

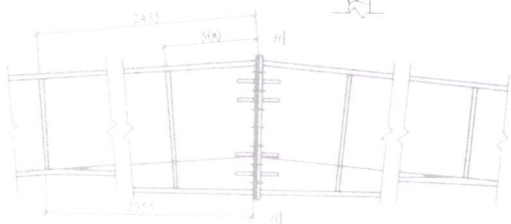
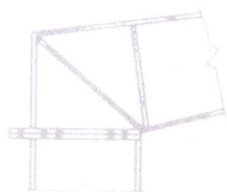
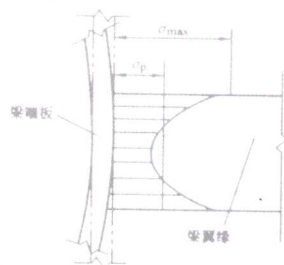


建设工程问答实录丛书

Jianshe Gongcheng Wenda Shilu Congshu

◆ 李帼昌 张曰果 杨华 编著  
◆ 钟善桐 贾连光 主审

# 钢结构设计 问答实录



GANGJIEGOU SHEJI WENDA SHILU



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

TU391.04/29

2008

建设工程问答实录丛书

# 钢结构设计问答实录

李帼昌 张曰果 杨 华 编著  
钟善桐 贾连光 主审

机械工业出版社

与传统钢筋混凝土结构相比,钢结构具有强度高、质量轻、施工速度快等优点,具有较好的综合效益和应用前景。本书依据现行《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)等最新规范,详细介绍了钢结构设计的基本理论、设计方法,并给出了相关的工程设计实例。具体内容包括:钢结构基本构件的设计,常用钢结构的设计,常用钢结构设计软件,钢结构的连接,钢结构的防腐,钢结构的防火设计,钢结构的施工及验收,钢结构工程设计实例。

本书重点针对目前钢结构设计中的一些热点问题、工程设计中常见的疑难问题和易犯的错误,采用问答的形式,简明实用,有较强的针对性和实际指导性。

本书可作为设计、施工人员以及大专院校师生的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

钢结构设计问答实录/李幅昌,张曰果,杨华编著.

—北京:机械工业出版社,2008.3

(建设工程问答实录丛书)

ISBN 978-7-111-23582-8

I. 钢… II. ①李…②张…③杨… III. 钢结构-结构设计-问答 IV. TU391.04-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第026195号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:薛俊高 版式设计:霍永明 责任校对:吴美英

封面设计:张静 责任印制:邓博

北京京丰印刷厂印刷

2008年4月第1版·第1次印刷

169mm×239mm·11.75印张·454千字

标准书号:ISBN 978-7-111-23582-8

定价:36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68327259

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着我国钢材产量和质量的提高,以及钢结构具有重量轻、延性好、抗震能力强、施工速度快等优点,钢结构在我国的应用越来越广泛,因此,钢结构的设计就显得尤为重要。

本书内容由九章组成,第一章是绪论,讲述钢结构的发展现状、特点和应用范围以及钢结构的发展趋势;第二章钢结构设计基础——钢结构基本构件的设计,讲述各类钢构件的设计理论、方法以及钢结构的疲劳计算;第三章是钢结构的应用——常用钢结构的设计,重点讲述钢结构的材料、钢结构体系、常用钢结构的设计:平台钢结构、屋盖钢结构的设计、钢框架结构设计、单层厂房钢结构设计;第四章是常用钢结构设计软件,介绍钢结构设计软件的功能和设计过程;第五章是钢结构的连接,讲述钢结构连接的设计理论;第六章是钢结构的防腐,讲述钢结构的常用防腐措施;第七章是钢结构的防火设计;第八章钢结构的施工及验收;第九章是钢结构设计实例,通过工程实例讲述了钢框架、钢屋架和门式刚架设计的步骤、方法;最后是附录部分,给出了一些钢结构设计、施工中常用的一些数据和资料以备学习工作中方便查阅。

本书的特点是将钢结构设计的基本理论、设计方法以及需要注意的问题以问题的形式出现,阅读起来方便、实用、针对性强;同时配合各类工程设计实例,将各类理论进行实际应用,使之更容易掌握和理解。

本书由三位作者编写,其中第一章和第二章由沈阳建筑大学李帼昌编写;第三、四、五、八、九章由沈阳建筑大学张曰果编写;第六、七章由辽宁工学院杨华编写。

本书属于土木工程专业的工具书,可供从事钢结构设计的工程技术人员和大专院校的师生参考。

在本书的编写过程中得到了哈尔滨工业大学钟善桐教授和沈阳建筑大学贾连光教授的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,欢迎广大读者多提宝贵建议。

