

eters and the match between the small angle liner material and the large angle liner material on the penetration results. The experiment results revealed that at the optimal stand offs of the new type shaped charge warhead and the EFP, the penetration capability of the new type shaped charge warhead could achieve an increase of about 50%

from the penetration capability of the EFP with a comparative diameter of their craters under the same charge and casing conditions.

Key words mechanics of explosion, shaped charge effect, shaped charge warhead, jet, explosively formed projectile

基于有限元理论绘制等高线的新方法

郭 旻 刘继明

(青岛建筑工程学院土木系, 青岛 266033)

摘要 由于传统绘制等高线的方法存在很多的缺点, 如相邻等高线不协调, 等高线交叉重叠等. 为了克服这些现象, 提出了一种根据地形特征点自动绘制等高线的高效、简便、实用的新方法, 其基本思想是建立在样条函数的力学模型基础上, 利用弹性薄板的竖向位移模拟地形特征点的标高, 从而利用有限元, 高精度地绘制出等高线. 还通过两个算例, 利用有限元通用程序 ANSYS 进行绘制等高线, 来进一步说明该方法的实用性.

关键词 等高线, 地形图, 样条插值, 薄板比拟法, 有限元法, ANSYS

自 20 世纪 80 年代初全站式电子经纬仪和电子计算机在测绘领域逐步得到普及以来, 人们在大比例尺数字测图方面进行了大量的研究, 开发形成了多种各具特色的数字测图软件. 但是根据地形线自动绘制等高线常常出现相邻等高线不协调, 甚至难以避免等高线间交叉、重叠等矛盾的现象. 本文在分析样条函数的力学模型基础上, 提出了一种根据地形特征点利用薄板比拟法绘制等高线的简便、实用、高效的方法.

1 基本原理和求解方法

1.1 一维的三次样条插值原理^[1]

我们知道早期的工程师制图时, 把富有弹性的细长木条 (所谓样条) 用压铁固定在样点上, 在其它地方让它自由弯曲, 然后画下细长木条的曲线, 称为样条曲线, 它实际上是由分段三次曲线拼接而成, 在连接点即样点上要求二阶导数连续, 从数学上进行概括就得到数学样条这一概念.

将压铁固定在样点上的弹性的细长木条的力学抽象是: 一根多跨连续的、有竖向支座位移 (压铁固定的样点) 的弹性细长木条. 以中间任一支座来分析, 根据力学知识可得: 此支座左右的竖向位移 w 、转角 ϕ ($\phi = \frac{dw}{dx}$)、弯矩 M ($M = \frac{d\phi}{dx} = \frac{d^2w}{dx^2}$) 必然相等 (设沿木条方向为 x 轴). 因此木条在样点 (压铁固定点) 位移及其一阶、二阶导数连

续, 由于支座是任意的, 故中间样点 (支座) 处处满足样条函数的数学模型. 只要使两端满足所要求的位移及其一阶、二阶导数条件, 就完全可用力学模型来求解样条函数了.

1.2 一维的三次样条插值求解方法

由上述可以得到一个全部支座不均匀沉降、及边端支座有一定转角的多跨连续弹性梁. 我们知道支座位移也是一种广义载荷, 这样就完全转化为弹性力学问题了. 我们知道弹性力学问题有解析法、数值法、介于两者之间的加权残值法等. 考虑到多边界条件、实际应用的方便性和不易找满足整体边界条件的势函数^[2], 采用数值解法, 同时为了应用方便, 及提高计算精度, 采用数值法中的划分成微小单元的有限元法.

1.3 插值法与有限元法比较的算例

分别采用 3 次样条插值法和有限元法求解函数 $f(x) = e^{-\frac{x}{5}} \sin x$ ($-6 \leq x \leq 6$). 节点 $x_k = -6 + k$ ($k = 0, 1, \dots, 12$), 采用样条插值函数程序^[3] 计算的函数值见图 1(a). 以节点 x_k 处为支座位移, 采用截面尺寸 $b \times h = 0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}$, 长度 $l = 10 \text{ m}$, 弹性模量 $E = 50 \text{ Pa}$, 泊松

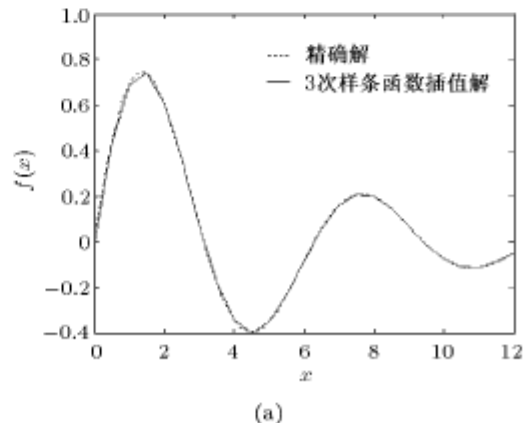


图 1 插值法与有限元法的比较

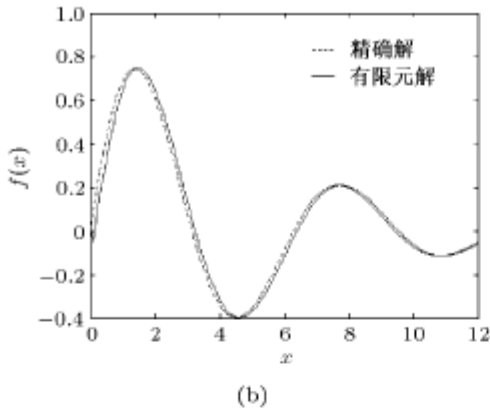


图1 插值法与有限元法的比较(续)

