



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105894862 B

(45)授权公告日 2018.05.04

(21)申请号 201610292006.X

审查员 周瑜

(22)申请日 2016.05.05

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105894862 A

(43)申请公布日 2016.08.24

(73)专利权人 中国民用航空华东地区空中交通管理局

地址 200335 上海市长宁区空港一路171号

(72)发明人 黄久龙

(74)专利代理机构 上海智信专利代理有限公司 31002

代理人 邓琪 杨希

(51)Int.Cl.

G08G 5/00(2006.01)

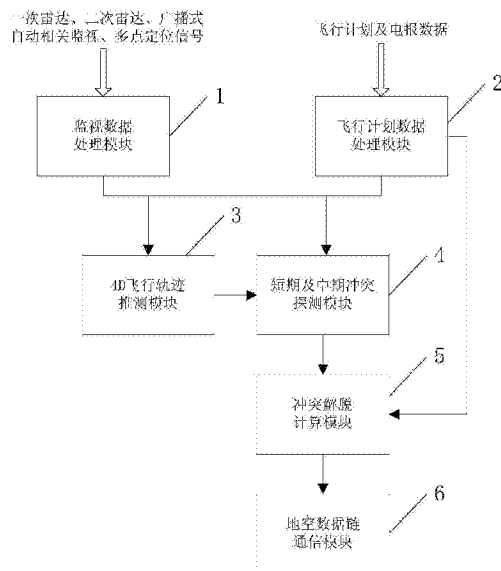
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种空中交通管制智能化指挥系统

(57)摘要

本发明涉及一种空中交通管制智能化指挥系统,其包括:监视数据处理模块;与上述监视数据处理模块通信连接的飞行计划数据处理模块;与上述监视数据处理模块以及飞行计划数据处理模块通信连接的4D飞行轨迹推测模块;与上述监视数据处理模块、飞行计划数据处理模块以及4D飞行轨迹推测模块通信连接的短期及中期冲突探测模块;以及与上述飞行计划数据处理模块、短期及中期冲突探测模块通信连接的冲突解脱计算模块。本发明能在现有的空域环境中,实现航空器的自动管制,降低人为因素造成不安全事件发生的概率。



1. 一种空中交通管制智能化指挥系统,其特征在于,该系统包括:

监视数据处理模块,其接收并根据外部输入的监视信号,实时获取各个目标航空器的当前航迹数据;

与所述监视数据处理模块通信连接的飞行计划数据处理模块,其接收并根据外部输入的飞行计划及电报数据,分析获得各个计划航空器的航班对象数据,并根据各个所述目标航空器的当前航迹数据,将各个所述计划航空器的航班对象数据与所述目标航空器相关联;

与所述监视数据处理模块以及飞行计划数据处理模块通信连接的4D飞行轨迹推测模块,其接收并根据各个所述目标航空器的当前航迹数据、与各个所述目标航空器相关联的航班对象数据,以及预存的各个目标航空器的历史飞行轨迹数据,计算获得各个所述目标航空器的未来飞行轨迹数据;

与所述监视数据处理模块、飞行计划数据处理模块以及4D飞行轨迹推测模块通信连接的短期及中期冲突探测模块,其根据各个所述目标航空器的当前航迹数据、与各个所述目标航空器相关联的航班对象数据以及各个所述目标航空器的未来飞行轨迹数据,计算获得在未来一段预设的时间内每两个所述目标航空器之间的最小距离,并判断该最小距离是否符合预设的空中交通间隔要求;以及

与所述飞行计划数据处理模块、短期及中期冲突探测模块通信连接的冲突解脱计算模块,其接收所述短期及中期冲突探测模块的探测结果,当该探测结果显示为两个所述目标航空器之间的最小距离不符合预设的空中交通间隔要求时,向外界发出告警,并根据与各个所述目标航空器相关联的航班对象数据,在预先建立的冲突解脱程序经验库中搜索相应的解脱方案,并根据该解脱方案计算获得所述目标航空器所需的避让速度和/或避让高度,并通过与所述冲突解脱计算模块通信连接的地空数据链通信模块向所述目标航空器发送其所需的避让速度和/或避让高度。

