

人影地面作业安全射界分析系统的设计与实现*

毕力格 佟小林 李汉超

(内蒙古自治区气象科学研究所 呼和浩特 010051)

摘要: 为了避免人影地面作业发射的弹丸,在空中未爆而落地时造成地面人员或重要设施损伤,利用遥感、全球定位系统和地理信息技术,设计研发了分析人影高炮、火箭安全射界的技术系统。系统从 Spot 高分辨率遥感影像解译图上提取地物信息,通过系统数据库的高炮作业点经纬度信息和人影作业终端系统(手持终端)的 GPS 定位信息,获取作业点精确位置信息,结合不同类型火箭、高炮的弹道参数,分析了高炮、火箭安全射界,射界分析结果直观、可靠,操作方便快捷,为人影地面作业安全提供了科学依据。

关键词: 安全射界;地面作业;人工影响天气;业务系统

中图分类号: TN209 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 170.3599

Design and realization of the safe shooting area analysis system on weather modification ground operation

Bi Lige¹ Tong Xiaolin¹ Li Hanchao¹

(Meteorological Sciences Institute of Inner Mongolia, Huhhot 010051, China)

Abstract: When projectile launched by ground operations for weather modification did not burst in the air and land, it would damage to the ground personnel or important facilities. In order to avoid the damage, using remote sensing image, global positioning system and geographic information technology, this paper designed and developed an analysis system for safe firing area of antiaircraft guns and rocket. The system extracts the object information from the high-resolution remote sensing image of Spot in the system database and the GPS positioning information of the operation terminal system. Combined with the trajectory parameters of different types of rocket and antiaircraft guns, this article analyzed the safe firing area. The results of firing area analysis are intuitive, reliable, convenient and quick operation, providing a scientific basis for safety of ground operations for weather modification.

Keywords: safe shooting area; ground operation; weather modification; system

1 引言

随着低空空域开放政策的实施,使得低空飞行环境和地面安全变得更加复杂,不断出现由于飞行器失控造成空中和地面人员财产的安全威胁^[1]。人影地面作业所采用的高炮和火箭均属低空飞行器,且据生产厂家提供的资料,现用人影高炮炮弹存有约 1/300 的引信瞎火率^[2]和火箭弹 1/100 的发射故障率^[3],导致作业时在一定程度上危及地面人员财产的安全。

为了提高人影低空飞行器的安全性,以安全射界为依据进行作业。安全射界是指通过对射击方位角、仰角的控制,避免空中未爆弹丸落地时造成地面人员或重要设施损

伤,所选取的安全落区范围。据统计 93% 以上的地面人工影响天气地面作业安全事故是因作业点没有安全射界图或安全射界图制作不准确等原因所致^[4]。而这些地面人影作业安全事故在社会上造成了严重的不良影响,给当前人影高炮、火箭作业提出了更高的要求。

在人影地面作业安全射界分析方面,山东、吉林和湖南等省区在装备定位、底图选用、数据估算以及安全射界图制作原理、方法和应考虑的关键因素等方面做了较详细的分析和研究^[5-6],在实际业务中,制作出一副安全射界图作为作业时的参考,对地面作业安全起到了重要作用。但在气象现代化建设的推进和人影业务信息化建设的需求下,安全射界图很难与地面作业指挥系统、空域申报系统和作业

收稿日期:2017-03

* 基金项目:公益性行业专项“冰雹云判别技术及防雹预警作业系统研究”(GYHY201306060)、内蒙古气象局科技创新项目“基于 3S 的人影安全射界管理系统的建立”(nmqkjc2013012)资助

信息上报系统等业务系统融合到一起^[7],限制业务系统一体化建设进展。

为了进一步提高人影地面作业安全和综合业务系统建设的需要,在获取作业点精确位置信息的基础上,结合不同类型火箭、高炮的弹道参数,确定弹丸落点,运用地理信息技术与 SPOT 高分辨率遥感影像解译的地物信息数据,设计研发了分析高炮、火箭安全射界分析系统,为人影业务现代化提供了技术支撑。

