

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G08G 5/00 (2006.01)

G01S 13/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710120275.9

[45] 授权公告日 2009年9月16日

[11] 授权公告号 CN 100541555C

[22] 申请日 2007.8.15

[21] 申请号 200710120275.9

[73] 专利权人 民航数据通信有限责任公司

地址 100083 北京市北四环中路 238 号柏彦大厦 16 层

共同专利权人 北京航空航天大学

[72] 发明人 张军 朱衍波 林熙 刘伟 张青竹

[56] 参考文献

CN1697420A 2005.11.16

CN1831553A 2006.9.13

CN1622520A 2005.6.1

CN1692288A 2005.11.2

WO0208784A 2002.1.31

JP2000304855A 2000.11.2

US6542810A 2006.11.23

WO2006124063A 2006.11.23

S 模式 ADS-B 系统. 方. 航空电子技术, 第 1999 年 04 期. 1999

空中慧眼——ADS-B. 周其焕. 中国民用航空, 第 2001 年 10 期. 2001

自动相关监视系统的研究与开发. 卢伯英, 张军, 唐争由. 北京航空航天大学学报, 第 23 卷第 1997 年 02 期. 1997

审查员 温广辉

[74] 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限公司

代理人 贾玉忠 卢纪

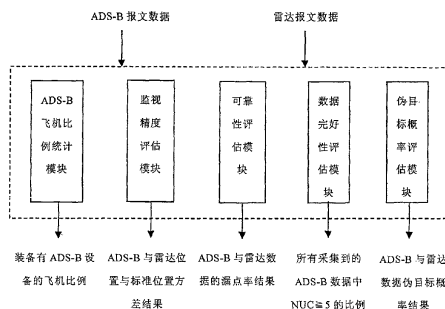
权利要求书 3 页 说明书 5 页 附图 5 页

[54] 发明名称

一种 ADS-B 监视技术的数据评估系统

[57] 摘要

一种 ADS-B 监视技术的数据评估系统, ADS-B 飞机比例统计模块, 对当前装载有 ADS-B 机载设备的飞机比例进行统计, 判断 ADS-B 飞机数量; 监视精度评估模块, 对 ADS-B 位置报文数据的精度进行评估, 比较同一段时间间隔内 ADS-B 和雷达位置数据与标准位置的方差大小, 得出监视精度结论; 可靠性评估模块, 对 ADS-B 监视数据的可靠性进行评估, 分别计算同一段时间间隔内雷达与 ADS-B 监视数据的漏点率, 进行比较并得到 ADS-B 监视数据的可靠性结论; 数据完好性评估模块, 对 ADS-B 监视数据的完好性进行评估; 伪目标概率评估模块, 用于对 ADS-B 位置报文数据的伪目标概率进行评估, 进而得出 ADS-B 监视数据的伪目标概率结论。本发明在工程上容易实施, 有效地实现了 ADS-B 监视技术的数据评估。



1、一种 ADS-B 监视技术的数据评估系统，其特征在于包括：ADS-B 飞机比例统计模块、监视精度评估模块、可靠性评估模块、数据完好性评估模块和伪目标概率评估模块，其中：

ADS-B 飞机比例统计模块，对当前装载有 ADS-B 机载设备的飞机比例进行统计，通过地面站接收来自飞机的广播 ADS-B 数据判断 ADS-B 飞机数量；

监视精度评估模块，对 ADS-B 位置报文数据的精度进行评估，以实时动态定位 RTK 提供的位置数据为标准位置数据，比较同一段时间间隔内 ADS-B 和雷达位置数据与标准位置数据的方差大小，得出监视精度结论；

可靠性评估模块，用于对 ADS-B 监视数据的可靠性进行评估，分别计算同一段时间间隔内雷达与 ADS-B 监视数据的漏点率，进行比较并得到 ADS-B 监视数据的可靠性结论；

数据完好性评估模块，用于对 ADS-B 监视数据的完好性进行评估，计算一段时间间隔内从 ADS-B 报文数据中提取完好性质量参数 $NUC \geq 5$ 的报文数占总 ADS-B 报文数的比例，即完好率，得到 ADS-B 监视数据的完好性结论；

伪目标概率评估模块，用于对 ADS-B 位置报文数据的伪目标概率进行评估，以 RTK 提供的位置数据为标准位置数据，首先通过 ADS-B 和雷达位置数据与标准位置数据的差别程度来判断是否是伪目标，然后计算比较同一段时间间隔内 ADS-B 和雷达位置数据的伪目标概率并比较其大小关系，得出 ADS-B 监视数据的伪目标概率结论。