2. 根据权利要求1所述的空中交通管制智能化指挥系统,其特征在于,所述监视信号包括:一次雷达信号、二次雷达信号、广播式自动相关监视信号以及多点定位信号。

3. 根据权利要求1所述的空中交通管制智能化指挥系统,其特征在于,所述目标航空器的当前航迹数据包括:目标航空器的机型、航班号、二次代码、当前经纬度坐标、当前飞行高度以及当前飞行速度。

4. 根据权利要求1所述的空中交通管制智能化指挥系统,其特征在于,所述计划航空器的航班对象数据包括:计划航空器的机型、航班号、二次代码、起飞机场、落地机场、飞行航路、起飞时刻。

5. 根据权利要求1所述的空中交通管制智能化指挥系统,其特征在于,所述目标航空器的历史飞行轨迹数据包括:目标航空器在各个航路点的历史飞行高度。

6. 根据权利要求1所述的空中交通管制智能化指挥系统,其特征在于,所述目标航空器的未来飞行轨迹数据包括:目标航空器飞过未来各个航路点的时刻以及到达未来各个航路点时的飞行高度。

7. 根据权利要求1所述的空中交通管制智能化指挥系统,其特征在于,所述预设的时间为10分钟以内或10-30分钟。

8. 根据权利要求1所述的空中交通管制智能化指挥系统,其特征在于,所述冲突解脱计

算模块被配置为通过图形化显示界面向外界发出告警。

一种空中交通管制智能化指挥系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种民航管制技术,尤其涉及一种空中交通管制智能化指挥系统。

背景技术

[0002] 面对现代航空业的持续迅猛发展以及空中流量的飞速增长,以人脑计算为主制定管制指挥方案的运行方式早已暴露出运行上的短板与弊端:由于管制员无意识的“错忘漏”导致班机小于规定安全间隔的管制不安全事件,已成为制约空管安全运行非常重要的原因之一;基于管制员自身判断与调配能力所提供的管制服务质量逐步呈现下行趋势,这恰与流量的增长形成反比;管制员与管制员之间确实也存在着技能与素质的个体差异,因此使得管制服务无法长时间维持在相对固定的尺度与标准之内。

[0003] 基于上述情况,面对现阶段航空业日益严重的空中交通堵塞与航班延误等现象以及管制保障的巨大压力,目前迫切需要通过智能化的辅助手段,以电脑协助人脑,以克服不利于管制安全运行的人为因素,依靠智能化系统帮助管制员进行决策、适度分担管制负荷。

发明内容

[0004] 为了解决上述现有技术存在的问题,本发明旨在提供一种空中交通管制智能化指挥系统,以在现有的空域环境中,实现航空器的自动管制,降低人为因素造成不安全事件发生的概率。

[0005] 本发明所述的一种空中交通管制智能化指挥系统,其特征在于,该系统包括:

[0006] 监视数据处理模块,其接收并根据外部输入的监视信号,实时获取各个目标航空器的当前航迹数据;

[0007] 与所述监视数据处理模块通信连接的飞行计划数据处理模块,其接收并根据外部输入的飞行计划及电报数据,分析获得各个计划航空器的航班对象数据,并根据各个所述目标航空器的当前航迹数据,将各个所述计划航空器的航班对象数据与所述目标航空器相关联;

[0008] 与所述监视数据处理模块以及飞行计划数据处理模块通信连接的4D飞行轨迹推测模块,其接收并根据各个所述目标航空器的当前航迹数据、与各个所述目标航空器相关联的航班对象数据,以及预存的各个目标航空器的历史飞行轨迹数据,计算获得各个所述目标航空器的未来飞行轨迹数据;

[0009] 与所述监视数据处理模块、飞行计划数据处理模块以及4D飞行轨迹推测模块通信连接的短期及中期冲突探测模块,其根据各个所述目标航空器的当前航迹数据、与各个所述目标航空器相关联的航班对象数据以及各个所述目标航空器的未来飞行轨迹数据,计算获得在未来一段预设的时间内每两个所述目标航空器之间的最小距离,并判断该最小距离是否符合预设的空中交通间隔要求;以及