比 $\nu = 0.3$ 的细长长梁, 用有限元法求出各点位移, 即函数值, 如图 1(b) 所示. 图 1(a) 与图 1(b) 相比较看出, 用有限元法比三次样条插值能同等或更地逼近函数 $f(x)$.

2 薄板比拟法

2.1 薄板比拟法的基本原理

上述原理推广应用到二维问题, 将富有弹性的薄板覆盖在所绘制等高线地面上, 在网格控制点使其位移相等, 用薄板的自由变形来模拟地表各点高程变化, 就可利用大型有限元程序如 ANSYS, SAP2000 等强大的后处理程序, 绘制等值线命令即可绘制出精度较高的光滑的等高线了. 具体应用为: 利用地形线网格控制点的 (x, y) 坐标(相对坐标)作为薄板支座点, 而考虑到弹性问题为小变形分析, 故可把 Z 轴的位移同时缩小 5, 10, 100 倍等, 而不影响计算精度及计算结果, 对应网格控制点的 Z 方向标高可作为竖向支座的位移. 这样利用大型有限元程序可以方便地绘制出精度较高的等高线, 并且可以通过改变单元的大小、类型来提高精度.

在大比例尺野外测图时, 地形线是绘制等高线的基本要素, 也是本方法所需的唯一要素. 利用本方法绘制等高线在野外测图时只需记录地形线各控制点的相对空间坐标, 将其作为数据文件, 输入有限元程序调用绘制等值线命令^[4]即可.

2.2 算例

某场地长 100 m, 宽 100 m, 以 XY 方向均每隔 20 m 作一控制点, 其标高缩小 100 倍, 各点标高如表 1 所示, 分别采用插值法和采用厚度 $t = 0.1$ m, 弹性模量 $E = 50$ Pa, 泊

表 1 各点的坐标及标高

Y/m	X/m					
	0	20	40	60	80	100
0	-15.6	-9.1	3.9	2.1	-8.3	15
20	-11.2	10.5	-2.1	20.1	9.7	-7.3
40	15.8	7.5	19	-19.3	-11	8.9
60	17.7	11.3	15	-7.2	-21.1	5.4
80	20.8	15.5	13.1	1.2	-8.2	15.9
100	-17.9	5.6	-4.2	17.3	0	-1.2

松比 $\nu = 0.3$ 的弹性薄板来绘制等高线(几何常数、弹性常数对结果的影响不明显).

插值法绘制的等高线如图 2 所示, 薄板比拟法绘制的等高线见图 3.

从图 2 和图 3 两图可以看出在划分单元相等的前提下, 用薄板比拟法绘制的等高线比插值法绘制的等高线精度高.

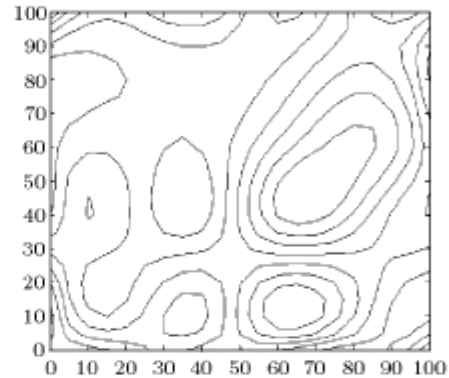


图 2 插值法绘制等高线

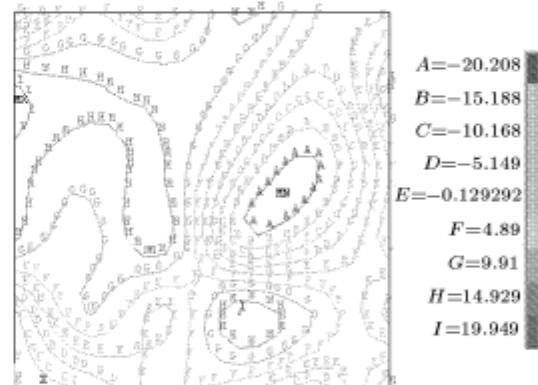


图 3 薄板比拟法绘制等高线

3 结束语

本文通过算例, 充分说明本文所提出的利用有限元法, 采用弹性薄板的竖向位移比拟控制点标高, 从而绘制等高线的方法, 具有容易编程、精度高、计算简便等特点, 是一种实用性较强的方法.

