

基于 Google Earth 的最后进近航段三维演示

何光勤 杨 蕾*

(中国民航飞行学院, 广汉 618307)

摘 要 基于 Google Earth (GE) 平台, 对最后进近航段实现三维演示。通过机场三维场景还原, 利用 KML 代码实现三维航线的生成, 首次实现直线程序三维保护区的生成, 最终基于 GE 实现多角度三维航行演示, 且数据精度满足要求, 实现飞行程序设计的三维可视化, 为飞行程序设计工作及教学提供良好的方法。

关键词 三维还原 保护区 KML 代码

中图法分类号 V323.2; **文献标志码** B

飞行程序设计的任务是设定航空器在终端区内起飞和下降着陆时使用的飞行路线, 它是在分析终端区净空条件和空域布局的基础上, 根据航空器的飞行性能, 确定航空器的飞行路线以及有关限制的一门综合学科^[1]。飞行程序的设计工作经历从手工设计到电子自动化的历程, 但始终局限于二维设计, 其可视化程度较低。随着计算机仿真技术和地理信息技术的发展, 飞行程序设计、障碍物评估等领域对三维呈现的需求与日俱增。因此, 本文将计算机虚拟现实 (Virtual Reality, VR) 技术和地理信息技术 (GIS) 相结合, 实现了实时动态、三维航线漫游等功能, 对某机场最后进近航段进行了三维仿真实现, 实现了飞行程序设计的可视化, 使飞行程序的呈现手段更加直观和清晰。

1 三维演示实现

1.1 坐标转换算法

现阶段, 我国民用航空使用的地理坐标系统为 1954 北京坐标系和 56 黄海坐标系, 而 Google Earth 支持 WGS84 坐标系统。由于 WGS84 与 BJ54 是两种不同的大地基准面^[2], 选取的参考椭球体不同, 因而在两种地图下, 同一个点的坐标不同, 因此在模拟过程中需完成从 BJ54 坐标到 WGS84 坐标系统

的转换。

基于仿真精度的考虑, 两个椭球间的坐标转换采用比较严密的七参数法^[3], 即 3 个平移因子 (X 平移, Y 平移, Z 平移), 3 个旋转因子 (X 旋转, Y 旋转, Z 旋转), 一个比例因子 (也叫尺度变化 K)。通过寻找工作区内三个以上的已知点, 利用已知点的 BJ54 坐标和所测 WGS84 坐标, 通过一定的数学模型, 求解七参数。计算出工作区内的七参数, 建立 SHP 文件, 基于地理工具实现经纬度坐标的转换。实际计算结果, 经验证, 与 GE 提供的数据比较 (GE 提供的最小单位精度为 15 M), 精度较高。

参数转换由正反算实现:

大地经纬度坐标 (纬度 B , 经度 L) 可以用地心坐标 X, Y, Z 表示。其中, 直角坐标系原点位于地心; Z 轴为极轴, 向北为正; X 轴穿过本初子午线与赤道的交点; Y 轴穿过赤道与东经 90 度的交点。本文设定零经线为特定机场地区子午线。设椭球体长半轴为 a , 短半轴 b , 扁率倒数为 $1/f$, 则有:

$$X = (N + h) \cos B \cos L;$$

$$Y = (N + h) \cos B \sin L;$$

$$Z = ((1 - e^2)N + h) \sin B。$$

式中: N 为纬度 B 处的卯酉圈曲率半径, $N = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 B)}}$, h 为相对椭球面的高度, e 为椭球

第一偏心率, $e^2 = \frac{(a^2 - b^2)}{a^2} = 2f - f^2$ 。

反之, X, Y, Z 地心直角坐标转换为经纬度大地坐标:

$$B = \tan^{-1} \left[\frac{Z}{X^2 + Y^2} \left(1 - e^2 \frac{N}{N + H} \right) \right]^{-1};$$