[0010] 与所述飞行计划数据处理模块、短期及中期冲突探测模块通信连接的冲突解脱计算模块,其接收所述短期及中期冲突探测模块的探测结果,当该探测结果显示为两个所述

目标航空器之间的最小距离不符合预设的空中交通间隔要求时,向外界发出告警,并根据与各个所述目标航空器相关联的航班对象数据,在预先建立的冲突解脱程序经验库中搜索相应的解脱方案,并根据该解脱方案计算获得所述目标航空器所需的避让速度和/或避让高度,并通过与所述冲突解脱计算模块通信连接的地空数据链通信模块向所述目标航空器发送其所需的避让速度和/或避让高度。

[0011] 在上述的空中交通管制智能化指挥系统中,所述监视信号包括:一次雷达信号、二次雷达信号、广播式自动相关监视信号以及多点定位信号。

[0012] 在上述的空中交通管制智能化指挥系统中,所述目标航空器的当前航迹数据包括:目标航空器的机型、航班号、二次代码、当前经纬度坐标、当前飞行高度以及当前飞行速度。

[0013] 在上述的空中交通管制智能化指挥系统中,所述计划航空器的航班对象数据包括:计划航空器的机型、航班号、二次代码、起飞机场、落地机场、飞行航路、起飞时刻。

[0014] 在上述的空中交通管制智能化指挥系统中,所述目标航空器的历史飞行轨迹数据包括:目标航空器在各个航路点的历史飞行高度。

[0015] 在上述的空中交通管制智能化指挥系统中,所述目标航空器的未来飞行轨迹数据包括:目标航空器飞过未来各个航路点的时刻以及到达未来各个航路点时的飞行高度。

[0016] 在上述的空中交通管制智能化指挥系统中,所述预设的时间为10分钟以内或10-30分钟。

[0017] 在上述的空中交通管制智能化指挥系统中,所述冲突解脱计算模块被配置为通过图形化显示界面向外界发出告警。

[0018] 由于采用了上述的技术解决方案,本发明通过采用4D飞行轨迹推测模块将由监视数据处理模块提供的各个目标航空器的当前航迹数据、由飞行计划数据处理模块提供的与各个目标航空器相关联的航班对象数据,以及预存的各个目标航空器的历史飞行轨迹数据相结合,准确预测各个目标航空器的未来飞行轨迹数据,并配合短期及中期冲突探测模块针对系统监视范围内的所有目标航空器,确定它们在未来两两之间的最小距离能否满足空中交通间隔要求,从而在探测到飞行冲突时能提前通过冲突解脱计算模块自动给出飞行矛盾调配方案和飞行冲突解脱程序,即目标航空器为了解脱冲突所需的避让速度和/或避让高度,从而降低人为因素造成不安全事件发生的概率。

附图说明

[0019] 图1是本发明一种空中交通管制智能化指挥系统的结构示意图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图,给出本发明的较佳实施例,并予以详细描述。

[0021] 如图1所示,本发明,即一种空中交通管制智能化指挥系统,其包括:监视数据处理模块1、飞行计划数据处理模块2、4D飞行轨迹推测模块3、短期及中期冲突探测模块4、冲突解脱计算模块5以及地空数据链通信模块6。

[0022] 监视数据处理模块1用于接收并根据外部输入的监视信号,实时获取各个目标航空器的当前航迹数据;具体来说:

[0023] 外部输入的监视信号主要包括：一次雷达信号、二次雷达信号、广播式自动相关监视信号(ADS-B) (由目标航空器将自身的GPS定位的经纬度想四周广播式发送,并通过地面接收机接收到目标航空器的地理坐标后向监视数据处理模块1传输广播式自动相关监视信号)和多点定位信号(MLAT) (通过地面上多根不同位置的天线接收目标航空器发出的信号,并通过多点定位系统差分计算各信号到达不同天线的时差,以计算出该目标航空器的坐标后向监视数据处理模块1传输多点定位信号)。