李帼昌

# 目 录

## 前言

## 第一章 绪 论

|                        |   |
|------------------------|---|
| 1. 钢结构有哪些优缺点? .....    | 1 |
| 2. 钢结构的应用范围有哪些? .....  | 2 |
| 3. 钢结构的目前发展状况如何? ..... | 3 |

## 第二章 钢结构设计基础——钢结构基本构件的设计

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 第一节 轴心受力构件 .....                                                | 5  |
| 4. 什么是轴心受力构件? .....                                             | 5  |
| 5. 常见结构中哪些构件为轴心受力构件? .....                                      | 5  |
| 6. 轴心受力构件的截面采用什么形式比较合理? .....                                   | 5  |
| 7. 轴心受拉构件需进行哪些计算? .....                                         | 6  |
| 8. 单面连接的单角钢在按轴心受力计算强度时,为什么其强度设计值要乘以折减系数 0.85? .....             | 6  |
| 9. 轴心受拉构件的设计步骤和需注意的问题有哪些? .....                                 | 7  |
| 10. 轴心受压构件常见的屈曲形式有哪些? .....                                     | 7  |
| 11. 轴心受压构件临界应力的确定准则是什么? .....                                   | 7  |
| 12. 轴心受压构件的稳定承载力与哪些因素有关? .....                                  | 8  |
| 13. 提高轴心受压构件稳定承载力的最有效措施是什么? .....                               | 8  |
| 14. 确定轴心受压构件稳定系数 $\varphi$ 时,构件截面如何分类? .....                    | 8  |
| 15. 轴心受压格构柱绕虚轴的整体稳定计算时为什么采用换算长细比? .....                         | 10 |
| 16. 工字形截面轴心受压构件翼缘和腹板的局部稳定公式中 $\lambda$ 为什么取构件两个方向长细比的较大值? ..... | 11 |
| 17. 怎样合理地确定工字形截面轴心受压柱的截面尺寸? .....                               | 12 |
| 18. 如何进行格构式轴心受压构件设计? .....                                      | 12 |
| 19. 轴心受压柱有哪些构造要求? .....                                         | 14 |
| 20. 实腹式轴心受压构件的腹板不满足高厚比限值时应如何处理? .....                           | 14 |
| 21. 双肢缀条格构柱的缀条如何设计? .....                                       | 16 |
| 22. 格构式轴心受压柱的横隔有何作用?如何设置? .....                                 | 16 |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 23. 轴心受压柱的柱脚底板如何设计? .....                                             | 16 |
| 24. 轴心受压柱的柱脚靴梁如何设计? .....                                             | 18 |
| 第二节 受弯构件 .....                                                        | 18 |
| 25. 什么是受弯构件? .....                                                    | 18 |
| 26. 常见结构中哪些构件为受弯构件? .....                                             | 19 |
| 27. 受弯构件采用什么样的截面形式比较合理? .....                                         | 19 |
| 28. 受弯构件需进行哪些计算? .....                                                | 20 |
| 29. 梁抗弯强度计算时为什么要考虑截面部分发展塑性变形? 截面塑性发展系数<br>是如何确定的? .....               | 20 |
| 30. 梁的整体失稳形式是怎样的? 何谓梁的临界弯矩? .....                                     | 20 |
| 31. 梁的整体稳定性受哪些因素影响, 应如何针对这些因素来<br>提高梁的整体稳定承载力? .....                  | 21 |
| 32. 什么情况下的梁可以不需计算整体稳定性? .....                                         | 21 |
| 33. 梁的整体稳定系数 $\varphi_b$ 如何确定? 当 $\varphi_b$ 大于 0.6 时如何处理? 为什么? ..... | 22 |
| 34. 梁的腹板局部失稳形式有哪些? 如何保证? .....                                        | 22 |
| 35. 支承加劲肋的设计内容有哪些? .....                                              | 24 |
| 36. 为什么要进行梁的局部稳定计算? 什么情况下梁可以不进行<br>局部稳定计算? .....                      | 25 |
| 37. 受弯构件的设计步骤如何? .....                                                | 25 |
| 第三节 拉弯和压弯构件 .....                                                     | 28 |
| 38. 什么是拉弯和压弯构件? .....                                                 | 28 |
| 39. 常见结构中哪些构件为拉弯或压弯构件? .....                                          | 28 |
| 40. 拉弯和压弯构件采用什么样的截面形式比较合理? .....                                      | 28 |
| 41. 拉弯和压弯构件需进行哪些方面的计算? .....                                          | 29 |
| 42. 怎样计算实腹式压弯构件在弯矩作用平面内的整体稳定性? .....                                  | 29 |
| 43. 压弯构件整体稳定计算公式中为什么要引入等效弯矩系数?<br>其值是怎样确定的? .....                     | 30 |
| 44. 怎样计算实腹式压弯构件在弯矩作用平面外的稳定性? .....                                    | 31 |
| 45. 拉弯构件和压弯构件的设计步骤是怎样的? 应注意哪些问题? .....                                | 32 |
| 第四节 疲劳计算 .....                                                        | 37 |
| 46. 什么是钢材的疲劳破坏? 其破坏特点是什么? .....                                       | 37 |
| 47. 钢材疲劳破坏的机理是什么? .....                                               | 37 |
| 48. 什么是应力幅和应力比? .....                                                 | 37 |
| 49. 疲劳破坏与哪些主要因素有关? .....                                              | 37 |
| 50. 什么情况下需进行疲劳计算? .....                                               | 37 |
| 51. 如何进行疲劳计算? .....                                                   | 38 |
| 52. 疲劳计算应注意哪些问题? .....                                                | 38 |
| 53. 怎样进行容许应力幅的计算? .....                                               | 38 |

