

6-3-2020

Drawing of Isocandela Diagram in Dynamic Detection of Light Intensity of Airport Flight Aid Light

Lishan Jia

1. College of Electronic Information and Automation, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China; ;2. Ground Support Equipments Research Base of Civil University of China, Tianjin 300300, China;

Liwen Wang

2. Ground Support Equipments Research Base of Civil University of China, Tianjin 300300, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research](#), [Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Drawing of Isocandela Diagram in Dynamic Detection of Light Intensity of Airport Flight Aid Light

Abstract

Abstract: To the drawing of isocandela diagram in dynamic detection of light intensity of airport flight aid light, the method of using Regular Rectangle Grid Algorithm was promoted. *According to the theory of dynamic detection of light intensity of airport flight aid light, detection data was handled. The method combined virtual grid system with drawing area grid system. Changing trajectory of isocandela curves were searched in the virtual grid system. After searching, they were mapped onto the drawing area grid system and filled, and the isocandela diagram was generated eventually.* Drawing program of isocandela diagram was written, simulation experiments were taken. Simulation experiments show, the method can generate correct isocandela diagram. And the data needed by the method is few, drawing speed of the method is fast. The method can fulfill the need of dynamic detection of light intensity of airport flight aid light.

Keywords

dynamic detection of light intensity of airport flight aid light, regular rectangle grid algorithm, isocandela diagram, contour line

Recommended Citation

Jia Lishan, Wang Liwen. Drawing of Isocandela Diagram in Dynamic Detection of Light Intensity of Airport Flight Aid Light[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(5): 973-978.

机场助航灯光强动态检测等光强图的绘制

贾立山^{1,2}, 王立文²

(1. 中国民航大学电子信息与自动化学院, 天津 300300; 2. 中国民航大学航空地面特种设备民航研究基地, 天津 300300)

摘要: 针对机场助航灯光强动态检测技术中等光强图的绘制, 提出了应用规则矩形网格法进行机场助航灯光等光强图绘制的方法。该方法根据机场助航灯光强动态检测工作原理处理检测数据, 采用虚拟网格系统与绘图区域网格系统相结合的方法, 在虚拟网格系统中自动搜索等光强曲线的变化轨迹, 映射到绘图区域网格系统进行填充生成等光强图。编写了等光强图绘制程序, 进行了仿真实验。仿真实验表明, 该方法能够正确生成等光强图, 而且需要数据量少, 绘制速度快, 能够满足机场助航灯光强动态检测的要求。

关键词: 机场助航灯光强动态检测; 规则矩形网格法; 等光强图; 等值线

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2017) 05-0973-06

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201705006

Drawing of Isocandela Diagram in Dynamic Detection of Light Intensity of Airport Flight Aid Light

Jia Lishan^{1,2}, Wang Liwen²

(1. College of Electronic Information and Automation, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

2. Ground Support Equipments Research Base of Civil University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: To the drawing of isocandela diagram in dynamic detection of light intensity of airport flight aid light, the method of using Regular Rectangle Grid Algorithm was promoted. According to the theory of dynamic detection of light intensity of airport flight aid light, detection data was handled. The method combined virtual grid system with drawing area grid system. Changing trajectory of isocandela curves were searched in the virtual grid system. After searching, they were mapped onto the drawing area grid system and filled, and the isocandela diagram was generated eventually. Drawing program of isocandela diagram was written, simulation experiments were taken. Simulation experiments show, the method can generate correct isocandela diagram. And the data needed by the method is few, drawing speed of the method is fast. The method can fulfill the need of dynamic detection of light intensity of airport flight aid light.

