



# 结构设计

# 计算示例

钢结构设计规范国家标准管理组  
《钢结构设计计算示例》编制委员会

编著



中国计划出版社



# 「钢结构设计计算示例」

钢结构设计规范国家标准管理组

编著

《钢结构设计计算示例》编制委员会

中国计划出版社

**图书在版编目 ( C I P ) 数据**

钢结构设计计算示例/钢结构设计规范国家标准管理组,《钢结构设计计算示例》编制委员会编著. —北京:中国计划出版社, 2007. 3

ISBN 978-7-80177-756-0

I. 钢… II. ①钢…②钢… III. ①钢结构—结构设计  
②钢结构—结构计算 IV. TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 004403 号

**钢结构设计计算示例**

钢结构设计规范国家标准管理组 编著  
《钢结构设计计算示例》编制委员会

☆

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

---

787 × 1092 毫米 1/16 62.5 印张 1552 千字

2007 年 3 月第一版 2007 年 3 月第一次印刷

印数 1—4000 册

☆

ISBN 978-7-80177-756-0

定价: 140.00 元

## 本书编写主要成员单位

主编单位：钢结构设计规范国家标准管理组

《钢结构设计计算示例》编制委员会

参编单位：中冶京城工程技术有限公司（原北京钢铁设计研究总院）

中冶赛迪工程技术有限公司（原重庆钢铁设计研究院）

中冶南方工程技术有限公司（原武汉钢铁设计研究院）

机械工业第一设计研究院

宝钢设计研究院（原上海冶金设计研究院）

浙江大学

清华大学

西安建筑科技大学

杭萧钢构股份有限公司

中国航空工业规划设计研究院

中国新时代国际工程公司（原机械工业部第七设计研究院）

中水东北勘测设计研究有限责任公司（原东北勘测设计院）

中冶华天工程技术有限公司（原马鞍山钢铁设计研究院）

中国电力工程顾问集团西北电力设计院

中国石化工程建设公司（原中国石化北京设计院）

山东省冶金设计院

浙江精工钢结构公司

中国中元兴华工程公司（原机械工业部设计总院）

天津大学

湖南大学

北京交通大学（原北方交通大学）

中国电力工程顾问集团华东电力设计院

喜利得（中国）有限公司

浙江东南网架股份有限公司

浙江久立乔兴钢构公司

迁安市九江线材有限公司

湖南金钢钢结构公司

海丰昌工程支座制造有限责任公司

# 《钢结构设计计算示例》编制委员会

顾问：夏志斌 王国周 陈绍蕃 张启文

主任：黄友明

委员：李 勇 魏潮文 王立军 但泽义 胡耿华 马天鹏

主要编写人：（按参编单位顺序排列）

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 张继宏 | 关晓松 | 尹元初 | 朱周兵 | 明正勇 | 孙志理 |
| 何 镒 | 孙绪东 | 孙永丽 | 童根树 | 朱 丹 | 裴永忠 |
| 李宪南 | 马山积 | 崔元山 | 王 琛 | 周秋贵 | 郑 蕾 |
| 赵春莲 | 董绿荷 | 陈瑞金 | 史恒通 | 田思方 | 王永臻 |
| 李 洁 | 李慎尧 | 张作运 | 韩庆华 | 舒兴平 | 徐国彬 |
| 陈 峥 | 张 宇 | 周观根 | 赵玉江 | 王建明 | 崔 玲 |

# 前 言

国家标准《钢结构设计规范》GB 50017—2003（以下简称新规范）经建设部批准，于2003年12月在全国实施。新规范共修订了150余条条文，约占原钢结构设计规范条文量的75%。增加和修订的内容主要有：根据结构钢的现行国家标准推荐了四种不同强度等级牌号的钢材作为建筑钢结构的主要用材，并规定了各种情况下钢材应具有力学性能保证，给出了不同受力情况下的强度设计值；对框架结构的内力分析，除仍保留可用一阶弹性分析外，推荐采用二阶弹性分析以考虑二阶变形对内力产生的影响；在受弯构件中，对组合梁的腹板局部稳定提出了新的验算公式，并对承受静力荷载和间接承受动力荷载的组合梁，容许其腹板局部失稳考虑其屈曲后的强度；在轴心受压构件中，对单轴对称的截面绕其对称轴失稳时，规定必须考虑弯扭屈曲；修订了原规范中为减小轴心受压构件自由长度的支撑力公式，使计算更为合理；增加了框架刚性节点的节点域计算公式；新增了连接节点处板件强度和稳定的计算方法；对直接焊接的钢管节点，增加了空间圆管节点、平面矩形管节点的计算；对钢-混凝土组合梁，新增了负弯矩作用区段的计算、部分抗剪连接时的截面强度验算和考虑滑移影响的挠度计算公式等。众多的新内容在今后的钢结构设计中都必须贯彻执行。

