

基于工程能力培养的钢屋盖课程设计实践研究

王 慧, 李长永, 赵 洋

(华北水利水电学院 土木与交通学院, 河南 郑州 450011)

摘要: 钢结构实践教学是钢结构设计类课程的重要延伸, 其以课程设计作为主要依托形式。文章结合钢屋盖课程设计, 总结结构选型与布置、结构计算和施工图绘制等步骤容易出现的问题, 强调整体设计思想和工程化概念的形成, 以期培养具有较强设计能力和动手能力的土木工程专业毕业生打下良好基础。

关键词: 钢屋盖; 课程设计; 整体设计; 工程应用

中图分类号: G642.0 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2012)03-0121-04

进入 21 世纪以来, 随着国内钢结构建造事业的迅猛发展和大量钢结构建筑物的快速崛起, 钢结构设计类课程在土木工程专业本科教学中的地位日渐凸显。该类课程以提高学生的工程设计素质为重心, 依托钢屋架、门式刚架、吊车梁等课程设计, 帮助学生形成系统的设计思路, 培养学生处理工程问题的能力, 架设校园学习与未来应用的桥梁。但钢结构设计计算量大, 图纸表达繁琐, 学生在设计过程中常出现思路不清晰, 与工程实践脱节, 细节处理不完善等问题。笔者以钢屋盖设计为例, 对设计流程详细梳理, 总结了几处常见问题并给出处理方法, 以供教学与学习参考。

一、构建整体设计思路

钢屋盖设计是钢结构课程设计中的常用选题。屋盖系统是由若干榀屋架、支撑体系、屋面材料、檩条等组合而成的^[1-2]。笔者于教学中发现: 学生大多拘泥于钢结构原理中一再强化的“材料—连接及节点—构件”的思路, 虽然对经过离散的钢屋架的构件或节点设计非常熟悉, 但常常无法将它们拼装成完整的屋盖体系, 顺畅地完成整体结构的选型和分析工作, 即缺乏整体结构意识。而树立这种意识, 做到面对任何工程时都能具备大局观, 从结构规划着手, 再细化到构件、节点计算和最终图面实现, 恰恰是从事设计工作的必备素质。所以, 在课程设计指导过程中, 帮助学生形成整体设计思路就显得尤为重要。这种思路的形成, 依赖于钢结构原理和钢结构设计课程链的有效衔接和相关知识的整合, 即通过规范设计流程, 将学生对钢结构的认知从“连接方法—构件”

收稿日期: 2011-12-07

基金项目: 河南省教育科学“十一五”规划课题(2007-JKGHAG-173; 2009-JKGHAZ-0090)

作者简介: 王慧(1979-), 女, 华北水利水电学院土木与交通学院讲师, 主要从事建筑结构教学与研究, (E-mail)897672585@qq.com。

修正为“整体结构—构件—连接及节点”^[3]。钢屋盖的设计流程^[4],即可从搭设大骨架着手,首先确定结构的基本形式,明确荷载与内力,再落实具体的杆件与节点设计,直至勾勒出有骨架、有血肉的丰盈的建筑物,如图1所示。

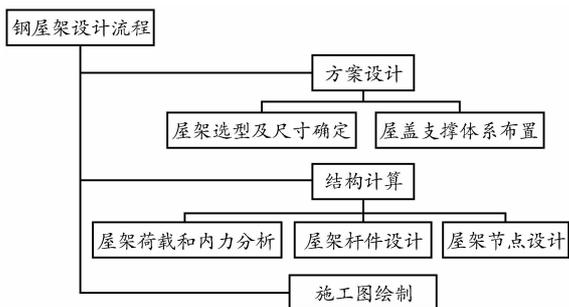


图1 钢屋盖设计流程

在实践整体设计的过程中,很多工程、办公软件起到了良好的辅助作用,如 STS 可以完成屋架的建模、内力求解以及施工图绘制,有限元软件可以模拟屋盖的变形形态, CAD 可以直接测量屋架起拱前后杆件长度, EXCEL 可以编程解决重复计算问题等。但有些软件从输入参数到获得图纸的过程过于简单化,不利于学生切实理解和掌握结构设计的关键。因此课程设计中还应贯穿以手算—手绘为主,电算—电绘为辅的指导原则,提高学生的钢结构设计实践能力。

二、强化工程实践概念

初次接触钢结构设计的在校生,大多能够参照理论知识完成设计流程,但却无法规避因缺乏工程经验而出现的各类疏漏,造成理论与实际的脱节。根据笔者的教学实践,将屋架设计的常见问题总结如下。

(一) 跨中起拱问题

屋架承受荷载后,下弦将因受拉而伸长,跨中节点将下垂若干毫米。如果拼装时不起拱,跨中节点下垂后很不美观,且给人不安全感。故而施工过程中,常将跨度 ≥ 24 m、下弦无曲折的梯形屋架给予 $L/500$ 的跨中起拱^[5](图2)。而该起拱值对屋架杆件长度及内力大小的影响是否考虑,应当向学生推导演绎清楚。以跨度为 24 m、屋面坡度为 1/12 的某梯形屋架为例(图3),起拱方法一般为抬高下弦中点使之成倾斜状,并保持所有竖杆长度不变以保证屋架原有高度。经计算发现,起拱后各杆件交角改变不大,仅屋架斜腹杆长度有明显改变,内力计算结果也只有微小差异。为简化处理,施工详图中屋架