Keywords: dynamic detection of light intensity of airport flight aid light; regular rectangle grid algorithm; isocandela diagram; contour line

引言

机场助航灯是民航机场用于引导飞机起降

的目视助航设备。机场助航灯维护人员需要对助航灯光进行定期巡检和维护, 确保助航灯工作于可用状态^[1-4]。

等光强图是机场助航灯工作状态的可视化表示。机场助航灯具光强动态检测技术以车辆为载体, 利用照度传感器带在车辆行驶过程中动态连续地采集灯光照度信息并转换为助航灯光强值, 生成



收稿日期: 2015-05-01 修回日期: 2015-07-06;
作者简介: 贾立山(1976-), 男, 天津, 博士, 副研究员, 研究方向为计算机控制与仿真技术; 王立文(1962-), 男, 河北, 满族, 博士, 研究员, 研究方向为民航机场设备。

<http://www.china-simulation.com>

等光强图并计算平均光强。工作人员可以根据等光强图和平均光强值判断助航灯的工作状态,诊断助航灯的故障原因。

基于离散数据生成等值线图的方法主要有规则矩形网格(Grid)法和不规则三角网(Triangulated Irregular Network, TIN)法等 2 种。规则矩形网格法首先要根据已知的离散点数据进行网格化插值,构建矩形网格模型,然后从边界或者内部网格单元出发,根据网格单元各边端点的属性值内插等值点,并连接等值点形成等值线;不规则三角网法则是将已知的离散点按一定规则进行三角剖分构建 TIN 模型,然后在 TIN 各三角面片单元中内插等值点生成等值线。格网法对边界拟合能力较差,无法处理等值线断续等现象,并且在利用离散点数据进行网格化插值过程中,必然造成原始数据附近的数据失真,影响等值线分布的准确性;而不规则三角网法可基于原始离散点数据直接生成 TIN 模型,在保持原有数据精度的情况下,能较为准确地表达复杂地质构造的地层局部特征^[5-7]。

机场助航灯的等光强曲线通常情况下是连续的。等光强曲线只在某些故障情况下呈现少量的分段连续曲线。而且,机场助航灯光强动态检测的检测数据数据量不大,数据点位置分布不均匀。应用不规则三角网绘制等光强图也不能充分体现其处理速度快的特性。规则矩形网格法将绘图区域划分为连续的矩形网格,进行网格化插值,然后在矩形网格内搜索等值点。所以,规则矩形网格法更适合在数据量较少并且等值线连续的情况下搜索等值点。因此,机场助航灯等光强图的绘制选择了规则矩形网格法。

1 机场助航灯具等光强图

机场助航灯具光强动态检测依靠测量助航灯等光强图进行助航灯工作状态的判断。等光强图是表示灯具光强的一种通用方法。在一个以光源为圆心的虚拟的球面上光强相同的各方向的点的连线称为等光强曲线。一系列的等光强曲线组合即成为

等光强图。

国际民航组织(International Civil Aviation Organization, ICAO)对机场助航灯的光强分布做了详细规定,只有具有满足规定要求的等光强图的机场助航灯才能使用。图 1 为间距为 15 m 的跑道中线灯的标准等光强曲线。