[0024] 监视数据处理模块1在接收到上述来自不同监视源(即,一次雷达、二次雷达、地面接收机和多点定位系统)的监视信号后,需要对这些监视信号进行融合,这是因为采用不同监视方式接收到信号的时间是不同的,因此要对产生的这些监视信号进行推算融合以形成各个目标航空器的当前航迹数据(包括:目标航空器的机型、航班号、二次代码、当前经纬度坐标、当前飞行高度以及当前飞行速度等),由此实现对目标航空器航迹的实时监控。

[0025] 另外,在本实施例中,监视数据处理模块1还可以接收外围输入的针对上述各个监视源设定的质量因子,以用于动态调整对上述监视信号进行融合加权平均时所需的权值,从而在多源监视时能够更好的实现多信号融合,进而有效提高目标航空器的当前航迹数据的准确性;这是因为当多个监视源观测到同一个目标航空器的位置是不一样的,因此需要对不同监视源提供的监视信号进行加权平均,从而使对应同一个目标航空器的不同来源、格式、特点、性质的监视信息在逻辑上能够有机融合,并进行信号质量管理,从而为当前航迹数据的获取提供数据支撑。一般可以对某一个区域预先设置各个监视源的质量因子,并可以通过卡尔曼滤波算法,动态调整各个监视源的质量因子;例如,有三个监视源,它们所对应的质量因子的初始值均为1,当其中一个监视源观察到的目标与另外两个监视源距离很远时,则该监视源的质量因子将会降低。

[0026] 飞行计划数据处理模块2与监视数据处理模块1通信连接,其用于接收并根据外部输入(例如通过航空固定电信网(AFTN)传输)的飞行计划及电报数据,分析获得各个计划航空器的航班对象数据,并根据各个目标航空器的当前航迹数据,将各个计划航空器的航班对象数据与目标航空器相关联;具体来说:

[0027] 飞行计划及电报数据包含了航班计划整个生命周期变化过程及结果,是航空管制人员掌握航班状态最根本的依据;其具体包括:飞行计划报(FPL)、起飞报(DEP)、落地报(ARR)、飞行变更报(CPL)、延误报(DLA)、修订计划报(CHG)等16种报文(这些都在《民用航空飞行动态固定电报格式》标准规范中有明确定义)。

[0028] 计划航空器的航班对象数据主要包括:计划航空器的机型、航班号、二次代码、起飞机场、落地机场、飞行航路(包括各个航路点的信息等)、起飞时刻等信息;通常,对航空器的未来轨迹的预测都需要依托上述数据中的飞行航路。

[0029] 飞行计划数据处理模块2可以通过将每个计划航空器的航班号及二次代码与目标航空器的航班号及二次代码相匹配,从而将该计划航空器的航班对象数据与匹配的目标航空器相关联(即,将每个计划航空器与目标航空器对应),通过对目标航空器的监控也就实现了对计划航空器的自动监视。

[0030] 4D飞行轨迹推测模块3分别与监视数据处理模块1以及飞行计划数据处理模块2通信连接,其接收并根据各个目标航空器的当前航迹数据、与各个目标航空器相关联的航班对象数据,以及预存的各个目标航空器的历史飞行轨迹数据(包括目标航空器在各个航路

点的历史飞行高度等),计算获得各个目标航空器的未来飞行轨迹数据(包括目标航空器飞过未来各个航路点的时刻以及到达未来各个航路点时的飞行高度等);具体来说:

[0031] 由于不同机型的航空器在不同的巡航高度有不同的飞行速度,因此,根据航空器的机型以及巡航高度,可以推算该航空器的飞行速度;在此,根据目标航空器的机型、当前飞行高度和当前飞行速度,以及历史飞行轨迹数据中目标航空器在各个航路点的历史飞行高度,可以计算获得该目标航空器的未来飞行速度,并结合其航班对象数据中起飞机场、落地机场、飞行航路以及起飞时刻,可以计算获得该目标航空器飞过未来各个航路点的时刻。