为了使广大设计工作者和工程技术人员能准确地掌握和正确地使用新规范，钢结构设计规范国家标准管理组于新规范颁布后，邀请了参加新规范修订工作的20余个主要设计单位及部分大学的专家、教授，共同编写了这本《钢结构设计计算示例》，供有关设计单位及大专院校师生参考和阅读。本书内容基本上涵盖了工程设计中钢结构系统（包括房屋结构和特殊结构）各类构件及节点的计算和钢铁联合企业中炼铁、炼钢、轧钢以及机械加工等大型钢结构系统的总体设计、结构布置和构件选型的设计示例。由于入选的示例多是选自目前全国有影响的设计单位已经过实践考验的典型优秀设计示例，因此，既有专业方面的代表性、实用性，又具备足够的可靠性。

必须说明的是：当前在工程设计中，电子计算机的广泛使用，对一些大型结构和构件一般选用程序计算，本书中对属于此类型的结构和构件的计算亦有实例并明确标出所采用的程序号，以方便使用者选用时参考。而书中构件计算的主导部分，则一律采用手工计算，目的是使广大中、小设计单位及现场设计工作人员能准确使用新规范，以提高设计计算水平。为此，每个示例均保持了完整的计算过程，列出了清晰的计算层次，凡使用新规范和其他有关标准和规范的，均标注了所选用规范的条款或公式号，有的同时加注了必要的说明。每个示例后一般均附有对本示例的简要点评，以引发读者对同类示例的深入思考和探索。当然由于各示例的内容和繁、简程度均有一定差别，不可能强求一致，因此，在保持各示例的编写模式尽量统一外，允许各编写单位对实例的计算内容与表述有一定的自由度，以便于发挥各自的技术优势，为读者提供多种类型的设计计算模式，以方便读者博采众长，达到最佳的阅读和使用效果。



总之，本书的编写初衷和定位，就是汇集了国内众多设计单位的优秀设计方案和示例，明确地标注出新规范条文、公式及其具体应用，从而为大型设计单位从事钢结构设计研究的专业人员展示编制复杂钢结构系统设计方案的先进设计思路，以备选择优秀设计方案时参考；为全国广大中、小设计单位的钢结构设计人员奉献一本在日常设计工作中可按需对照查阅的实用参考书，给读者提供了一本了解全国有代表性的设计单位现有钢结构科研、设计水平的技术资料。相信本书的出版能体现本书的编写初衷，达到确有实效的目的。广大读者在阅读和使用本书中如发现有不妥之处，深望给予指正。

