theta \cdot h \quad (8.4.9-1)$$

$$N = F_1 \cdot \sin\theta \quad (8.4.9-2)$$

8.4.10 斜拉索的锚板计算应符合下列要求：

1 锚板尺寸(图 8.4.10)应符合下列公式要求:

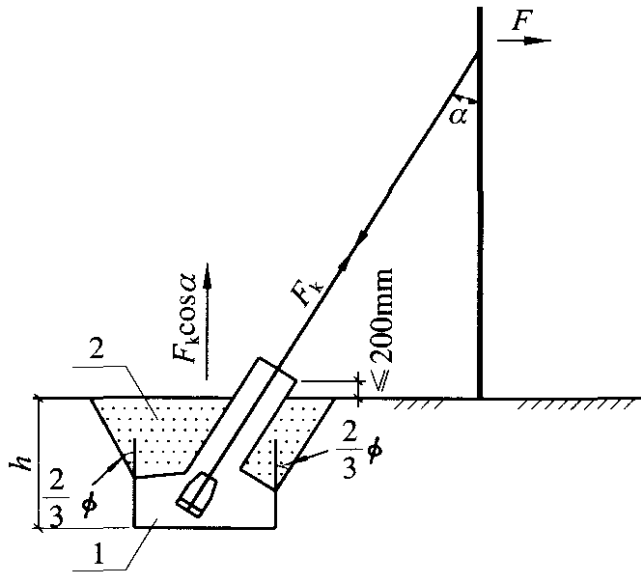


图 8.4.10 锚板受力示意

1—钢筋混凝土锚板;2—回填土

$$\frac{N_1 + N_2}{F_k \cos \alpha} \geq 2.0 \quad (8.4.10-1)$$

$$N_1 = \gamma_n V_1 \quad (8.4.10-2)$$

$$N_2 = \gamma_s V_2 \quad (8.4.10-3)$$

式中: N_1 ——锚板自重;

N_2 ——锚板上土重;

γ_n 、 γ_s ——钢筋混凝土及土的单位体积重度(kN/m^3);

ϕ ——回填土内摩擦角;

V_1 、 V_2 ——锚板及回填土的体积(m^3)。

2 锚板可按以中间为支点的悬臂板进行承载力计算。

8.4.11 吊索固定管架上的水平力应符合下列要求:

1 中间固定管架“B”上的水平力(图 8.4.11)应按下式计算:

$$F_{L1} = F_{BC} - F_{BA} \quad (8.4.11-1)$$

式中: F_{L1} ——作用于中间固定管架“B”的不平衡力标准值(kN);

F_{BC} 、 F_{BA} ——固定管架上固定管道单侧的水平推力标准值;按本规范第 4.3.7 条计算,作用于横梁上(kN)。

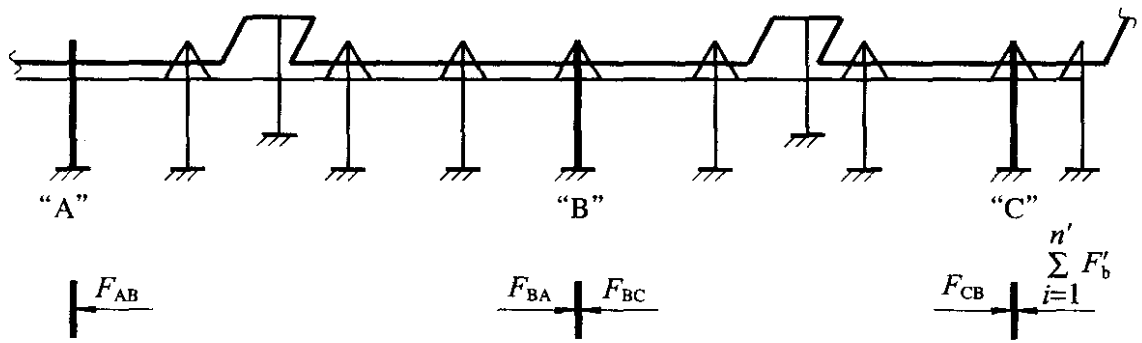


图 8.4.11 吊索式管架纵向水平力示意

2 尽端固定管架“C”上的水平力应按下式计算：

$$F_{L2} = \sum_{i=1}^{n'} F'_b - F_{CB} \quad (8.4.11-2)$$

式中： $\sum_{i=1}^{n'} F'_b$ —— 尽端固定管架管道转弯处的弹性反力标准值(kN)；

F_{L2} —— 作用于尽端固定管架上的不平衡力标准值(kN)。

3 固定管架和补偿器对称布置时，中间固定管架水平力可相互抵消，中间固定管架截面和配筋量可同活动管架，中间固定管架梁顶面设置的埋件应按固定管架横梁的要求设置。

9 管 廊

9.1 一 般 规 定

9.1.1 管廊式管架(图 9.1.1),应由纵梁或纵向桁架、中间横梁和单樑管架等组成。

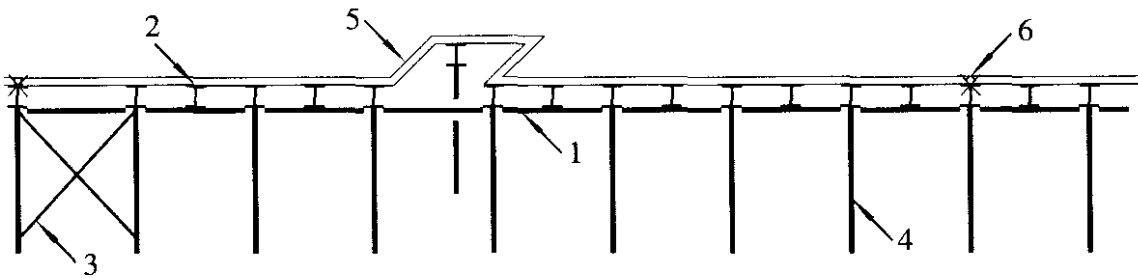


图 9.1.1 管廊式管架纵向示意

1—纵梁或桁架；2—中间横梁；3—柱间支撑；4—单樑管架；
5—补偿器；6—管道固定点

9.1.2 管廊式管架宜以温度区段作为计算单元。固定点宜设置在轴线框架的横梁上,对固定管架的横梁,应验算由水平推力产生的扭矩应力。

9.1.3 管廊式管架计算模型的确定应符合下列要求:

- 1 管道荷载分布较均匀、管线布置均匀、跨度基本一致时,计算模型可采用沿横向和纵向的平面模型简化计算。
- 2 管道荷载分布复杂、结构错层及布置复杂,且固定管架或固定点较多时,可取一个温度区段的管廊为计算单元采用空间模型整体计算。

9.1.4 管廊式管架结构构件形式应符合下列要求:

- 1 采用钢结构体系时,桁架式管架的桁架上下弦杆可用双角钢、H型钢、T型钢或钢管,腹杆可用H型钢或钢管、T型钢、双角钢,纵梁式管架的纵梁可用中翼缘H型钢梁或腹板焊成蜂窝形的

钢梁,横梁可用型钢或 H 型钢,柱可用 H 型钢。

2 采用钢筋混凝土结构体系时,其纵梁或桁架、横梁、独立式管架等均宜采用预制装配式结构,纵梁或桁架跨度等于或大于 15m 时,宜采用预应力钢筋混凝土结构,但不宜用无粘结预应力钢筋。

3 采用混合结构体系时,混凝土构件刚度应折减。

9.1.5 管廊式管架桁架支座的设置宜符合下列要求:

1 管廊柱为钢筋混凝土结构时,可根据管道敷设要求将桁架的支座设在柱顶或柱身的牛腿处。

2 管廊柱为钢结构时,桁架的支座可根据管道敷设要求设在柱顶或柱中。

3 上弦位置或上、下弦位置处均可设为铰支座。

9.1.6 管廊式管架的柱间纵向桁架形式选用宜符合下列要求:

1 管廊式管架底层采用钢筋混凝土结构时,底层柱间纵向桁架形式宜采用下降式平行弦杆桁架(图 9.1.6-1)。

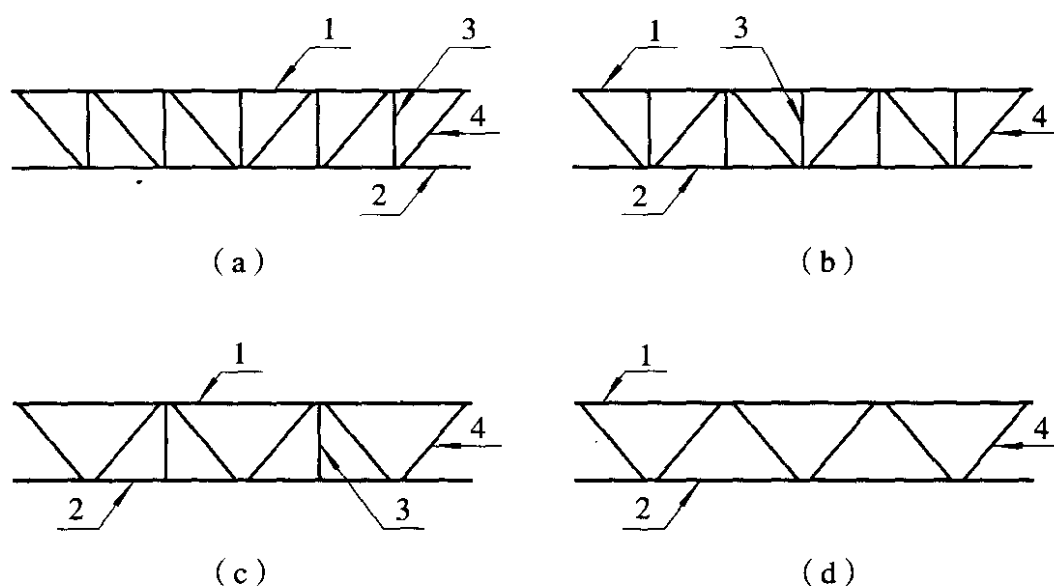


图 9.1.6-1 下降式平行弦杆桁架

1—上弦杆;2—下弦杆;3—直腹杆;4—斜腹杆

2 采用其他结构时,柱间纵向桁架形式可采用下降式平行弦杆桁架或上升式平行弦杆桁架(图 9.1.6-2)。

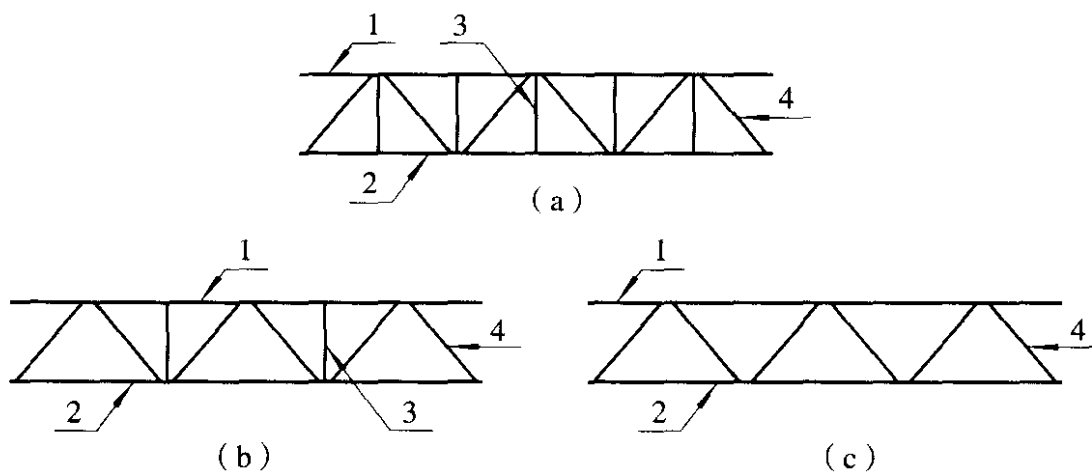


图 9.1.6-2 上升式平行弦杆桁架

1—上弦杆；2—下弦杆；3—直腹杆；4—斜腹杆

9.1.7 管廊式管架根据配管专业的要求，纵梁和横梁可错层布置（图 9.1.7）。

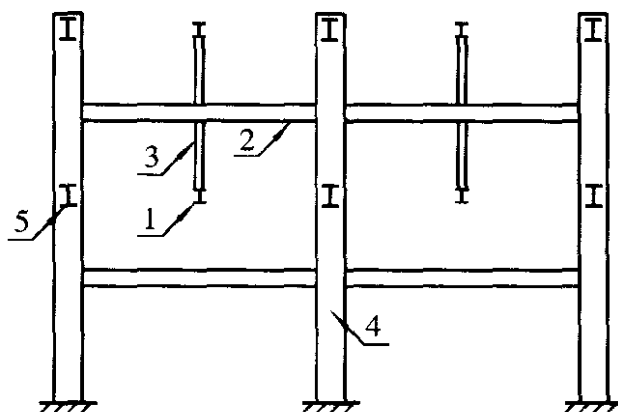


图 9.1.7 管廊式管架纵、横梁错层布置纵剖面

1—中间钢横梁；2—钢纵梁；3—竖杆；4—框架柱；5—框架横梁

9.1.8 管廊式管架纵梁节点连接应符合下列要求：

- 1 管廊纵梁或桁架与柱的节点连接宜为铰接连接。
- 2 中间横梁与纵梁或桁架连接节点宜为铰接连接或悬吊连接。

9.1.9 管廊式管架柱间支撑应符合下列要求：

- 1 管廊式管架柱间支撑布置位置应符合本规范第 3.2.3 条的规定。

2 柱间支撑应采用型钢,支撑杆件断面形式宜按 H 型钢、T 型钢、管状截面、槽钢、单角钢、双角钢的顺序选取。支撑的形式宜采用交叉支撑、人字形,柱距较大时,可采用带再分杆式,但不宜采用 K 型支撑。

3 抗震等级为一、二、三级时,不得按拉杆设计,四级时可按拉杆设计,但应满足受力要求。

4 柱间支撑的计算长度应符合本规范第 3.5.7 条的规定。

5 管廊首层层高较高、横向跨度较大时,可在管廊横向底层设置小八字撑。

6 抗震设防类别为乙类的管廊柱间支撑杆件设计内力与其承载力设计值之比,不宜大于 0.65。

9.1.10 管廊式管架水平支撑设置宜符合下列要求:

1 柱间支撑竖向无法连续布置时,宜在非连续位置处设置水平支撑。

2 管廊柱间支撑跨宜设置(与柱连接)的水平支撑。

3 横梁可作为水平支撑的弦杆,斜杆与弦杆的夹角宜为 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。

9.1.11 当所在地区为软弱地基时,活动管架径向柱和基础的连接宜为铰接,可采用两个锚栓(地脚螺栓)布置在柱沿轴向中心线位置上(本规范图 10.2.8);当柱脚两个方向均为铰接连接且纵梁与柱也为铰接连接时,应提高纵向柱间支撑的承载能力。

9.2 平面模型简化计算

9.2.1 纵梁或桁架与柱为铰接时,管线的不平衡水平推力和纵向地震作用可由柱间支撑承受,柱应按单向偏心受压构件计算。

9.2.2 管廊式管架横梁承受管道的竖向荷载和水平推力,应按双向受弯构件进行计算。管廊式管架的纵梁或桁架,承受管道轴向水平力和由横梁所传递的垂直荷载,以及转弯管道所传递的荷载,应计算偏心而引起的附加弯矩,可按拉弯或压弯杆件计算。

9.2.3 管廊式管架的桁架上部支承管道时,管道轴向水平推力可由桁架弦杆承受,部分转弯管道的水平推力可由桁架水平支撑承受。

9.2.4 每个计算单元内,纵向构件承受的最大管道轴向水平推力的计算,应符合下列要求:

1 单根管道时,纵向构件承受的最大管道轴向水平推力的计算应按下式计算:

$$F_{L1} = \xi \sum_{i=1}^n F_{mi} \quad (9.2.4-1)$$

式中: F_{L1} ——单根管道时,区间内管架纵向构件上承受的推力标准值(kN);

F_{mi} ——单根管道在第*i*个活动管架上的摩擦力标准值(kN),可按本规范公式(4.3.3)计算;为柔性管架时, F_{mi} 应为 F_{f1} ,并按本规范公式(4.3.5)计算;

n ——固定管架至补偿器之间的活动管架数;

ξ ——管道不均匀分布系数,可取0.8。

2 多根管道时,纵向构件承受的最大管道轴向水平推力应按下式计算:

$$F_L = \sum_{i=1}^{n'} F_{L1} \quad (9.2.4-2)$$

式中: F_L ——多根管道时,区间内管架纵向构件上承受的推力标准值(kN);多根管道的不均匀分布系数,可取0.6~0.8,如管架上纵梁均成对布置,取0.6;牵制系数按本规范第4.1.3条的规定取用;

n' ——固定管架上的管道数。

9.2.5 采用平面模型简化计算时,柱间支撑的水平力计算应符合下列要求:

