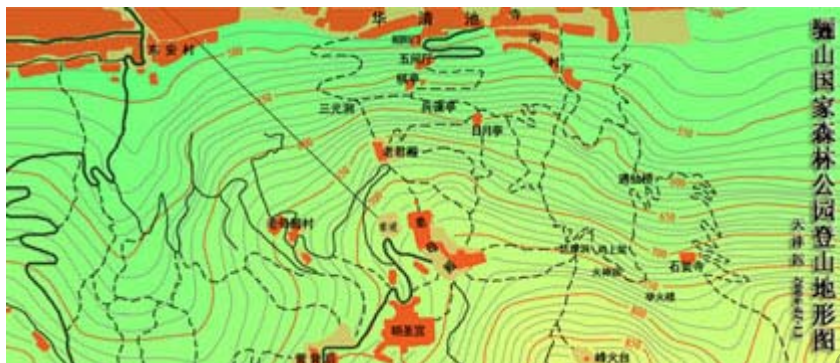
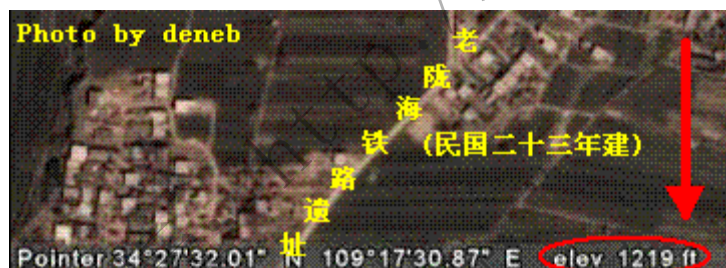


## 利用 google Earth 自制地形图

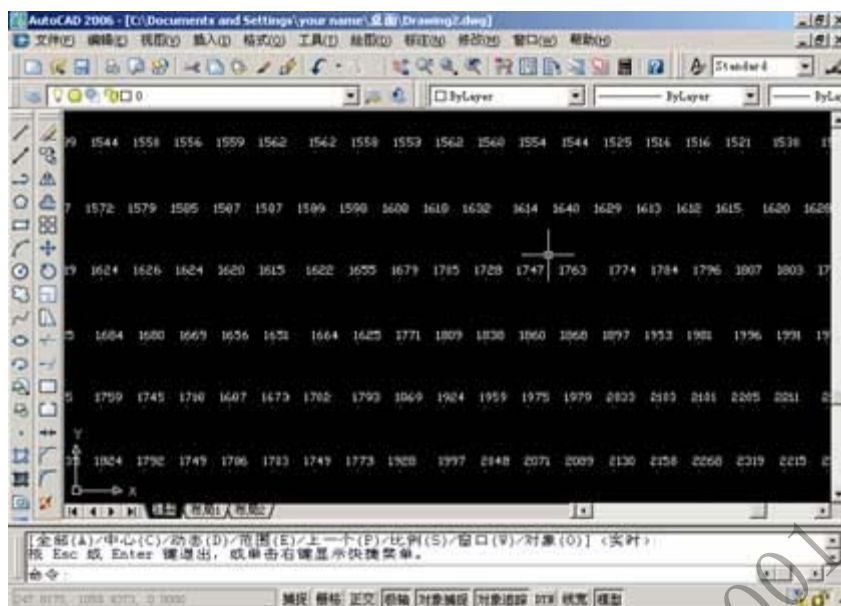


Google 在国内推出高清图以后，的确极大程度地方便了我们的生活，我们可以在上面肆无忌惮地查找任何感兴趣的地方，清晰的卫星图像足以使我们身临其境。但是，不光如此，google earth 除能提供详细的地理经纬度、三维立体图外，还提供有一项重要数据：海拔高程。它的显示精度达到了 1 英尺(约 0.3m)，要知道，目前普通的 GPS 导航器的高程定位精度只有 2.5m，这样，我们就完全可以利用这些空间数据来自制地形图了。