54. 变幅疲劳的等效应力幅和欠载效应的等效系数应怎样进行计算? ..... 40
55. 疲劳设计应注意哪些细部构造? 在制造工艺上应采取哪些措施? ..... 40

### 第三章 钢结构的应用——常用钢结构的设计

- 第一节 钢结构的材料 ..... 44
56. 钢材的主要力学性能指标有哪些? ..... 44
57. 影响钢材力学性能的主要因素有哪些? ..... 44
58. 钢结构的材料选用应注意哪些事项? ..... 49
59. 钢结构对材料有哪些要求? ..... 50
60. 结构用钢材的种类及本构关系如何? ..... 52
61. 什么是断面收缩率? ..... 55
62. 钢材的破坏形式有几种? ..... 56
63. 复杂应力作用下, 如何判断钢材是否屈服? ..... 56
64. 何谓钢材的冲击韧度, 其衡量指标是什么? ..... 57
- 第二节 钢结构设计基础 ..... 57
65. 常用钢结构工程的术语、符号有哪些? ..... 57
66. 当前钢结构设计的常用规范有哪些? ..... 58
67. 钢结构设计的方法是什么? ..... 59
68. 钢结构设计须满足哪些功能要求? ..... 61
69. 结构上的作用有哪些? ..... 61
- 第三节 钢结构体系 ..... 62
70. 常用钢结构体系有哪些? ..... 62
71. 框架结构体系的受力性能有何特点? ..... 64
72. 框架—支撑体系的受力性能有何特点? ..... 65
73. 筒体体系及巨型框架结构体系受力性能有何特点? ..... 65
- 第四节 常用钢结构的设计 ..... 66
74. 平台结构由哪些构件组成? ..... 66
75. 如何合理地进行平台钢结构的布置? ..... 66
76. 平台铺板的设计应注意哪几方面的问题? ..... 67
77. 型钢平台梁的设计步骤有哪些? ..... 68
78. 组合平台梁的设计步骤有哪些? ..... 70
79. 常用的平台柱类型有哪些? 如何选择? ..... 72
80. 实腹柱的设计步骤有哪些? ..... 72
81. 格构柱的设计步骤有哪些? ..... 73
82. 如何进行平台柱头、柱脚的设计? ..... 75
83. 平台钢梯设计时应注意哪些问题? ..... 77
84. 常用的大跨度屋盖体系有哪些? ..... 79
85. 屋盖支撑的作用是什么? ..... 79