1 一个温度区段柱间支撑和固定管架应承受管道和纵梁(或桁架)传来总的不平衡水平力(图9.2.5)。

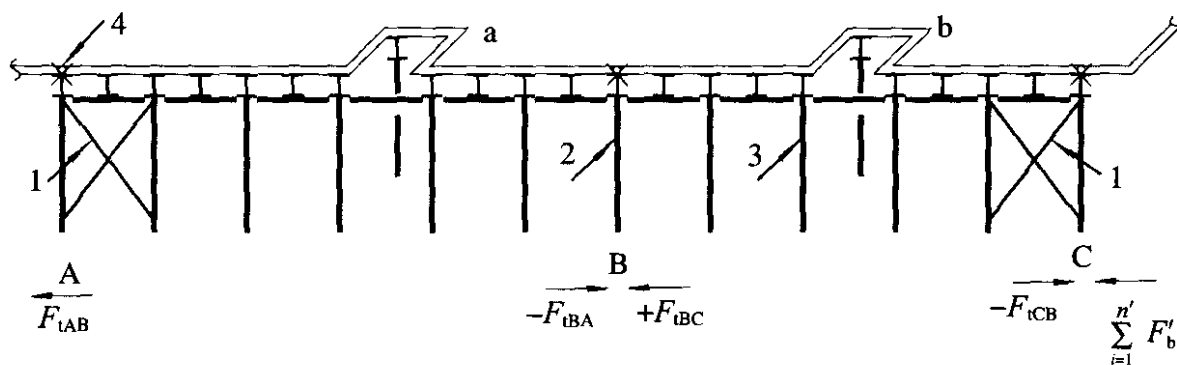


图 9.2.5 柱间支撑、固定管架受力示意

1—柱间支撑；2—固定管架；3—活动管架；4—管道固定点；a、b—补偿器；

F_{tAB} 、 F_{tBA} 、 F_{tBC} 、 F_{tCB} —固定点 A、B、C 处管道传来的水平力标准值，由 F_b 和 F_n 组成，管道专业提供；

$\sum_{i=1}^{n'} F'_b$ —支承于末端固定管架上，转弯处的管线弹性反力标准值，由管道专业提供

2 一个温度区段，可沿补偿器将管廊划分为几段分别计算。图 9.2.5 中补偿器 a 以左的管道水平力 F_{tAB} 应由柱间支撑 A 承受，补偿器 b 以右的管道水平力 $(-F_{tCB} + \sum_{i=1}^{n'} F'_b)$ 应由柱间支撑 C 承受，a、b 之间的管道水平力 $(-F_{tBA} + F_{tBC})$ 应由固定管架柱 B 承受。

3 柱间支撑宜采用两榀，每榀柱间支撑的水平力标准值，应按下列式计算：

$$F'_d = \xi F_t \quad (9.2.5)$$

式中： ξ ——管道不均匀分布系数，可取 0.6；

F_t ——相应各固定点处管道传来的水平力标准值(kN)。

9.2.6 活动管架承载力计算应符合下列要求：

1 活动管架承受的荷载应由横梁上的垂直荷载、横梁上的水平推力、风荷载以及纵梁传来的反力组成(图 9.2.6)。

2 纵梁与支架柱顶部处于同一水平面，且管架柱不承受轴向水平推力时，可按单向偏心受压构件计算。

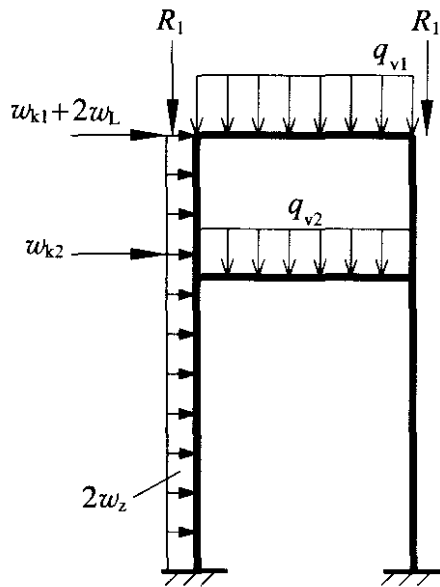


图 9.2.6 管架计算

q_{v1} 、 q_{v2} —垂直荷载； w_{k1} —作用于上层管道上的风荷载；
 w_{k2} —作用于下层管道上的风荷载； w_l —作用于纵梁上的风荷载；
 w_z —作用于管架柱上的风荷载； R_1 —纵梁反力，纵梁计算时确定

3 纵梁布置在下层位置时，应考虑柱在纵梁位置上，由上层固定管道水平推力对柱产生的弯矩，并应验算纵梁支座处柱截面的承载力。

4 纵梁与柱节点的连接件，应按纵梁承受的轴向力进行拉剪验算。

5 管廊式管架柱内力分析应与独立式管架内力分析相同。

9.2.7 固定管架横梁上的水平推力 F 应按本规范第 4.3.7 条执行，并应计及两侧传来的水平推力方向相反；柱上则承受两侧纵向构件传来的水平力，应符合本规范第 9.2.4 条的要求。

9.3 空间模型整体计算

9.3.1 采用空间模型整体计算时，管廊结构分析的模型应符合下列要求：

1 计算模型的建立、必要的简化计算与处理，应符合管廊结

构的实际工作状况。

2 管廊结构分析采用的计算简图、各几何尺寸、边界条件及结构材料性能指标,应符合管廊结构的实际情况。

3 管廊结构上各种作用的取值与效应组合、初始应力和变形状况等,应符合管廊结构的实际工作状况。

4 管廊计算单元可取一个温度区段为计算单元。当在伸缩缝处采用滑动支座连接时,也可取几个温度区段的管廊为计算单元。

5 管廊结构分析中所采用的各种近似假定和简化方法,应有理论或试验的依据,或经工程实践验证;计算结果的精度应符合工程设计的要求。

6 非典型间距管廊横梁之间的次梁和竖杆,在整体模型中可选取典型位置局部输入。

7 纵向桁架杆件宜直接在空间模型中输入建立。

9.3.2 管廊结构分析所采用的计算软件应经过鉴定。软件计算结果应进行分析和判断,并应在确认其合理、有效后再应用于工程设计。

9.3.3 管廊空间模型整体计算时,管道荷载应根据管道的布置、管径大小、管道的支点位置确定。管架上的设备荷载应考虑其对管架结构的扭转效应。

9.3.4 钢梁的整体稳定性应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

9.3.5 管廊结构地震作用分析时,在空间模型整体分析中,采用振型分解法计算结构基本周期时,应保证主振型选取的正确。

9.3.6 伸缩缝间距较长,纵向有多层整体组合桁架且桁架上下弦杆与柱连接传递水平力时,应考虑桁架杆件对整体结构的影响,可将桁架杆件和管架其他结构共同进行结构整体分析。

9.3.7 伸缩缝间距较长且高温高压管道载荷较大时,纵梁设计应考虑轴向力对强度及稳定的影响;对钢筋混凝土管架柱应考虑轴

向力对预埋件的拉压的作用。

9.3.8 上部钢结构下部混凝土结构的混合结构中混凝土部分在结构分析中对地震作用下结构的弹性抗弯刚度 $E_c I$ 应乘以折减系数,对梁折减系数可取 0.5;对柱折减系数可取 0.6。

10 地基和基础

10.1 一般规定

10.1.1 管架及管墩基础设计等级不应低于丙级。

10.1.2 地基基础设计应符合下列要求：

1 管架的地基计算均应满足承载力计算的有关规定。

2 有下列情况之一的管架应作变形验算：

1) 软弱地基上的管架结构；

2) 地基内有厚度较大或厚薄不均的填土，自重固结未完成时。

3 建造在斜坡上或边坡附近的管架，应验算其稳定性。

10.1.3 除本规范第 10.1.2 条外的其他管架结构地基可不作变形验算。

10.1.4 当顶层支撑普通设备的管廊式管架位于软弱地基时，其相邻柱基沉降差不应大于为相邻柱基的中心距离的 0.005 倍；当顶层支撑重型设备的管廊式管架位于软弱地基时，其相邻柱基沉降差不应大于相邻柱基的中心距离的 0.003 倍。

10.1.5 地基基础设计前应进行岩土工程勘察。

10.1.6 地基基础设计时，所采用的作用效应与相应的抗力限值应符合下列要求：

1 按地基承载力确定基础底面积及埋深或按单桩承载力确定桩数时，传至基础或承台底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的标准组合。相应的抗力应采用地基承载力特征值或单桩承载力特征值。

2 计算地基变形时，传至基础底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的准永久组合，不应计入风荷载和地震作用。

3 计算地基或滑坡稳定以及基础抗浮稳定时，作用效应应按

承载能力极限状态下作用的基本组合,但其分项系数均应为 1.0。

4 在确定基础或桩基承台高度、计算基础内力、确定配筋和验算材料强度时,上部结构传来的作用效应和相应的基底反力、滑坡推力,应按承载能力极限状态下作用的基本组合,采用相应的分项系数;当需要验算基础裂缝宽度时,应按正常使用极限状态作用的标准组合。

10.1.7 地基基础设计时,作用组合的效应设计值应符合下列要求:

1 正常使用极限状态下标准组合、准永久组合应符合本规范第 7.0.5 条的规定。

2 承载能力极限状态下的基本组合应符合本规范第 7.0.3 条的规定。

10.1.8 地基基础的设计使用年限不应小于管架结构的设计使用年限。

10.2 地 基

10.2.1 管架地基应选择已稳定或经过预压的地基。

10.2.2 管架基础埋深应根据工程地质和水文地质等条件综合确定,管架基础最小埋深不应小于 700mm。

10.2.3 冻土地区的管架地基基础应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ 118 的有关规定。

10.2.4 下列管架可不进行天然地基及基础的抗震承载力验算:

1 本规范规定可不进行上部结构抗震验算的管架。

2 抗震设防烈度为 6 度且高度小于 24m 的管架。

3 高度小于 24m 及 7 度、8 度、9 度地基承载力特征值分别不小于 80kPa、100kPa、120kPa 的管架。

10.2.5 天然地基基础抗震验算时,应采用地震作用效应的标准组合。

10.2.6 管架天然地基承载力验算应符合下列要求：

1 基础承受轴心荷载时应符合下式要求：

$$P_k \leq f_a \quad (10.2.6-1)$$

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(kN/m^2)；

f_a ——深宽修正后的地基承载力特征值(kN/m^2)。

2 基础承受偏心荷载作用时，除应符合公式(10.2.6-1)的要求外，尚应符合下式要求：

$$P_{k\max} \leq 1.2f_a \quad (10.2.6-2)$$

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(kN/m^2)。

3 抗震验算时，公式(10.2.6-1)、公式(10.2.6-2)中应采用地基抗震承载力 f_{aE} 代替深宽修正后的地基承载力特征值 f_a ，地基抗震承载力 f_{aE} 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。

10.2.7 管架基础承受轴心荷载和在核心区内承受偏心荷载时，天然地基承载力验算应符合下列要求：

1 矩(方)形基础(图 10.2.7)承受轴心荷载作用时可按下式确定：

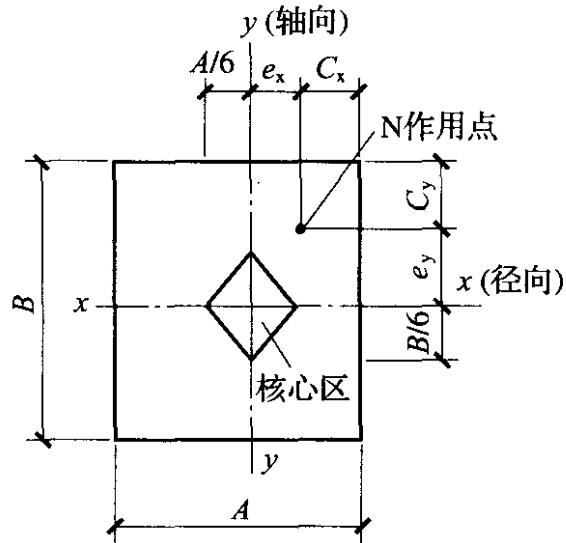


图 10.2.7 基础偏心距示意

$$P_k = \frac{N + G_r - G_w}{AB} \leq f_a \quad (10.2.7-1)$$

式中： N ——相应于荷载效应标准组合时，上部结构传至基础顶面的全部垂直荷载值(kN)；

G_r ——基础自重及基础上的填土重(kN)；

G_w ——如地下水高出基础底部时，地下水对基础产生的浮力值(kN)；

A 、 B ——基础底边长度(m)。

2 矩(方)形基础承受(单向)偏心荷载作用时可按下列公式确定：

$$P_{kmin} = \frac{N + G_r - G_w}{AB} - \frac{M}{W} \leq 1.2 f_a \quad (10.2.7-2)$$

$$P_{kmax} = \frac{N + G_r - G_w}{AB} + \frac{M}{W} \leq 1.2 f_a \quad (10.2.7-3)$$

式中： M ——相应于荷载效应标准组合时，作用于基础底面处的力矩值(kN·m)；

W ——基础底面的抵抗矩(m³)；

P_{kmin} ——相应于荷载效应标准组合时，基础边缘最小压力(kN/m²)。

3 矩(方)形基础承受双向偏心荷载作用时可按下列公式确定：

$$P_{kmax} = \frac{N + G_r - G_w}{AB} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq 1.2 f_a \quad (10.2.7-4)$$

$$P_{kmin} = \frac{N + G_r - G_w}{AB} - \frac{M_x}{W_x} - \frac{M_y}{W_y} \leq 1.2 f_a \quad (10.2.7-5)$$

式中： M_x 、 M_y ——相应于荷载效应标准组合时，作用于基础底面绕 x 及 y 方向的弯矩值(kN·m)；

W_x 、 W_y ——基础底面对 x 及 y 轴的抵抗矩(m³)。

10.2.8 管架基础在核心区外承受偏心荷载，天然地基承载力验算应符合下列要求：

1 矩(方)形基础承受(单向)偏心荷载作用时,可按下列公式确定:

$$P_{k\max} = 0.70 \left(\frac{N + G_r - G_w}{C_x B} \right) \leq 1.2 f_a \quad (10.2.8-1)$$

$$C_x = \frac{A}{2} - e_x \quad (10.2.8-2)$$

$$e_x = \frac{M_x}{N + G_r - G_w} \quad (10.2.8-3)$$

$$P_{k\max} = 0.70 \left(\frac{N + G_r - G_w}{C_y A} \right) \leq 1.2 f_a \quad (10.2.8-4)$$

$$C_y = \frac{B}{2} - e_y \quad (10.2.8-5)$$

$$e_y = \frac{M_y}{N + G_r - G_w} \quad (10.2.8-6)$$

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(kN/m^2);

e_x ——偏心距(m);

e_y ——偏心距(m)。

2 矩(方)形基础承受双向偏心荷载作用时,考虑部分基底脱离地基后的基底压力可按下式确定:

$$P_{k\max} = 0.35 \left(\frac{N + G_r - G_w}{C_x C_y} \right) \leq 1.2 f_a \quad (10.2.8-7)$$

10.2.9 当有风荷载和地震作用时,固定管架基础底面与地基土之间的零应力区,应符合下列要求:

1 在双向偏心荷载下作用时,且两个受力方向均出现零应力区时,应符合下列要求:

- 1) 当有风荷载时,基础底面与地基土之间的零应力区面积应符合基础底面允许脱开地基土的面积不大于底面全面积的 15% 的要求;
- 2) 当有地震作用时,基础底面与地基土之间的零应力区的面积应符合基础底面允许脱开地基土的面积不大于底面

全面积的 20% 的要求。

2 在只有一个方向出现零应力区时应符合下列要求：

1) 当有风荷载时, 受力方向的基础底边与地基土之间的脱离尺寸与其相应基础底边边长之比不应大于 $1/5$;

2) 当有地震作用时, 受力方向的基础底边与地基土之间的脱离尺寸与其相应基础底边边长之比不应大于 $1/4$ 。

10.2.10 采用桩基时应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

10.2.11 当地面以下无液化土层, 且桩承台周围无淤泥、淤泥质土和地基承载力特征值不大于 100kPa 的填土时, 下列管架可不进行桩基抗震承载力验算：

1 本规范第 5.1.1 条规定可不进行上部结构抗震验算的管架。

2 高度小于 24m 的管架。

10.2.12 桩基抗震承载力验算, 应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

10.2.13 固定管架基础应进行抗滑验算, 抗滑安全系数不应小于 1.3 , 抗滑阻力可采用基础底面摩擦力与基础正侧面的水平抗力之和。基础正侧面土的水平抗力可采用被动土压力的 $1/3$ 。

10.2.14 需要提高基础的抗水平力的能力时, 可采取下列措施：

1 设置刚性地坪。

2 置换地基土。

3 增加基础埋深。

4 加设基础拉梁。

10.2.15 与建(构)筑物相邻的管架, 应考虑建(构)筑物基础与管架基础差异沉降对地基的不利影响。

10.3 基 础

10.3.1 管架基础宜采用扩展式钢筋混凝土基础或桩基础。管架基础的底面尺寸较小时,也可采用素混凝土刚性基础;对软弱地基或柱间净距较小时,可采用联合式钢筋混凝土基础。

10.3.2 基础设计时应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

10.3.3 抗震设防烈度为 8 度和 9 度地区重要的独立式管架和管廊式管架,在柱间支撑处沿地面以下可设置基础拉梁。

10.3.4 支承有高温高压、振动管道的管架,管架基础宜与建(构)筑物基础统一布置,并应考虑施工顺序等因素的不利影响。

10.4 基础构造

10.4.1 基础受力钢筋混凝土保护层最小厚度应符合下列要求:

- 1 有垫层的基础应为 40mm。
- 2 无垫层的基础应为 70mm。

10.4.2 管架基础预埋锚栓(地脚螺栓)中心到混凝土基础边缘的距离,不应小于 100mm,且不应小于预埋锚栓(地脚螺栓)直径的 4 倍;特种管架和柱间支撑处的基础,不应小于 150mm,且不应小于预埋锚栓(地脚螺栓)直径的 4 倍。