地形图上的首要要素便是等高线，而等高线的正确与否主要取决于地性线(山脊线、山谷线)。所以，绘制地形图的思想便是：沿山脊线或山谷线隔一定距离将每一个点的三维坐标量取下来，再经过适当地加密测点，然后通过 CAD 进行展点，最后用内插法绘制等高线。

但是，这样的获取方法对每个点都需要记录三个坐标，即 B(地理纬度)、L(地理经度)、H(大地高)。如此，不仅使获取的工作量很大，对以后的展点也是一个负担。这时我们可以采用一个简化的方法：只记录大地高，而将经纬度取为默认(每次都以一个起始经度或纬度开始，等距取点)，这样便极大提高了取点速度。



关于经纬度的取点密度,传统地形图的规定一般为“图上距离每间隔 3cm”,但传统地形图的每张图都要涉及到比例尺,而显示屏的出现则完全颠覆了它的概念。对此,我认为:既然人眼在地图上所能分辨出的最小距离是 0.1mm,而显示器的象点距离一般都为 0.2xmm,那么可令显示器上每个象素为纸质地图上的 0.1mm,这样就可以得到一个大概的比例尺,从而可以确定出取样点的间距了。

地形图比例尺与等高线的关系如下:

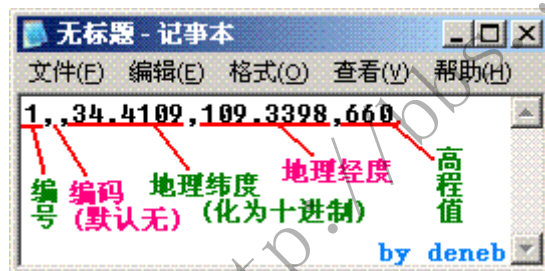
地形图的基本等高距				
比例尺	地形类别	平地 (m)	丘陵地 (m)	山地及高山地 (m)
1 : 1000		0.5	1	1
1 : 2000		0.5	1	2
1 : 5000		1	2	5

对于要绘制一幅相当于 2.5 万分之一的地形图,即图上 1cm 相当于实地的 250m,那么可按 750m 的间距取点。地理纬度在赤道附近每秒约合实地 30m(赤道周长 40030km/1296000"),在中纬度地区值不会相差很大,经度每秒亦可按 30m 取值。例如每隔 3"取值,在一个 2'×2'的范围内(约 13 平方公里),只需 360 个点,一个多小时就可以获取完毕。

获得高程点后,我们就可以在 CAD 上进行展点了。



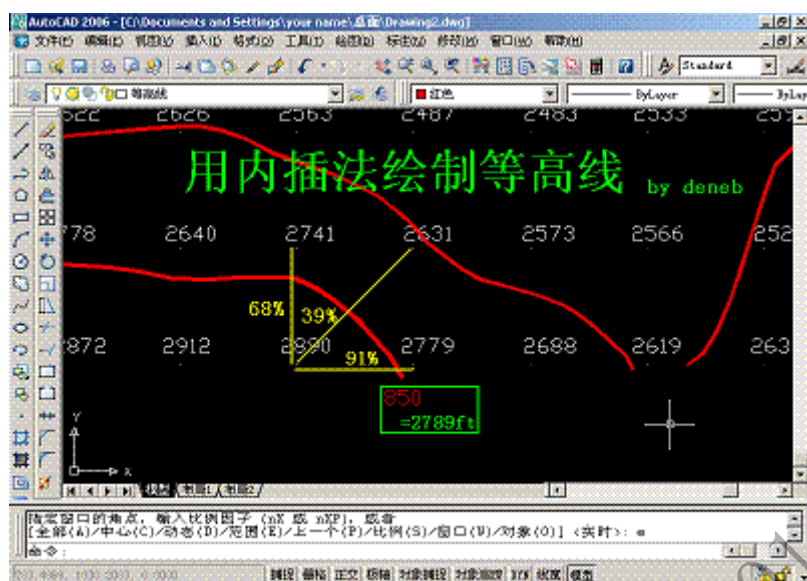
其实,使用 CASS 软件(参见数字高程模型的制作一文)“等高线”菜单中的“绘制等高线”命令就可以迅速地以坐标数据生成等高线,这只需要按以下格式记录数据就可以了。