2011 年 11 月 1 日收到, 11 月 23 日修改 中国民航飞行学院
青年基金项目 (X2009—35) 资助

第一作者简介: 何光勤 (1963—), 男, 四川都江堰人, 副教授, 研究方向: 飞行程序设计, 空中交通管理等。

* 通信作者简介: 杨 蕾 (1985—), 女, 新疆昌吉人, 硕士研究生, 研究方向: 空中交通运行环境。E-mail: ylayy@126.com。

$$L = \tan^{-1} \left(\frac{Y}{Z} \right);$$

$$H = \frac{\sqrt{(X^2 + Y^2)}}{\cos B} - N。$$

1.2 三维元素生成

1.2.1 最后进近航段

最后进近航段是完成航迹对正和下降着陆的航段,其仪表飞行阶段是从最后进近定位点开始至复飞点(MAPt)结束。直线进近的最后进近航段与跑道方向对正,且含有 FAF 的最后进近航段的最佳长度为 9.26 km(5 NM),最长为 19 km(10 NM)。非精密进近有 FAF 时,最后进近航段的最小和最佳下降梯度为 5.2%,精密进近或有垂直引导的进近为 3°。

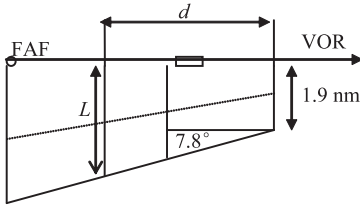


图 1 最后进近航迹上任意点的区域宽度

1.2.2 保护区

最后进近可以从距离 VOR 台最远 20 NM 或者 NDB 台最远 15 NM 处开始,向 VOR 或 NDB 台进行,也可以背台进行。最后进近航段的超障区,以提供其航迹引导的导航设施的容差为依据,从 FAF 至 MAPt 之间的区域,包括 FAF 定位容差区在内。VOR 和 NDB 为飞行导航台,引导飞行。其中,VOR 为全向信标台,NDB 为无方向信标台,导航台的不同,决定了区域宽度的不同。最后进近航迹上各点的区域宽度互不相等,离电台越远,区域宽度越宽。如图 1 示,最后进近航段距离 VOR 电台为 d 的一点的区域宽度(L)的计算:

$$\text{VOR } L = 1.9 + d \tan 7.8^\circ (\text{km})。$$

最后进近航段是事故率最高的航段,因此三维飞行程序设计可以直观呈现飞行航迹及超障情况,进行安全评估。最后进近航段的超障区,以提供其航迹引导的导航设施的容差为依据,从 FAF 至 MAPt 之间的区域,包括 FAF 定位容差区在内。

1.2.3 基于 GE 的三维元素呈现

基于坐标的转换计算,生成某机场仪表进近程

序的定位点数据以及导航台位置等地理信息,使用 KML 代码生成。定位点的位置信息^[4],通过坐标转换后,可以直接根据经纬度坐标在 GE 中定位。同理,基于 GE 的航线生成,使用 KML 代码进行还原。由于三维航线的生成加入高度信息,并且不同基准面的高度不同,场压、修正海压、标准海压、三个不同基准面的选择要加以区分。基于 GE 使用三维平面和线元素,作为反映三维航线高度的基原,体现线和面的属性信息^[5],包括基准面、线型及位置等属性信息。

如下所示为某机场直线进近最后进近航段的三维呈现 KML 代码:

```
<altitudeMode> absolute </altitudeMode> //基准面的  
选择//  
<coordinates> . . . . </coordinates> //地理坐标(经度、航线  
高度)//
```