2 需求分析

为了准确分析安全射界,系统应获取高炮、火箭的准确位置信息及不同高炮、火箭弹从不同海拔高度发射出去的弹道参数,明确弹药未爆炸时的落点位置范围,并获取落点范围内的所有地物信息,判断是否危机到人员和财产安全,同时给出禁射区和可射区的信息。

获取高炮火箭位置信息时,高炮基本是固定点作业,应收集高炮作业站点位置信息。火箭常移动作业,应在 GPS 的支持下,实时采集火箭发射装备的位置信息。高炮和火箭的弹道参数,根据不同装备、不同厂家生产的、不同型号弹药和不同海拔高度发射出去的弹道参数各不相同,应根据装备和弹药厂家提供的详细参数为准。地物信息应明显分辨实际城镇、村庄、厂矿企业等地物和范围。射界分析以作业装备发射作业时的方位角、仰角信息来确定未爆炸弹丸的落点位置,并作出该落点所属射界单元是否存在危险地物的安全性判断。

3 功能实现

平台基于局域网和无线通讯网络,利用 WebGIS 和 Oracle 数据库开发技术,采用 B/S 模式,以 JAVA 和 C# 语言开发。人影地面作业安全射界分析系统由作业点位置、弹道参数、地物信息、射界分析、结果输出等五个内容组成。系统从 SPOT 高分辨率遥感影像解译图上提取地物信息,通过系统数据库的高炮作业点经纬度信息和人影移动作业终端的 GPS 定位信息获取作业点精确位置信息,结合不同类型火箭、高炮的弹道参数,分析高炮、火箭安全射界,并输出安全射界分析结果如图 1 所示。