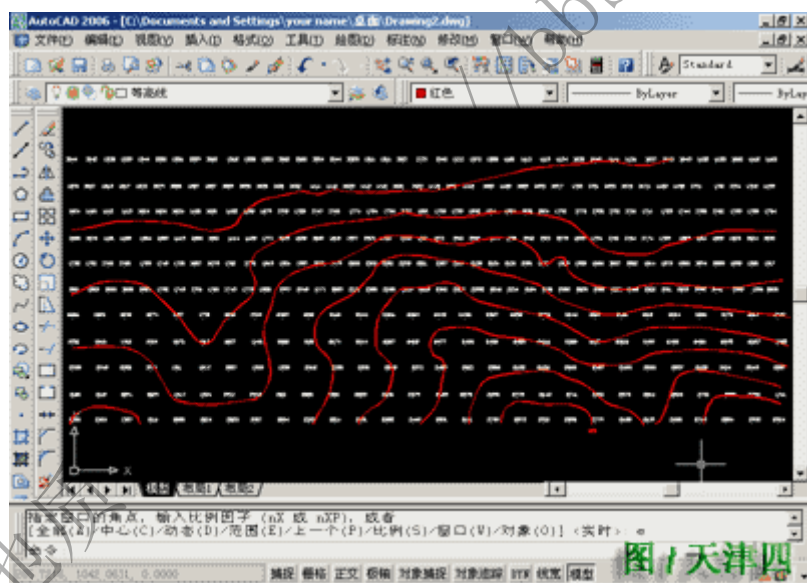
但是,鉴于 CAD 软件在普通用户桌面上的垄断地位,以及为了使大家知道等高线的生成方法,我个人建议应该自己练习制作(授人以鱼,不如授人以渔),虽然这样工作量很大。

