

航线五维可视化气象信息研究^{* 1}

吕环宇¹⁾²⁾ 王洪庆¹⁾ 王少林²⁾

¹⁾(北京大学物理学院大气科学系,北京 100871)

²⁾(中国民用航空大连空中交通管理站,大连 116033)

航空气象服务面对的主要群体为各航空公司的飞行机组、飞行签派人员、空中交通管制人员、机场地面运行人员以及上级各主管决策部门等。从航空气象服务客体的角度出发,提供方便和易于理解的可视化航线气象信息显得尤为重要。同时,气象条件的充分利用对航空公司制订飞行计划、估算飞行时间和燃油消耗、提供空中飞行服务地点等方面具有指导意义,可以节约成本、提高飞行服务质量。

20 世纪 90 年代开始,美国和欧洲一些国家均致力于为民用航空提供多维气象信息,以了解机场起飞、下降空间区域内的对流强度、雷雨、降水、风场、颠簸等,并提供给管制人员用于管制指挥的服务。目前我国能够提供 6 h 的飞行航线上高空风、高空温度、重要天气预告图,以及飞机起飞、降落机场的天气预报、天气实况和机场警报等的二维图形资料和文字资料。但对航路气象信息的可视化应用研究方面还很少。

本文利用常规气象资料和 NCEP 预报场资料,通过诊断、物理量分析等方法,建立了飞行航线上的气象信息五维图形可视化系统。通过对五维数据集(时间、物理变量和三维空间)的分析来描述物理过程的多个物理变量的空间分布和时间变化。该系统能够对航线区域上的风场、温度场、重要天气区域等进行水平、垂直高度上的各个剖面显示,从实时和预报两个方面多维显示气象信息。同时对航路上气象条件进行燃油消耗的评估,讨论其在飞行计划中的应用价值,探索安全条件下的气象经济飞行。

1 系统概况

飞行气象信息五维图形可视化系统为嵌入式的系统。由 MICAPS 系统和网络数据库、客观分析诊断图形系统、飞行气象信息五维图形可视化系统等组成,完成系统所提供的各种功能。系统通过客观分析

诊断图形系统对气象资料插值、诊断分析等,一方面提供进行天气预报和气象服务的二维图形,完成航路高空风、高空温度等对燃油消耗的评估;另一方面提供给五维图形显示系统,从而生成沿航路的对实时场、预报场三维动态显示,垂直剖面 and 不同飞行高度的水平剖面以及航线的剖面、轨迹等显示。该系统所采用的资料包括常规气象资料和 NCEP 预报场资料。常规资料包括地面观测资料与探空资料,地面观测资料包括的气象要素有海平面气压、本站气压、温度、风、露点、6 h 降水量、24 h 降水量、云状、能见度等等;探空资料包含的气象要素有位势高度、温度、风、露点等,在对流层中主要有 11 个基本等压面。

2 可视化航路气象信息的应用

利用飞行气象信息五维图形可视化系统,可以制作更为优化的二维航路图形文件,以提供更多的航空气象信息。通过系统制作的五维航路气象图形图像文件,可以对飞行人员和管制指挥人员提供更为直接的立体气象信息。航空气象用户可以通过气象局域网,以“点菜”的方式,提出对航空气象个性化的需求和服务。

图 1 为飞行气象信息五维图形可视化系统制作的 2006 年 1 月 12 日中国区域空中急流的立体分布。图中给出了大连—广州航线风场的垂直剖面,立体区域代表自西向东高空风速大于 30 m/s 急流轴的分布,箭头所指为在右上角探针所到地点的经、纬度及高度。管制人员在指挥飞机飞行时,可以根据急流的分布调配飞行高度和方向;也可利用空中稳定风场,缩短飞行时间;航班机组人员则根据系统提供信息,合理安排空中服务时间,避开空中颠簸区域。系统还可以立体显示航线附近强对流天气,飞机飞行过程中,通过机载多普勒雷达对系统提供的对流天气系统进行识别和准确定位,有效地避开危险天气区域。另