3.1 作业点位置

安全射界分析时,以高炮、火箭所在地为圆心,以最大射程为半径,分析 360°范围内的地物。因此获取高炮、火箭的精确位置信息至关重要^[8],将直接影响落点的位置。

1) 高炮

因大部分高炮都以固定方式作业,很少改变作业位置,所以用 GPS 采集位置信息后录入系统数据库,实际分析安全射界时,从系统数据库里选择作业点,分析安全射界。

2) 火箭

火箭一般移动作业,所以必须采集火箭的实时定位信息。在火箭车上配备移动作业终端,能够支持 GPS 定位,

并在 GPRS、3G/4G 等网络的支持下实时传输位置信息到系统数据库。安全射界分析系统将从数据库里提取火箭的实时位置信息。

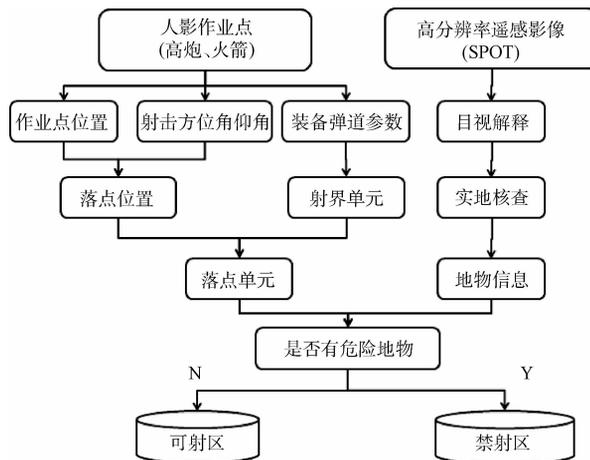


图 1 系统逻辑图

Fig. 1 Logic diagram of the system

此外,为了满足没有配备移动作业终端的火箭作业安全射界分析,系统也设计了手动输入高炮、火箭位置信息的情况下,进行安全射界分析的功能。

3.2 弹道参数

由于不同作业装备和弹药的性能、飞行轨迹不同,确定安全射界时考虑的参量有很大差异,必须进行细致的弹道参数分析,从而制定更加安全、规范的人影安全射界^[3]。

系统从行业标准《37 mm 高炮人工影响天气作业点安全射界图绘制规范》和《增雨防雹火箭作业系统实用教材》一书中收集整理了目前国内人影作业使用的 37 mm 高炮和 9 种类型火箭弹的弹道参数^[9-10],包括不同仰角、不同海拔高度、不同仰角对应的弹道最高点、理论落点等参数,样例如表 1 所示。系统根据弹道参数绘制和标注了射界单元和落点。

3.2.1 绘制射界单元

1) 方位划定

方位角以真北方向为 0°,以作业点为圆心,按顺时针方向计数至 360°。考虑到高炮、火箭弹的受风偏离和方位角度的测量误差,方位角的划分间隔取为 15°,以指向角度 ±7.5 划分为一个方位扇形区,共分了 24 个方位扇形区。方位划定如图 2 所示。

2) 射击距离圈

以作业点为圆心,按弹道参数表给出的间隔(2°~5°),以相邻两个仰角对应射程的中值为半径,画出 45°~85°仰角的实线闭合圆。方位角划定与射界距离圈如图 3 所示。

3) 射界单元

依据射击距离圈和方位扇形区的叠加,画出了安全射界分析的范围和单元,在射界分析时,以每个单元位分析单

表1 不同海拔高度弹道参数及落点(RY1-6300火箭)

射角/(°)	弹道顶点/m		理论落点/m
	X	Y	X
海拔 500 m			
85	873	6 578	1 567
80	1 716	6 436	3 042
75	2 503	6 204	4 379
70	3 205	5 895	5 545
65	3 825	5 519	6 525
60	4 337	5 019	7 323
55	4 752	4 622	7 939
海拔 1 000 m			
85	913	6 837	1 639
80	1 787	6 688	3 181
75	2 607	6 444	4 578
70	3 347	6 121	5 793
65	3 984	5 727	6 813
60	4 528	5 279	7 639
55	4 951	4 788	8 272

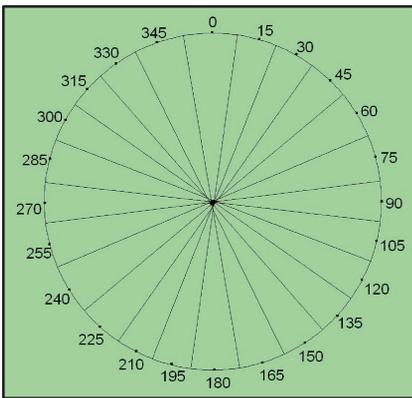


图2 方位角划定示意图

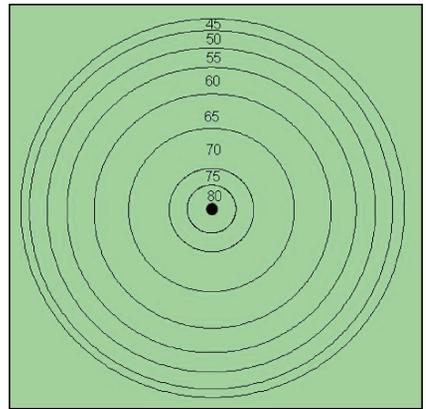


图3 射界距离圈示意图

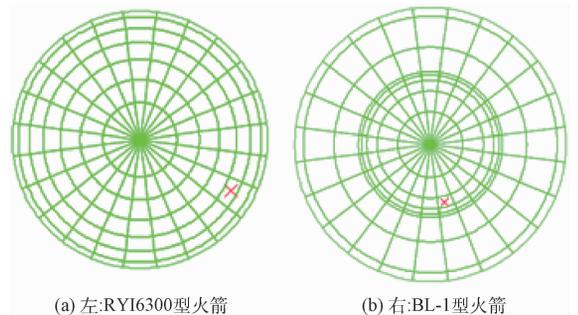


图4 射界单元与弹丸落点示意图

位,逐步排查单元内的地物信息。

3.2.2 落点标注

落点是指高炮、火箭在某一仰角和方位角开炮时,按照理论状况下炮弹在高空未爆炸时的落点。落点的确定以弹道参数表中,相应作业器具和弹药对应的方位角和仰角的射程值,图上以“×”表示。落点的标注位于相应射界单元的中央位置,如图4所示。