最后，对参与本书编写长时间给予人力、物力支持的 28 家科研设计、大学等单位的全体参编人员致以深切的敬意和谢忱！

**钢结构设计规范国家标准管理组  
《钢结构设计计算示例》编制委员会**

# 目 录

## 第一篇 钢结构构件设计计算

|   |         |
|---|---------|
| 第一章 钢结构屋盖系统 .....   | ( 3 )   |
| 跨度 $L = 6\text{m}$ 的槽钢简支式檩条 .....                                     | ( 3 )   |
| 跨度 $L = 12\text{m}$ 的 Z 形钢简支式檩条 .....                                 | ( 7 )   |
| 跨度 $L = 12\text{m}$ 的组合型钢实腹式连续檩条 .....                                | ( 14 )  |
| 跨度 $L = 12\text{m}$ 的上弦杆为斜面的平面桁架式檩条 .....                             | ( 17 )  |
| 跨度 $L = 18\text{m}$ 的上弦杆为斜面的空间三角形桁架式檩条 .....                          | ( 25 )  |
| 跨度 $L = 5\text{m}$ 的两侧弧形挡风板天窗架 .....                                  | ( 29 )  |
| 跨度 $L = 9\text{m}$ 的多竖杆式纵向天窗架与挡风板 .....                               | ( 38 )  |
| 跨度 $L = 12\text{m}$ 的三支点式纵向天窗架与挡风板 .....                              | ( 44 )  |
| 跨度 $L = 6\text{m}$ 的三铰拱式横向天窗架与挡风板 .....                               | ( 51 )  |
| 跨度 $L = 12\text{m}$ 的边列柱桁架式屋架梁 (托架) .....                             | ( 61 )  |
| 跨度 $L = 18\text{m}$ 的中列柱桁架式屋架梁 (两侧屋盖为高低跨) .....                       | ( 71 )  |
| 跨度 $L = 18\text{m}$ 的双角钢截面双坡 (三角形) 铰接支承钢屋架 .....                      | ( 76 )  |
| 跨度 $L = 24\text{m}$ 的双角钢截面双坡 (梯形) 刚接支承钢屋架 .....                       | ( 88 )  |
| 跨度 $L = 30\text{m}$ 的 H 型钢截面下弦带环形单轨吊车梁的双坡 (梯形) 钢屋架 .....              | ( 98 )  |
| 跨度 $L = 30\text{m}$ 的剖分 T 型钢截面双坡 (梯形) 钢屋架 .....                       | ( 106 ) |
| 跨度 $L = 36\text{m}$ 的 H 型钢截面双坡 (梯形) 横向天窗钢屋架 .....                     | ( 119 ) |
| 跨度 $L = 60\text{m}$ 的圆钢管截面双坡 (梯形) 钢屋架 .....                           | ( 131 ) |
| 跨度 $L = 60\text{m}$ 的方钢管截面双坡 (梯形) 钢屋架 .....                           | ( 139 ) |
| 跨度 $L = 60\text{m}$ 的圆钢管截面空间桁架 .....                                  | ( 149 ) |
| 跨度 $L = 100\text{m}$ 的 H 型钢截面 (平行弦) 钢屋架 .....                         | ( 157 ) |
| 跨度 $L = 50\text{m}$ 的圆钢管截面、螺栓球节点钢网架 .....                             | ( 169 ) |
| 跨度 $L = 30\text{m}$ 的圆钢管截面、焊接球节点钢网壳 .....                             | ( 176 ) |
| 第二章 钢吊车梁系统 .....  | ( 182 ) |
| 跨度 $l = 6\text{m}$ 的无制动结构的实腹式吊车梁 (A5 级吊车) .....                       | ( 182 ) |
| 跨度 $l = 9\text{m}$ 的实腹式吊车梁 (A6 级吊车) 与相应的制动板及制动边梁 .....                | ( 192 ) |
| 跨度 $l = 18\text{m}$ 的实腹式吊车梁 (A5 级吊车) 与相应的制动桁架及辅助桁架 .....              | ( 208 ) |
| 跨度 $l = 12\text{m}$ 的实腹式吊车梁 (A6 级吊车) 与相应的制动板及辅助桁架 .....               | ( 234 ) |
| 跨度 $l = 24\text{m}$ 的上弦杆为焊接工字形截面的吊车桁架 (A5 级吊车) 与相应的<br>制动梁及制动桁架 ..... | ( 253 ) |