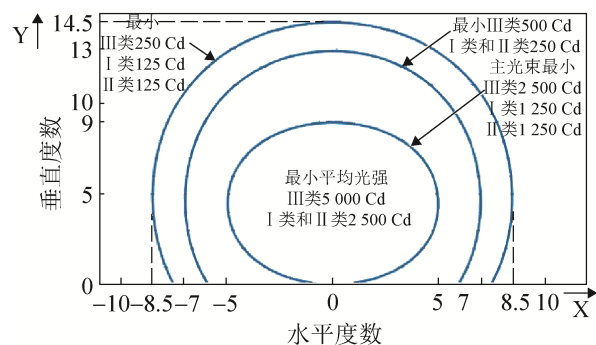


图 1 跑道中线灯等光强曲线

Fig. 1 Isocandela diagram of runway center light

2 等光强图的绘制

助航灯等光强图的坐标如图 2 所示。

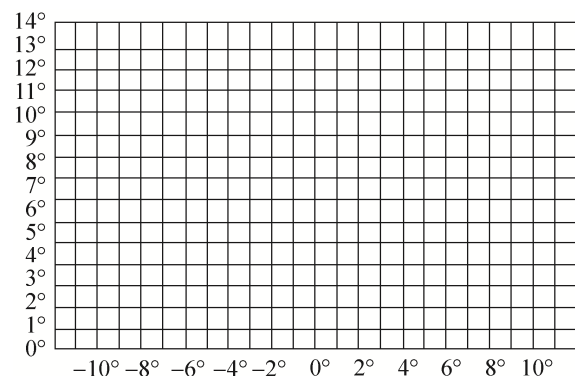


图 2 等光强图坐标

Fig. 2 Coordinate of isocandela diagram

等光强图的横坐标为测量点与光源位置水平夹角,其范围是 $-12^{\circ} \sim +12^{\circ}$ 。纵坐标为测量点与光源位置的垂直夹角,其范围为 $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

机场助航灯光强动态检测系统在传感带测量面上非均匀布置了 13 个照度传感器。测量时,在每个测量位置,检测系统用 13 个照度传感器测量 13 个照度值并保存下来。同时,检测系统还记录下测量点距机场助航灯发光点的水平距离。

等光强图的绘制方法如下:

(1) 计算照度值点。因为 13 个照度值的位置比较分散, 所以采用一元线性插值得到两个照度传感器中间的位置上的照度值;

(2) 计算出插值点距传感带中心的距离。为了保证照度值的测量密度, 每两个照度传感器中间平均设置 10 个插值点;

(3) 根据各照度值点距传感带中心的距离和记录的测量位置距机场助航灯发光点的水平距离计算出各照度值点的光强值和水平角度坐标、垂直角度坐标;

(4) 根据指定的等光强范围, 应用规则矩形网格法搜索各指定等光强值的等光强点;

(5) 采用多边形填充的方法将等光强点连接并填充为等光强图。

式(1)为一元线性插值公式。

设有函数 $y(t)$, $y_1 = y(t_1)$, $y_0 = y(t_0)$, $t_0 < t < t_1$, 则有

$$y(t) = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{t_1 - t_0} (t - t_0) \quad (1)$$

式(2)为计算照度值点光强值的公式。

$$c = l \times (d^2 + h^2 + d_h^2) \quad (2)$$

式中: c 为照度值点的光强值; l 为照度值点的照度值; d 为照度测量位置距离机场助航灯发光点的水平距离; h 为照度值点与机场助航灯发光点所在水平面的垂直距离; d_h 为照度值点距传感带中心的水平距离。

式(3)为计算照度值点水平角度坐标和垂直角度坐标的公式。

$$\begin{cases} \alpha = \arctg(d_h / d) \\ \beta = \arctg(h / \sqrt{d^2 + d_h^2}) \end{cases} \quad (3)$$

式中: α 为照度值点水平角度坐标; β 为照度值点垂直角度坐标; d 为照度测量位置距离机场助航灯发光点的水平距离; h 为照度值点与机场助航灯发光点所在水平面的垂直距离; d_h 为照度值点距传感带中心的水平距离。

3 等光强曲线搜索算法

等光强曲线采用规则矩形网格法进行搜索, 其过程如下。

(1) 建立网格系统、计算网格节点参数值

等光强图的绘图区域网格系统如图 2 所示, 沿横轴每隔一度作一条横轴的垂直线, 沿纵轴每隔一度作一条纵轴的垂直线, 横轴的垂直线与纵轴的垂直线相交形成 $16 \times 25 = 400$ 个交点以及 $15 \times 24 = 360$ 个网格。因为不同的机场助航灯具有不同的亮度和光强分布, 所以每个交点上的光强值对于不同的机场助航灯是不同的。因此, 用绘图区域网格系统无法搜索等值线。

