单独计算分肢承载力．需要加以说明的是：针对偏心受压格构柱，分肢承载力的验算是要对构件分肢进行具体的强度和稳定验算．缀条柱的分肢按轴压杆理论计算，缀板柱的分肢按实腹式压弯构件理论计算．

4 结束语

格构柱设计理论中的 3 个关键力学问题的解决涉及许多力学概念和力学理论应用，比如将缀条柱和缀板柱分别简化成桁架结构和框架结构，并在此基础上进行力学分析；稳定问题的二阶效应，剪切变形的影响；构件变形模拟、力的微分关系，以及稳定问题多个判定准则的联合应用．通过格构柱设计理论教学的实施过程，教师采用合理的授课方法主导教学，引导学生思考如何从工程问题中提炼力学问题，建立力学模型，分析力学问题，对复杂力学问题采取有效措施进行简化，让学生认识力学知识在专业课程知识学习中的重要性，同时也让学生从中学习解决科学研究问题时，如何寻找解决问题的方法，如何正确将知识综合应用以及运用有关知识实现问题的求解，让学生建立正确的分析问题的思考方式和解决问题的正确途径，实现学生创新思维、创新能力培养目标．

参 考 文 献

1 王志群，史卫东．格构柱的设计与分析．科技创新导报，2013, (1): 58-59

2 舒赣平，谢甫哲，刘伟．钢结构二阶分析设计方法及其应用．建筑结构，2015, 45(21): 30-34

3 魏明忠．钢结构．武汉：武汉理工大学出版社，2002

4 中华人民共和国国家标准．钢结构设计规范 (GB50017–2003)．北京: 中国计划出版社, 2003

5 钢结构设计规范 (GB50017–2003) 及条文说明．北京：中国计划出版社，2009

(责任编辑：胡　漫)

平面汇交二力杆系变形协调条件的解析方法 1)

吴泽艳 2)　王兴霞

(三峡大学水利与环境学院, 湖北宜昌 443002)

摘要　现有文献中关于杆系变形协调条件的求解相对比较复杂．本文通过对杆系的几何方程采取微分运算，相对简单地得到了平面汇交二力杆系的变形协调条件．本文的工作可供大学生和教师们在材料力学的学习和教学中参考借鉴．

关键词　静不定, 变形协调条件, 解析方法

中图分类号：O343　**文献标识码**：A

doi：10.6052/1000-0879-14-361

对于材料力学课程中杆系的静不定问题, 需要从静力学、变形协调条件以及物理三方面列方程联合求解．对初学者而言，变形协调条件的建立是难点．现在各高校比较通用的材料力学教材 [1-2], 均采用几何作图法来建立变形协调方程．这对于静不定次数较少的杆系结构是一个可行的方法, 但对高次静不定杆系结构, 用几何作图法建立各杆的变形协调方程往往是困难的, 甚至是不可能的．熊慧而等 [3] 利用向量点积的几何意义给出了一种几何与解析相结合的方法求变形协调条件；周道详 [4] 通过图形的面积相等、四点共圆等几何性质列方程，得到了变形协调条件. 宋寿南 [5] 运用节点位移和角度的关系求解了平面汇交二力杆系的变形协调方程．本文针对平面汇交二力杆系介绍一种求解变形协调方程的解析方法．该方法不需要画出各变形量间的几何关系，也不受静不定次数的限制，而且易于推广到

本文于 2014–11–19 收到.

1) 三峡大学 2015 年教学研究重点项目 (J2015003) 资助.

2) E-mail: wuzeyan2000@163.com

引用格式：吴泽艳, 王兴霞．平面汇交二力杆系变形协调条件的解析方法．力学与实践, 2016, 38(4): 451-452

Wu Zeyan, Wang Xingxia. A analytical method for deformation compatibility conditions of coplanar system of concurrent two-force bars. *Mechanics in Engineering*, 2016, 38(4): 451-452

三维情形.

考虑如图 1 所示的一次静不定结构. 力 F 作用前，杆 BD 与水平壁面垂直，且长度设为 l.