|  |       |
|--|-------|
| 跨度 $l=36\text{m}$ 的实腹式吊车梁 (A7 级吊车) 与相应的制动板及托屋盖结构<br>(按中列柱抽柱) ..... | (270) |
| 跨度 $l=60\text{m}$ 的实腹式吊车梁 (A6 级吊车) 与相应的制动板及托屋盖结构<br>(按中列柱抽柱) ..... | (286) |
| <b>第三章 柱子系统</b> .....  | (309) |
| 等截面实腹柱 .....   | (309) |
| 等截面缀板式格构柱 .....  | (311) |
| 等截面单层框架柱 .....   | (313) |
| 单轴对称单阶柱 (上端铰接、下端固接) .....  | (317) |
| 双轴对称单阶柱 (上端刚接、下端固接) .....  | (325) |
| 箱形截面柱 (柱顶弹性约束、柱脚固接) .....  | (332) |
| 箱形变截面柱及配套支撑节点设计 .....  | (339) |
| 双阶柱 (上端铰接、下端固接、重屋盖、双层吊车、靴梁柱脚) 考虑地震作用<br>及柱间支撑构件的计算 .....           | (345) |
| 双阶柱 (上端刚接、下端固接、重屋盖、双层吊车、靴梁柱脚) 考虑地震作用<br>及柱间支撑构件的计算 .....           | (379) |
| 双阶柱 (上端刚接、下端固接、轻屋盖、双层吊车、靴梁柱脚) 的计算 .....                            | (385) |
| <b>第四章 楼面及平台梁系统</b> .....  | (409) |
| 型钢梁 .....  | (409) |
| 焊接工字形截面梁 .....   | (411) |
| 超静定固端梁 .....   | (417) |
| 超静定多跨连续梁 .....   | (419) |
| 用塑性分析方法计算不直接承受动力荷载的普通钢与混凝土简支组合梁 .....                              | (422) |
| 用弹性分析方法计算普通钢与混凝土简支组合梁 .....  | (434) |
| 用弹性分析方法计算普通钢与混凝土连续组合梁 .....  | (444) |
| 用塑性分析方法计算带压型钢板底模的钢与混凝土连续组合梁 .....                                  | (468) |
| <b>第五章 格构式立体桁架系统</b> .....   | (493) |
| 格构式支架 .....  | (493) |
| 大跨度立体通廊桁架 .....  | (504) |
| 高耸式支架 (输电塔架) 构件与支撑节点设计 .....                                       | (521) |
| <b>第六章 墙架系统</b> .....  | (534) |
| 跨度 $l=6\text{m}$ 的槽钢简支檩条 .....                                     | (534) |
| 上、下端铰接的轧制 H 型钢截面墙架柱 .....  | (537) |
| 跨度 $l=30\text{m}$ 的抗风桁架 .....                                      | (540) |
| <b>第七章 单层和多层框架结构系统</b> .....                                       | (543) |
| 单层钢框架结构的塑性设计 .....   | (543) |
| 无支撑钢框架 .....   | (547) |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 有支撑多层钢框架 .....     | (569) |
| 多层钢框架结构的二阶分析 ..... | (601) |

## 第二篇 钢结构节点设计计算

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| <b>第一章 钢柱与相关构件的连接</b> ..... | (643) |
| 屋架与柱子的铰接节点 .....            | (643) |
| 屋架与柱子的刚接节点 .....            | (645) |
| 屋架梁(托架)与柱子的连接节点 .....       | (649) |
| 圆管截面桁架支承节点计算 .....          | (651) |
| 方管截面桁架支承节点计算 .....          | (651) |
| H型钢截面桁架支承节点计算 .....         | (651) |
| 实腹式吊车梁与柱子的连接节点 .....        | (652) |
| 桁架式吊车梁与柱子的连接节点 .....        | (655) |
| 制动桁架与柱子的连接节点(高强螺栓连接) .....  | (656) |
| 制动板与柱子的连接节点(高强螺栓连接) .....   | (659) |
| 辅助桁架与柱子的连接节点(高强螺栓连接) .....  | (661) |
| 柱身与横梁的铰接节点 .....            | (663) |
| 柱身与横梁的刚接节点 .....            | (663) |
| 斜撑与梁柱的焊接连接节点 .....          | (663) |
| 斜撑与梁柱的螺栓连接节点 .....          | (663) |
| <b>第二章 柱身部分节点</b> .....     | (664) |
| 厂房大柱(实腹柱)人孔节点 .....         | (664) |
| 厂房大柱(空腹柱)人孔节点 .....         | (668) |
| 厂房大柱(实腹柱)肩梁节点 .....         | (671) |
| 厂房大柱(空腹柱)肩梁节点 .....         | (673) |
| 焊接连接支撑节点 .....              | (676) |
| 高强度螺栓连接支撑节点 .....           | (678) |
| 焊接连接牛腿节点 .....              | (680) |
| 高强螺栓连接牛腿节点 .....            | (682) |
| <b>第三章 钢支座和钢柱脚</b> .....    | (684) |
| 钢支座设计 .....                 | (684) |
| 后置式锚栓支座的设计、计算 .....         | (694) |
| 双肢柱插入式刚接柱脚 .....            | (698) |
| 双肢柱靴梁式刚接柱脚 .....            | (701) |
| 柔性柱脚的计算 .....               | (707) |
| 刚性柱脚的计算 .....               | (707) |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| <b>第四章 其他连接节点</b> .....  | (708) |
| 组合工字形钢梁的拼接节点 .....       | (708) |
| 重型桁架弦杆 H 型钢拼接节点 .....    | (713) |
| 重型桁架弦杆部分 H 型钢拼接蜂窝梁 ..... | (713) |
| 射钉连接的计算 .....            | (714) |
| 剪力件的连接及计算 .....          | (718) |