10.4.3 管架基础锚栓(地脚螺栓)的直径不宜小于 16mm;管廊式管架基础锚栓(地脚螺栓)的直径不宜小于 20mm。锚栓(地脚螺栓)锚固长度范围内箍筋宜加密,其间距应为 100mm。

10.4.4 锚栓(地脚螺栓)宜考虑腐蚀裕度,宜比计算直径增大一级选用。

10.4.5 管架钢柱基础短柱构造配筋,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。

10.4.6 管架钢柱基础顶面,应预留 30mm~50mm 的二次浇灌层,在钢柱安装后应用比基础混凝土强度等级高一级的细石混凝土

土或水泥基灌浆料填实。

10.4.7 管架钢柱基础顶面高出设计地面的高度,不宜小于150mm;当采用外包式柱脚或埋入式柱脚时,柱脚的混凝土保护高度高出设计地面不宜小于150mm。

10.4.8 钢筋的锚固、接头、焊接、弯钩、配筋,均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。

10.4.9 对于水平推力大于300kN的固定管架钢柱柱脚可采用埋入式柱脚。

11 管架结构构造

11.1 钢筋混凝土管架构造

11.1.1 钢筋混凝土管架横梁截面应采用矩形,最小截面尺寸宽×高宜为 200mm×250mm,悬臂梁宜为变截面。

11.1.2 钢筋混凝土管架柱最小截面宜为 250mm×250mm,受力纵筋不得小于 4Φ12。

11.1.3 钢筋混凝土管架梁、柱钢筋混凝土保护层最小厚度,应根据混凝土耐久性及防腐要求确定,但不宜小于 30mm。

11.1.4 钢筋混凝土管架的箍筋,应符合下列要求:

1 “T”型管架柱和横梁、固定管架横梁的箍筋,应做成封闭式的抗扭箍筋。

2 下列范围内柱的箍筋间距不应大于 100mm,箍筋直径不应小于 Φ8:

1)固定管架、“T”型管架、跨越管架、特种管架和其他主要支承振动管道的管架、抗震设防烈度为 7 度~9 度区的管架,在柱顶以下 500mm 范围内、中间层梁柱节点上下 500mm 范围内和柱底至地坪以上 500mm 范围内;

2)柱间支撑与柱连接节点上、下各 300mm 范围内。

11.1.5 钢筋混凝土活动管架宜沿横梁顶部埋设一根直径为 Φ16 的通长钢筋,露出梁顶面宜为 6mm,或埋设厚度宜为 8mm 的通长扁钢,露出梁顶面宜为 4mm[图 11.1.5(a)、图 11.1.5(b)]。支承变形大或有振动的管道时,可加长管座或在梁顶埋设一条通长的槽型锚定轨[图 11.1.5(c)],也可在横梁端部设置防滑的槽钢护挡。固定管架应在梁顶两侧埋设不小于 L 50×5 的通长角钢[图 11.1.5(d)],或在梁两侧焊有槽钢[图 11.1.5(e)]。埋件型式宜

根据管道专业提出的要求选用,埋件的锚固钢筋直径及数量应根据计算确定。

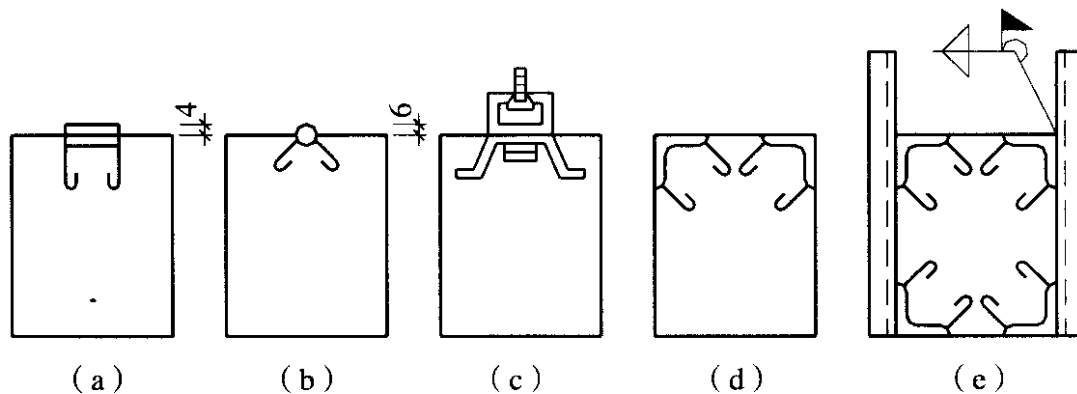


图 11.1.5 管架顶面构造要求

11.1.6 固定管架、跨越管架、特种管架主要支承振动管道的管架、设有柱间支撑的管架及抗震设防烈度为 8 度和 9 度地区的管架、装配式混凝土管架梁柱铰接连接节点处的预埋件的锚筋,不宜小于 $4\Phi 12$,锚固长度不应小于 $30d$;锚固长度不能满足要求时,应采取相应的措施。钢筋混凝土“T”型管架柱,其主筋在梁中的锚固长度和抗扭构造,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。

11.1.7 抗震构造措施应符合下列要求:

1 钢筋混凝土管架结构应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关抗震构造措施的规定。

2 纵梁及桁架的跨度大于 9m 时,宜设置水平支撑,且应符合本规范第 3.2.3 条的规定。

3 抗震设防烈度为 8 度和 9 度时,活动管架顶层的梁端,应按下列要求设置槽钢护挡:

- 1) 在管道直线段,每隔一个管架应设一个;
- 2) 管道转弯处应设置;
- 3) 对特种管架、支承大于或等于 300mm 管道的管架,每个管架上均应设置。

11.1.8 装配式混凝土管架梁柱铰接节点应设置相应的预埋件(图 11.1.8)。

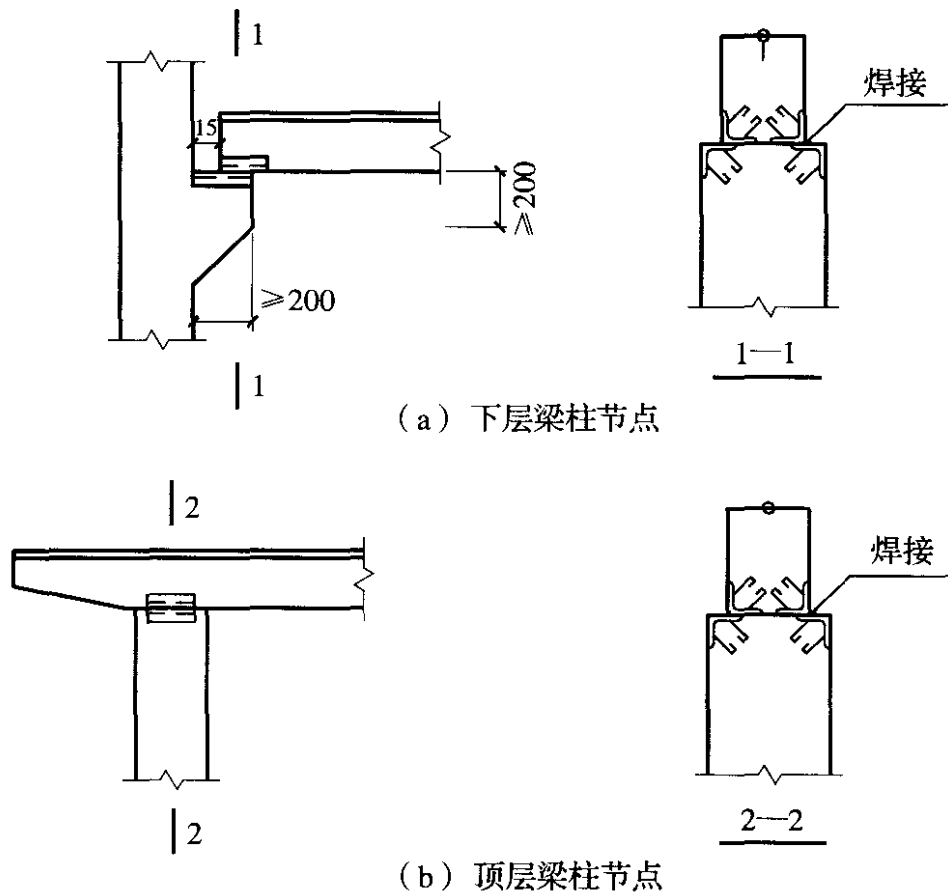


图 11.1.8 装配式梁柱节点

11.1.9 纵向长臂管架的中间横梁可布置于悬臂的末端。长臂梁截面的上部钢筋应按计算确定，上部及下部钢筋不宜少于 $2\Phi 16$ ，箍筋不宜小于 $\Phi 8@100$ ；横梁上敷设固定管道时，尚应验算横梁承受水平力产生的弯矩、扭矩；长臂悬出的长度不宜大于 2.0m。

11.2 钢结构管架构造

11.2.1 钢结构管架横向梁柱连接节点宜为刚接。

11.2.2 固定管架的钢梁宜采用由两个槽钢焊接组合的断面或 H 型钢，水平推力较大的固定点处，宜设水平支撑。

11.2.3 管架钢柱脚底板厚度不宜小于 16mm；管廊式管架钢柱脚底板厚度不宜小于 20mm。钢柱脚抗剪承载力不足时在钢柱脚底板下可设置抗剪键。

11.2.4 管廊式管架纵向柱间支撑应符合下列要求：

- 1 柱间支撑宜各层连续设置，下柱支撑应确保水平力能直接

传给基础。

2 在交叉支撑的交叉点宜设节点板。

3 柱间支撑节点板的厚度不应小于 8mm。

11.2.5 管廊式管架的伸缩缝处可采用双柱,当伸缩缝处为单柱时,伸缩缝处纵梁、桁架与柱的连接可采用滑动支座,其构造可设椭圆孔(图 11.2.5)。钢牛腿顶部应刨平加设 8mm 厚聚四氟乙烯板。

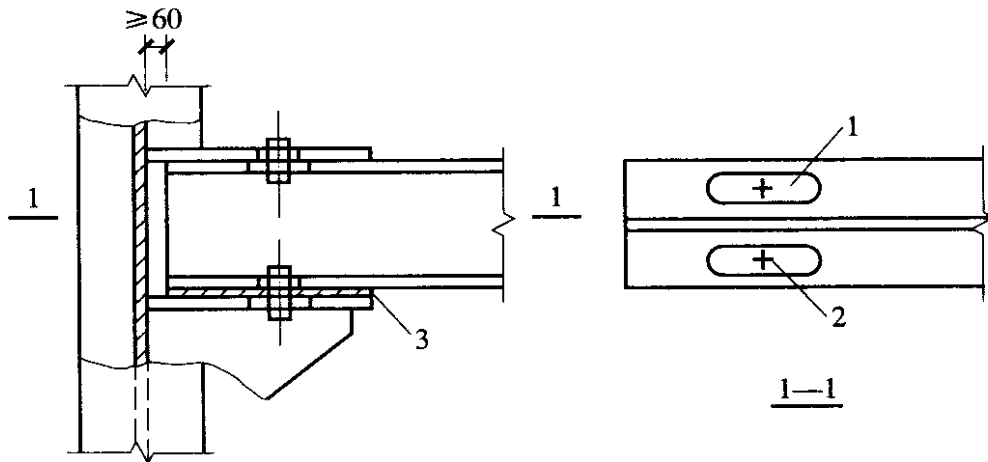


图 11.2.5 管廊式管架的伸缩缝构造

1—椭圆孔;2—螺栓;3—8mm 厚聚四氟乙烯板

11.2.6 钢桁架跨度大于或等于 18m 时,起拱高度宜为桁架跨度的 1/400。

11.2.7 钢桁架跨度大于或等于 15m,宜分成两段制造,且宜运至现场后再组装。

11.2.8 管廊式管架柱的高度宜与桁架或纵梁的上部平齐。

11.2.9 跨越管架柱采用钢结构时,可采用 H 型钢或格构式钢柱。格构式钢柱小于或等于 6m 时在柱中部应设两道横隔,高度在 6m~9m 时应设三道横隔。

11.3 混合结构构造

11.3.1 柱横向采用钢筋混凝土结构,纵梁为钢结构时,纵梁与混凝土柱间的连接埋件应按拉剪埋件进行设计。

11.3.2 管架底层采用钢筋混凝土柱时,上部钢结构的柱脚宜采用铰接柱脚。

12 管 墩

12.1 管 墩 计 算

12.1.1 管墩上的垂直荷载和管道水平推力计算方法应与管架的相同。抗震设防烈度为8度或小于8度时,管墩可不考虑地震作用。

12.1.2 露出地面高度小于700mm的活动管墩可不计算水平推力,经修正后的地基承载力特征值 $f_a \geq 80\text{kPa}$,相应于荷载效应标准组合,且基础底面的平均压力值 $P \leq 20\text{kPa}$ 时,可不作地基承载力验算。

12.1.3 固定管墩应进行偏心受压、抗剪验算,对底板应作抗弯、抗冲切、抗倾覆、抗滑移等验算。

12.1.4 固定管墩地基承载力应按下列公式计算:

$$\frac{N}{A_1} \leq f_a \quad (12.1.4-1)$$

$$\gamma_d F_1 \leq \frac{1}{2} \gamma_{s1} D_1^2 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) l_1 + N \mu_c \quad (12.1.4-2)$$

式中: N ——总垂直荷载标准值(kN);

A_1 ——预制管墩的底面积(m^2);

F_1 ——管道作用于固定管墩的水平推力标准值(kN),由管道专业提供;

γ_d ——固定管墩上水平推力的分项系数,取 $\gamma_d = 1.3$;

γ_{s1} ——回填土的重度(kN/m^3);

D_1 ——设计地面至墩底的距离(m);

ϕ ——回填土的内摩擦角,可近似取和回填土同类型的天然土内摩擦角($^\circ$);

l_1 ——管墩长度(m);

μ_c ——混凝土与土壤的摩擦系数,取 $\mu_c = 0.3 \sim 0.4$ 。

12.2 预制混凝土管墩

12.2.1 混凝土管墩宜采用预制, 预制块长度可分为 0.5m、1.0m、1.5m、2.0m; 活动管墩可采用 a、b、c、f 型结构(图 12.2.1), 固定管墩宜采用 d、e 型结构(图 12.2.1)。

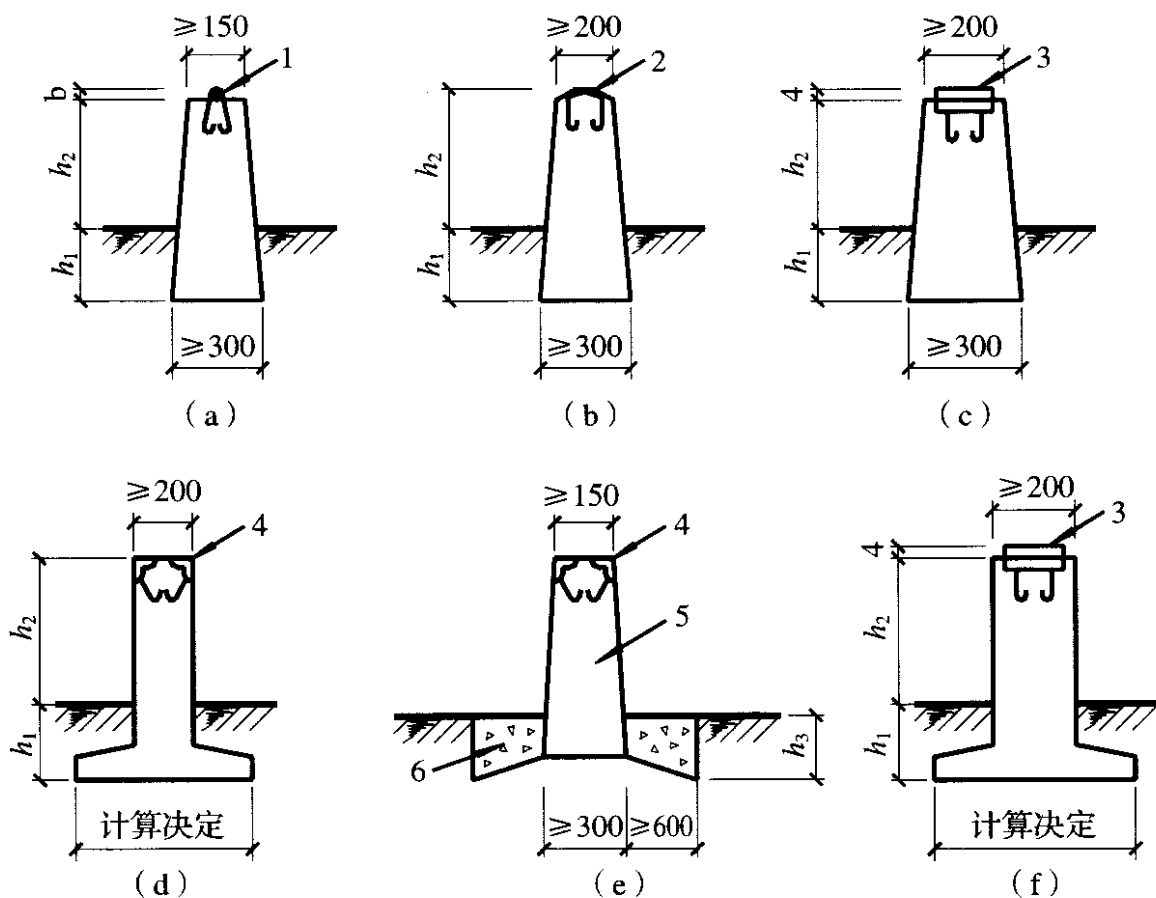


图 12.2.1 管墩示意

1— $\Phi 16$ 通长; 2— 80×8 通长; 3—8 通长;
4— $L50 \times 5$ 通长; 5—预制管墩; 6—C25 混凝土;
 $h_1 \geq 500$; $h_2 \leq 1000$; $h_3 \geq 600$