的主视图仍可按起拱前形状绘制(即下弦杆轴线仍为水平),仅需在图纸左上角的几何尺寸图中画出起拱高度,并标出起拱后杆件几何长度,从而为施工时下料拼装提供参考。内力计算时,也可取起拱前模型,起拱对计算结果产生的极小误差忽略不计。

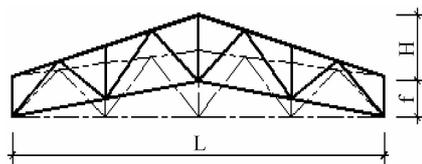


图2 屋架跨中起拱

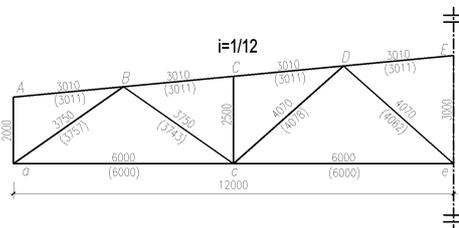


图3 梯形屋架起拱前后杆件几何长度

注:括号内为起拱后长度

(二) 杆件交汇问题

在屋架的实际制作过程中,应充分考虑三角形的稳固性,尽力保证弦杆、腹杆轴线汇交于一点,否则会使屋架的上、下弦杆产生偏心弯矩,引起局部杆件变形。理论上各杆轴线应是型钢的重心线,初学者习惯上也会直接根据型钢表中重心距确定杆件定位。但杆件是双角钢时,角钢截面的重心距,即形心与肢背的距离常不是整数。为了工程制作方便,焊接屋架中通常取角钢肢背至轴线的距离为 5 mm 的倍数,螺栓连接时则选用角钢的最小线距来汇交。角钢杆件的轴线与重心线虽然没有完全重合,但引起的偏心很小,计算时可忽略不计。

(三) 杆件拼接问题

屋架弦杆的拼接分为工厂拼接和工地拼接两种。工厂拼接为型钢长度不够或弦杆截面有改变时在制造厂进行的拼接,拼接位置在节点范围以外,通常设在内力较小的节间。工地拼接用于屋架分为几个运送单元时在工地进行的拼装,拼接位置一般在节点处。课程设计中涉及的多为中小跨度屋架,以跨中工地拼接节点居多。该类节点构造复杂,除要设置节点板、拼接角钢及加劲肋板,还要特别指导学生注意焊缝的处理方法。根据运送单元的划分,节点处的部分构件与节点板在工厂制造时即需焊好,行工厂焊缝,而另一运送单元上的构件必须在工地拼装后才能与节点板焊牢,行工地焊缝,施工图中应

以表达。以屋架下弦中央拼接节点为例(图4),工厂制造时节点板和直腹杆属左半榀屋架,其间焊缝为工厂焊缝,节点板与右方杆件均为工地焊缝,拼接角钢为独立零件,与左右两半榀屋架的弦杆都用工地焊缝连接,以避免拼接时角钢穿插困难。为便于工地拼装定位,右方腹杆和拼接角钢水平肢上均应设置安装螺栓,拼接角钢竖直肢因切肢后尺寸较小可不设安装螺栓。运送屋架时,宜利用下弦连接水平支撑的螺栓孔,将拼接角钢临时固定在某一侧弦杆上以免散失。

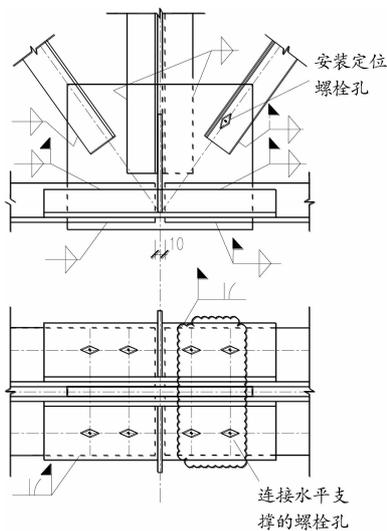


图4 下弦跨中拼接节点

三、落实设计细节

计算和绘图中的细节性问题往往是学生易忽略之处,直接影响着设计质量,故需加强过程控制,削减错误的输出率。

(一) 细化节点设计

多数教材上涉及到具体的节点设计步骤时,仅将焊缝的验算作为介绍的重点,学生无法依样完成节点板和杆件尺寸的定义。故可将节点设计的步骤进一步条理化,以某下弦节点为例(图5)。(1)根据腹杆内力,计算腹杆与节点板连接焊缝的长度与焊脚尺寸;(2)绘制屋架轴线和各杆件轮廓线,按照杆件之间最小间距的构造要求切断腹杆,并标定每一腹杆端部至节点中心的距离,用于计算腹杆的实际长度(即腹杆两端节点中心距离减去杆件两端至相应节点中心的距离),长度宜以5 mm为模数,方便工程下料;(3)在保证腹杆与节点板连接焊缝长度的前提下,绘制节点板,节点板轮廓尺寸宜以10 mm为模数,并从节点中心分别沿上、下、左、右方向标定此点至板件边缘距离,用于制造时节点定位;(4)验算弦