## | 第三篇 大型钢结构系统总体结构设计 |

|  |       |
|--|-------|
| <b>第一章 炼钢系统厂房钢结构总体结构布置、选型及主要结构构件和节点的设计</b> |       |
| <b>计算</b> .....                            | (725) |
| 一、炼钢技术的发展及转炉炼钢简介 .....                     | (725) |
| 二、转炉炼钢车间的总体结构布置 .....                      | (728) |
| 三、转炉炼钢车间各系统钢结构的设计 .....                    | (734) |
| 四、结构用钢材及连接材料 .....                         | (757) |
| 五、点评 .....                                 | (757) |
| <b>第二章 轧钢系统厂房钢结构总体结构布置、选型及主要结构构件和节点的设计</b> |       |
| <b>计算</b> .....                            | (759) |
| 一、概述 .....                                 | (759) |
| 二、设计资料 .....                               | (760) |
| 三、刚架结构 .....                               | (762) |
| 四、屋盖系统结构布置 .....                           | (784) |
| 五、吊车梁系统结构布置 .....                          | (787) |
| 六、墙架系统结构布置 .....                           | (789) |
| 七、点评 .....                                 | (790) |
| <b>第三章 炼铁系统特殊钢结构总体结构布置、选型及主要结构构件和节点的设计</b> |       |
| <b>计算</b> .....                            | (795) |
| 一、我国冶炼技术的发展及高炉炼铁工艺简介 .....                 | (795) |
| 二、炼铁车间平面布置 .....                           | (796) |
| 三、高炉系统炉体钢结构 .....                          | (801) |
| 四、煤气除尘系统 .....                             | (822) |
| 五、出铁场系统 .....                              | (826) |
| 六、热风炉系统 .....                              | (831) |
| 七、点评 .....                                 | (837) |
| <b>第四章 机械工业厂房钢结构总体结构布置、选型及主要结构构件和节点的设计</b> |       |
| <b>计算</b> .....                            | (840) |
| 一、机械工业厂房概况及总体设计 .....                      | (840) |

---

|                  |       |
|------------------|-------|
| 二、屋盖结构 .....     | (847) |
| 三、排架柱及柱间支撑 ..... | (852) |
| 四、吊车梁及制动结构 ..... | (869) |
| 五、墙架结构 .....     | (885) |
| 六、点评 .....       | (889) |
| 附录 有关资料摘录 .....  | (895) |
| 参考文献 .....       | (987) |

# 第一篇

## 「钢结构构件设计计算」



# 第一章 钢结构屋盖系统

## 跨度 $L = 6\text{m}$ 的槽钢简支式檩条

### 一、设计资料

工程概况如下：

某工程厂房（封闭式）双坡屋面，檐口标高  $8\text{m}$ ，屋面材料为压型钢板，坡度  $i = 1/3$ ；檩条跨度  $L = 6\text{m}$ ，跨中设一道拉条；水平檩距为  $a = 1.5\text{m}$ ，檩条斜距  $s = 1.581\text{m}$ 。檩条钢材采用 Q235 钢。檩条平面布置图见图 1-1-1。