12.2.2 活动管墩宜采用素混凝土结构。

12.3 现浇混凝土管墩

12.3.1 混凝土固定管墩采用现浇时, 固定管墩宜采用 d 型结构(本规范图 12.2.1)。

12.3.2 两个管墩距离较近时应做成联合管墩。

12.3.3 固定管墩宜采用钢筋混凝土结构。

12.4 管墩结构构造

12.4.1 管墩顶面构造(本规范图 12.2.1),应随打随压光。

12.4.2 钢筋混凝土管墩的钢筋保护层最小厚度应根据混凝土耐久性及防腐要求确定。

12.4.3 管墩埋深不应小于 500mm,且应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ 118 的有关规定。

12.4.4 固定管墩周边的回填土应分层夯实,压实系数不应小于 0.94。

13 管架的防腐蚀设计

13.0.1 管架所处环境的腐蚀性等级,应按现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的有关规定进行分级。

13.0.2 在腐蚀性等级为强、中区域的管架,钢筋混凝土构件的混凝土强度等级不应低于 C40,其耐久性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;钢筋混凝土保护层厚度在腐蚀性等级为强时不应小于 40mm,在腐蚀性等级为中时不应小于 35mm;最大裂缝宽度允许值为 0.2mm;外露的金属零件均应采取防腐蚀措施;宜采用整榀预制的钢筋混凝土管架。

13.0.3 当污染土、地下水和生产过程中泄露的介质对混凝土具有强、中腐蚀时,管架基础及管墩的混凝土强度等级不应低于 C40;管架基础及地面以下管墩外表面,应按现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的有关规定涂刷防腐蚀涂层;管架基础及管墩下应做防腐蚀垫层。

13.0.4 钢结构管架的防腐蚀设计应符合下列要求:

1 管架柱、桁架宜采用 H 型截面和管型截面,管型截面端部应进行封闭。

2 腐蚀性等级为强、中时,钢结构构件不应采用由双角钢组成的 T 形截面或由双槽钢组成的工形截面;腐蚀性等级为弱时,不宜采用由双角钢组成的 T 形截面或由双槽钢组成的工形截面。

3 对腐蚀性等级为强时,不得采用吊索式;在其他环境下采用吊索式管架时,可采用外套塑料保护套的镀锌钢绞线,或具有防腐措施的钢绞线。

4 钢结构杆件截面的最小厚度,钢板组合的杆件不应小于 6mm;管型截面杆件不应小于 4mm;角钢截面不应小于 5mm。

5 圆钢吊杆或拉杆的直径不应小于 20mm

13.0.5 钢结构管架构件的表面防腐蚀设计应明确防护层使用年限,并按现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的有关规定进行防护设计。

14 钢管架的防火保护层设计

14.1 一般规定

14.1.1 在爆炸危险区范围内的主管廊的钢管架应进行防火保护设计,爆炸危险区范围应由安全、工艺、电气等相关专业确定。

14.1.2 需作防火保护的钢结构管廊,其柱、梁和柱间支撑等构件的防火保护层设置范围、耐火极限,应符合现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 的有关规定。

14.1.3 钢管架构件应避免出现难于检查、清刷和涂装且能积留湿气和大量灰尘的死角或凹槽。闭口截面构件应沿全长和端部焊接封闭。钢管架构件表面的除锈等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定》系列 GB/T 8923.1~GB/T 8923.4 的有关规定。

14.1.4 钢管架防火保护层可选用钢结构防火涂料、轻质耐火混凝土防火保护层或水泥砂浆防火保护层,钢结构防火涂料应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 的有关规定。

14.1.5 室外钢管架采用防火涂料时,应选用室外型钢结构防火涂料;处于湿热环境的管架宜选用厚型钢结构防火涂料。

14.1.6 用于构件表面的防锈底漆及用于防火保护材料外表面的防腐蚀面层涂料,均应与防火保护材料相适应,并应具有良好的附着力。

14.2 防火保护构造

14.2.1 钢柱、钢梁及钢支撑杆件应进行防火保护(图 14.2.1-1、图 14.2.1-2、图 14.2.1-3 和图 14.2.1-4)。

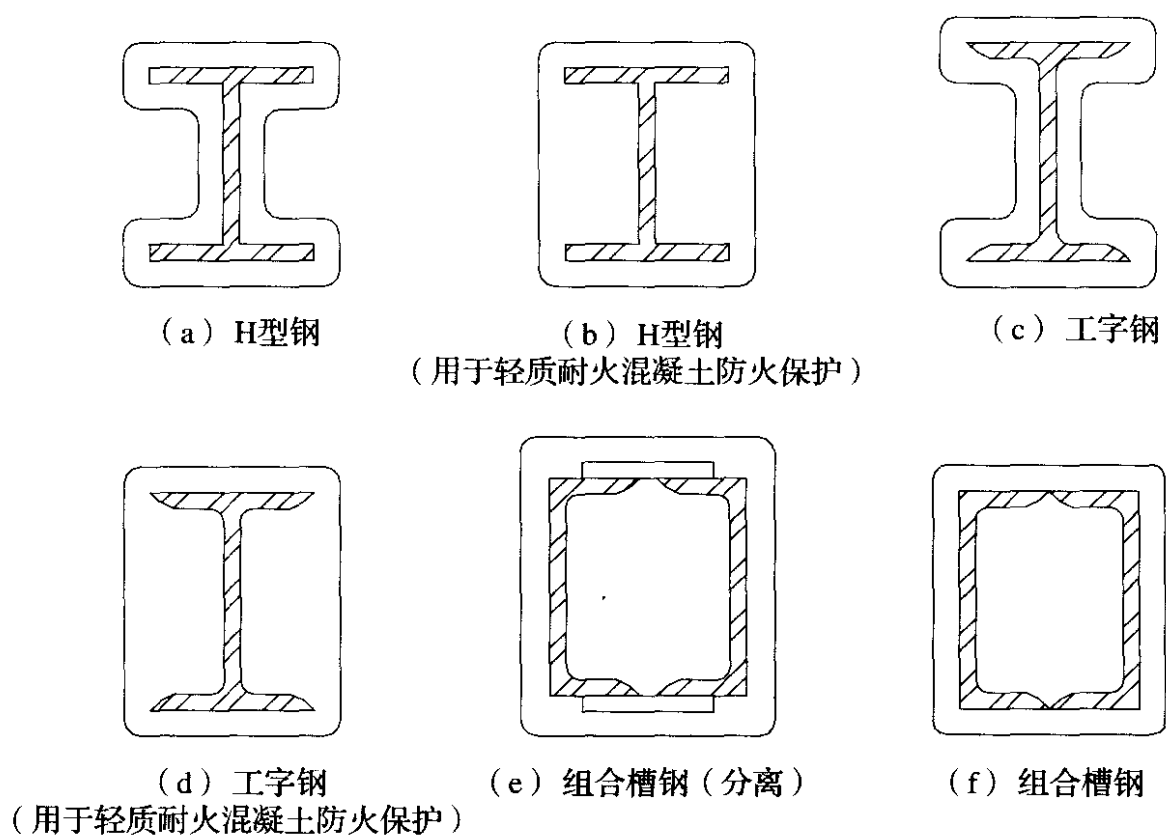


图 14.2.1-1 钢柱防火保护形式示意

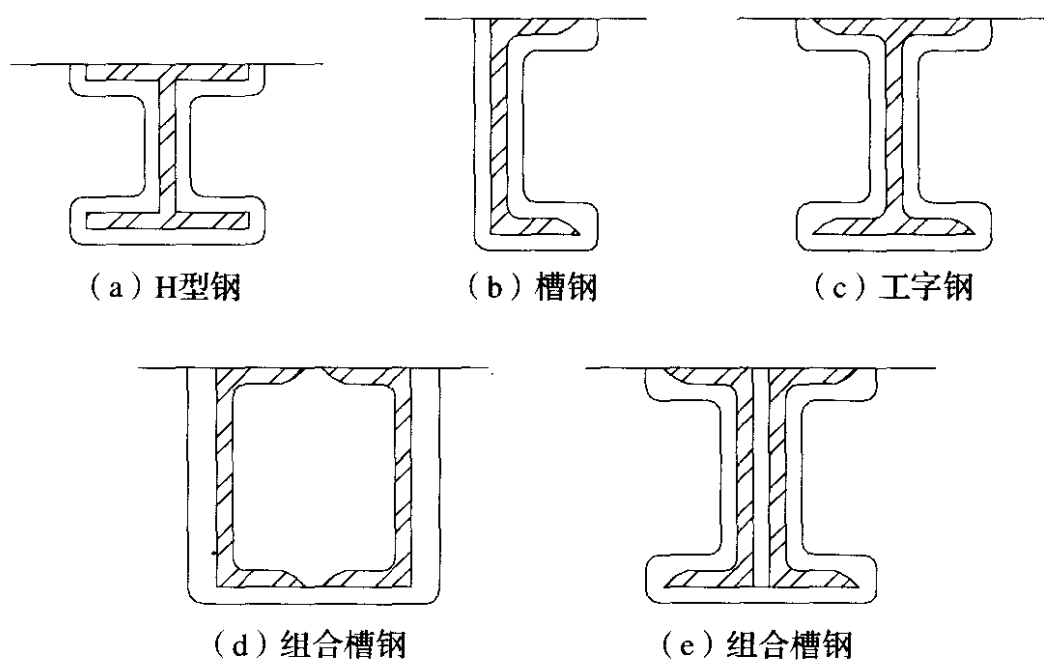


图 14.2.1-2 钢梁顶有覆盖层防火保护形式示意

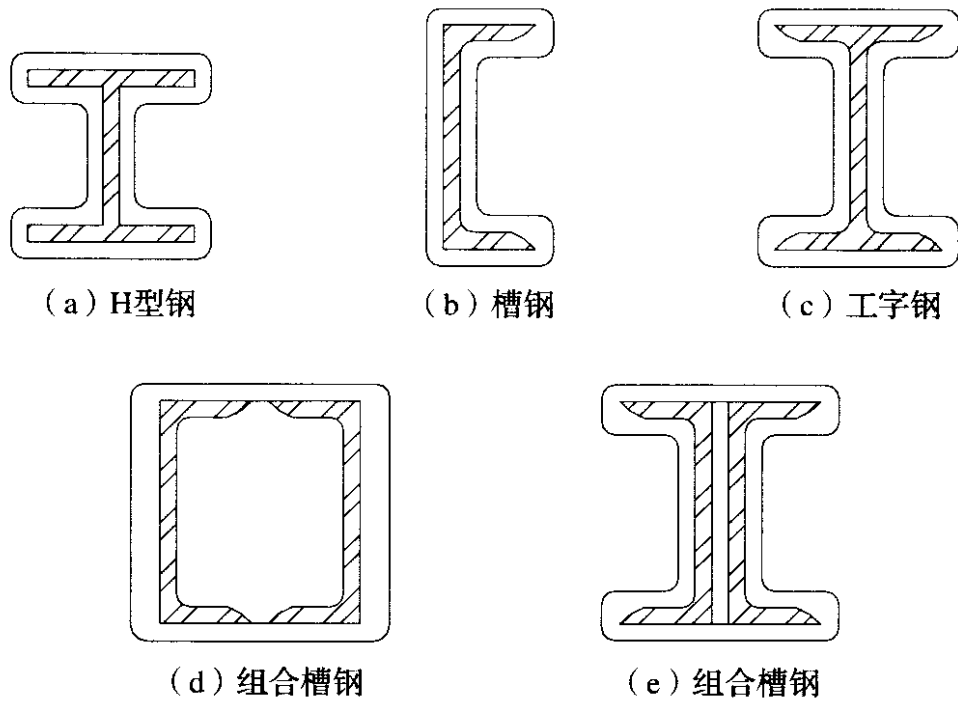


图 14.2.1-3 钢梁顶无覆盖层防火保护形式示意

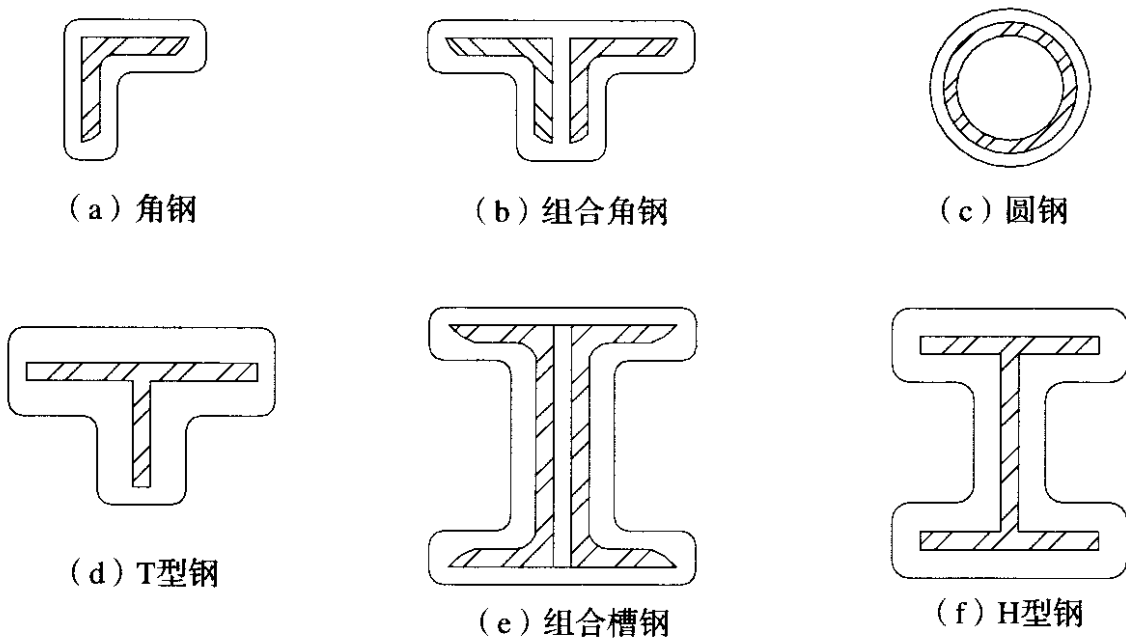


图 14.2.1-4 钢支撑杆件保护形式示意

14.2.2 厚型钢结构防火涂料保护层构造,应符合下列要求:

- 1 涂层构造应包括基层除锈、耐碱防锈底漆两遍、防火涂层。
- 2 对于不要求在构件表面设拉结镀锌钢丝网的涂料,当涂层

厚度等于或大于 25mm 或其粘结强度小于 0.05MPa 时,宜在构件表面设置拉结镀锌钢丝网,钢丝网的规格宜采用 FW R 20×0.5~FW R 50×1.5,并应符合现行国家标准《一般用途镀锌低碳钢丝编织网方孔网》QB/T 1925.1 的有关规定。

3 处于强腐蚀环境时,应在防火涂层外表面涂刷耐腐蚀性的聚合物水泥浆两遍,也可采用耐碱的阻燃型防腐蚀涂料,涂刷不应少于两遍。

4 涂层拐角可做成直角形或半径为 10mm 的圆弧形。

14.2.3 薄型和超薄型钢结构防火涂料保护层构造,应符合下列要求:

1 涂层构造应包括基层除锈、耐碱防锈底漆两道、防火涂层。

2 处于强腐蚀环境时,应选用耐腐蚀的钢结构防火涂料。

14.2.4 轻质耐火混凝土防火保护层或水泥砂浆防火保护层构造,应符合下列要求:

1 保护层构造应包括基层除锈、耐碱防锈底漆两道、拉结镀锌钢丝网、轻质耐火混凝土防火保护层或水泥砂浆防火保护层。

2 轻质耐火混凝土防火保护层或水泥砂浆防火保护层端部接缝处,应采用防水油膏封严。

3 处于强腐蚀环境时,应在防火涂层外,涂刷耐腐蚀性的聚合物水泥浆两遍,也可采用耐碱的阻燃型防腐蚀涂料,涂刷不应少于两遍。

4 防火保护层拐角可做成直角形,或半径为 10mm 的圆弧形。

15 职业健康、安全、环保

- 15.0.1** 管架、管墩设计应符合职业健康、安全、环保要求。
- 15.0.2** 当组织管架、管墩等有关安全和环保问题的评审时,应邀请安全工程师和环保工程师参加。
- 15.0.3** 根据项目特点,管架、管墩布置时,可按职业健康、安全、环保要求的计划组织各专业职业健康、安全、环保的审查,必要时应邀请施工管理部门参加。
- 15.0.4** 管架、管墩地基处理时,应选用环保节能性的材料。
- 15.0.5** 管架、管墩基础采用桩基础时,应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定选用安全可靠的桩型及施工工艺。
- 15.0.6** 管架、管墩基础设计时,应将有关地基开挖后对周围建(构)筑物相关基础的影响予以说明。
- 15.0.7** 确定管架的结构选型时,应综合施工及运行全过程的安全性和稳定性。
- 15.0.8** 在管架上设置操作和巡检等通道平台、直梯、斜梯、防护栏杆时,应按现行国家标准《固定式钢梯及平台安全要求》系列 GB 4053.1~GB 4053.3 的有关规定执行。
- 15.0.9** 管廊式管架结构的平台或通道的钢楼板设计时,应根据安全性的要求布置主次梁间距。
- 15.0.10** 当在管廊的通道的楼板上开设供人员上下通行的直梯孔洞时,应在直梯孔洞上设安全盖板或在直梯孔洞两侧设安全门。