3.3 地物信息

经批准的固定作业点和移动作业点,必须调查和掌握高炮、火箭射程范围内的城镇、厂矿企业、油库、电力、重要建筑、重点文物保护单位等危险地物的分布情况,作业时落点应避开上述地点 2 km×1.5 km 的区域^[2]。地物信息提取时,底图宜选用 1:5 万以上比例尺地图或分辨率高于 5 m 的卫星遥感影像图,可明显分辨实际城镇、村庄、厂矿企业

等地物和范围。系统以 1:10 000 比例尺,2.5 m 分辨率的 SPOT 正射影像图作为调查基础底图,采用成熟的目视解译与计算机自动识别相结合的信息提取技术^[11-13],对每一块危险地物的形状、范围、位置进行数字化,准确获取地物信息矢量数据,并进行外业调查,确保了每一地块地类的信息详细、准确、可靠。在安全射界分析时,系统导入经数字化获得的矢量数据,以属性为危险地物的图斑作为安全射界分析的禁射标准。

3.4 射界分析

在地物信息数据上,叠加绘制好的射界单元,在同一空间坐标系统下,利用 ArcGIS Engine 的空间关系运算算法^[14-16],得出在空间关系上相叠加的要素分组,并进行求交运算,创建地物信息和射界单元的属性并集,通过分析每一个射界单元对应的地物信息属性,判断是否有危险地物信息,如有危险地物,此单元判定为禁射区;如无,就判定为可射区。

3.5 结果输出

系统能分析出高炮、火箭作业区某位置的最大射程范围内的安全射界结果,即 24 个方位、45°~85°仰角对应分析单元的结果信息。安全射界的所有分析结果以地图和表格的方式输出,输出的内容包括作业点名称、位置、作业点经纬度、作业器具、落点、射界单元结果等,其中射界单元呈暗