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 86. 屋盖支撑的布置原则有哪些? .....                | 81  |
| 87. 屋盖支撑体系的设计应注意哪些问题? .....            | 82  |
| 88. 檩条分为哪几种类型? 如何选择? .....             | 83  |
| 89. 实腹式檩条的设计步骤有哪些? .....               | 85  |
| 90. 檩条的构造要求有哪些? .....                  | 88  |
| 91. 常用普通钢屋架的类型有哪些? 如何选择? .....         | 89  |
| 92. 屋架的设计步骤有哪些? .....                  | 92  |
| 93. 常用轻型钢屋架的类型有哪些? 如何选择? .....         | 94  |
| 94. 空间网架的分类有哪些? 如何选择? .....            | 95  |
| 95. 空间网架上的作用有哪些? .....                 | 101 |
| 96. 网架的一般设计原则有哪些? .....                | 103 |
| 97. 网架的节点形式及构造要求有哪些? .....             | 104 |
| 98. 单层框架(厂房)分为哪些基本类型? 如何进行选择? .....    | 105 |
| 99. 单层(横向)框架结构的计算内容有哪些? .....          | 105 |
| 100. 多层多跨框架的结构布置应注意哪些问题? .....         | 106 |
| 101. 多层多跨框架钢结构有哪些体系? .....             | 107 |
| 102. 框架常用的支撑形式有哪些? 如何进行选择? .....       | 107 |
| 103. 怎样确定框架柱的计算长度? .....               | 109 |
| 104. 现浇钢筋混凝土组合板的破坏形式有哪些? .....         | 112 |
| 105. 现浇钢筋混凝土组合楼盖有哪些构造要求? .....         | 113 |
| 106. 什么是组合梁? .....                     | 114 |
| 107. 组合梁的构造要求有哪些? .....                | 114 |
| 108. 多层多跨框架梁的拼接方法有哪些? 应注意哪些事项? .....   | 116 |
| 109. 框架次梁与主梁的连接方法有哪些? 各有何特点? .....     | 117 |
| 110. 多层多跨框架梁与柱的连接方法有哪些? 应注意哪些事项? ..... | 118 |
| 111. 多层多跨框架柱脚有哪些形式? 如何选择? .....        | 121 |
| 112. 单层厂房由哪些构件组成? .....                | 123 |
| 113. 单层厂房上有哪些荷载作用? .....               | 125 |
| 114. 单层厂房柱网布置的原则有哪些? .....             | 125 |
| 115. 单层厂房温度缝设置的原则有哪些? .....            | 126 |
| 116. 单层厂房横向框架的形式有哪些? 各有何特点? .....      | 127 |
| 117. 如何确定单层厂房横向框架的主要尺寸? .....          | 127 |
| 118. 如何确定单层厂房横向框架的计算简图? .....          | 128 |
| 119. 单层厂房横向框架柱的形式及应用范围有哪些? .....       | 130 |
| 120. 单层厂房支撑的类型有哪些? 各自的作用如何? .....      | 131 |
| 121. 屋盖支撑的分类及布置原则有哪些? .....            | 132 |
| 122. 柱间支撑的分类及布置原则有哪些? .....            | 135 |
| 123. 柱间支撑的形式有哪些? 如何设计? .....           | 136 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 124. 屋盖支撑如何设计? 有哪些构造要求? .....         | 137 |
| 125. 吊车梁的类型及应用范围有哪些? .....            | 138 |
| 126. 吊车梁上的荷载作用有哪些? .....              | 138 |
| 127. 如何进行实腹式简支吊车梁的内力分析? .....         | 139 |
| 128. 吊车梁与普通梁有哪些区别? .....              | 140 |
| 129. 门式刚架结构有哪些形式? .....               | 141 |
| 130. 门式刚架结构上有哪些荷载作用? .....            | 142 |
| 131. 门式刚架结构荷载组合的原则是什么? .....          | 143 |
| 132. 门式刚架的内力及变形计算方法有哪些? .....         | 143 |
| 133. 门式刚架梁与柱及梁与梁如何连接? 怎样进行设计计算? ..... | 144 |
| 134. 门式刚架柱脚形式有哪些? 如何选择? .....         | 147 |
| 135. 门式刚架柱脚锚栓有哪些构造要求? .....           | 147 |
| 136. 如何计算门式刚架柱脚的抗剪承载力? .....          | 148 |
| 137. 门式刚架的墙架构件设计有哪些要点? .....          | 148 |
| 138. 门式刚架隅撑的作用是什么? .....              | 148 |
| 139. 门式刚架的支撑设计有哪些要点? .....            | 148 |

#### 第四章 常用钢结构设计软件

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 140. ETABS 9.0 (中文版) 用于钢结构设计的过程是怎样的? ..... | 150 |
| 141. PKPM 系列钢结构软件中 STS 有哪些主要功能? .....      | 152 |

#### 第五章 钢结构的连接

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 第一节 焊接连接 .....                        | 154 |
| 142. 什么是焊接连接? 焊接连接的形式及特点有哪些? .....    | 154 |
| 143. 如何选用焊接方法? .....                  | 155 |
| 144. 焊缝的缺陷有哪些? 其对结构的影响如何? .....       | 156 |
| 145. 对接焊缝在哪种情况下才需进行强度验算? .....        | 157 |
| 146. 角焊缝有哪些构造要求? 为什么《规范》对此加以限制? ..... | 157 |
| 147. 角焊缝的强度计算公式是如何确定的? .....          | 159 |
| 148. 怎样应用角焊缝的基本公式? .....              | 160 |
| 149. 角焊缝的焊角尺寸是否选用大的比选用小的好? .....      | 171 |
| 150. 斜角角焊缝应用时应注意哪些问题? .....           | 172 |
| 151. 哪些情况下可采用不焊透的对接焊缝? .....          | 172 |
| 152. 对接焊缝的构造要求有哪些? .....              | 173 |
| 153. 焊接残余应力的种类及其产生的原因是什么? .....       | 174 |
| 154. 焊接残余应力对结构性能有什么影响? .....          | 177 |
| 155. 减少焊接应力和焊接变形的措施有哪些? .....         | 178 |
| 156. 如何划分焊缝的质量等级? 设计时怎样选用? .....      | 180 |