于是, 构建一个虚拟网格系统。虚拟网格系统每个交点的横坐标为该点在传感带横向的序号, 纵坐标在在传感带运动方向上的序号。所以虚拟网格系统的横轴有 133 条垂直线, 纵轴的垂直线数量与测量照度值的组数相同。每个交点有 3 个值 (h, v, c) , 其中 h 为图 2 中的横坐标值, v 为图 2 中的纵坐标值, c 为该点的光强值。而各点的值的计算是在绘制等光强图的前 3 个步骤中完成的。因此, 等值线的搜索在虚拟网格系统中进行, 然后映射到绘图区域网格系统中绘制等光强图。

(2) 利用网格节点值找出区域内的等值点

设在虚拟网格系统中某一网格边的两端点的值为 (h_1, v_1, c_1) 、 (h_2, v_2, c_2) , 搜索的等值线的等光强值为 C 。若 $(c_1 - C) \cdot (c_2 - C) \leq 0$, 则说明该网格边与等光强值 C 有交点, 即该边有等值点; 否则说明该边无等值点。

如果该边有等值点, 则等值点的另外两个值为

$$h_c = \frac{(h_2 - h_1) \cdot (C - c_1)}{(c_2 - c_1)} + h_1 \quad (4)$$

$$v_c = \frac{(v_2 - v_1) \cdot (C - c_1)}{(c_2 - c_1)} + v_1 \quad (5)$$

对于虚拟网格内各网格边逐个进行上述判断计算, 则可找出所有的等值点。

同理计算出不同等光强值的等值点。

(3) 等值点的追踪

优先考虑等值线的前进方向,其后考虑与当前等值点的远近。

1) 等值线前进方向

等值线进入网格的前进方向有四种可能,即:由下向上进入上网格;由左向右进入右网格;由上向下进入下网格;由右向左进入左网格。4 种情况见图 3。

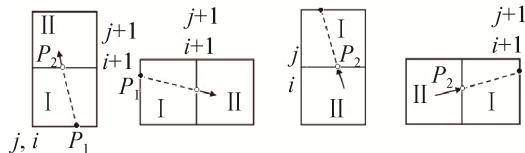


图 3 等值线的前进方向
Fig. 3 Onward direction of contour line

设图 3 中 P_1 点表示前一等值点, P_2 点为当前等值点。 P_1 点与 P_2 点的 h 、 v 值分别为 (H_1, V_1) , (H_2, V_2) 。 I_1 , I_2 为 P_1 和 P_2 点所在网格的纵边序号, J_1 , J_2 为 P_1 与 P_2 点所在网格的横边序号, 则追踪方向可由下列过程确定:

- 当 $I_1 < I_2$ 时, 由下向上追踪, 否则
- 当 $J_1 < J_2$ 时, 由左向右追踪; 否则
- 当 $V_2 < V_1$ 时, 由上向下追踪; 否则
- 当 $H_2 < H_1$ 时, 由右向左追踪。

2) 下一等值点的确定

现以当前等值点 P_2 位于网格 (j, i) 下边为例, 来说明确定下一等值点 P_3 的原则。此时, P_3 点的位置有 3 种可能, 即 P_{31} , P_{32} , P_{33} , 如图 4 所示。而实际上只能选择 P_{31} , P_{32} , P_{33} 中的一个作为下一等值点 P_3 。我们选择 P_3 的次序是:

当 P_{31} 与 P_{33} 都存在时, 选择靠近网格底边的点为 P_3 ;

当 P_{31} 与 P_{33} 靠近网格底边的距离相同时, 选择与 P_2 点距离近者为 P_3 ;

当 P_{31} 与 P_{33} 中只存在一种时, 存在点即为 P_3 ;