附录 A 梁扭矩作用下应力

A. 0. 1 沿杆轴方向一扭矩 T 作用下扭转作用(图 A. 0. 1)应由自由扭转和约束扭转两部分组成, 扭转角 θ 的微分方程可按下列公式计算, 微分方程的解可按表 A. 0. 1 确定:

$$T = GJ\theta' - EC_w\theta''' \quad (\text{A. 0. 1-1})$$

$$a = \frac{h}{2} \sqrt{\frac{EI_y}{GJ}} = \sqrt{\frac{EC_w}{GJ}} \quad (\text{A. 0. 1-2})$$

式中: z ——杆轴方向距左端距离(m);

G ——剪切模量(kN/m^2);

J ——截面扭转惯性矩(m^4);

θ ——绕 z 轴(杆长方向)扭转角度(rad);

E ——钢材弹性模量(kN/m^2);

a ——扭转特性系数(m);

I_y —— y 轴方向惯性矩(m^4);

θ''' —— θ 对 z 的三次导数;

C_w ——截面翘曲常量(m^6)。

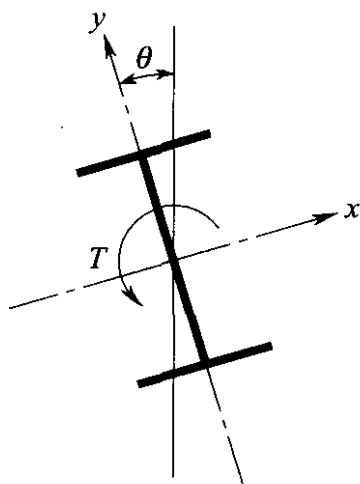

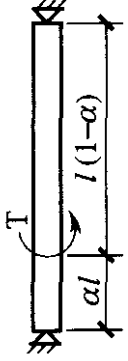


图 A. 0. 1 梁扭矩作用示意

表 A.0.1 扭矩 T 作用两端固定梁、两端铰接梁，一端固定、一端自由梁扭转角

序号	扭转角 θ	边界约束条件
1	$\theta = \frac{T a}{G J} \left(\tanh \frac{l}{2 a} \times \cosh \frac{z}{a} - \tanh \frac{l}{2 a} + \frac{z}{a} - \sinh \frac{z}{a} \right)$	 <p>左端 固定 $\theta = \theta' = 0$ 右端 固定 $\theta' = 0$ 集中扭矩作用在两固定端</p>
2	$0 \leq z \leq \alpha l$ $\theta = \frac{T l}{G J} \left[(1.0 - \alpha) \frac{z}{l} + \frac{a}{l} \left(\frac{\sinh \frac{\alpha l}{a}}{\tanh \frac{\alpha l}{a}} - \cosh \frac{\alpha l}{a} \right) \times \sinh \frac{z}{a} \right]$ $\alpha l \leq z \leq l$ $\theta = \frac{T l}{G J} \left[(l - z) \frac{\alpha}{l} + \frac{a}{l} \left(\frac{\sinh \frac{\alpha l}{a}}{\tanh \frac{\alpha l}{a}} \times \sinh \frac{z}{a} - \sinh \frac{z}{a} - \sinh \frac{\alpha l}{a} \times \cosh \frac{z}{a} \right) \right]$	 <p>左端 铰接 $\theta = \theta' = 0$ 右端 铰接 $\theta' = 0$ 集中扭矩作用在 αl 处</p>

续表 A.0.1

序号	扭转角 θ	边界约束条件
	$0 \leq z \leq \alpha l$ $\theta = \frac{T a}{(H+1)GJ} \left[H \times \left[\frac{1}{\sinh \frac{l}{a}} + \sinh \frac{\alpha l}{a} - \frac{\cosh \frac{\alpha l}{a}}{\tanh \frac{l}{a}} \right] + \left[\sinh \frac{\alpha l}{a} - \frac{\cosh \frac{\alpha l}{a}}{\tanh \frac{l}{a}} + \frac{1}{\tanh \frac{l}{a}} \right] \right] \times$ $\left[\cosh \frac{z}{a} - 1.0 \right] - \sinh \frac{z}{a} + \frac{z}{a}$	
3	$\alpha l \leq z \leq l$ $\theta = \frac{T a}{\left(1 + \frac{1}{H}\right)GJ} \left[\frac{\cosh \frac{\alpha l}{a} - 1.0}{H \times \sinh \frac{l}{a}} + \frac{\cosh \frac{\alpha l}{a} - \cosh \frac{l}{a} + \frac{l}{a} \times \sinh \frac{l}{a}}{\sinh \frac{l}{a}} \right] +$ $\cosh \frac{z}{a} \left[\frac{1.0 - \cosh \frac{\alpha l}{a}}{H \times \tanh \frac{l}{a}} + \frac{1.0 - \cosh \frac{\alpha l}{a} \times \cosh \frac{l}{a}}{\sinh \frac{l}{a}} \right] +$ $\sinh \frac{z}{a} \left[\frac{\cosh \frac{\alpha l}{a} - 1.0}{H} + \cosh \frac{\alpha l}{a} \right] - \frac{z}{a}$	<p>左端 右端 固定 固定 $\theta = \theta'' = 0$ $\theta = \theta'' = 0$ 集中扭矩作用在 αl 处</p>

其中:

$$\frac{1.0 - \cosh \frac{\alpha l}{a} \cosh \frac{\alpha l}{a} - 1.0}{\tanh \frac{l}{a} \sinh \frac{l}{a}} + \frac{l}{\sinh \frac{l}{a}} + \sinh \frac{\alpha l}{a} - \frac{\alpha l}{a}$$

$$H = \frac{\frac{l}{a} + \cosh \frac{\alpha l}{a} \times \cosh \frac{l}{a} - \cosh \frac{\alpha l}{a} - 1.0}{\sinh \frac{l}{a}} + \frac{l}{a} (\alpha - 1.0) - \sinh \frac{\alpha l}{a}$$

3

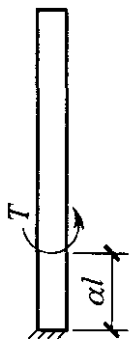
$0 \leq z \leq \alpha l$

$$\theta = \frac{Ta}{GJ} \left[\left(\sinh \frac{\alpha l}{a} - \tanh \frac{l}{a} \times \cosh \frac{\alpha l}{a} + \tanh \frac{l}{a} \right) \left(\cosh \frac{z}{a} - 1.0 \right) - \sinh \frac{z}{a} + \frac{z}{a} \right]$$

$\alpha l \leq z \leq l$

$$\theta = \frac{Ta}{GJ} \left[\left(\tanh \frac{l}{a} \times \cosh \frac{\alpha l}{a} - \tanh \frac{l}{a} - \sinh \frac{\alpha l}{a} \right) - \left(\cosh \frac{\alpha l}{a} - 1.0 \right) \left(\tanh \frac{l}{a} \times \cosh \frac{z}{a} + \left(\cosh \frac{\alpha l}{a} - 1.0 \right) \times \sinh \frac{z}{a} + \frac{\alpha l}{a} \right) \right]$$

4



左端
固定

右端
自由

$\theta = \theta' = 0$

$\theta'' = 0$

集中扭矩作用在 αl 处

A. 0. 2 开口截面扭转特性应符合下列要求:

1 开口截面扭转惯性矩可按下式确定:

$$J \approx \sum \left(\frac{bt^3}{3} \right) \quad (\text{A. 0. 2-1})$$

式中: b ——每一截面单元的长度;

t ——每一截面单元的厚度。

2 焊接或轧制工字型截面扭转特性可按下列公式确定:

$$C_w = \frac{I_y h^2}{4} \quad (\text{A. 0. 2-2})$$

$$a = \frac{h}{2} \sqrt{\frac{EI_y}{GJ}} = \sqrt{\frac{EC_w}{GJ}} \quad (\text{A. 0. 2-3})$$

$$W_{no} = \frac{hb_f}{4} \quad (\text{A. 0. 2-4})$$

$$S_w = \frac{W_{no} b_f t_f}{4} = \frac{hb_f^2 t_f}{16} \quad (\text{A. 0. 2-5})$$

$$h = d - t_f \quad (\text{A. 0. 2-6})$$

式中: I_y —— y 轴(本规范图 A. 0. 1)方向惯性矩;

b_f ——梁翼缘宽度;

t_f ——梁翼缘厚度;

d ——梁高。

A. 0. 3 扭矩 T 作用下自由扭转(纯扭转)剪应力应按下式确定:

$$\tau_t = G \cdot t \cdot \theta' \quad (\text{A. 0. 3-1})$$

式中: τ_t ——自由扭转剪应力;

t ——腹板厚、翼缘厚等所求点的截面厚度。

A. 0. 4 扭矩 T 作用下约束扭转产生的应力应符合下列要求:

1 扭矩 T 作用下约束扭转剪应力应按下式确定:

$$\tau_{ws} = \frac{-ES_{ws}\theta'''}{t} \quad (\text{A. 0. 4-1})$$

式中: τ_{ws} —— s 点处翘曲剪应力(kN/m^2);

S_{ws} —— s 点的翘曲惯性矩(m^4);对工字型截面按本规范公式

(A. 0. 2-5)确定;

t ——单元厚度(m);

θ'' —— θ 对 z 的三次导数。

2 扭矩 T 作用下约束扭转产生的截面正应力应按下式确定:

$$\sigma_{ws} = EW_{ns}\theta'' \quad (\text{A. 0. 4-2})$$

式中: σ_{ws} —— s 点处翘曲正应力(kN/m²);

W_{ns} —— s 点的翘曲惯性矩(m²);对工字型截面按本规范公式(A. 0. 2-4)确定;

θ'' —— θ 对 z 的二次导数。

A. 0. 5 扭矩 T 作用下开口截面总应力应符合下列要求:

1 扭矩 T 作用下开口截面总的剪应力为自由扭转(纯扭转)剪应力和约束扭转剪应力的叠加,可按下式计算:

$$f_v = \pm \tau_t \pm \tau_w \quad (\text{A. 0. 5-1})$$

2 扭矩 T 作用下开口截面正应力应按下式计算:

$$f_n = \pm \sigma_w \quad (\text{A. 0. 5-2})$$

A. 0. 6 扭矩 T 作用下闭口薄壁截面应力应符合下列要求:

1 工程设计中可忽略截面翘曲的影响,可简化为扭矩 T 作用下产生沿厚度均匀分布的扭转剪应力,剪应力可按下式确定:

$$\tau_t = \frac{T}{2tA_0} \quad (\text{A. 0. 6-1})$$

式中: t ——截面边缘的厚度;

A_0 ——截面边缘厚度中心线所围成的面积。

2 钢结构管架中,扭矩由剪力 V 偏心引起,总剪应力应按下列公式确定:

$$f_v = \tau_{bx} + \tau_{by} + \tau_t \quad (\text{A. 0. 6-2})$$

$$\tau_b = \frac{V}{A_v} \quad (\text{A. 0. 6-3})$$

式中: A_v ——矩形截面为腹板面积,圆形截面为截面面积的 1/2;

V —— x 或 y 方向剪力,即产生扭矩 T 的剪力。

附录 B 钢绞线技术规格

B.0.1 钢绞线技术规格可按表 B.0.1 选取。

表 B.0.1 钢绞线技术规格

序号	型号及 公称截面 (mm ²)	计算 截面积 (mm ²)	股数及 股线直径 (mm)	钢绞线 计算直径 (mm)	极限强度 (N/mm ²)	破断力 F_k (kN)	质 量 (kg/km)
1	C-25	26.61	7×2.2	6.6	1270	≥31.00	221.5
2	C-35	37.16	7×2.6	7.8	1270	≥43.40	309.3
3	C-50	49.48	7×3.0	9.0	1270	≥57.80	411.9
4	C-50	48.35	19×1.8	9.0	1270	≥55.20	402.5
5	C-70	72.22	19×2.2	11.0	1270	≥82.50	601.2
6	C-100	100.88	19×2.6	13.0	1270	≥114.00	839.8
7	C-120	116.99	19×2.8	14.0	1270	≥133.00	973.9
8	C-135	134.30	19×3.0	14.0	1270	≥153.00	1188.0
9	C-150	152.81	19×3.2	16.0	1270	≥174.00	1272.1
10	C-185	182.80	19×3.5	17.5	1270	≥208.00	1521.7
11	C-215	238.76	19×4.0	20.0	1270	≥272.00	1987.6
12	C-230	227.83	37×2.8	19.6	1270	≥245.00	1896.6
13	C-260	261.54	37×3.0	21.0	1270	≥282.00	2177.2
14	C-300	297.57	37×3.2	22.4	1270	≥321.00	2477.2
15	C-350	355.98	37×3.5	24.5	1270	≥384.00	2963.4

注：数据引自现行行业标准《镀锌钢绞线》YB/T 5004。

B.0.2 钢绞线可按公称抗拉强度分为 1270MPa、1370MPa、1470MPa 和 1570MPa 四级。

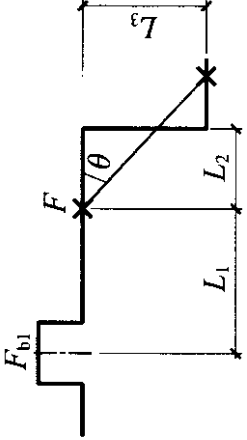
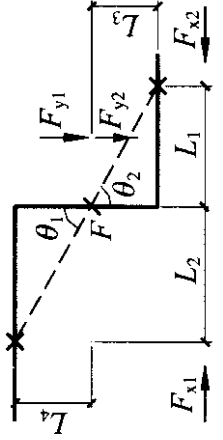
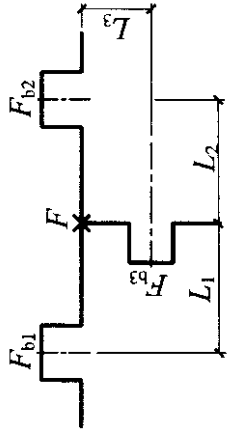
附录 C 采用 Π 形补偿器时固定管架水平推力计算公式

表 C 采用 Π 形补偿器时固定管架水平推力计算公式

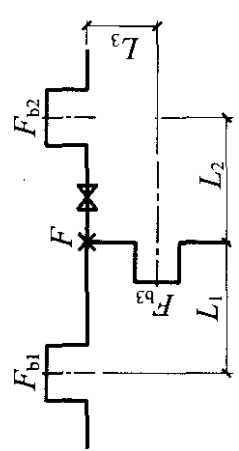
序号	管道布置简图	中间活动管架特征		计算条件
		刚性管架	柔性管架	
1		$F = F_{b1} - K_b F_{b2} + 0.8 (\sum F_{m1}) - 0.8 \sum F_{m2}$	$F = F_{b1} - K_b F_{b2} + (\sum F_n - \sum F_{n2})$	$L_1 \geq L_2$
2		$F = F_{b1} + 0.8 \sum F_{m1} + F_n$	$F = F_{b1} + \sum F_n + F_n$	关闭阀门 (打开时间上式)
3		$F = F_{b1} + 0.8 \sum F_{m1}$	$F = F_{b1} + \sum F_n$	---

续表 C

序号	管道布置简图	中间活动管架特征		计算条件
		刚性管架	柔性管架	
4		$F = F_{b1} - K_b F_x + 0.8 [\sum F_{m1} - 0.8 (\sum F_{m2} + 0.5 \sum F_{m3}) \cos \theta]$ $F = F_{b1} + 0.8 \sum F_{m1} + F_n$	—	阀门打开
		$F = F_{b1} - K_b F_x + 0.8 [\sum F_{m1} - 0.8 (\sum F_{m2} + 0.5 \sum F_{m3}) \cos \theta]$ $F = F_{b1} + 0.8 \sum F_{m1} + F_n$	—	阀门关闭
5		$F = F_{b1} - K_b F_x + 0.8 [\sum F_{m1} - 0.8 (\sum F_{m2} + 0.5 \sum F_{m3}) \cos \theta]$ $F = F_{b1} + 0.8 \sum F_{m1} + F_n$	—	阀门打开
		$F = F_{b1} - K_b F_x + 0.8 [\sum F_{m1} - 0.8 (\sum F_{m2} + 0.5 \sum F_{m3}) \cos \theta]$ $F = F_{b1} + 0.8 \sum F_{m1} + F_n$	—	阀门关闭