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| 157. 如何选择焊条的型号? .....                       | 180 |
| <b>第二节 普通螺栓的连接</b> .....                    | 181 |
| 158. 普通螺栓适用于哪些类型的连接? .....                  | 181 |
| 159. 螺栓应怎样排列? .....                         | 181 |
| 160. 普通螺栓抗剪连接的破坏形式及解决措施有哪些? .....           | 183 |
| 161. 普通螺栓的抗剪受力过程是怎样的? 其极限承载力如何确定? .....     | 183 |
| 162. 撬力对受拉螺栓的承载力有何影响? 设计时应如何处理? .....       | 184 |
| 163. 如何进行普通螺栓的连接计算? .....                   | 185 |
| <b>第三节 高强度螺栓的连接</b> .....                   | 193 |
| 164. 高强度螺栓的种类有哪些? .....                     | 193 |
| 165. 高强度螺栓的性能等级和材料如何选用? .....               | 194 |
| 166. 高强度螺栓连接摩擦面的处理方式有哪些? 其特点如何? .....       | 194 |
| 167. 高强度螺栓的预拉力如何建立? 其设计值确定过程中考虑了哪些方面? ..... | 195 |
| 168. 高强度螺栓连接按其受力特征不同分为哪几种类型? .....          | 196 |
| 169. 如何确定摩擦型和承压型高强度螺栓抗剪连接的最大承载力? .....      | 196 |
| 170. 高强度螺栓为什么还能应用于其杆轴方向的受拉连接? .....         | 196 |
| 171. 能否采用高强度螺栓和焊缝混合连接? .....                | 197 |
| 172. 摩擦型高强度螺栓抗剪连接与普通螺栓抗剪连接的净截面验算有何不同? ..... | 197 |
| 173. 如何进行高强度螺栓连接的计算? .....                  | 198 |
| 174. 高强度螺栓连接施工中应注意哪些主要问题? .....             | 202 |

## 第六章 钢结构的防腐

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 175. 钢结构为什么需要防腐处理? 钢材腐蚀一般分为哪几种? ..... | 203 |
| 176. 常用的钢结构防腐措施有哪些? .....             | 204 |

## 第七章 钢结构的防火设计

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 177. 钢结构为什么要进行防火设计? .....   | 205 |
| 178. 如何进行钢结构防火涂料的选择? .....  | 205 |
| 179. 钢结构防火设计的一般要求有哪些? ..... | 206 |
| 180. 钢结构防火的措施有哪些? .....     | 206 |

## 第八章 钢结构的施工及验收

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 181. 如何进行钢结构材料的质量控制? .....     | 208 |
| 182. 钢结构所用材料应符合哪些质量标准? .....   | 208 |
| 183. 如何对钢结构原材料进行管理? .....      | 211 |
| 184. 钢结构制作的基本流程及注意事项有哪些? ..... | 211 |
| 185. 钢结构安装前应做哪些准备? .....       | 216 |
| 186. 如何注意钢结构安装过程中的稳定问题? .....  | 223 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 187. 如何进行钢结构焊接工程的质量验收?        | 223 |
| 188. 如何进行紧固件连接工程的质量检验?        | 226 |
| 189. 钢结构工程施工质量验收时如何进行分项工程的划分? | 228 |
| 190. 钢结构工程施工质量验收中如何进行检验批的划分?  | 228 |
| 191. 钢结构安装连接中应注意哪些问题?         | 229 |
| 192. 如何划分分部工程的质量等级?           | 230 |
| 193. 如何划分分项工程的质量等级?           | 230 |
| 194. 如何划分单位工程的质量等级?           | 230 |
| 195. 钢结构工程的施工质量标准是什么?         | 230 |

## 第九章 钢结构工程设计实例

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 196. 沈阳某公司办公楼钢框架结构设计实例  | 232 |
| 第一部分 方案设计概述             | 232 |
| 第二部分 结构布置及构件截面初选        | 235 |
| 第三部分 荷载汇集               | 236 |
| 第四部分 水平地震作用下结构分析        | 238 |
| 第五部分 风荷载计算分析            | 252 |
| 第六部分 竖向荷载作用下框架内力分析      | 257 |
| 第七部分 横向框架的内力组合          | 273 |
| 第八部分 框架结构构件的设计          | 288 |
| 第九部分 节点设计               | 300 |
| 第十部分 基础设计               | 312 |
| 第十一部分 楼梯设计              | 315 |
| 197. 某厂装配车间钢屋架工程设计实例    | 321 |
| 198. 某一榀单跨等截面门式刚架结构设计实例 | 334 |

## 附 录

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 附录 A 材料强度         | 351 |
| 附录 B 受弯构件的容许挠度    | 353 |
| 附录 C 梁的整体稳定系数     | 354 |
| 附录 D 轴心受压构件的稳定系数  | 357 |
| 附录 E 疲劳计算的构件和连接分类 | 360 |
| 参考文献              | 363 |