在 CAD 上将高程数值标记在矩形点网上后,就可以开始绘制等高线了。

等高线的绘制可采用经典而又实用的内插法:即先计算等高线的高程在两个高程点间的位置,再逐点相连,这便是等高线的生成原理。

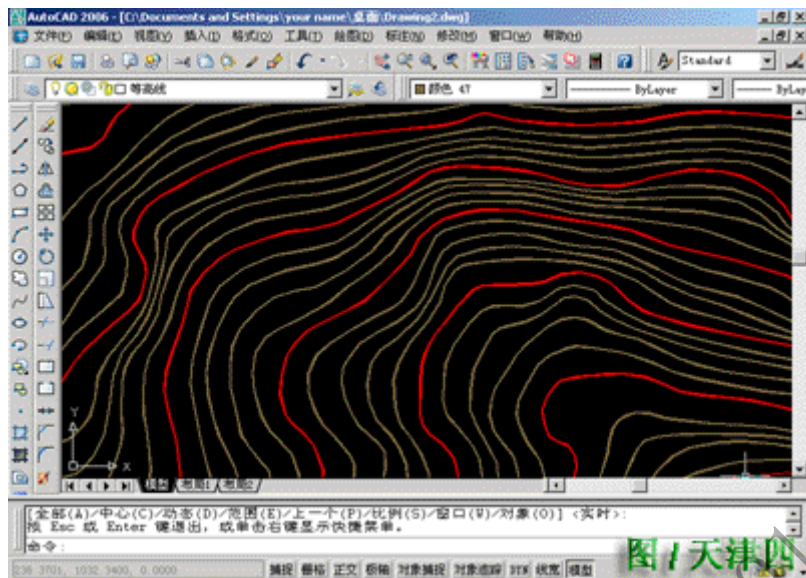


按照规则, 先绘计曲线(地形图上每间隔 4 条等高线绘制的一条加粗线, 便于查询高程)。

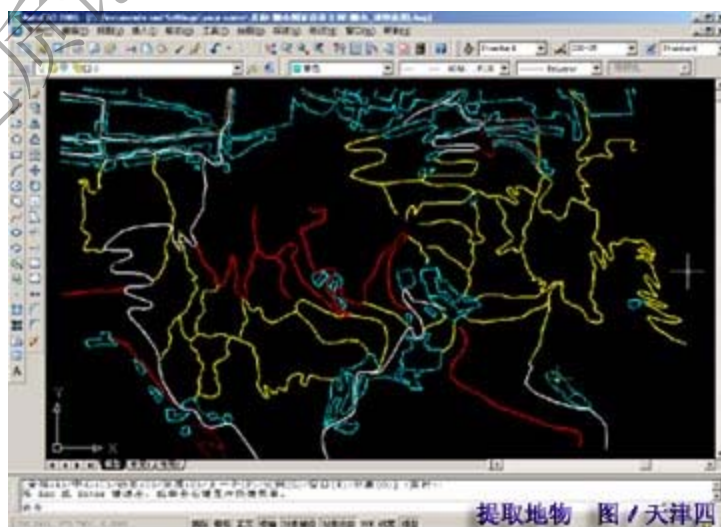


然后再绘制首曲线。

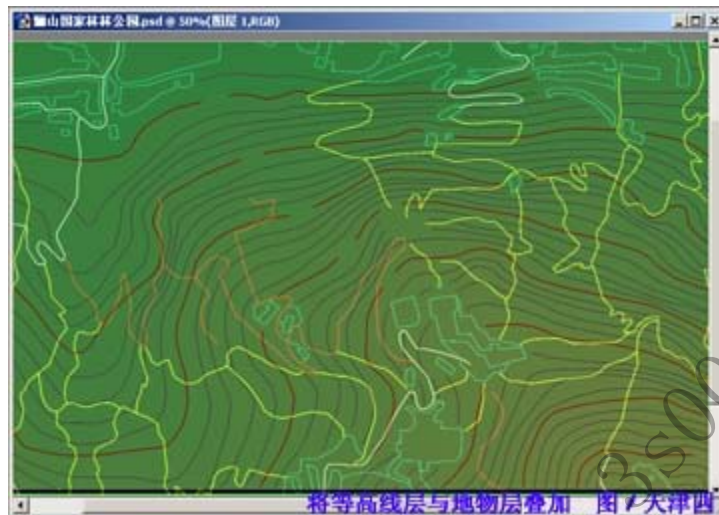




为了保证等高线与实地一致，在绘完测区内所有的等高线之后，还要将同比便尺的卫星图叠加进来，用以比较地性线是否与实地一致。当然还要将卫星图上的道路、水系、房屋等地物描绘下来，这样的地形图才会有实际的用途。