当 P_{31} 与 P_{33} 不存在时, 则对边必存在 P_{31} 为等值点 P_3 。

上述 4 种情况见图 4。

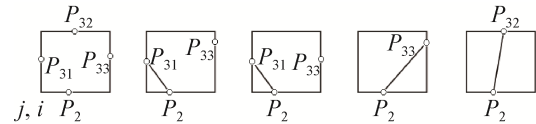


图 4 下一等值点的确定
Fig. 4 The selection of next equivalent point

(4) 等值线的搜索次序

1) 对于开曲线, 先从矩形边界的最下边由左向右搜索, 看有无等值点, 若有, 则设该点为 P_2 , 按由下向上的情况虚设 P_1 , 追踪 P_3 点, 直到这条等值线搜索完; 之后, 继续向右看有无等值点, 则重复上述过程; 若无, 则再依次从矩形边界的左边、上边、右边作类似的搜索。

2) 对于闭曲线, 其等值点必然在网格的横、纵边上均有出现。所以, 只要由下向上逐列扫描各网格所有纵边, 则必然可找出闭曲线上的一个等值点, 然后以该点为 P_2 , 按由左向右的情况虚设 P_1 点, 追踪下一等值点 P_3 , 直到其返回原起始点为止。对所有纵边扫描完毕, 则可找出所有闭曲线。

3) 等值点的停止是追踪条件。矩形区域内任一等值线长度都是有限的, 当追踪的 P_3 点位于矩形区域边界上时, 停止追踪。对于闭曲线, 当前等值点 P_2 与该线上第一个等值点重合时, 停止追踪。

绘制出的等光强图如图 5 所示。

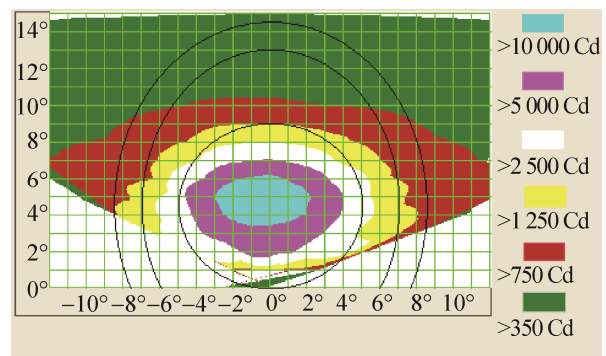


图 5 等光强图
Fig. 5 Isocandela diagram

由图 5 可以看出, 绘制等光强图时搜索的等光强值分别为 350 Cd, 750 Cd, 1 250 Cd, 2 500 Cd, 5 000 Cd 和 10 000 Cd。因为传感带由远及近逐渐接近发光点时, 传感带上的各测量点与光源位置的

水平夹角是在不断增大的, 所以当从虚拟网格系统映射到绘图区域网格系统后所绘制出的等光强图从底部向上呈倒三角形, 如图 5 所示。

4 仿真实验

下面对等光强图绘制算法的应用性能进行实验测试。实验测试采用文献[4]中的机场助航灯光强动态检测仿真系统进行。仿真实验主要测试等光强图绘制算法在不同数据采集密度下搜索等值线的性能。

机场助航灯光强动态检测仿真系统将实际采样数据存储为数据表格, 通过软件仿真机场助航灯光强动态检测设备的功能。鉴于现场测试准备工作繁琐, 随机因素影响大, 所以采用仿真系统进行仿真实验可以更好地复现检测过程。现根据机场助航灯光的光强分布, 分别采用 1 cm, 15 cm, 20 cm 和 30 cm 的采样间隔进行实验。