* 中国民用航空总局东北管理局科研项目“GRIB 数据的开发和应用”(200602)资助。

2007-04-18 收到,2007-09-10 收到再改稿。

外,高空风场的多维显示能够使管制人员指挥飞机在风场较强的区域顺风飞行,不仅可以缩短飞行时间,

而且可以降低燃油消耗;而在逆风区则指挥飞机调配高度,避开逆风较大风场。

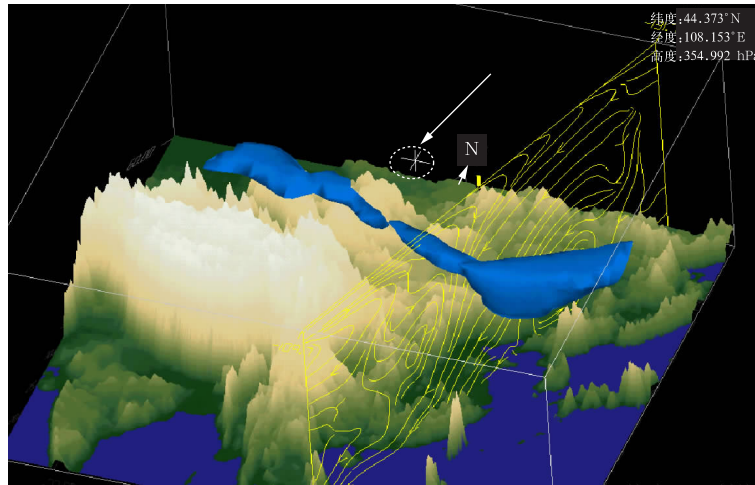


图1 2006年1月12日06:00(世界时)中国区域航路急流及大连—广州航线风场垂直剖面

Fig. 1 Airway jet over China region and the wind filed cross section along Dalian—Guangzhou air route at 06:00 on Jan 12, 2006

此外,还可根据需要,制作高空立体的温度场、相对湿度场、积冰区等区域图等。这些图形图像资料的结合使用,将对管制指挥人员和飞行人员构建很好的气象信息立体概念,极大提高气象信息的可利用性。飞行气象信息五维图形可视化系统嵌入的客观分析诊断图形系统还提供了对物理量的数学计算支持,通过该系统可以对每次航程的燃油消耗和总航时进行评估。燃料总消耗量 Q 及总航时 T 分别为:

$$Q = \int_0^R C_i dR = \sum_{i=1}^m C_i \quad (1)$$

$$T = \int_0^R \frac{1}{V_{ni}} dR = \sum_{i=1}^m \frac{100}{V_{ni}} \quad (2)$$

式(1)和(2)中, C_i 为单位燃料的消耗量, R 为实际航程, V_{ni} 为巡航速度。航空公司在制订飞行计划时,通过对航路、降落机场、备降机场天气信息的了解,可以预先评估航程燃油消耗及总航时。在降落机场天气不稳定时,选择最佳备降机场,对飞机的燃油配给和配载进行很好的控制,可以节约成本。同时也对飞行时间的掌握、航班计划的调整具有很好的把握性。

3 总结与讨论

随着民航事业的不断发展,航空气象用户对航空气象服务带来的对控制成本的影响越来越关注,

对航空气象服务、航空气象产品也提出了更高的要求。本文建立的飞行航线上的五维可视化气象信息系统,可以使航空气象人员的现场咨询更为便捷,对航空签派人员在制订飞行计划、管制人员的空中指挥过程确定有利的巡航高度,选择最佳航线、避开危险飞行天气区域等提供了有益的帮助。高空温度、高空风等气象因子对巡航速度、发动机推力、燃料消耗、升限等均有影响,对航时和燃料消耗量进行估算,选择安全和经济的燃油配给,对飞行安全和经济效益将提供极大的帮助。

可视化有形象直观的特点,但也会有一定程度上的失真(决定于投影),可能引起误解。在实际应用中,应将实况值与预报场数值结合使用,选择适于真实大气的最佳巡航高度,在此基础上尽量避开不利和危险天气区,以取得比较好的效果。

利用本文系统所制作的航路五维可视化气象信息图形图像,在航路上选择了直线,忽略了航路曲线的变化。为更精确地阐述航路上的气象条件,以后的研究将趋向于通过经、纬度定位航路拐点,沿曲线对航路进行剖面处理,以提供更为准确的航路气象信息。

致谢:感谢北京大学物理学院大气科学系陶祖钰教授为本文提供的帮助。