# 第一章



## 绪 论

### 1. 钢结构有哪些优缺点?

钢结构是指由型钢和钢板等制作而成的结构,与其他材料的结构相比,钢结构有如下特点:

(1) 钢结构自重轻,强度高。

用钢结构建造的住宅重量是钢筋混凝土住宅的  $1/2$  左右,而且,与其他材料相比,钢材的强度大得多,所以,在承受相同的荷载条件下,钢结构要比钢筋混凝土结构轻。

(2) 钢材具有良好的塑性和韧性。

塑性好是指钢材在静力荷载作用下,当应力超过屈服点后,能产生显著的残余变形(塑性变形)而不立即断裂的性质。钢材的韧性好,是指在动力荷载作用下不易出现脆性断裂的性能。

(3) 钢材材质均匀,更接近于匀质的各向同性体。

钢材的内部组织非常接近于匀质体,而且其各个方向上的物理力学性能基本相同,比较接近各向同性体。钢材的这些性能与力学计算中的假定非常吻合,所以钢结构的实际受力情况和工程力学计算结果最为符合。

(4) 钢材具有不渗漏性,便于做成密闭结构。

钢材本身组织非常致密,当采用焊接连接,甚至采用铆钉或螺栓连接时,都易做到密不渗漏。因此是制造容器,特别是高压容器的良好材料。

(5) 钢结构制造简便,施工周期短,装配性良好。

钢结构所用的材料一般是各种型材,加工比较简便,采用机械化程度高。钢结构一般在专业化的金属结构厂制造,所以精确度较高。构件运到现场拼装,可以采用普通螺栓连接和高强度螺栓连接,还可采用地面拼装及吊装,故缩短了施工周期。此外,对于已建成的钢结构也容易进行加固和改建,对于采用螺栓连接的结构便于拆迁。

(6) 钢材耐腐蚀性差,应采取保护措施。

耐腐蚀性差是钢结构的一大弱点,尤其是处于有腐蚀介质的环境中,构件必须镀锌或油漆,而且应注意在使用期间定期维护。这使得维护费用比钢筋混凝土

结构高。近年来,为提高钢材的耐腐蚀性,可以采用电镀或喷镀的方法覆盖在钢材的表面或采用耐候钢。

#### (7) 钢材耐热但不耐火。

钢结构的耐热性能好,但耐火性差。随着温度的升高,钢材的强度将会降低,当周围环境的辐射温度达到 $150^{\circ}\text{C}$ 以上时,须采用遮挡措施加以保护。钢材不耐火,若发生火灾,在结构达到 $500^{\circ}\text{C}$ 以上时,耐火时间仅为 $15\text{min}$ ,结构即发生崩溃。所以重要的结构必须注意采取防火措施,防护会使钢结构的造价提高,解决这一问题的关键是研究开发耐火性能好的钢材,如耐温钢。

## 2. 钢结构的应用范围有哪些?

钢结构的合理应用范围不仅取决于钢结构本身的特性,也取决于国民经济发展的具体情况。过去由于钢材的短缺导致钢产量不能满足国民经济各部门的需求而限制了钢结构的发展和应用。近年来由于我国钢产量有了很大的提高,由1949年钢产量十几万吨发展到目前的年钢产量超过4亿吨。钢结构的结构性能也得到了很大的改善,钢结构在土建工程中得到了很大的发展。

根据钢结构的特点,其合理应用范围如下:

(1) 大跨空间结构 结构的跨度越大,其自重所占的比例就越大,减轻结构的自重可以取得明显的经济效果,由于钢结构强度高,结构构件的截面小因而质量轻可以跨越很大的跨度,特别适合大跨桥梁和大跨建筑结构。如:世界第一跨度钢结构斜拱——南京奥林匹克体育中心主体育场钢结构斜拱,总跨度 $361.582\text{m}$ ,以及国家大剧院、浦东国际机场、广州国际会展中心等大跨度结构,都充分展示了钢结构在大跨度结构中的独特优势。

(2) 重型工业厂房结构 重型机器制造工业,冶金工业以及大型动力设备制造工业等重工业企业的厂房大都属于重型厂房,厂房中的重级或中级工作制吊车均达到 $100\text{t}$ 以上,甚至达到 $440\text{t}$ ,所以这些车间的主要承重骨架常全部或部分采用钢结构,此外,对于有强烈辐射的车间也经常采用钢结构。

(3) 受动力荷载作用的结构 由于钢材具有良好的韧性,对于具有较大锻锤或动力设备的厂房常采用钢结构,此外,对于抗震性能要求高的结构都常采用钢结构。

(4) 可拆卸的移动结构 钢结构不仅重量轻便于搬迁,而且可以采用螺栓连接,非常便于装配和拆卸,对于流动式展览馆和活动房屋来说,采用钢结构最适宜搬迁,建筑机械则必须采用钢结构。