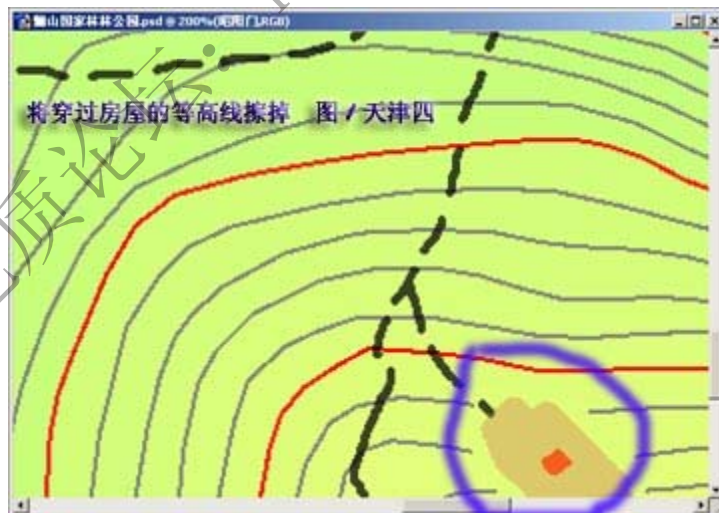


但为了在 Photoshop 中对等高线上色的方便, 或将地物与等高线分别编辑后再在 PS 中叠加。

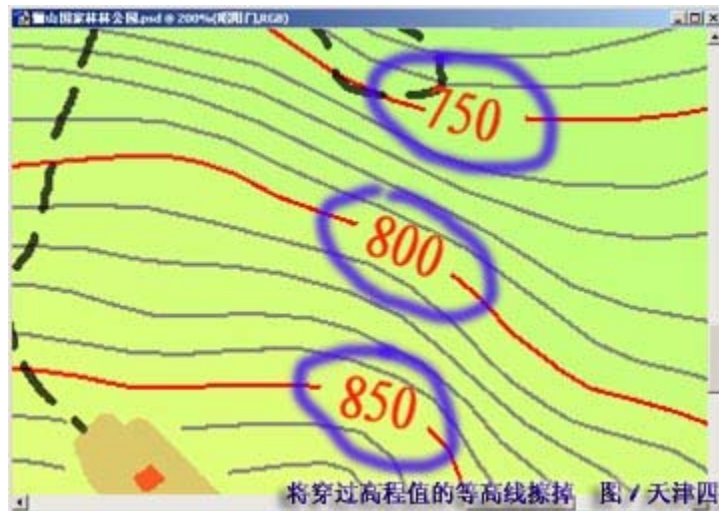


[提示: 在 CAD 中使用带有宽度的多义线绘等高线或地物, 再用渲染工具可以生成尺寸较大的栅格图, 这样便于修改]

在 PS 中将等高线层与地物层编辑修改后, 这时有的地方等高线是从房屋内穿过的, 需要将它擦掉。



随后标注高程值, 这样利于地形图的判读, 同样需要将穿过数值的等高线擦掉。



最后一步，标注地名。

这样，一幅地形图就完成了。这是我利用 google earth 数据制作的第一幅地形图，许多技术问题仍待探索。其中的一些必要的制作时间如下：

在 google earth 上量取坐标：约 280 个点，约 1 小时；

在 CAD 上展点，标高程值：约 20 分钟；

绘制计曲线：约 1.5 个小时；

绘制首曲线：约 3 小时；

获取卫星图上的地物：约 1 小时；

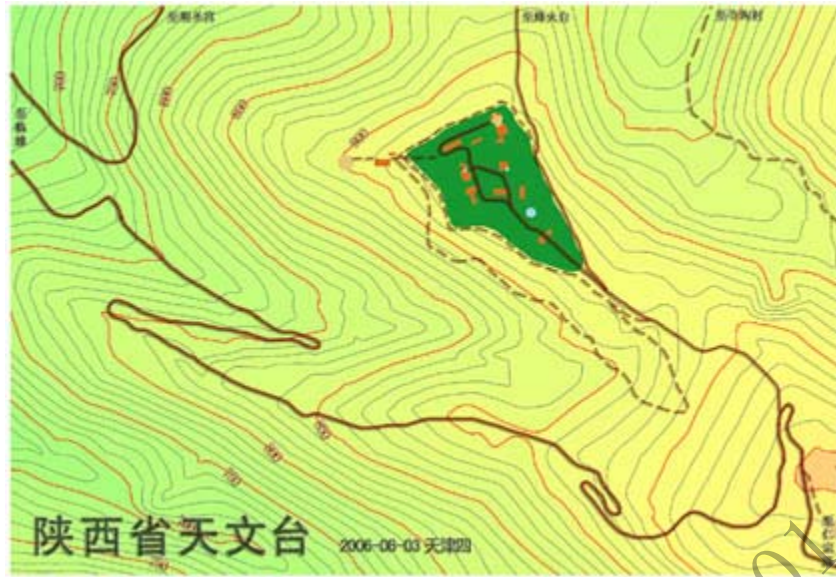
在 PS 中给等高线上色：约 10 分钟；

叠加地物层并修改：约 1 小时；

标注地名、高程值：约 30 分钟。

## 利用 GE 自制地形图(二)





GE高清图(0.6m)的推出,其本身的精度就已相当于五千分之一比例尺的地形图了(五千分之一地形图的平面精度为0.5m,平原等高距为1m),这便使我们自制中小比例尺的地形图有了可能,中比例尺地图的定义为1:1万至1:5万,小于1:5万的为小比例尺(注意,比例尺分式的分母越大,即分式越小,则比例尺越小)。