灰色的区域为禁射区,呈透明区域为可射区。以表格方式输出了此作业点位置上的所有可射区的方位角、仰角信息,

可根据表格提供的信息,快速调整方位角、仰角进行作业。结果输出如图 5 所示。

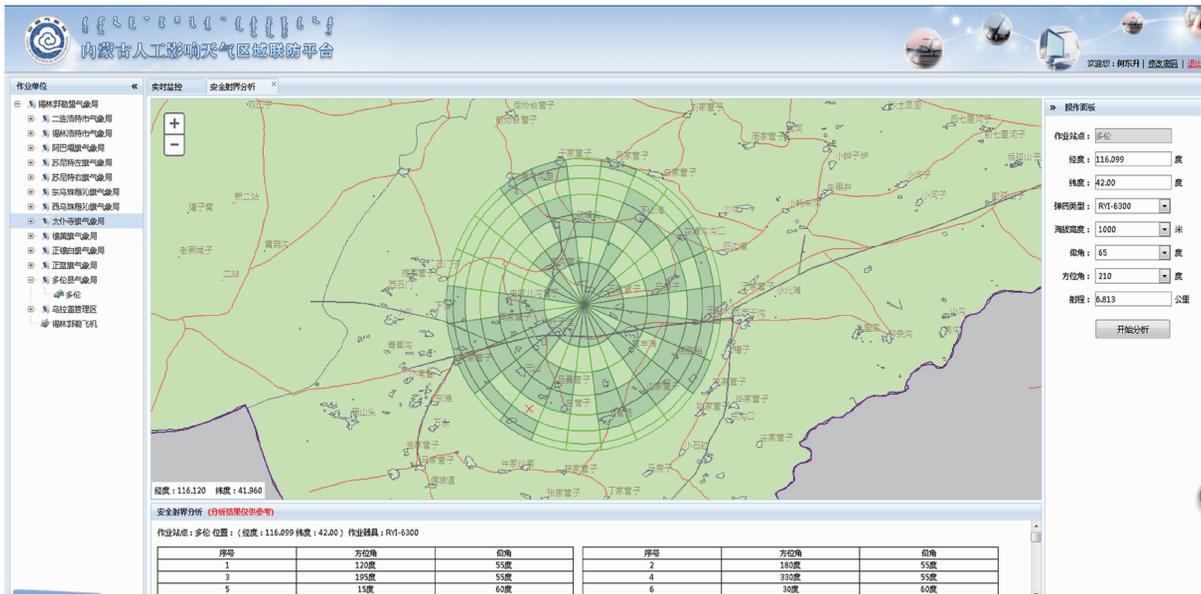


图 5 系统射界分析与结果输出界面

3.6 其他功能

3.6.1 地图管理

系统利用 ArcGIS Server 创建了企业级 WebGIS 应用平台,支持多用户的 Web 应用,实现了矢量、栅格数据的导入、浏览、放大、缩小、移动以及空间分析等功能。

3.6.2 站点管理

在 Oracle 数据库系统的支持下,建立了地面人影作业站点管理模块,对前期收集整理作业点名称、器具类型、位置、海拔高度等进行入库管理,在系统界面以列表方式显示了所有作业点信息,并与移动终端系统的 GPS 模块进行整合,在地图窗口显示了移动作业点的实时位置信息。

3.6.3 射界分析操作

为了快速简便地实现安全射界分析功能,系统参数选择以下拉菜单方式体现,在界面右侧操作面板里选择装备弹药类型、海拔高度、作业方位角、仰角等参数,完成射界分析工作。

4 结 论

人影地面作业安全射界分析系统有效利用 GPS、遥感和地理信息技术,结合火箭、高炮的弹道参数,实现了简便、精确的安全射界分析功能,为作业安全提供了技术支撑。

1) 安全射界分析系统从高分辨率遥感影像图上提取了地物信息,数据获取和更新方便,可信度高,将降低人影地面作业的安全事故发生率及因安全事故导致的社会负面影响。

2) 系统支持任意作业器具和弹药的任意位置、任意方位仰角的射界分析功能,直观、精确,改变了以往的参考安全射界图的作业方式。

3) 在系统的支持下,火箭作业将突破原来的某几个固定点作业的方式,可根据天气条件随意移动,随时分析安全射界,使火箭增雨作业更科学,更安全。

4) 系统虽实现了方便快捷的安全射界分析功能,但人影地面作业还需要考虑天气条件和空域情况等因素的影响。下一步在此基础上,与作业条件识别分析系统、空域申报等系统进行整合,可能更加发挥安全射界分析系统的功能,提升作业指挥能力和作业安全水平。

参 考 文 献

[1] 冯登超,袁晓辉. 低空安全走廊及应急管理可视化研究进展[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(4): 493-505.

[2] 黎祖贤,刘红武,廖俊,等. 基于外弹道计算的人影高炮作业安全评估方法[J]. 气象科技, 2016, 44(1): 152-156.

[3] 孙建东,卢培玉,周茂山,等. 人影安全射界图的设计原理及制作应用[J]. 山东气象, 2010, 30(3): 37-41.

[4] 李茂仑,汪晓梅,丛向春,等. 基于 GIS 平台的火箭人工增雨作业安全射界图制作方法[J]. 吉林气象, 2010(1): 34-38.

[5] 段成国,杨煜珍. 人影安全射界图的设计原理与制作[J]. 科技传播, 2012(8): 162-163.