6		$F = F_{b1} - K_b F_x + 0.8 [(\sum F_{m1} - 0.8 (\sum F_{m2} + 0.25 \sum F_{m3}) \times \cos\theta)$ $F_y = F_{y1} + 0.8 (\sum F_{m2} + 0.25 \sum F_{m3}) \times \sin\theta$	—	<p>F——固定管架承受的水平推力标准值;</p> <p>F_b——Π形补偿器的弹性反力标准值;</p> <p>F_y——Z形补偿器在横向的弹性反力标准值;</p> <p>F_x——Z形补偿器在纵向的弹性反力标准值;</p> <p>F_m——活动管架上的管道摩擦力标准值, 计算方法见 4.3.3;</p>
7		$F = F_{x1} - K_b F_{x2} + 0.8 [(\sum F_{m2} + 0.5 \sum F_{m1}) \times \sin\theta - 0.8 (\sum F_{m4} + 0.5 \sum F_{m3}) \times \sin\theta]$ $F_y = F_{y1} - K_b F_{y2} + 0.8 [(\sum F_{m2} + 0.5 \sum F_{m1}) \times \cos\theta - 0.8 (\sum F_{m4} + 0.5 \sum F_{m3}) \times \cos\theta]$	—	
8		$F = F_{b1} - K_b F_{b2} + 0.8 (\sum F_{m1} - 0.8 \sum F_{m2})$ $F_y = F_{b3} + 0.8 \sum F_{m3}$	$F = F_{b1} - K_b F_{b2} + (\sum F_{f1} - \sum F_{f2})$ $F_y = F_{b3} + \sum F_{f3}$	

续表 C

序号	管道布置简图	中间活动管架特征		说明
		刚性管架	柔性管架	
9		$F = F_{b1} + 0.8 \sum F_{m1} + F_n$ <p>(关闭阀门, 打开同式)</p> $F_y = F_{b3} + 0.8 \sum F_{m3}$	$F = F_{b1} + \sum F_{n1} + F_n$ <p>(关闭阀门, 打开同式)</p> $F_y = F_{b3} + \sum F_{n3}$	<p>F_f——活动管架上的位移反弹力标准值, 计算方法见 4.3.5;</p> <p>F_n——管道内的不平衡内压力标准值;</p> <p>L_1, L_2, L_3, L_4——管道长度;</p> <p>θ——管道拐弯角度;</p> <p>K_b——不平衡系数;</p> <p>Π形补偿器 $K_b = 0.8$;</p> <p>1——固定管架;</p> <p>2——闸阀</p>

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

- 《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
- 《石油化工企业设计防火规范》GB 50160
- 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
- 《石油化工建(构)筑物抗震设防分类标准》GB 50453
- 《碳素结构钢》GB/T 700
- 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 《固定式钢梯及平台安全要求》系列 GB 4053.1~GB 4053.3
- 《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117
- 《热强钢焊条》GB/T 5118
- 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》系列 GB/T 8923.1~GB/T 8923.4
- 《钢结构防火涂料》GB 14907
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ 118
- 《一般用途镀锌低碳钢丝编织网方孔网》QB/T 1925.1
- 《石油化工钢结构冷换框架设计规范》SH/T 3077
- 《镀锌钢绞线》YB/T 5004

中华人民共和国国家标准

化工工程管架、管墩设计规范

GB 51019-2014

条文说明

制 订 说 明

《化工工程管架、管墩设计规范》GB 51019—2014,经住房城乡建设部 2014 年 7 月 13 日以第 484 号公告批准发布。

本规范编制过程中,编制组进行了广泛深入的调查研究,总结了我国化工石油化工企业管线系统工程建设的实践经验,同时参考了国外先进技术标准。

为了便于广大设计、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,《化工工程管架、管墩设计规范》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作了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

2	术语和符号	(109)
2.1	术语	(109)
3	基本规定	(110)
3.1	管架、管墩分类	(110)
3.2	管架、管墩布置	(110)
3.3	结构选型	(112)
3.4	管架、管墩材料	(112)
3.5	管架结构计算	(113)
3.6	管架结构变形验算	(114)
4	荷 载	(117)
4.1	管道的牵制系数及水平荷载作用点	(117)
4.2	垂直荷载	(117)
4.3	管道水平推力	(118)
4.4	风荷载	(119)
5	地震作用和抗震验算	(120)
5.1	一般规定	(120)
5.2	地震作用	(121)
5.3	抗震验算	(121)
6	有振动管道的管架	(122)
6.1	振动管道	(122)
6.2	有振动管道的管架	(122)
6.3	有振动管道的管架减震措施	(123)
7	荷载和地震作用效应组合	(124)
8	管 架	(125)

8.1	独立式管架	(125)
8.2	跨越管架	(125)
8.3	特种管架	(125)
8.4	吊索式管架	(126)
9	管廊	(127)
9.1	一般规定	(127)
9.2	平面模型简化计算	(128)
9.3	空间模型整体计算	(129)
10	地基及基础	(131)
10.1	一般规定	(131)
10.2	地基	(131)
10.3	基础	(132)
10.4	基础构造	(132)
11	管架结构构造	(133)
11.1	钢筋混凝土管架构造	(133)
11.2	钢结构管架构造	(133)
12	管墩	(135)
12.1	管墩计算	(135)
12.2	预制混凝土管墩	(135)
13	管架的防腐蚀设计	(136)
14	钢管架的防火保护层设计	(137)
14.1	一般规定	(137)
14.2	防火保护构造	(137)
15	职业健康、安全、环保	(138)
附录 A	梁扭矩作用下应力	(139)

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.2 为了同低管架的应用范围区分,本规范将管墩的离地高度规定为 1m。

2.1.6 柔性活动管架(又称柔性管架)(柱)的刚度较小,管道位移时,管架的水平位移能适应管道位移的需要,将管道位移作为管架位移所求的弹性反力为柔性管架所受到的外力。

2.1.10 工程中由于历史的原因,各单位术语并不统一,管廊式管架,有的单位又称管带,为了同大多数单位统一,本规范统一称为管廊式管架,简称管廊。

2.1.11 最下层管道保温层外缘至地面的净距为 0.5m~2.5m 之间的管架。

2.1.12 最下层管道保温层外缘至地面的净距为 2.5m~5.0m 之间的管架。

2.1.14 管道需要跨越铁路、道路时,也有在距离铁路、道路较远时即升高管道的做法,因此通常地将该处高管架称为跨越管架。

2.1.21 混合结构体系本规范不包括横向钢筋混凝土框架,纵向钢梁或钢桁架型式。本规范仅指底层钢筋混凝土结构,底层以上钢结构。

3 基本规定

3.1 管架、管墩分类

3.1.1 本条是对管架、管墩的分类。

3.2 管架、管墩布置

3.2.1 管架与管道是一个完整的结构体系,管架受力大小与管道的布置密切相关,管架设计人员应与管道、总图、水道等专业共同研究、协调配合,合理布置管道和固定管架,以便优化管架设计,求得较好的综合经济效果。

3.2.2 管架布置由配管专业完成。

(1)相关可参考的规定有现行行业标准《石油化工金属管道布置设计规范》SH 3012 和《化工装置管道布置设计规定》HG/T 20549。

(2)工程中的管线许多是长达几千米,管线因热胀(冷缩)变形量很大,为了有计划地分配管线和膨胀(收缩)量,固定管架的位置极其重要。管线布置对称均匀,管线牵制作用大,管线受力才合理。

3.2.3 注管道补偿器有多种形式,Π形补偿器结构简单、运行可靠、投资少,本规范均以Π形补偿器为例示意。

本规范统一将框架横梁和中间横梁简称为横梁。

设双柱利于抗震。

中间横梁设置的间距,在满足管道、线缆托盘对支承的最低要求情况下,应充分考虑管道自身的跨越能力,以减少中间横梁布置的数量,并降低纵梁或纵向桁架的断面,从而减少工程费用。

纵梁式管廊纵向柱距可采用 9m,与 6m 柱距相比管架柱、横梁与纵梁截面不会增加很多,而管架数量却减少。对于 9m 以上的柱距,纵向梁柱铰接时采用钢梁不经济。在固定架或柱间支撑处为便于设置竖向支撑,宜采用 6m 柱距。

桁架式管廊纵向柱距宜采用 15m~24m,采用多层整体桁架时,即上层桁架下弦杆与下层桁架上弦杆共用,柱距的选用宜与层高匹配,层高较小时柱距宜小,层高较大时柱距宜大。

伸缩缝间距与固定架及纵向柱间支撑的设置有关,管廊在每个温度区划内应设纵向柱间支撑,管道也在两个补偿器间设置固定架。工程实践中两个补偿器间的固定架同柱间支撑可合二为一设置,同一温度区段管廊的其他位置不再设置柱间支撑。对于大中型管廊符合计算纵向地震条件的管廊或应力管线的水平力较大时,导致在固定架处的纵向水平力会很大,使得管架柱断面、基桩抗剪数量或基础尺寸不合理,这时应减少伸缩缝间距,另设柱间支撑以抵抗纵向地震作用。当补偿器布置很难规整时且管架大多为刚性管架,用整体三维模型计算时,可设多道柱间支撑以符合结构受力要求。

为使纵梁较多的处于拉弯状态而非压弯状态,伸缩缝宜设在补偿器附近。

根据管道的允许跨距,宜将较大管道的垂直荷载作用于管廊横向主框架梁上是为了实现传力更加直接并减少纵梁和中间横梁荷载从而减少材料消耗的目的。

3.2.5 对于钢结构管架,规定了柱脚底板距地面的净距为 150mm~450mm,工程应用中柱脚底板距地面的净距不大于 350mm。

3.2.6 管架边缘距铁路轨外沿,不包括附属设施。

3.2.7 架空输电线路距管架上的管道净距离的相关规定见表 1。

表 1 中特殊管道指架设在地面上输送易燃、易爆物品的管道;表中数据尚应满足相关专业的其他要求。

表 1 架空电力线路与管道交叉或接近的要求(m)

电压等级	特殊管道	一般管道	标准	备注
3kV 以下	1.5	1.5	《66kV 及以下架空 电力线路设计规范》 GB 50061	与管道 任何 部分
3kV~10kV	3	2		
35kV~66kV	4	3		
110kV	4	—	《110~500kV 及架空 送电线路设计技术规程》 DL/T 5092	
220kV	5	—		
330kV	6	—		
500kV	7.5	—		

3.2.9 在管廊中间层设检修通道时,两侧设置栏杆,同时栏杆设置不影响电缆等安装。

3.3 结构选型

3.3.2 管架结构选型的原则:在生产装置区的管廊,由于支承管线较多,并适应改、扩建的需要,宜采用管廊式钢管架。

3.3.3 半刚性连接节点宜采用外伸端板式连接做法。

3.3.4 对支承有振动管道的管架应按刚性管架设计。

3.3.5 输送介质管道直径较大和输送高危害介质管道,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、有支撑的管廊或者墩式结构等可靠形式,确保这类管线的可靠、安全运行。

3.4 管架、管墩材料

3.4.2 根据国家现行规范规定,对钢材、焊条的符号及适用范围相应规定。

当没有工作温度的资料时,可以参见现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 有关计算温度的规定进行确定。

3.5 管架结构计算

3.5.1 本条规定了管架及管墩设计时采用的安全等级等。

3.5.4~3.5.6 管架柱的计算长度沿管道轴向,考虑管道对管架的牵制作用,相当于纵梁作用,上端视为弹性支座,当下端固定时,计算长度系数依据管道纵梁作用的程度取 1.25~1.50。钢筋混凝土管架柱径向计算长度系数是按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定的。管廊式管架参照露天吊车栈桥有柱间支撑情况考虑,取轴向计算长度系数为 1.0。

钢管架轴向计算长度系数按表 3.5.5 的规定采用,径向计算长度系数按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 规定采用。根据文献《框架支撑类别判别中的若干问题》,作者郝仕玲、陈瑞金,《工业建筑》2003 年第 33 卷第 5 期,布置了层间支撑后,即可以判别是强支撑框架。同时根据现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 第 5.2.11 条,当水平位移小于 1/1000 时,即为强支撑框架。

柱脚为刚性固定即通常的刚接,由于柱脚严格意义上无法完全做到刚接,因此用刚性固定。

3.5.7 水平支撑和管廊式管架柱间钢支撑计算长度计算方法一样。

对于单角钢支撑,平面内的长细比应采用最小回转半径;对交叉点相互连接的交叉杆件平面外的长细比应采用与角钢肢相平行轴的回转半径。

3.5.9 钢构件允许长细比主要考虑以下因素:

(1)避免柔度过大时,在运输安装过程中产生较大变形,同时不利于结构的整体稳定性。

(2)地震下塑性承载能力的发挥。

(3)柱间交叉支撑按拉、压杆件考虑。拉压杆的选取参照国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 8.4.1 条的中心支

撑杆的规定。

3.5.10 本条对梁没有规定具体数值。圆管外径与壁厚比值参考现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011。

3.5.11 根据总高度、管架承受荷载的大小,与一般工业厂房柱相比均较小,故钢筋混凝土管架柱的允许长细比,可比一般厂房柱放宽,但考虑到管架大都是在室外露天条件下使用,根据各种类型管架柱受力特点,提供了不同的允许值。

3.5.13 本条规定动力系数取 1.5,参考现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 第 9.7.6 条反算得到。

3.5.14 对整体性较好的管廊式管架,横梁侧向无支撑长度(梁平面外无约束长度)可以考虑管线的牵制对稳定的有利作用,横梁(两端简支)小于或等于 6m 且无水平系杆时,管线的总摩擦力远大于梁的侧向稳定需要的 $Af\sqrt{235/f_{ay}}/85$ 支撑力的要求,侧向稳定不应起控制作用。横梁(两端简支)大于 6m 时,侧向无支撑长度可偏于安全地取梁长 1/2;纵向梁有竖杆且竖杆不上下拉结时,当竖杆高度较小时,也可以考虑竖杆及横梁对纵梁的约束作用。从震害经验中得知,管线与管架之间虽然相互联结,形成一空间体系,具有整体的抗震性能,但是管线与管架之间也会出现相互滑移的非整体工作状态。而非整体工作状态的避免应从整体保证管廊结构的整体抗震性能,即选择较好的延性结构,梁柱节点符合抗震要求等。

3.5.15 管架倾覆稳定验算时。倾覆稳定系数为稳定安全弯矩同倾覆弯矩的比值,即倾覆稳定系数=稳定安全弯矩/倾覆弯矩取不小于 1.5。高宽比大于 5 时考虑倾覆稳定。

3.5.16 锚栓(地脚螺栓)纯受拉力时,柱脚底板验算时应考虑在多种荷载工况下的柱脚底板受力状态,也包括地脚螺纯受拉力时,柱脚底板的验算。

3.6 管架结构变形验算

3.6.1 本条是关于管架纵梁、桁架的允许挠度值的规定。

管架的挠度主要应符合管道要求,防止管道挠度过大发生积液导致流阻加大。工程上已发生此类事故。

设计中管道跨度是管道专业根据管道允许挠度确定的;但对于管廊式管架,纵向构件及其上的横梁挠度叠加为总挠度,支撑在小横梁上的小管道的挠度实为该总挠度与独立管架梁的挠度之差。为减少管道挠度,除采用纵向桁架起拱的办法外,在管道安装后采用垫片等措施,调整管道各支点在上一标高上,也可减小正常生产时在介质重量作用下的挠度,以符合管道专业的要求。

钢桁架的允许挠度值 $l_0/500$,稍严于现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017,是由于主编单位工程应用均按 $l_0/500$ 控制;同现行行业标准《H 型钢钢结构管架通用图集》系列 HG/T 21640.1~HG/T 21640.3 保持一致;工程应用中钢桁架一般是内力和稳定性控制。

钢桁架的起拱值可参见本规范第 11.2.6 条条文说明。

3.6.3 管架柱沿径向的允许位移值的规定一是长期工程中应用的数据;二是基于以下理由:

(1)目前日本一些工程公司对石油化工管廊结构在美标“*Uniformed Building Code*”(以下简称为 UBC)规定的风载作用下柱顶位移按 $1/200$ 控制。

(2)目前日本一些工程公司对石油化工钢结构框架在美标 UBC 规定的风载作用下柱顶位移的限值按柱高 10m 柱顶位移按 5cm 控制,柱高 50m 柱顶位移按 10cm 控制,柱高 10m 到 50m 间按线性插值取值,即柱高 30m 时柱顶位移按 7.5cm 限值控制。而美标 UBC 风荷载同中国国家标准风荷载在统计上的差异系数约为 1.46,且实际管廊结构生命周期大多在 50 年以下。

(3)钢结构建筑弹性层间位移限值日本建筑法施行令按 $1/200$ 控制。

(4)ANSI MH16.1:2008 “*Specification for the Design, Testing and Utilization of Industrial Steel Storage Racks*”

1.4.11 条为保证柱轴力偏心最小,规定任何部位的水平侧移与高度比值不应超过 $1/240$ 。

(5) “MBMA (METAL BUILDING MANUFACTURES ASSOCIATION) *Metal Building Systems MANUAL* 2008”表 1.1(b)基于“*Internation Building Code*”(简称 IBC)的总则规定金属建筑物在风载荷雪载作用下,外墙水平侧移与总高度比值不应超过 $1/240$ 。

(6)通常的分析方法只针对单纯的管架结构进行分析而无法考虑管线刚度的有利作用。

(7)主编单位多年对一般管廊结构均采用本条进行结构设计,实践证明结构是安全的,生产运行是可靠的。

3.6.4 目前石油化工工程中应用的混合结构有:首层混凝土结构,上部为钢结构;横向混凝土结构,纵向混凝土或钢梁;还有柱采用混凝土、梁用钢结构。混合结构抗震方面有较多缺陷,但国内外均有很多工程实例,如美国在石油化工领域有底层为混凝土结构,上部为钢结构的工程实例。但混合结构抗震验算没有可以参照的标准,工程应用中应限定混合结构在小震下的层间位移,特别是柱用混凝土结构,梁采用钢结构时,节点处理件锚筋众多,对节点抗震有不利的影响。