注:首先需要安装CASS5.0(可以自动绘制等高线),登录邮箱deneb2006@163.com(密码为111111)中下载,CASS5.0需要先安装CAD2000或2002,并一定要严格按照安装说明进行解密。

地形图的灵魂是等高线,等高线的灵魂则是地性线(如山脊线、山谷线等)。定向运动的一项基本技能就是能否快速准确地判别出山地之地性线,这样才能快速地定位方向。所以我们要绘制一幅地形图的最首要问题是如何在GE上采集某一区域内相当数量的地面点的三维坐标。目前我尚未找出怎样批量提取三维坐标的方法,所以仍是采用在GE上手工记录采集点的坐标,这是一项繁琐和耐心的工作,同时也是地形图绘制中最重要和最基本的一步。要知道,我们的老一辈当年是用一脚一步实地测绘才能取得,在高差极大的山地,往往需要无畏的牺牲才能换得宝贵的数据,他们之间曾流传着这样一句话“苦不苦,想想红军两万五;累不累,想想革命老前辈”。而现在,我们却可以比较轻松地用一两个小时完成几平方公里的数据采集工作,这不能不使我们感到欣慰。

作为数字地形模型实现的前提的等高线,通常是以规则矩形格网点或不规则的三角网点(TIN)来表达地面的,由于数据的采集方式不同,规则排列的采集数据点,通常不能准确地反映出地貌的真实情况,但其数据量较小,关于用矩形格网采集数据的方法在



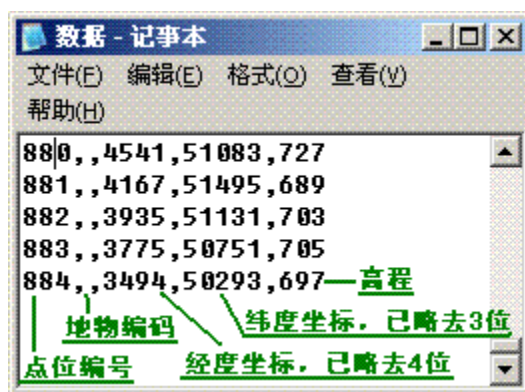
(一)中已有介绍。而要较好地表示地貌的特征形态、准确地反映地形特征,就要沿地形特征线和离散点(如山头)采集,下面就开始介绍地形图制作的浩繁的方法中的其中一种:

一、在GE上确定出要制作地形图的图幅范围(即数据采集的边界),然后根据需要绘制的地形图的高程精度来确定相邻采集点的距离。

比 例 尺		等高距
测图比例尺	摄影比例尺	(m)
1 : 100000	1 : 100000	20
1 : 50000	1 : 70000	10
1 : 25000	1 : 50000	5
1 : 10000	1 : 30000	2
1 : 5000	1 : 15000	1
1 : 1000	1 : 8000	0.5
高精度点位测定	1 : 4000	

例如要绘制一幅高程精度相当于 1:50000 的地形图,其基本等高距为 10m,地物采集点的平均间距可取 1500m 一点(1:10000 取 300m,以此类推[应根据上图中想需要的等高距来确定比例尺,从而确定地形图的制作精度]),对于确定等高线走向的山脊线和山谷线要首先考虑。

二、数据的记录格式如下(扩展名为 dat)。经纬度显示请设置为度,由于采集范围较小,相同位数已经略去。但要注意,测量学上为了计算的方便,其坐标系的 XY 轴和数学坐标系的 XY 轴是互置的,CASS 便采用了前者。当然了,如果没有注意到,可在 CASS 中将图形旋转 90 度。