图 6 为采样间隔为 1 cm 时得到的等光强图。

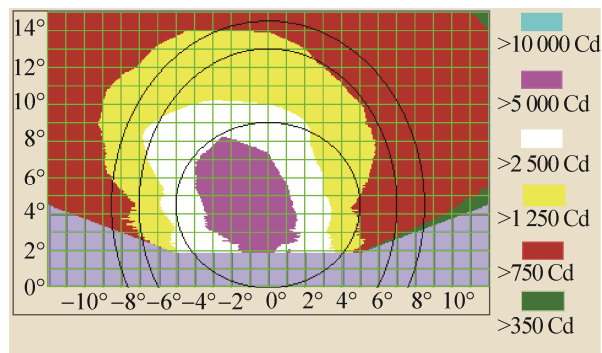


图 6 采样间隔 1 cm
Fig. 6 Sampling interval of 1 cm

图 6 中共采样了 401 组数据, 平均光强 3 127 Cd。由图 6 可以看出, 采样间隔 1 cm 时, 因为采样密度高, 得到的等光强图比较完整。但是, 因为高密度采样对系统硬件的实时工作性能的要求较高, 所以在等光强图中出现一些因采样误差造成的毛刺。

图 7 是采样间隔为 15 cm 时得到的等光强图, 共采样了 27 组数据, 平均光强 3 120 Cd。由图 7 可以看出, 因为增大了采样间隔, 提高了系统硬件的采样精度, 所以等光强图中的毛刺几乎没有了。

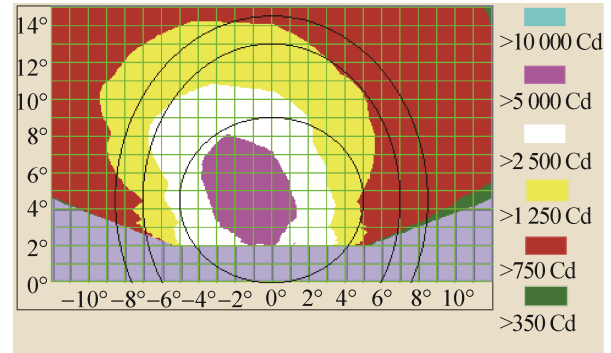


图 7 采样间隔 15 cm
Fig. 7 Sampling interval of 15 cm

图 8 为采样间隔 20 厘米时得到的等光强图。

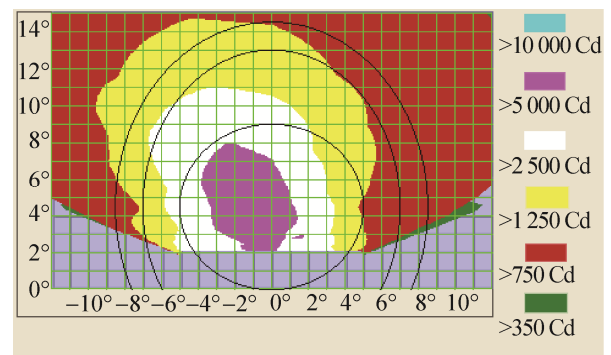


图 8 采样间隔 20 cm
Fig. 8 Sampling interval of 20cm

图 8 共采样了 20 组数据, 平均光强 3 110 Cd。由图 8 可以看出, 因为采样点的减少, 等光强图的右侧出现了一小块空白区域, 但平均光强的计算值的准确度仍然在误差范围内。

图 9 为采样间隔 30 cm 时得到的等光强图。

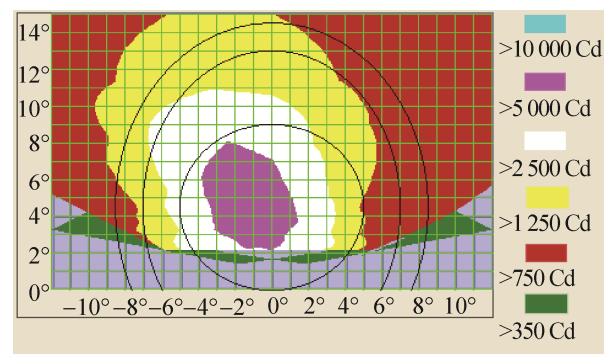


图 9 采样间隔 30 cm
Fig. 9 Sampling interval of 30 cm

图 9 共采样了 13 组数据, 平均光强 3 129 Cd。

由图 9 可以看出,虽然数据量已经很少了,但搜索算法仍完整地找到了机场助航灯主光束中的等值线。虽然等光强图的边沿因为数据量少出现了空白区域,但主光束中心的等光强图仍然完整的绘制了出来,而且平均光强的计算精度也满足使用要求。