(5) 高耸结构和高层建筑 高耸结构包括塔架以及桅杆等结构,如:广播、电视发射塔架和高压输电线路等。高耸结构主要承受风载荷,由于钢结构的构件截面小,从而大大减小了风荷载,因而能够取得更大的经济效果。当高层建筑的

层数和高度均较大时宜采用钢结构。

(6) 轻型钢结构 钢结构对于跨度比较小的小跨结构也有一定的优势,因为在这类结构中,结构的自重是一个很重要的因素,对于采用轻屋面的轻钢屋盖结构与钢筋混凝土相比,在用钢指标接近的情况下,结构自重可以减轻 70% ~ 80%, 用钢量相比于普通钢结构会降低 25% ~ 50%, 自重减少 20% ~ 50%。

(7) 容器及其他构筑物 对于冶金、化工、石油企业中的油罐、高炉、热风炉等,应广泛采用密封和耐高压性能好的钢板焊成的容器,另外,对于航空航天器的发射塔架、通廊栈桥、管道支架、钻井平台以及海上采油平台等构筑物也常采用钢结构。

### 3. 钢结构的目前发展状况如何?

钢结构体系虽然在我国的发展历史较短,但却具有巨大的发展潜力和理想的发展前景。目前,由于我国不仅在政策上对于钢结构的应用予以重视和积极推广,而且,钢结构也愈来愈得到人们的认同。北京奥运会,上海世博会,西部大开发以及振兴大东北等相关工程的开展,也有力地推动了钢结构的发展。

在 19 世纪,美国的芝加哥学派建造了一批钢结构摩天大楼,法国工程师埃菲尔建造了世界瞩目的铁塔,金属建筑从此进入了第一个光辉时代。钢结构建筑在 20 世纪 60 年代再度开始了新的发展,建筑钢材获得了突破性的进展,计算机也开始了早期的应用,金属建筑的各种结构体系日趋成熟。目前,西方发达国家已提出预工程化金属建筑概念,预工程化金属建筑是指将建筑结构分成若干模块在工厂加工完成,从而使钢结构建筑的设计、加工和安装得以一体化。这就大大降低了建筑成本(比传统金属结构形式低 10% ~ 20%),缩短了施工周期,使钢结构的综合优势更加明显。

目前,全球独领风骚的建筑材料是钢材,钢结构现今已是发达国家主导建筑结构,被广泛应用于高层、超高层建筑、大跨大空间建筑、量大面广的中小型工业、商业等建筑,以及大部分的低层非居住型建筑中。

钢结构体系具有自重轻,安装容易,施工周期短,抗震性能好,投资回收快,环境污染少等综合优势,与钢筋混凝土结构相比,更具有“高、大、轻”三个方面发展的独特优势。最近在我国建筑工程领域中已经出现了产品结构调整,长期以来混凝土和砌体结构一统天下的局面正在发生变化,钢结构以其自身的优越性引起业内的关注,已经在工程中得到合理的、迅速的应用。高层、大跨钢结构近年来如雨后春笋般拔地而起,发展十分迅速。如上海的卢浦大桥,它是世界上最大的钢结构拱桥,该桥主跨 550 米,系杆设计长度达 758 米,其长度和刚度在世界同类项目中均属先例;万洲长江大桥为目前我国铁路大桥跨度最大的钢桥;以及上海的金茂大厦、东方明珠电视塔、北京国贸三期等超高、超大型钢

结构；最近在大连兴建的高度 200m 的远洋大厦钢结构，设计、制造、安装和材料全部是由国内承担和供应的，这说明完全由我国自己来建造超高层钢结构是可以做到的。

钢结构产业在我国有了可喜的进步，但是发展力度远远不够。一是世界各国建筑业都是钢材的主要用户之一，工业发达国家在其建筑业的增长时期基本建设用钢量一般占钢材总量的 30% 以上，而我国目前建筑用钢量只达到 22% ~ 26%，这 5% ~ 6% 的差距主要在于我国房屋结构的用钢量还比较少；二是虽然行业管理部门和社会各界都在强调发展钢结构建筑，但由于多年以来钢结构的发展较钢筋混凝土结构慢，人们对此还不很熟悉，对钢结构建筑多方面的优越性认识不够，一些工程还不能采用最优方案的钢结构体系，存在着转变观念的问题；三是对于业主和设计单位，钢结构正逐步改变着传统建筑的设计理念，这需要我们结构设计人员不断充实钢结构设计思维，学习先进的设计经验，突破传统结构约束，来不断适应新形势的要求。