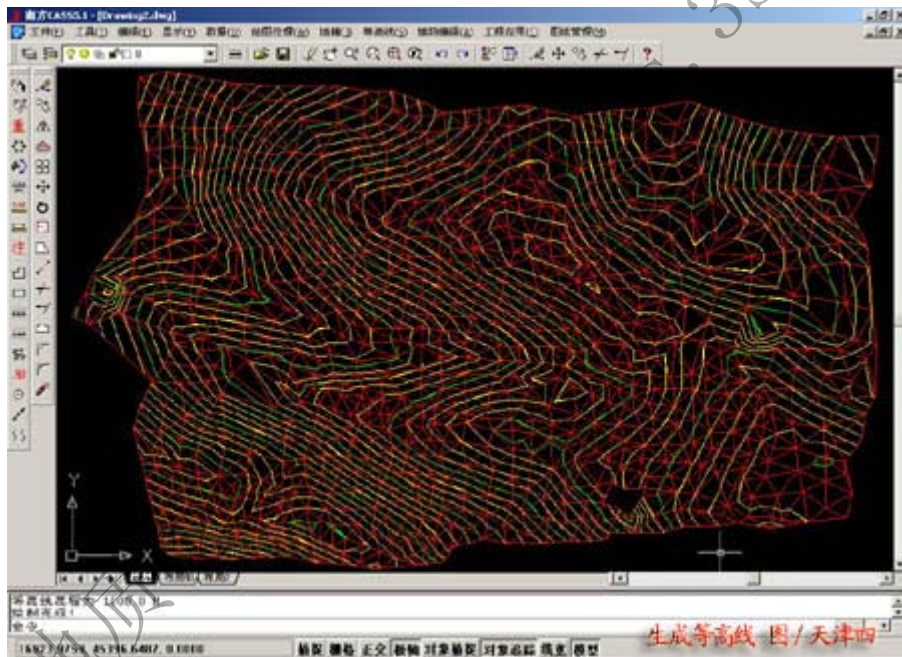


三、运行 CASS,执行“等高线”→“由数据文件建立 DTM”(在命令行中敲三次回车),这就是不规则三角网 TIN,请注意图右边有一个异常点,这可能是由于采集坐标时的误

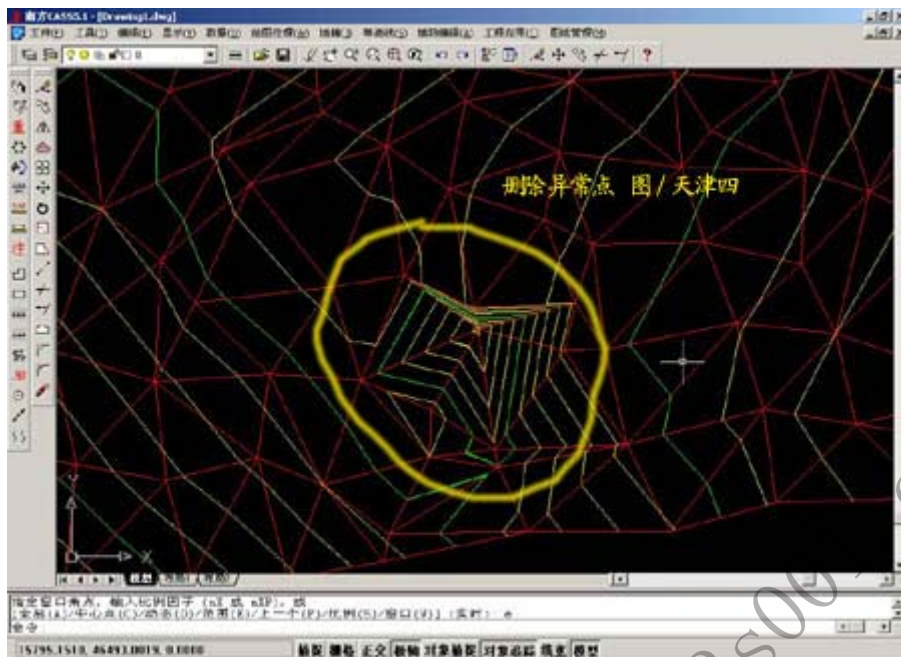
输入,选择“等高线”菜单下的“删除三角形顶点”,将该点删除,并再次执行“等高线”→“修改结果存盘”。