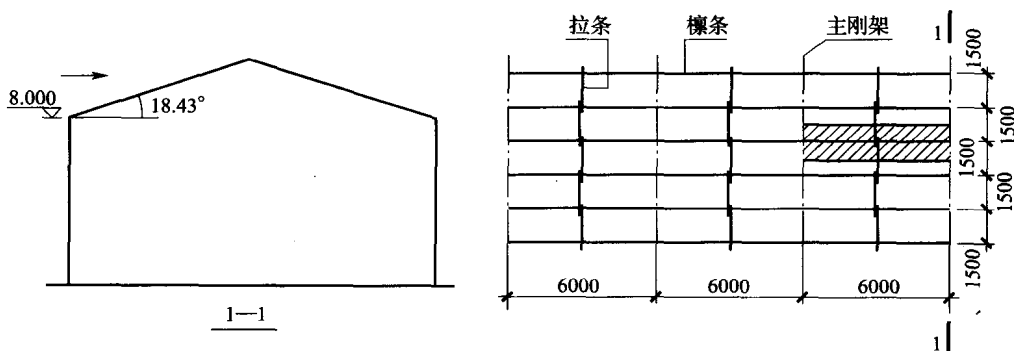


图 1-1-1 檩条平面布置图

### 二、荷载及荷载效应组合

#### 1. 荷载标准值

(1) 永久荷载（屋面恒荷载）标准值。

压型钢板：  $0.1\text{kN/m}^2$

檩条及支撑自重：  $0.15\text{kN/m}^2$

合计：  $0.25\text{kN/m}^2$ （沿屋面）

(2) 可变荷载标准值。

1) 屋面均布活荷载：  $0.5\text{kN/m}^2$ （水平投影）。

2) 基本雪压  $s_0 = 0.2\text{kN/m}^2$ （水平投影）。

根据《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 公式 (6.1.1)，雪荷载标准值  $s_k = \mu_r s_0$ ，  
屋面积雪分布系数  $\mu_r = 1.0$ （考虑均匀分布），

则  $s_k = 1.0 \times 0.2 = 0.2\text{kN/m}^2$ （水平投影）

活荷载取值：  $0.5\text{kN/m}^2$ （水平投影）。



3) 基本风压  $w_0 = 0.40 \text{ kN/m}^2$  (垂直屋面, 地面粗糙度 B 类)

根据《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》CECS 102:2002 公式 (A.0.1), 风荷载标准值  $w_k = \mu_s \mu_z w_0$

风荷载体形系数:  $\mu_s = -1.3$  (中间区) (CECS 102:2002 表 A.0.2-2)

风压高度系数:  $\mu_z = 1.0$  (《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 表 7.2.1)

这里  $w_0 = 1.05 \times 0.40 = 0.42 \text{ kN/m}^2$ ,

则  $w_k = -1.3 \times 1.0 \times 0.42 = -0.546 \text{ kN/m}^2$ 。

## 2. 荷载效应组合

根据《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 公式 (3.2.3-1), 有两种组合:

① 1.2 恒荷载 + 1.4 活荷载;

② 1.0 恒荷载 + 1.4 风荷载 (在风吸力作用, 恒荷载对结构有利, 其分项系数取 1.0)。

## 三、截面选择及截面特性

选用热轧轻型槽钢 [14,  $A = 15.65 \text{ cm}^2$ ,  $W_x = 70.2 \text{ cm}^3$ ,  $W_y = 27.1 \text{ cm}^3$ ,  $I_x = 491.1 \text{ cm}^4$ ,  $i_x = 5.60 \text{ cm}$ ,  $i_y = 1.70 \text{ cm}$ 。考虑截面有孔削弱, 则净截面模量  $W_{nx} = 0.9 \times 70.2 = 63.18 \text{ cm}^3$ ,  $W_{ny} = 0.9 \times 27.1 = 24.39 \text{ cm}^3$ 。

## 四、内力计算

荷载简图见图 1-1-2。

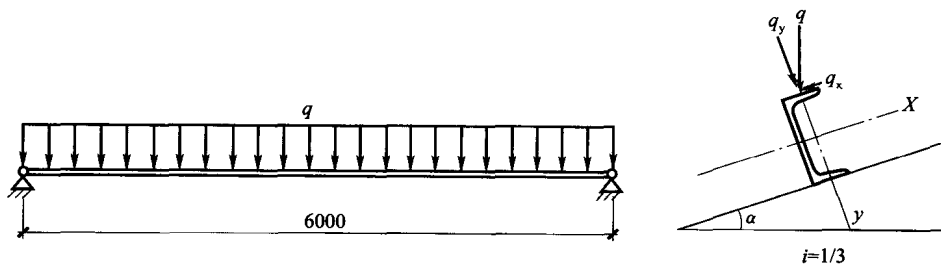


图 1-1-2 荷载作用简图

$\tan \alpha = 1/3$ ,  $\sin \alpha = 0.3162$ ,  $\cos \alpha = 0.9487$ 。

### 1. 檩条线荷载

(1) 标准值:  $q_k = 0.25 \times 1.581 + 0.5 \times 1.5 = 1.145 \text{ kN/m}$ 。

(2) 设计值:

1) 荷载效应组合①:

$q = 1.2 \times (0.25 \times 1.581) + 1.4 (0.5 \times 1.5) = 1.524 \text{ kN/m}$ ,

$q_x = q \sin \alpha = 1.524 \times 0.3162 = 0.482 \text{ kN/m}$ ,

$q_y = q \cos \alpha = 1.524 \times 0.9487 = 1.446 \text{ kN/m}$ 。

2) 荷载效应组合②:

$q_x = 1.0 \times (0.25 \times 1.581) \sin \alpha = 0.125 \text{ kN/m}$ ,

$$q_y = 1.0 \times (0.25 \times 1.581) \cos\alpha + 1.4 \times (-0.546 \times 1.581) = -0.834 \text{ kN/m}_0$$

(需验算风吸力作用下檩条下翼缘稳定)

## 2. 弯矩 (荷载效应组合①)

檩条在刚度最大平面的弯矩 (按简支梁的跨中弯矩计算)

$$M_x = q_y L^2 / 8 = 1.446 \times 6^2 / 8 = 6.507 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

檩条在刚度最小平面的弯矩 (按檩条跨度内设一根拉条、连续梁中间支点弯矩计算)

$$M_y = q_x L^2 / 32 = 0.482 \times 6^2 / 32 = 0.542 \text{ kN} \cdot \text{m}_0$$

## 五、强度、稳定性计算

(1) 当屋面能阻止檩条侧向失稳和扭转时, 强度按《钢结构设计规范》GB 50017—2003 公式 (4.1.1) 计算, 整体稳定性可不作计算。

$$\begin{aligned} \frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} + \frac{M_y}{\gamma_y W_{ny}} &= \frac{6.507 \times 10^6}{1.05 \times 63.18 \times 10^3} + \frac{0.542 \times 10^6}{1.2 \times 24.39 \times 10^3} \\ &= 116.6 \text{ N/mm}^2 < f = 215 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

其中  $\gamma_x, \gamma_y$  为截面塑性发展系数, 按《钢结构设计规范》GB 50017—2003 表 5.2.1 采用。

(2) 当屋面不能阻止檩条侧向失稳和扭转时, 按《钢结构设计规范》GB 50017—2003 中公式 (4.2.3) 计算檩条的整体稳定性。

$$\begin{aligned} \frac{M_x}{\varphi_b W_x} + \frac{M_y}{\gamma_y W_y} &= \frac{6.507 \times 10^6}{0.63 \times 70.2 \times 10^3} + \frac{0.542 \times 10^6}{1.2 \times 27.1 \times 10^3} \\ &= 163.8 \text{ N/mm}^2 < 215 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

其中  $\varphi_b$  为绕强轴弯曲所确定的梁整体稳定系数, 按《钢结构设计规范》GB 50017—2003 公式 (B.3) 计算:  $\varphi_b = \frac{570bt}{l_1 h} \cdot \frac{235}{f_y}$

式中  $l_1$ ——当檩条跨中无侧向支承点时,  $l_1$  为其跨度; 当檩条跨中有侧向支承点时,  $l_1$  为其受压翼缘侧向支承点间的距离 (支座处视为有侧向支承);

$h, b, t$ ——分别为槽钢截面的高度, 翼缘宽度和平均厚度。

按公式 (B.3) 算得的  $\varphi_b$  大于 0.6 时, 应按公式 (B.1-2) 算得相应的  $\varphi'_b$  代替  $\varphi_b$  值。

$$\varphi_b = \frac{570 \times 58 \times 8.1}{3000 \times 140} \times \frac{235}{235} = 0.6376 > 0.6$$

$$\text{故 } \varphi'_b = 1.07 - \frac{0.282}{\varphi_b} = 1.07 - \frac{0.282}{0.6376} = 0.63$$

## 六、刚度计算

### 1. 挠度计算

$$q_{yk} = q_k \cos\alpha = 1.145 \times 0.9487 = 1.086 \text{ kN/m}$$

$$\frac{v_y}{l} = \frac{5q_{yk}l^3}{384EI_x} \quad (\text{《钢结构设计规范》GB 50017—2003 表 A.1.1})$$

$$= \frac{5 \times 1.086 \times 6000^3}{384 \times 206 \times 10^3 \times 491.1 \times 10^4} = \frac{1}{331} < \left[ \frac{1}{200} \right]$$