[0032] 需要说明的是,现有技术中仅仅是通过航空器的飞行高度计算其飞行速度,然后计算获得航空器飞过每个航路点的时刻。这种方式的缺陷在于,无法获知航空器在经过哪个航路点之后达到哪个飞行高度。比如,在从上海飞往北京的航路中,现有方式会视为航空器从上海斜上直飞到9200米高度飞往北京,而根据航空器的历史飞行轨迹数据可以知道,从上海飞往北京的航班会在无锡上空上升到9200米高度。也就是说,在航班进近阶段,现有的轨迹模型将航空器视为始终从起飞机场以一定爬升率斜上直升到巡航高度,或者始终以一定下降率从巡航高度下降到落地机场水平面。然而,航班在实际飞行时,根据各个机场的进离场程序不同,会有各自不同的飞行轨迹,其实际飞行过程中像爬楼梯一样,会爬升一段,平飞一段,再爬升一段,落地阶段也类似。由此可见,现有模型无法准确预估航空器的4D飞行轨迹。因此,4D飞行轨迹推测模块3结合了各个目标航空器的历史飞行轨迹数据,以机器学习的方式构建针对每条航路的各个机型的时间、方位和高度的4D剖面模型(主要研究每条航段上,不同高度层、不同机型在不同气象条件(高空风)下的速度关系),可减少运动轨迹预测误差,使得各个目标航空器的未来飞行轨迹数据更为精确。

[0033] 短期及中期冲突探测模块4分别与监视数据处理模块1、飞行计划数据处理模块2以及4D飞行轨迹推测模块3通信连接,其根据各个目标航空器的当前航迹数据、与各个目标航空器相关联的航班对象数据以及各个目标航空器的未来飞行轨迹数据,计算获得在未来一段预设的时间内每两个目标航空器之间的最小距离,并判断该最小距离是否符合预设的空中交通间隔要求;具体来说:

[0034] 短期及中期冲突探测模块4需要针对系统监视范围内的所有目标航空器,根据各个目标航空器的当前经纬度坐标、当前飞行高度以及当前飞行速度,各个目标航空器的飞行航路以及它们飞过未来各个航路点的时刻数据,计算它们两两之间在未来一段时间内的最小距离(包括水平间距和垂直间距)是否满足空中交通间隔要求(针对每个航迹,每隔数个周期可进行一次三维空间探测),如果两个目标航空器之间的当前水平间距和垂直间距同时低于告警间隔,或未来某一参数时间内将要同时低于告警间隔时,则需要由冲突解脱计算模块5发出冲突告警并启动解脱程序。此处的“一段时间”可以设为10分钟以内(短期)或10-30分钟(中期),此处的“空中交通间隔要求”可以根据《中华人民共和国飞行基本规则》中规定的飞行安全间隔进行设定,例如,两架飞机同向、同高度飞行,前后间隔须60公里,侧向间隔须20公里;同航线顺向或逆向飞行,上下高度间隔须300米。

[0035] 在本实施例中,如果两个航空器的初始位置很远或者不在一个高度层上(每300米为一个高度层),则可以过滤不进行计算,以减少计算压力。另外,中期冲突探测和短期冲突探测的区别在于,短期冲突探测以当前航向笔直往前飞进行计算,而中期冲突探测则根据计划的飞行航路进行计算,例如,在航路上该拐弯的地方要拐弯后进行计算。也就是说,短

期冲突探测主要基于当前位置的航空器的动力学模型,而中期冲突探测主要基于上述的4D剖面模型,以每个航路点的预计过点时间和高度作为判断依据。

[0036] 另外,在选定两个目标航空器之后,可以先对它们进行水平、高度的粗过滤,比较两者的飞行高度层是否一致,当前距离是否很远,未来航路是否有共同区段等,由此减小计算负荷。