3.6.5 当管架与其他建(构)筑物相连接形成同一结构单元时,其允许位移可按所连接的建(构)物的位移限值,按较严格的进行执行。

4 荷 载

4.1 管道的牵制系数及水平荷载作用点

4.1.1~4.1.4 条文中明确指出梁柱水平推力计算的不同。在此提醒设计人员注意,管架上下层间隔较大时,两层管道之间的相互牵制作用的减小。多根管道时,主要热管重量与全部管道重量之比 $\alpha > 0.7$ 时,小管道对主要热管的牵制作用逐渐减小。 $\alpha > 0.8$ 时,小管道对主要热管的牵制作用可忽略。

计算柱和基础时,主要热管所在层与相邻层间距较大时,相邻层管道对主要热管所在层管道牵制作用减小,此时牵制系数应加大;计算柱和基础时,顶层有较大管道且与下层管道间距较大时,可分成上下两部分,分别计算水平推力。

4.1.5 本条是纵向水平荷载作用位置的规定。其中焊接式固定管架纵向水平推力位置与管托的刚度有关,当管托刚度较刚时,为简化工程中的计算工作,可以将纵向水平荷载作用位置为梁顶。

4.1.6 本条是横向水平荷载作用位置的规定。

4.2 垂 直 荷 载

4.2.2 本条给出了管道垂直荷载计算简图和管道垂直均布线荷载的计算公式。

在用均布荷载对管廊进行计算时,由于不同材质、不同管径、不同介质及压力使得管道的跨距不同(管道跨距表),同一柱距内的主次梁上均布荷载不同,应与配管专业配合按管道的实际支撑点来按比例分配均布荷重。

表 2 钢管道基本跨距

管道公称直径(mm)	50	70	150	200	300
水平最大跨度(m)	3	6	9	10	12

较大管道指直径大于或等于 500mm 的液体管道或所支承管道形成的集中荷载不小于 18kN 时。

4.2.3 积灰荷载的面积为管道的水平投影面积。

4.3 管道水平推力

4.3.1 对常温管道,规定了输送介质的温度不超过 40℃ 时,管道水平推力可不计算的规定。温度应包括扫线时的温度;对梁指一根梁上的管道,对柱为整个管架上的管道。

4.3.7 本条规定增加了作用在固定管架上的水平推力,包括 F_b 、 F_n 、 $\sum F_{mi}$ 或 $\sum F_{fi}$:此三项水平推力由管道传至固定管架横梁上的固定点处。

以上三项组合如图 1 所示,并分项进行分析及计算:

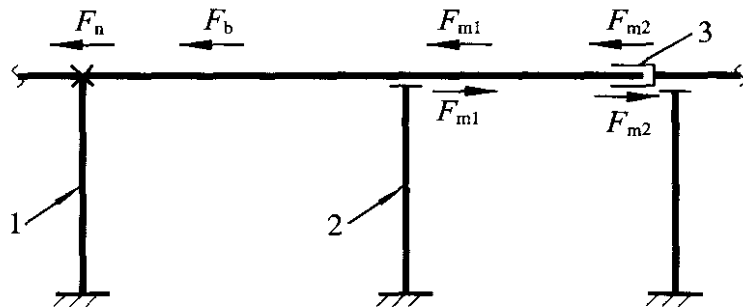


图 1 端部固定管架水平推力示意

1—端部固定管架;2—活动管架;3—补偿器

1 管道补偿器弹性反力 F_b (标准值)。

如图 2 所示,管道膨胀时,补偿器将被压缩变形,由于补偿器的刚度作用,必将产生抵抗压缩变形的反力,这个反力通过管道作用于固定管架上,这就是补偿器的弹性反力 F_b ,此力根据补偿器的种类、管径、介质温度、补偿器布置位置等不同,经管道应力计算后确定,此值由管道专业提供,补偿器的种类有 Π 形、套筒形、波形、球形等,常用的为 Π 形,其水平推力计算公式见附录 A 中表 A。

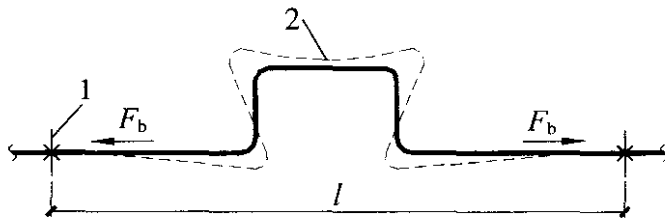


图 2 补偿器弹性反力工作状况示意图

1—固定管架；2—补偿器

2 管道内的不平衡内压力 F_n (标准值) (kN)；

如附录 A 中表 A 所示，在补偿器的一侧设有闸阀或盲板，如将闸阀关闭，由于闸阀受到气体压力作用，将产生对管道的不平衡内压力 F_n ，此力由管道专业提供，也可按下式计算：

$$F_n = F_o A_o \quad (1)$$

式中： F_o ——介质工作压力 (kN/mm²)；

A_o ——闸阀或盲板的有效截面面积 (mm²)。

3 活动管架通过管道传给固定管架的反作用力。

活动管架为刚性管架时，等于固定管架至补偿器之间各中间

刚性管架的摩擦反力之和 $\sum_{i=1}^n F_{mi}$ 。

活动管架为柔性管架时，等于固定管架至补偿器之间各中间

柔性管架的位移弹性反力之和 $\sum_{i=1}^n F_{fi}$ 。

通过以上示意图和计算表，使设计者进一步对固定管架水平推力的产生有所了解。

4.4 风 荷 载

4.4.1~4.4.4 风荷载的计算是根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 提出的，对该规范未列出的风荷载体型系数部分，采取与其接近的情况进行对比分析的方法，以求得相应的采用值。

4.4.5 对具有电缆和仪表槽架设置的形式，管架设计时应考虑其垂直荷载和作用在其上的风荷载。

5 地震作用和抗震验算

5.1 一般规定

5.1.1 根据以往震害调查表明,管架体系沿纵向由于管道约束着管架,形成了空间体系,因此沿纵向震害较轻,没有必要进行截面抗震验算。仅对当管道数量多、管径大时,需要进行横向抗震验算。带重型顶盖的管架,顶部支承空冷器等重型设备的管架,因和一般管架不同,应进行抗震验算。对不需进行抗震验算的管架,补充了应按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 设置抗震构造措施。

5.1.2 根据震害资料分析结果,固定支架才有必要进行纵向和横向的抗震验算;对于活动支架,当管道采用滑动方式敷设时,因其承担的地震作用最大值小于或等于静力计算时的最大摩擦力,因此可滑动的活动管架可以不作抗震验算。

5.1.4 本条规定了管架的抗震等级。

5.1.6 根据实测数据管廊结构小位移阻尼比一般均大于 0.03,管道及其物料对管廊结构动力特性有明显影响。

在多遇地震下,钢结构管架阻尼取值参考现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 并根据实测数据而定,钢筋混凝土管架阻尼比取值同现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3。

混合结构的阻尼比不应大于 0.045,也可按钢筋混凝土部分和钢结构部分在结构总变形能所占的比例折算为等效阻尼比。

混合结构的阻尼比,取决于混凝土结构和钢结构在总变形能中所占比例的大小。采用振型分解反应谱法时,不同振型的阻尼比可能不同。简化估算时,可取 0.045。

5.1.7 本条规定了在计算地震效应时,管架的重力荷载代表值的取值。

5.2 地震作用

5.2.2 当某标高处的管架支承两层及两层以上管道时,该标高处的重力荷载代表值按公式(5.2.2)确定。

5.2.6 竖向地震作用计算,其标准值为重力荷载代表值与竖向地震作用系数的乘积,并列出了竖向地震作用系数表;大直径管道指直径大于 500mm 的管道。长悬臂管架指管架悬臂长度大于 2000mm 的管架。

5.3 抗震验算

5.3.1 水平地震作用组合值系数,在固定管架上纵向地震作用与管道推力同时出现的概率很小,此时纵向地震作用的组合值系数取 0.5。

5.3.2 γ_{RE} 的取值按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011,对于钢结构如 Q235 的抗力分项系数 $r_R=1.087$,重力荷载分项系数为 1.2,则 $1.087 \times 1.2 \times 0.75 = 0.9783 \approx 1.0$,因此按 GB 50011 中承载力抗震调整系数的定义其下限为 0.75。故不再按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 中规定的乘以 0.9 的系数。

6 有振动管道的管架

6.1 振动管道

6.1.2 本条列出了振动管道容易产生振动的部位,以便于在设计时加以考虑。从实际处理振动管道的经验中得知,控制振动的发生和在易发振部位采取措施是解决振动的有效手段,解决这些问题主要依靠工艺措施。所以结构专业应与管道专业共同采取防振、减振措施,并应首先立足于采用管道减振措施。

6.2 有振动管道的管架

6.2.1 采用钢结构能加快施工进度,有利于工程建设和改扩建,也有利于支承有振动管道的管架,支承有振动管道的管架宜采用钢管廊式管架,对抗振动有利。

6.2.2 有振动管道的管架有关问题说明如下:

1 目前有振动管道的管架结构一般用拟静力方法,即将动力荷载乘以动力系数的方法,解决动荷载问题,即假定动荷载加大,相应管架刚度加大,是工程应用中简单粗略的方法,必要时应做动力特性分析选择合适的管架刚度以避免管道脉冲频率共振区;对一些特殊部位且动力特性分析很困难时,应验算结构在长期动荷载作用下抗疲劳能力。对一些特殊装置中的特殊管线,管架结构设计时应参照动力机器基础的设计要求,采取同其他构筑物隔离、支承在地面、采用混凝土结构等措施。

2 管道专业在提出荷载时,有时已乘以动力系数,这时不应再叠加。

3 管道脉冲频率指如下内容:

1)与压缩机相连的管道时,指管系的机械振动固有频率;

2) 汽液管道时,指气柱等产生的固有频率。

4 计算基础时不考虑振动影响,由于振动效应,通过管架结构本身的阻尼作用,传到基础时已大大衰减,故对基础可不考虑此影响。

6.2.3 去火炬管道的管架设计中,管道专业提供的荷载多为事故荷载而且荷载值很大,参照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 第 3.2.6 条制定本条规定。

6.2.4 管廊式管架上布置有振动设备时,其竖向当量荷载和水平当量荷载应按相应规范确定。如将空冷器放置在管廊上。计算中,依据现行行业标准《石油化工钢结构冷换框架设计规范》SH 3077 的规定,在正常操作和地震作用组合中,还应包括空冷器风机和电机的当量荷载。竖向当量荷载等于风机和电机重力荷载标准值乘以竖向动力系数 1.5;水平当量荷载等于风机和电机重力荷载标准值乘以水平向动力系数,取 0.3。当空冷器为 2 台时,水平当量荷载取 2 台之和。当空冷器为多台时,水平当量荷载取多台的平方和再开方与 2 台之和中的大值。

6.3 有振动管道的管架减震措施

6.3.1~6.3.3 这三条是振动管道的管架构造措施的有关规定。减振措施指在振源处或管线转弯应力变化处设置减振管卡、弹簧减振器或阻尼装置等。

7 荷载和地震作用效应组合

7.0.1 根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009,管架设计应按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载效应组合。

7.0.3 管架承载能力极限状态按表 7.0.3,采用荷载效应基本组合和地震作用效应组合,取其不利情况进行设计,表中列出了管架各种荷载的组合情况,并列出各种工况乘上相应的分项系数、组合系数、动力系数后的计算公式,因此方便运用,按照不同工况组合进行管架设计,管道试压时可不考虑最大风荷载,一般相当于七级风的风压。

7.0.4 对管架来说,不一定管道多才不利,根据以往的使用情况,往往管道少的管架多有损坏,管道多的管架反而安全。所以本条要求分别不同情况,取其最不利者进行设计。

7.0.5 相关组合值系数、频遇值系数、准永久值系数的定义可参照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 采用,但化工工程管架上平台走道上的活荷载相对管道荷载较小且不是控制工况,因此为了简化起见,将组合值系数、频遇值系数、准永久值系数均取 0.5。可以根据实际验算的具体对象选用。

8 管 架

8.1 独立式管架

8.1.2 采用刚性管架或柔性管架,主要考虑经济合理性。跨越管架和其他较高的活动管架,由于管架很高,如按刚性管架设计,柱脚弯矩很大,造成浪费,而且这类管架架顶变位要求不高,故按柔性管架设计比较合理。

8.1.6 单层刚性、柔性活动管架、双层刚性、柔性活动管架计算简图,并说明风荷载、水平推力具有不同作用的方向。双层柔性管架,当主要热管在顶层时,管架顶层的变位是主要的,其他管道包括下层管道都具有牵制作用, F_{t2} 值大小主要取决于顶层变位,因此 F_{t2} 比值应取用顶层变位和相应的柱高进行计算。同理,当主要热管在下层时,也应取下层变位和相应下层的柱高计算 F_{t1} 值。

8.2 跨 越 管 架

8.2.1 跨越管架和相邻第一个低管架、相邻高低跨管架由于水锤作用、竖管的收缩和膨胀作用,高低两个管架承受的竖向荷载比正常情况的大很多,因此应乘以1.5的增大系数。这个系数只反映荷载的转移问题,不反映振动问题。如果管架支承的是振动管道,还应乘以动力系数。水平方向转弯的管架可参照本条执行,水平推力的放大系数可适当提高。本条所指的跨越管架包括跨越道路、铁路和支承有立式Π形补偿器处的跨越管架及其紧邻的第一个低管架。

8.3 特 种 管 架

8.3.1~8.3.3 这三条规定了特种管架水平推力的计算方法。

8.4 吊索式管架

8.4.2~8.4.6 这五条规定了吊索式管架各构件的详细计算、管架柱的设计、锚板的计算、钢绞线技术规格表。

8.4.8 本条规定是为加强吊索式管架横向稳定性。

8.4.10 基础的回填土分层夯实。

9 管 廊

9.1 一 般 规 定

9.1.4 混合结构体系,本规范不包括横向钢筋混凝土框架,纵向钢梁或钢桁架形式。本规范仅指底层钢筋混凝土结构,底层以上钢结构。

9.1.6 工程中桁架的结构形式很多。为便于支撑管道通常采用平行弦杆桁架,当桁架支于柱顶时,支座斜杆常采用上升式,当桁架支于柱间时,支座斜杆常采用下降式或上升式。通过对不同桁架腹杆布置的比较发现,在靠近桁架两侧支座的斜杆采用下降式时,杆件均承受拉力,受力状态较为理想,不会出现截面突变的情况。但是这种布置方式会在柱上水平向产生较大拉力,在设计柱截面或连接节点时应考虑拉力的作用。如图 3 所示。当采用上升式时,支座斜杆受压,同时下弦支座对柱子约束较强,有利于柱计算高度减少。

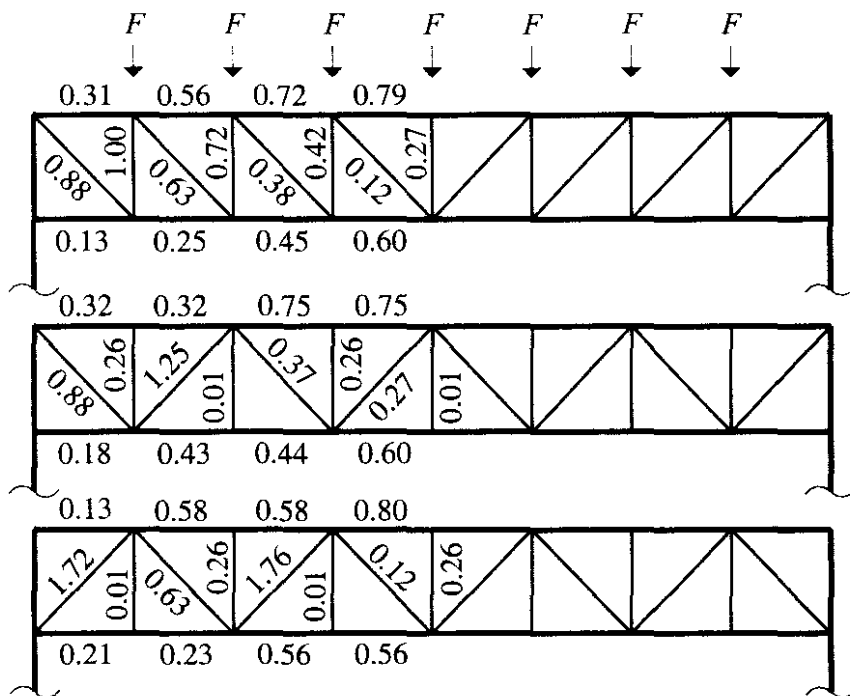


图 3 桁架腹杆布置与应力比较示意

9.1.7 在装置区管廊往往支承的管道数量多且管径较小,为符合支承中间横梁的需要,势必要层层设置纵梁。由于各层的距离不大,一般为 1.2m~2.0m,过多的纵梁将导致沿纵向显得笨重,为减少纵梁的设置数量,节省管廊的空间及用钢量,可取消中间层的纵梁,沿上、下层纵梁间设置若干支杆或吊杆支承横梁(详见图 9.1.7),由于中间横梁支承的管道管径较小,因此传下的荷载不大,该支吊杆可设计得轻巧美观;当分支管线从侧面进出很多时,当采用错层方案时,由于要额外增加很多纵梁去支承这些分支管线,因此需要对平层方案和错层方案进行优化比较后确定。