尽管目前还存在着种种不尽人意或有待提高的方面,但钢结构的发展潜力巨大,前景广阔。

# 钢结构设计基础

## ——钢结构基本构件的设计

本章将介绍如何进行钢结构基本构件的设计及设计中要注意的问题。

### 第一节 轴心受力构件

#### 4. 什么是轴心受力构件？

当构件截面的重心作用有拉力或压力，而不受弯矩作用时，称为轴心受力构件。它分为轴心受拉和轴心受压构件两类。

#### 5. 常见结构中哪些构件为轴心受力构件？

在钢结构中，轴心受力构件的应用比较广泛，如在平面桁架、网架、网壳等结构中的杆件；而轴心受压构件，常用于工业建筑的平台和其他结构的支柱；此外，在次要结构中，各种支撑系统也常常由许多轴心受力构件组成。

#### 6. 轴心受力构件的截面采用什么形式比较合理？

可作为轴心受力构件的截面有很多，但对其形式有四点要求：①构件的截面积，要满足强度的要求；②构件的制作，要简便；③构件的连接，要便于安装；④构件的截面，要开展且壁厚较薄，以满足刚度要求。对于轴心受压构件，截面开展更具有重要意义，因为这类构件的截面往往取决于稳定承载力，整体刚度大则构件的整体稳定性好，用料比较经济。对构件截面的两个主轴都应如此要求。轴心受力构件主要分为实腹式和格构式两大类型。其中实腹式还分为三种类型：第一种是热轧型钢截面，如图 2-1a 中圆钢、圆管、T 型钢、角钢、槽钢和工字钢等；第二种是冷弯薄壁型钢截面，如图 2-1b 中的带卷边或不带卷边的角钢、槽钢和钢管等在轻型钢结构中应用较多；第三种是用型钢或钢板连接而成的组合截面，如图 2-1c 所示。格构式构件容易实现两主轴方向的等稳定性，同时刚度大、抗扭性能好，用料较省。如图 2-1d 中所示的尺寸宽大的双肢、三肢或四肢

格构式组合截面,其刚度和稳定性都非常好。格构式构件常用于构件较长或荷载较大的结构中,但对于一些受力较小或很短的受压构件,从制造和施工方便的角度出发,仍常采用格构式截面。

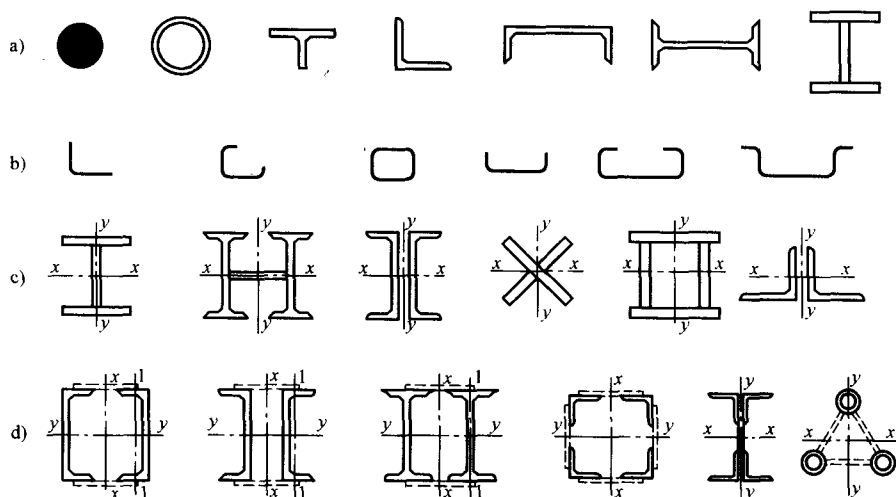


图 2-1 轴心受力构件的截面形式

a) 热轧型钢 b) 冷弯薄壁型钢 c) 实腹式组合截面 d) 格构式组合截面

## 7. 轴心受拉构件需进行哪些计算?

轴心受拉构件设计时,应同时满足第一和第二两种极限状态的要求。第一极限状态称为承载能力极限,也即强度问题;第二极限状态称为正常使用极限状态,对于轴心受拉构件来说是限制构件的变形,是通过限制构件长细比  $\lambda = l_0/i$  来保证,要求  $\lambda \leq [\lambda]$ 。其中  $l_0$  是构件的计算长度,  $i$  是构件截面的最小回转半径,  $[\lambda]$  是规范规定的容许长细比。因为长细比过大,既易于引起振动,又易产生较大的挠度,使承载力降低。

## 8. 单面连接的单角钢在按轴心受力计算强度时,为什么其强度设计值要乘以折减系数 0.85?

《钢结构设计规范》第 3.4.1 条给定的钢材强度设计值是根据结构处于正常工作情况求出的,对于工作情况处于不利的结构构件或连接其强度设计值应乘以