[0037] 冲突解脱计算模块5分别与飞行计划数据处理模块2以及短期及中期冲突探测模块4通信连接,其接收短期及中期冲突探测模块4的探测结果,当该探测结果显示为两个所述目标航空器之间的最小距离不符合预设的空中交通间隔要求,即,发生飞行冲突时,向外界发出告警,并根据与各个目标航空器相关联的航班对象数据,在预先建立的冲突解脱程序经验库中搜索相应的解脱方案,并根据该解脱方案计算获得目标航空器所需的避让速度和/或避让高度,以解脱上述飞行冲突并且不再产生新的飞行冲突;具体来说:

[0038] 当短期及中期冲突探测模块4探测到飞行冲突的发生后,冲突解脱计算模块5将通过图形化的显示界面向飞机管制员发出告警,并且启动上述解脱方案的搜索验证过程,其中,

[0039] 冲突解脱程序经验库的来源可以是人工输入,也可以是通过机器学习的方式输入,其可以通过以下方式建立:针对每条航路,管制员可以根据空域情况以及与相邻管制单位的移交协议,预先设定准入高度层、各机型的仪表速度区间,或者是按照落地机场设定该航路推荐高度层和速度;同时还可以通过统计分析模块(图中未示)对各目标航空器的历史飞行轨迹数据进行统计分析,以智能学习每条航路上各个机型、不同航班计划(包括不同起飞落地机场)的飞行高度区间和速度区间,由此建立冲突解脱程序经验库,从而提供智能化的手段引导管制员正确处理航班冲突。

[0040] 通过上述冲突解脱程序经验库可以将管制移交协议数据化并且实现对飞行轨迹数据的挖掘。目前现有技术中需要人工记忆管制移交协议,而降管制移交协议数据化之后,系统可以在飞机飞到指挥边界前提前给出指令(例如,飞到什么高度、在什么频率建立联系等);同时在对历史飞行轨迹进行数据挖掘后,可建立每个航班的历史飞行轨迹区间,通常情况下,可以认为该航班之前飞过的航迹都是合规的飞行路径。通过上述两种方式的结合,可以在天空范围内设置一个飞行高度和飞行速度的经验区间(即,解脱方案),从而在发生飞行冲突后可以在冲突解脱程序经验库中搜索当前飞行计划和航路的经验高度区间和速度区间(即,相应的解脱方案),并在上述经验区间内依次探测调速度和调高度是否能解脱当前的飞行冲突,并不再产生新的飞行冲突(即,计算目标航空器所需的避让速度和/或避让高度),同时应保证该目标航空器仍在本管制单位的空域内运行,从而指挥目标航空器在相对合理的范围内避让。

[0041] 另外,当冲突解脱计算模块5搜索到有多套解脱方案可以解脱冲突时,可以将根据各项因素的权重设置选用最优化方案,例如:

[0042] 只对一架航班发布指令优于对两架航班发布指令;

[0043] 对一架航班发布指令优于对一架航班发布多条指令;

[0044] 对一架航班进行调速优于对一架航班进行高度调整;

[0045] 对一架航班调整高度时,接近与下一管制区的移交高度优于偏离与下一管制区的移交高度;

[0046] 对一架航班调整高度时,上升高度优于下降高度。

[0047] 当然,如果在各项约束条件内均无法找到合适的解脱方案,则冲突解脱计算模块5将产生相应的告警信息,提醒管制员向相邻单位或军方进行空域协调。

[0048] 地空数据链通信模块6与冲突解脱计算模块5通信连接,当冲突解脱计算模块5计算目标航空器所需的避让速度和/或避让高度后,将通过该地空数据链通信模块6向目标航空器发送CPDLC数据,并请求航空器的CPDLC应答;具体来说:

[0049] 冲突解脱计算模块5在计算出可行的冲突解脱方案后,应自动弹出CPDLC消息的发送窗口,并将指令填入到相应的文本框内,管制员只需确认后点击SendTo按钮发送给目标航空器的飞行员即可,而无须人工输入任何文字。

[0050] 以上所述的,仅为本发明的较佳实施例,并非用以限定本发明的范围,本发明的上述实施例还可以做出各种变化。即凡是依据本发明申请的权利要求书及说明书内容所作的简单、等效变化与修饰,皆落入本发明专利的权利要求保护范围。本发明未详尽描述的均为常规技术内容。