杆与节点板间焊缝长度与焊脚尺寸。

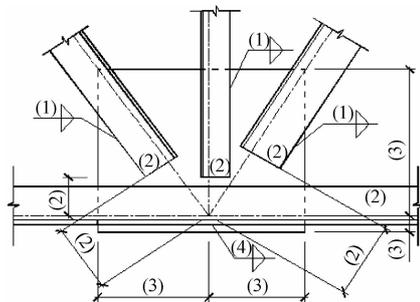


图5 屋架下弦节点

注:图中(1)一(4)对应4个设计步骤

(二) 协调各部分构件关系

为了保证屋盖系统的整体刚度和稳定性能,通常在屋架间需设置支撑系统,因此学生需在方案设计阶段完成支撑体系的布置,并在绘制屋架施工图阶段,在上、下弦杆与支撑的交接点处预留连接水平支撑的螺栓孔。学生常常忽略前后两阶段的对应关系,在施工图中任意挑选位置标示螺栓孔。同样,在各部分视图中正确表达节点板和填板也应提醒学生注意:不仅要在屋架正立面图中清晰绘制双角钢弦杆中夹设的节点板和填板,在上、下弦杆的俯视图也应绘制板件轮廓线;除了在屋架正立面图中绘制支座竖杆和跨中竖杆中夹设的填板,还需在左、右侧视图中对应高度处绘制等。此外,注重协调板件层次关系也是指导设计的关键点。因屋架涉及零件较多,在各向视图中会出现构件前后重叠现象,而构件的层次关系主要依靠实线与虚线的合理选用予以体现。如图5角钢与节点板交汇处,角钢在前,节点板在后,故叠交处板件轮廓应用虚线描述。

(三) 规范材料表编制

材料表的统计虽繁琐但难度较小,学生大多仅就一点产生疑问,即在描述上、下弦杆和设有安装螺栓孔的跨中斜腹杆的杆件数量时为何有“正”“反”之分。学生应明确标定原则:凡截面尺寸、长度、开孔位置等全部相同的零件方可编为同一号,有些微差别的则需另外编号处理,“镜像相同”的亦可编为同一号,但需注明“正”和“反”。如图6所示,(1)中两角钢规格和长度都相同,但螺栓孔数量和位置不同,应编为两个零件号;(2)中两角钢开孔位置镜像相同,可编为同一号,但注明正反;(3)中两角钢虽位置不同但可互换,应编为同号。由此,屋架上、下弦杆和跨中斜腹杆的两相并角钢构件尺寸完全相同,但因对称设有螺栓孔,属“镜像相同”,需注明正反。

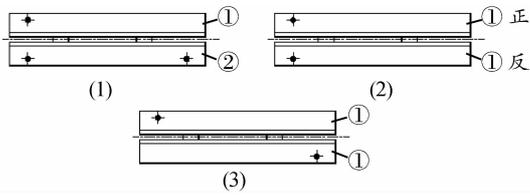


图6 杆件的镜面对称及编号方法

四、结语

培养应用型土木工程专业毕业生是高校教育教育的立足点。钢屋盖课程设计是其中一个重要的实践环节。文章以钢屋盖设计中的关键性问题进行了总结和深化,并长期应用于课堂指导。实践证明,上述内容对帮助学生巩固钢结构课程相关知识,增强理论设计能力,拓宽工程视野,起到了有效的推动

作用。

参考文献:

- [1] 夏志斌,姚谏. 钢结构[M]. 浙江:浙江大学出版社,1996.
- [2] 李天. 建筑钢结构设计[M]. 河南:郑州大学出版社,2010.
- [3] 白玉星,张迪. 钢结构课程教学之探讨[J]. 钢结构,2004(增刊):565-568.
- [4] 施刚,石永久,王元清. 《钢结构课程设计》教学探讨[J]. 钢结构,2008(增刊):608-612.
- [5] 中华人民共和国建设部. GB50017-2003 钢结构设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2003.

Practical research on steel roof course design based on engineering ability training

WANG Hui, LI Chang-yong, ZHAO Yang

(North China University of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou, Henan 450011, P. R. China)

Abstract: Practical teaching of steel structure is an important extension of steel structure design course. Course design is the main form of practical teaching. Based on steel roof course design, we summarized problems during structure selection and layout, structure calculation, and construction drawing. The overall design idea and engineering concept were stressed, which can lay a good foundation to develop students' design capacity and practical ability.

Keywords: steel roof; course design; overall design; engineering application

(编辑 周沫)