基于 GE 的保护区生成,使用 KML 代码实现的过程较为复杂。保护区主区和副区不同,有最后进近定位点的最后进近航段,在其超障区的主区内,最小超障余度 MOC 为 75 M。在副区内,MOC 由内边界的 75 M 逐渐向外递减至外边界为零。副区内任一点等待 MOC' 按照下式计算:

$$\text{MOC}' = \frac{L-l}{\frac{L}{2}} \times 75 \text{M}。$$

式中, L 为最后进近航迹一侧已知点处的区域宽度; l 为该点至最后航迹的垂直距离;75 M(有 FAF)为主区的 MOC。

基于 GE 的三维保护区实现,使用面基原将主区和副区一一实现,重点是超障部分的实现。如图 2 所示,为直线航段最后进近航段保护区的仰视图,主区和副区的超障情况比较。

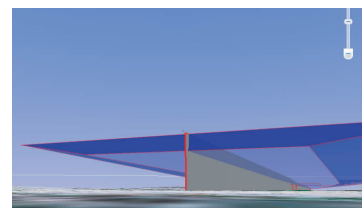


图 2 直线保护区三维仰视图

1.3 基于 GE 的模拟飞行

基于 Google Earth 平台,可以通过地理空间数

据控制飞行进行游览,包括:各位置之间特定的飞行时长;各位置之间平稳无停顿飞行等。

GE 定义了游览的 KML 元素使用 gx 前缀,包含在 OGC KML 标准的扩展集内。使用它们,须在 KML 文件里的开放 <kml> 元素中包含正确的名称空间 URI:

```
<kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2"
xmlns:gx="http://www.google.com/kml/ext/2.2">
```

模拟飞行的实现基于 KML 提供的游览基原完成,通过编写 KML 代码,生成 KML 组件。飞行模式选用平飞模式,通过指定事件的时间跨度扩展 gx:TourPrimitive 完成,该时间以 XML 的 double 数据类型写入(以秒表示)。如下代码表示一段模拟飞行过程的持续:

```
<gx:Tour> //游览///
<gx:flyToMode>smooth</gx:flyToMode> //平飞//
<heading>...</heading> //航向//
```

生成的演示效果如下所示,图 3 为精密进近最后进近航段飞行过程的三维演示,展示精密进近,同时实现了多角度航线漫游的功能,基于 Google Earth 三维环境,清晰地体验实时地形信息及超障情况。

2 总结

本文基于 Google earth 平台实现了最后进近航

段三维演示的功能:飞行场景还原、模拟飞行、保护区的生成,演示障碍物和地形与航线的关系等。最后进近航段三维演示的实现,可满足有关部门进行飞行程序技术培训和虚拟现实体验的需要;同时也为设计、评估飞行程序,事故重现等方面提供了一种新的仿真工具。将演示成果衍生到飞行程序的各个航段,也为民航院校的程序设计培训教学提供了新的辅助手段。

参 考 文 献

- 1 朱代武,何光勤. 目视和仪表飞行程序设计. 成都:西南交通大学出版社,2004:101
- 2 关 昕. 浅谈飞行程序设计 with 机场净空测量流程及方法. 航行情报,2007;10:47—50
- 3 台 林. 民航飞行辅助设计. 空中交通管制,2005;2007(1):28—29
- 4 刘亚静,毛善君. 基于 VC++ 的坐标系统转换程序设计与实现. 湖南科技大学学报,2006;21(3):61—63
- 5 李 毅,郑国勤. 基于 GIS 的参数化飞行程序辅助设计系统. 计算机工程与应用,2006;(27):212—215

Three-dimensional Demonstration of Final Approach Segment Based on Google Earth

HE Guang-qin, YANG Lei*

(Civil Aviation Flight University of China, Guang Han 618307, P. R. China)

[Abstract] Based on Google Earth platform, three-dimensional demonstration of final approach segment is realized. Deoxidized 3D scenes of airport, 3D flight course by using KML codes is achieved, generated straight procedure protection area for the first time. Finally based on Google Earth multi-angle 3D flight demonstration is accomplished. The precision of data satisfied design, realized visualization of flight procedure designing, a new method for flight procedure designing and teaching is provided.

[Key words] three-dimensional reduction protection area KML code