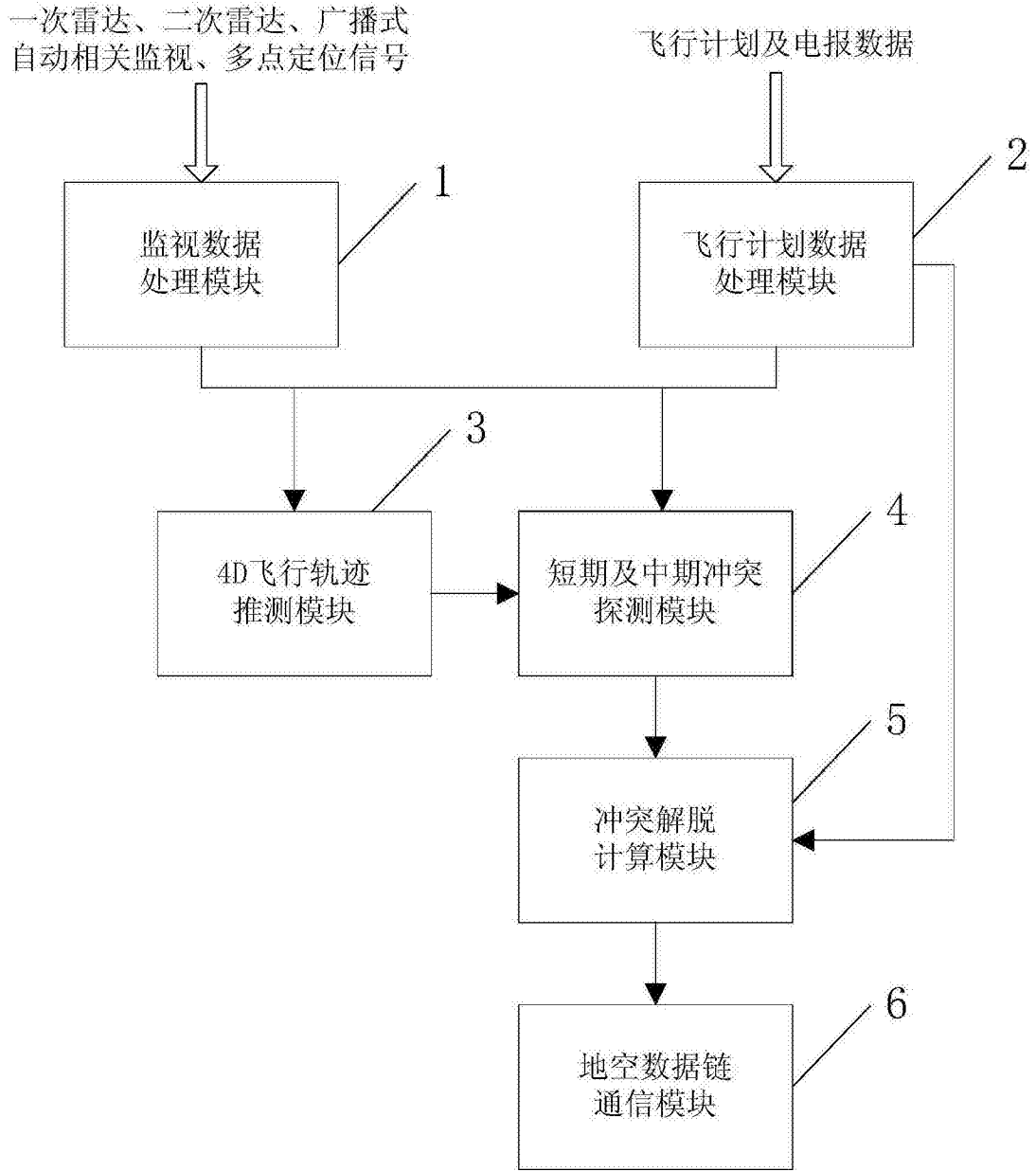


图1