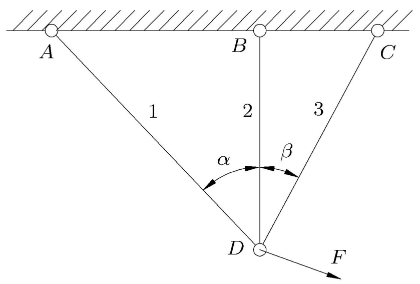

图 1 一次静不定结构

定义如图 2 所示的坐标系, A,B,C 点的坐标如图所示. 力 F 作用后, A,B,C 三点的坐标保持不变, 而 D 点是圆心分别为 A,B,C 半径依次为 AD,BD 和 CD 的三个圆的交点. 设 D 点的坐标为 (x,y), 记 AD,BD,CD 的长度分别为 R_1, R_2 和 R_3，则有

$$\left.\begin{aligned}&(x-x_A)^2+y^2=R_1^2\\&x^2+y^2=R_2^2\\&(x-x_C)^2+y^2=R_3^2\end{aligned}\right\}\qquad(1)$$

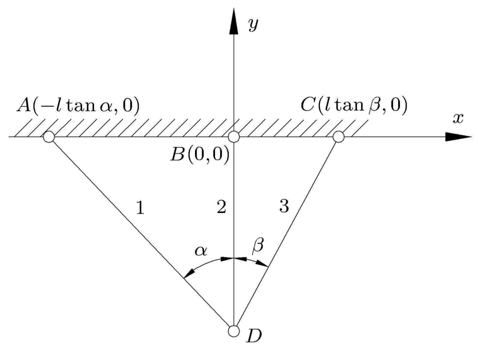

图 2 一次静不定结构的坐标系

对上面 3 个式子取微分运算有

$$\left.\begin{aligned}&(x-x_A)\,\mathrm{d}x+y\mathrm{d}y=R_1\mathrm{d}R_1\\&x\mathrm{d}x+y\mathrm{d}y=R_2\mathrm{d}R_2\\&(x-x_C)\,\mathrm{d}x+y\mathrm{d}y=R_3\mathrm{d}R_3\end{aligned}\right\}\qquad(2)$$

求变形协调条件就是要求 $\mathrm{d}R_1$, $\mathrm{d}R_2$ 和 $\mathrm{d}R_3$ 的关系. 由式 (2) 的前两式可解出 $\mathrm{d}x$ 和 $\mathrm{d}y$

$$\left.\begin{aligned}&\mathrm{d}x=\frac{-R_1\mathrm{d}R_1+R_2\mathrm{d}R_2}{x_A}\\&\mathrm{d}y=\frac{xR_1\mathrm{d}R_1+(x_A-x)\,R_2\mathrm{d}R_2}{x_Ay}\end{aligned}\right\}\qquad(3)$$

将式 (3) 代入式 (2) 的第 3 式得到

$$\frac{x_CR_1}{x_A}\mathrm{d}R_1+\frac{(x_A-x_C)R_2}{x_A}\mathrm{d}R_2-R_3\mathrm{d}R_3=0\qquad(4)$$

将

$$x_A=-l\tan\alpha\quad x_C=l\tan\beta$$

和

$$R_1=\frac{l}{\cos\alpha},\quad R_2=l,\quad R_3=\frac{l}{\cos\beta}$$

代入式 (4) 并整理得到

$$\sin\beta\mathrm{d}R_1=\sin(\alpha+\beta)\,\mathrm{d}R_2-\sin\alpha\mathrm{d}R_3\qquad(5)$$

式 (5) 即所求的变形协调条件. 这里, 杆件伸长时 $\mathrm{d}R_i$ $(i=1,2,3)$ 为正.

从以上求解过程可以看出, 该方法不受杆件数的限制, 即不限于一次静不定问题的求解. 对于高次静不定问题, 只是方程数增加了, 求解过程没有本质不同. 另外, 该方法可以完全平行地运用到空间汇交二力杆系变形协调条件的求解.

参 考 文 献

1 刘鸿文. 材料力学 (第 5 版) . 北京: 高等教育出版社, 2011

2 单辉祖. 材料力学 (第 3 版) . 北京: 高等教育出版社, 2011

3 熊慧而, 罗松南. 杆系静不定结构变形协调条件. 力学与实践, 1996, 18(6): 48-49

4 周道祥. 解析法解杆系拉 (压) 超静定问题. 力学与实践, 2004, 26(2): 66-67

5 宋寿南. 平面汇交二力杆系问题解法的新途径. 力学与实践, 1987, 8(2): 52-54

(责任编辑: 胡 漫)