参考文献

- 1 李庆扬, 王能超, 易大义. 数值分析. 武汉: 华中科技大学出版社, 1986. 48~57(Li Qingyang, Wang Nengchao, Yi Dayi. Numerical Analysis. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 1986. 48~57 (in Chinese))
- 2 徐芝纶. 弹性力学. 北京: 高等教育出版社, 1992. 124~129 (Xu Zhilun. Elastomechanics. Beijing: Higher Education Press, 1992. 124~129 (in Chinese))
- 3 尹泽明, 丁春利等. 精通 MATLAB6. 北京: 清华大学出版社, 2002 (Yin Zeming, Ding Chunli, et al. Mast MATLAB6. Beijing: Tsinghua University Press, 2002 (in Chinese))

- 4 王国强. 实用工程数值模拟技术及其在 ANSYS 上的实践. 西安: 西北工业大学出版社, 2000 (Wang Guoqiang. Banasic Engineering Numerical Modeling Technology and Practising in ANSYS. Xi'an: Northwestern Polytechnical University Press, 2000 (in Chinese))

USING FINITE ELEMENT METHOD TO DRAW CONTOUR

GUO Min LIU jiming

(Qingdao Institute of Architecture and Engineering, Qingdao 266033, China)

Abstract The traditional method to draw contours has some disadvantages, such as adjacent contours are not well

fitted and contours intersect and overlap each other. In order to overcome them, another simple but highly effective method is proposed in this paper. This method is based on mechanical model of spline function. The principle is that the vertical displacements of elastic lamella grids the elevation of land key points. Consequently we can use the finite element method to draw contours accurately. Through two examples, the practicability of this method is illuminated by using finite element general program ANSYS to draw contour. This method can be widely used in drawing contours of large scale relief maps.

Key words contour, large scale relief maps, interpolating spline, lamella analogue, finite element method, ANSYS

(上接第 95 页)

所造成的骨量丢失和骨结构紊乱越快、越严重^[8]。为解决这一矛盾, 必须使接骨板系统具有应力松弛的特性。其中一种方法是在传统的坚硬接骨板螺孔内加一具有蠕变性能的黏弹性聚乙烯垫圈, 构成应力松弛接骨板^[16]。在工程上害怕出现的应力松弛, 在接骨板中是需要利用的。

4 讨 论

由于骨质疏松症会发生在任何年龄和任何性别, 骨保健是人一生都必须重视的问题。发生骨质疏松的原因是骨量和骨强度严重下降及与肌力和运动负荷的要求不符合, 不同的荷载类型对成骨的影响也完全不同, 这就给我们力学工作者一个很大的空间, 为人类骨保健和骨质疏松症的医治贡献力量。

参 考 文 献

- 1 朴俊红等. 中国人口状况及原发性骨质疏松症诊断标准和发生率. 中国骨质疏松杂志, 2002, 1(1): 1~7
- 2 区品中等. 广州地区中老年人骨量减少及骨质疏松患病率的调查. 中国骨质疏松杂志, 2002, 2(4): 314~317
- 3 何永清等. 海宁市成人骨量分布及骨质疏松症研究. 中国骨质疏松杂志, 2003, 4(1): 64~66
- 4 秦岭等(译). 美国国家卫生院有关骨质疏松症的预防、诊断和治疗的共识文件. 中国骨质疏松杂志, 2002, 8(2): 90~94
- 5 谢力群, 刘成林. 骨的力负荷调节理论进展. 航天医学与医学工

- 程, 1999, 12(3): 226~230
- 6 黎小坚, Frost HM 等. 基础骨生物学新观. 中国骨质疏松杂志, 2001, 7(2): 152~174
- 7 Skerry TM. Mechanical load and bone: what sort of exercise is beneficial to the skeleton? *Bone*, 1997, 20: 179~181
- 8 Lanyon LE. Using functional load to influence bone mass and architecture: objective, mechanisms, and relationship with estrogen of the mechanically adaptive process in bone. *Bone*, 1996, 18: 37s~43s
- 9 Frost HM. Defining osteopenias and osteoporoses: another view(with insight form a new paradigm). *Bone*, 1997, 20: 385~391
- 10 朱兴华等. 多载荷下带有生理限定应力的松质骨细观结构模拟. 中国生物医学工程学报, 2003, 22(1): 51~59
- 11 戴克戎. 骨质疏松症导致骨力学性能下降的机理. 中华骨科杂志, 1997, 17(6): 405~407
- 12 Gibson LJ, Ashby MF. Cellular Solid: Structure and Properties. Oxford: Pergamon Press, 1988
- 13 Gibson LJ. The mechanical behaviour of cancelous bone. *J Biomech*, 1985, 18(5): 317~328
- 14 McElhaney JH, et al. Mechanical properties of cranial bone. *J Biomech*, 1970, 3: 495~511
- 15 王颖坚. 松质骨的细观力学研究评述. 力学进展, 1996, 26(3): 416~423
- 16 张先龙等. 应力松弛接骨板对固定对板下皮质骨改建影响的扫描电镜观察. 中国修复重建外科杂志, 2001, 15(1): 1~4