由图 6~9 可以看出,15 cm 采样间隔得到的等光强图与 1 cm 采样间隔得到的等光强图最为接近,但是数据采样组数却由 401 组减少到 27 组。这样有效提升了系统实时检测精度,消除了等光强图中因采样误差造成的毛刺。

通过实验可以看出,采用规则矩形网格法,只用很少量的数据就可以清楚绘制出机场助航灯的等光强图。而且,因为数据量少,所以绘制速度快,能够满足机场助航灯光强检测的要求。

5 结论

机场助航灯光强动态检测系统通过检测助航灯光强分布特征位置的照度数据,生成助航灯等光强图,能够快速检测助航灯工作状态。规则矩形网格法根据已知的离散点数据进行网格化插值,构建矩形网格模型,从边界或者内部网格单元出发,根据网格单元各边端点的属性值内插等值点。所以,规则矩形网格法能够在离散点较少的情况下绘制等值线。仿真实验表明,将矩形规则网格法应用于等光强图的绘制,可以在采集少量特征数据的情况下,快速绘制出正确的等光强图,能够有效减少机场助航灯光强动态检测系统的数据采集量,提高系统的实时性能和检测精度。

参考文献:

- [1] 刘增禹,王立文,王强,等. 机场助航灯光光强动态检测系统 [J]. 中国民航学院学报, 2006, 24(3): 20-23, 31. (Liu Zengyu, Wang Liwen, Wang Qiang, et al. Lighting Intensity Dynamic Measurement System for Airfield Visual Aid Light [J]. Journal of Civil Aviation University of China, 2006, 24(3): 20-23, 31.)
- [2] 王芳. 全数字式机场助航灯调光器的研制 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2007. (WANG Fang. Development of total digital airfield dimmer [D]. Wuhan, China: Huazhong University of Science and Technology, 2007.)
- [3] 贾立山,王立文. 基于多普勒测距雷达的实时距离测量系统 [J]. 交通运输工程学报, 2011, 11(1): 51-56. (Jia Li-shan, Wang Li-wen. Real-time distance measurement system based on Doppler ranging radar [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2011, 11(1): 51-56.)
- [4] 贾立山,王立文. 机场助航灯光强动态检测仿真系统的实现 [J]. 系统仿真学报, 2012, 24(9): 1768-1771, 1776. (JIA Li-shan, WANG Li-wen. Realization of Simulation System of Dynamic Detection of Airport Flight Aid Light Luminous Intensity [J]. Journal of System Simulation, 2012, 24(9): 1768-1771, 1776.)
- [5] 王铁. 不规则区域等值线的绘制 [J]. 阜新矿业学院学报, 1991, 10(4): 71-75. (Wang Tie. Irregular Area Isoplenth Drawing [J]. Journal of Fuxin Mining Institute, 1991, 10(4): 71-75.)
- [6] 赵景昌,白润才,刘光伟,等. 一种基于 TIN 的等值线快速生成算法 [J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(24): 10-15. (ZHAO Jingchang, BAI Runcai, LIU Guangwei, et al. Fast isolines generation algorithm based on TIN [J]. Computer Engineering and Applications, 2014, 50(24): 10-15.)
- [7] Shao Lei, Dong Guoling, Liu Jun, et al. Grid Sequence Algorithm Generating Contour Based on Delaunay Triangulation [C]// Proceeding of 2014 IEEE International Conference on Machatronics and Automation, IEEE ICMA 2014, Tianjin China. USA: IEEE, 2014: 2011-2016.