9.1.8 本条规定了纵横梁连接的方式。

9.1.9 本条规定了柱间支撑设置的位置及其形式。抗震等级为一级时不得采用 K 型支撑,小八字撑为支撑下节点高于柱脚,以不影响底层通行。

9.1.10 本条规定了水平支撑设置的位置及其形式。

9.1.11 管架承载力计算,如遇到所在地区地质条件比较差时,增加了柱沿径向宜和基础为铰接的规定,这样有利于简化基础设计。此时纵向抗侧力体系中只有纵向支撑,没有结构余度,因此应提高支撑的承载能力。

9.2 平面模型简化计算

9.2.2、9.2.3 这两条规定了纵梁或桁架式管架对纵梁或桁架的布置及纵、横梁的选材要求。

9.2.4 各纵向构件承受的管道水平推力各不相同,最大的水平推力作用于与柱间支撑或固定管架相连的纵向构件上。

9.2.5 对柱间支撑而言,管道传来的各活动管架的摩擦力之和与纵向构件传来的水平力已相互抵消,故图 9.2.5 中未出现。

一个温度区段共同承担纵向水平力,在工程上不易实现。长达近百米的管架系列,由于纵向构件的压屈、支座螺栓的松动,使纵向力难于顺利地传递和抵消,故本规定提出分段控制的办法。

当固定管架柱 B 承受的力较大时,可以在此设双固定管架,或者在此设伸缩缝。

9.2.7 作用于横梁上的水平推力中的一部分 ΣF_{mi} ,与柱上承受的纵向构件传来的水平力大小相等,方向相反。

9.3 空间模型整体计算

9.3.1 管廊结构分析应以结构的实际工作状况和受力条件为依据。由于实际情况比较复杂,尤其是百万吨/年乙烯、千万吨/年炼油工程等大型工程的实施,其管廊很复杂,很多设备直接安装在管廊结构上,使得管廊结构兼有设备框架的功能,对管廊结构提出了更高的要求。因此管廊结构空间模型建立时,要以结构的实际工作状况和受力条件为依据,进行合适的简化。

9.3.2 管廊结构分析可以使用的商业软件较多,因此要求对所采用的计算软件应经考核和验证,其技术条件应符合本规范和国家现行有关标准的规定,并应对分析结果进行判断和校核,在确认其合理、有效后方可应用于工程设计。

9.3.3 管廊结构上管道的荷载容易出现错误,导致结构尤其是横梁和次梁的不安全,要特别引起注意。管廊结构上设备荷载要求考虑其对管架结构扭转的作用。

9.3.4 梁的整体稳定性应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 执行。一般情况下,由于管廊结构上管道的牵制作用,横梁和纵梁的整体稳定性有保证。

9.3.5 管廊结构地震分析时,在空间模型整体分析中,采用振型分解法计算结构基本周期时,应保证主振型选取的正确,避免将结构次要振型误判为主振型。

9.3.6 伸缩缝间距较长,纵向有多层整体组合桁架且桁架上下弦杆与柱连接传递水平力时,应考虑桁架杆件对整体结构的影响,可将桁架杆件和管架其他结构共同进行结构整体分析。

9.3.7 伸缩缝间距较长且高温高压管道载荷较大时,在纵梁设计

中应考虑轴向力对其强度及稳定的影响,特别是对钢筋混凝土管架柱,应考虑轴向力对预埋件的拉压作用。通过图 4 可以看出在温度升高时管道由固定架向补偿器处变形,相应在摩擦力或应力作用下活动管架变形趋势同管道一致,使得在补偿器处纵梁受压,而在固定架无伸缩缝一侧纵梁承受较大的拉力,因此对于上述两处附近的纵梁并不能将其看作纯受弯构件考虑,避免在梁柱连接节点的设计中承载力不足。

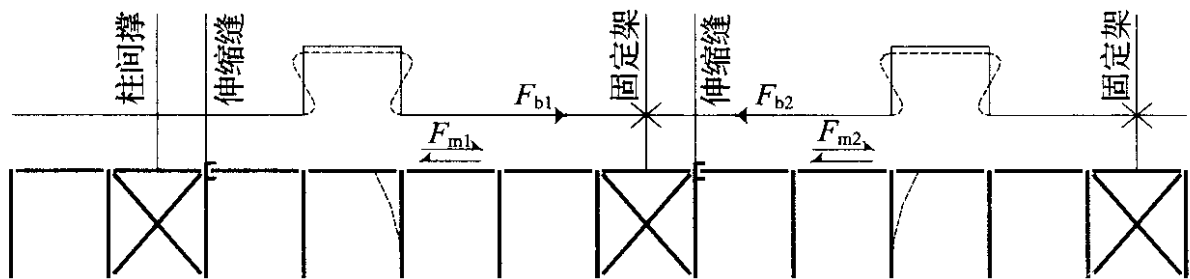


图 4 纵梁轴向受力分析

9.3.8 混合结构中混凝土部分在结构分析中对地震作用下结构的弹性抗弯刚度 $E.I$ 应乘以折减系数,见现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 第 B.0.5 条。当有计算认为混凝土不开裂时,折减系数可取 1.0。

10 地基及基础

10.1 一般规定

10.1.2 本条规定了地基设计的基本原则,为确保地基设计安全,在进行地基设计时必须严格执行。地基设计的原则如下:

1 所有管架的地基计算均应满足承载力计算的要求。

2 在满足承载力计算的前提下,应按软弱地基和自重固结未完成的厚度较大或厚薄不均的填土地基应控制地基变形的正常使用极限状态设计。

3 建造在斜坡上或边坡附近的管架应进行稳定性验算。

10.1.6 地基基础设计时,所采用的作用的最不利组合与相应的抗力限值应符合下列要求:

1 当按地基承载力计算和地基变形计算以确定基础底面积及埋深应采用正常使用极限状态。相应的作用效应为标准组合和准永久组合的效应设计值。

3 计算地基或滑坡稳定和基础抗浮稳定时,采用承载能力极限状态作用的基本组合,但基本组合的效应设计值中的分项系数均为 1.0。

4 在确定基础或桩基承台高度、计算基础内力、确定配筋和验算材料强度时,应按承载能力极限状态采用作用的基本组合,此时采用相应的分项系数。

10.2 地 基

10.2.2 管道的水平推力是经常的,因此设计管架要注意稳定问题,基础埋得太浅,容易发生倾斜,故本条规定了最小埋深。

10.2.8 公式(10.2.8-7)又名克里斯柯公式,国内最初内容可参

见文献《外力在基底核心外的斜偏心受压矩形基础的算法》，作者唐庆国，《工程建设》总第 99 期 1958 年第 6 期。该公式已历次应用于多个国家标准和行业标准，如现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 中公式(7.2.3-1)和公式(7.2.3-3)，现行行业标准《石油化工反应器再生框架设计规范》SH/T 3066 中第 8.1.4 条等。

10.2.9 固定管架基础垂直荷载较小，水平荷载较大，偏心距超出基础核心范围，将产生基底大面积脱离的现象，如严格控制基底不容许产生脱离，势必将基础设计得过大，考虑到固定管架基础在各种荷载组合下存在较大的潜力，因此本条作出了在与风荷载、地震作用效应组合时，对基底脱离面积与基底全面积比值的规定。

10.2.15 高大厂房或高塔基础一般沉降比较大，而相邻的管架荷载小，相应沉降也较小，为避免不均匀沉降后造成对生产的危害，在该处管架基础宜和厂房基础或塔基础联合设置，地基处理应同时考虑。

10.3 基 础

10.3.3 重要的管道指，管架上有直径大于或等于 500mm 的管道多于或等于三根；容易产生较大次生灾害的单根管道且直径大于或等于 500mm；管架上有直径大于或等于 1000mm 的管道；管架顶部支承空冷器等重型设备；设有重型顶盖的管架。

10.4 基础构造

10.4.2 一般钢管架柱，锚栓(地脚螺栓)受力都不大，不同于厂房钢柱基础，因此锚栓(地脚螺栓)边距可适当减小，这样可以避免管架基础长颈部分截面过大的弊病。

10.4.4 经调查，由于锚栓(地脚螺栓)距地面较近，交接处涂刷油漆困难，易产生腐蚀，应考虑腐蚀裕度，规定锚栓(地脚螺栓)直径要比计算值再提高一级。

11 管架结构构造

11.1 钢筋混凝土管架构造

11.1.2 由于管架范围很广,本条规定只是适用于一般管架;对于钢筋混凝土管廊式管架柱最小截面宜为 $300\text{mm}\times 300\text{mm}$,受力纵筋不得小于 $4\Phi 14$ 。

11.1.3 当管架结构处于三类环境时,保护层厚度可适当提高。

11.1.4 经调查 T 型管架的柱、固定管架梁,由于受扭矩较大,这类构件有受扭破坏的情况,因此要求这类构件的箍筋应为抗扭箍筋。

固定管架、“T”型管架、跨越管架和主要支承振动管道的管架,调查中发现柱顶破坏较严重,考虑到管架经常受到振动,吸取抗震构造的经验,加强抗扭和抗振动的能力,故要求这类柱的柱顶、柱脚等位置应将箍筋加密。

11.1.5 槽型锚定轨可参照现行行业标准《槽型锚定轨预埋件通用图》HG/T 21617 选定。

11.1.6 调查发现,有些管架梁柱节点和连接角钢,推力比较大时常有锚筋拔出现象,为避免钢筋锚固先于构件破坏,特制定本条规定。

11.1.7 本条是管架抗震构造措施的有关规定。

11.1.9 对长臂管架的长臂悬出长度不宜大于 2.0m 。当长悬臂管架悬臂长度大于 2.0m 应考虑竖向地震作用。

11.2 钢结构管架构造

11.2.5 管廊式管架的伸缩缝处宜设计成双柱式,可参见现行行业标准《H 型钢钢结构管架通用图集》系列 HG/T 21640.1~

HG/T 21640.3;当为单柱时,伸缩缝的椭圆孔在上、下翼缘处宜一律在下,以防污垢将伸缩缝堵塞,当作防火时,椭圆孔处应有永久防护;螺栓采用人工(非套筒类机械工具,可以是手动扳手)拧紧以防螺栓滑落,当采用高强度螺栓且无参照的标准时,可参照美国《钢结构设计规范》“Specification for structural steel Buildings” ANSI/AISC360 J3.1 中的安全-加紧(Snug tight condition)方式进行安装;管廊设计中由于纵向传力的限制,椭圆孔不宜参照抗震缝的缝宽的要求设置。

11.2.6 钢桁架跨度大于或等于 18m,考虑到将会产生挠度导致管道积液,因此规定宜起拱 $f' = l_0/400$ 。

11.2.7 钢桁架跨度大于或等于 15m,为方便运输,规定应分成两段制造,运至现场后再行组装。

11.2.8 管廊式管架的柱宜伸至桁架或纵梁的顶面,以作为桁架水平支撑点的规定。

12 管 墩

12.1 管 墩 计 算

12.1.1 由于管墩不高,根据以往震害调查报告,管墩部分未发现有管墩在地震时破坏的情况,故规定可不考虑地震作用。

12.1.4 固定管墩上水平推力的分项系取 $\gamma_d=1.3$ 是按照抗滑移的要求而规定的。

12.2 预制混凝土管墩

12.2.1 图 12.2.1 中 h_1 、 h_3 分别为埋深, h_2 为露出地面高度。

13 管架的防腐蚀设计

13.0.1 现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 对环境腐蚀性分级作了明确的规定,化工、石油化工管架所处的环境腐蚀性应符合该标准的规定。

13.0.2 现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 和《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 对各种环境下的混凝土最小强度等级均作了规定,但现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的要求高于现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046,结合化工石油化工管架所处的实际环境情况,规范中的混凝土在中等腐蚀性环境时取大于或等于 C35,同现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 一致。

13.0.3 本条引用了现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 第 4.8 节的相关内容。

13.0.4 钢结构构件和杆件形式,对结构和杆件的腐蚀速度有重大影响。构件截面的周长与面积之比愈大,则抗腐蚀性能愈好。钢结构的涂装一般在进行现场和预制厂进行施工,为了保证涂装质量,达到防腐要求,需要有一定的施工空间。国际标准《色漆和清漆——使用防护漆对钢构件作防腐蚀处理——第 3 部分:设计依据》ISO 12944—3 对此作了规定,本规范均引用于此规定。

吊索式、悬索式管架,因主要受力构件均为钢拉杆,所以在腐蚀性等级为强腐蚀条件下不得采用。

为保证钢构件的耐久性,必须有一定的厚度要求。太薄的杆件一旦腐蚀便很快丧失承载力。本条规定的最小限值,是引用了现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的规定。

14 钢管架的防火保护层设计

14.1 一般规定

14.1.1 根据现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 的规定,在爆炸危险区范围内的主管廊的钢架应采取耐火保护措施,而爆炸危险区范围在化工石油企业一般有安全专业、化工石油专业或电气专业来确定。

14.1.2 本条引用了现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 的相关内容。

14.1.4、14.1.5 这两条明确了防火保护材料的性能及选用要求。

14.1.6 本条规定了覆盖层材料之间相互适应、相互配套要求。

14.2 防火保护构造

14.2.1 本条列举了钢构件防火保护的一般形式。

14.2.2 防火涂料和轻质耐火混凝土都呈碱性反应,对钢材不腐蚀,故要求防锈底漆应具有一定的耐碱性能。

强腐蚀环境下防火保护层,除了在表面采用防腐蚀涂层外,也可直接采用耐碱的阻燃型的防腐蚀涂料。

厚型防火涂料,若在涂层内设置镀锌钢丝网时,必须使之固定在钢结构上。钢构件体量大时,钢丝网丝径和网孔应采用大值。镀锌钢丝网与钢结构构件之间应留有 6mm 左右的间隙,网片铺设应平整牢固。

15 职业健康、安全、环保

15.0.6 基础施工时,对相邻基础由于没有做好防护,而造成侧移,局部坍塌,甚至基坑防护整体失效,因此从设计开始就要注重管廊基础对相邻的建(构)筑物基础的影响,特别是对周围的高塔基础、高大厂房基础的不利影响。

15.0.7 工程实践中,管架结构由于设计原因而导致的事故中,倾覆稳定占有很高的比例。确定管架的结构选型时,应考虑施工及运行全过程的安全性和稳定性,选用独立式管架或高宽比超过 6 的管廊式管架时,应对结构构件和整体结构在各荷载工况下的安全稳定性进行风险识别。

工程实践中,管架结构由于设计原因而导致的事故中,倾覆稳定占有很高的比例。如单片桁架两侧悬挂电缆槽板,施工无法做到对称安装槽板,而导致施工人员空中坠落,设计方案不得不进行修改。

15.0.9 钢楼板如钢格板一般由制造单位完成,有时存在同设计方沟通不够深入,易引起现场返工,或安全隐患,特别是在平面布置较复杂或不同的建(构)筑物单元之间的交接处,楼板支承不稳定等。因此管廊式管架结构的平台或通道的钢楼板设计时,应根据钢楼板跨度,合理布置主次梁间距,确保钢楼板在施工及生产运行全过程的安全性。

15.0.10 通道两侧均为多层电缆时,通道上人员向地面疏散的直梯很难设置,没有足够的空间来设置跨桥越过电缆,只能在通道上开设孔洞便于人员上下,此时应在孔洞上设安全盖板或两侧设安全门。

附录 A 梁扭矩作用下应力

A.0.1 本条的资料引自 2003 版 AISC design guide 9-*Torsional Analysis of Structural Steel Members*。

其中,双曲线函数按如下定义:

$$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2} \quad (2)$$

$$\cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2} \quad (3)$$

$$\tanh x = \frac{\sinh x}{\cosh x} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (4)$$

国内教科书中也将 \sinh 记为 sh , \cosh 记为 ch , \tanh 记为 th , 但双曲线函数在 Excel 表格中采用 \sinh , \cosh , \tanh 的表达式,故在本规范中双曲线函数表达式为便于应用,采用同 EXCEL 中相一致的表达形式。

A.0.5 扭矩 T 作用下总的剪应力同其他荷载产生的剪应力叠加即为构件总的剪应力。

A.0.6 扭矩 T 作用下的闭口截面,如图 5 所示,在扭矩 T 作用下,剪应力为:

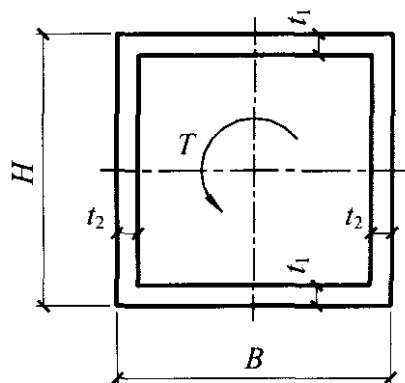


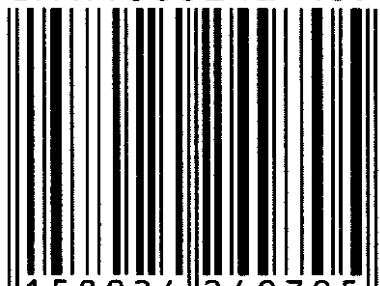
图 5 闭口截面示意

$$\tau_t = \frac{T}{2b \cdot h \cdot t} \left(t = t_1 \text{ 或 } t_2; \frac{b}{t} \geq 10 \right) \quad (5)$$

$$b = B - t_2 \quad (6)$$

$$h = H - t_1 \quad (7)$$

S/N:1580242·497



9 781580 249705 >



统一书号: 1580242·497

定 价: 29.00 元