四、这时发现有很多三角形的内角很小,同样执行“等高线”→“删除三角形”,将这些不良三角形(内角小于 30 度或大于 150 度)删除。

五、“修改结果存盘”后,执行“等高线”→“绘制等高线”,比例尺可取默认,输入等高距后,等高线便自动生成了。



六、等高线建立后,还要检查哪里有无明显的异常情况,如下图。并再次执行“等高线”→“删除三角形顶点”,“修改结果存盘”后。执行“等高线”→“删除全部等高线”→“绘制等高线”→“删除三角网”。



矢量格式的等高线便这样出炉了。其实，以上过程只要原始数据记录准确，仅仅选择“由数据文件建立 DTM”→“绘制等高线”二步就可以了。由于采集工作的巨大，不可避免地要出错，所以以上这么多说明是希望禅明应对出错时的处理措施。

七、一幅地形图光有等高线尚不能使用，还需要将卫图上的地物提取下来(在 CASS 中插入光栅图像)。

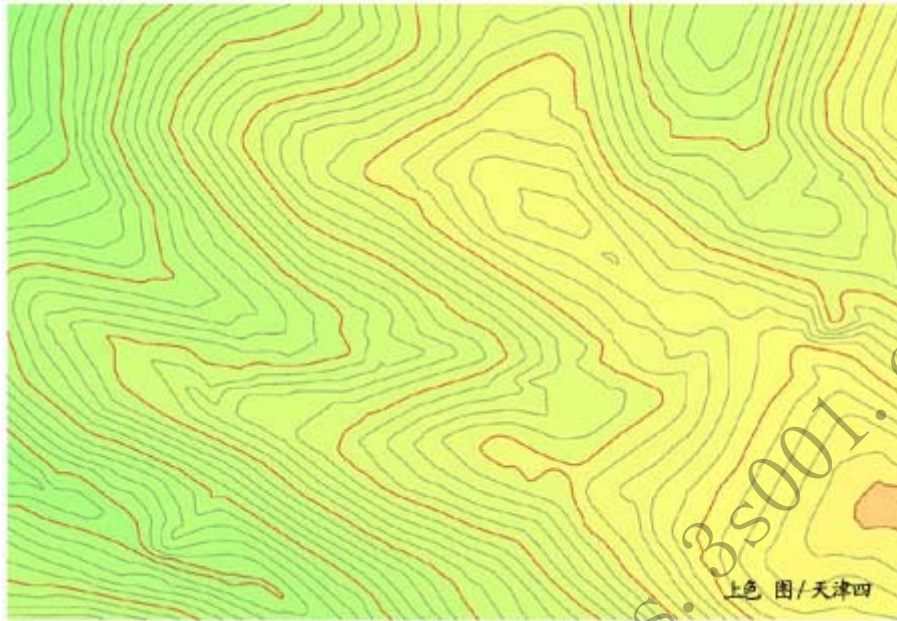


八、矢量地图由于查看、传输的不便，并不适合于大众化的使用，为此，要将矢量



图输出为栅格图。

将地物与等高线分别输出后,对等高线上色。



九、在Photoshop中对等高线和地物叠加后,再进行标注。

至此,一幅简要的地形图便制作完成了。但由于卫图高程的确定是采用了在重叠像片所形成的立体像对上得来的,往往和地面的高程不很匹配,而在山区犹甚。所以不要试图以此确定某山峰的海拔高度或其它,但用其相对误差不甚显著的高程数据来制作地形图供户外运动或参考用图也是未尝不可的。我在临潼地区通过和几个黄海高程系水准点的比较,误差约在1m左右,但在骊山上最大可达40多米。

最后,对于认为CASS5.0安装时繁琐的解密方法和想感受手工绘制等高线乐趣的,可参考利用GE自制地形图,但(一)是一种不尚成熟的想法,我会在以后对其修正,迫于时间之压力,可能会推迟到一个月以后。