2、根据权利要求 1 所述的 ADS-B 监视技术的数据评估系统，其特征在于：所述的 ADS-B 飞机比例统计模块实现过程为：首先从数据库服务器提取整个评估飞行阶段采集到的 ADS-B 数据，然后基于飞机的国际民航组织 ICAO 地址计算发送 ADS-B 数据的实际飞机架次数，最后计算发送 ADS-B 数据的飞机占飞机总流量的比例。

3、根据权利要求 1 所述的 ADS-B 监视技术的数据评估系统，其特征在于：所述的监视精度评估模块实现过程为：

(1) 首先从数据库服务器分别提取一段时间间隔内来自同一架飞机的相同离散时间点的 ADS-B 位置信息与通过雷达监视得到的位置信息，并从数据库服务器提取一段时间间隔内来自同一架飞机的相同离散时间点的标准位置信息；

(2) 然后将目标距离雷达站的距离分为 m ， $m \geq 3$ 个范围，根据目标距离雷达站 m 种距离，在位置的天气、地形和高度层情况下分别计算 ADS-B 位置信息和通过雷达监视

得到的位置信息与标准位置偏差的方差，并比较其大小关系，得出各种情况下 ADS-B 监视精度的结论。

4、根据权利要求 1 所述的 ADS-B 监视技术的数据评估系统，其特征在于：所述的可靠性评估模块实现过程为：

(1) 首先给雷达和 ADS-B 的漏点数分别初始化为 0；

(2) 然后分别在一段时间间隔内从数据库服务器连续提取来自同一架飞机的雷达数据和 ADS-B 数据，并根据目标距离雷达站的距离分为 m 个范围，根据目标所在位置的天气、地形以及高度层分为不同情况，分别加以判断；

(3) 对雷达数据，如果连续 m 个正北报时间未收到航迹点，则认为雷达探测出现漏点，并将雷达漏点数增加至 m 个，否则继续提取雷达数据，之后直到时间间隔结束，接着在目标距离雷达站 m 种距离下、目标所在位置的不同天气、地形以及高度层下，分别计算雷达漏点率，计算公式为雷达漏点率 = 漏点数 / 航迹点总数；

(4) 对 ADS-B 数据，如果连续 m 个系统周期内未收到航迹点，则认为 ADS-B 探测出现漏点，并将 ADS-B 漏点数增加至 m 个，否则继续提取 ADS-B 数据，之后直到时间间隔结束，接着在目标距离雷达站 m 种距离下、目标所在位置的不同天气、地形以及高度层下，分别计算雷达漏点率，计算公式为雷达漏点率 = 漏点数 / 航迹点总数；

(5) 最后，在目标距离雷达站 m 种距离、目标所在位置的不同天气、地形以及高度层情况下，分别判断雷达与 ADS-B 漏点率的大小关系，并得到各种情况下的 ADS-B 可靠性结论。

5、根据权利要求 1 所述的 ADS-B 监视技术的数据评估系统，其特征在于：所述的数据完好性评估模块实现过程为：

(1) 首先从数据库服务器分别提取一段时间间隔内接收到的所有 ADS-B 位置信息；

(2) 然后分别提取完好性质量参数 NUC 值，如果 $NUC < 5$ ，则判断为不符合类雷达服务数据完好性要求；否则，则判断为符合类雷达服务数据完好性要求；

(3) 最后统计符合类雷达服务数据完好性要求的航迹点数与总点迹数，并按照公式完好率 = 符合类雷达服务数据完好性要求的航迹点数 / 总点迹数，计算 ADS-B 数据的完好率，得出 ADS-B 数据完好性的结论。

6、根据权利要求 1 所述的 ADS-B 监视技术的数据评估系统，其特征在于：所述的伪目标概率评估模块实现过程为：

(1) 首先从数据库服务器分别提取一段时间间隔内来自同一架飞机的相同离散时间点的 ADS-B 位置信息与通过雷达监视得到的位置信息，并从数据库服务器提取一段时

间间隔内来自同一架飞机的相同离散时间点的标准位置信息；

(2) 然后将目标距离雷达站的距离分为 m 个范围，根据目标所在位置的天气、地形以及高度层的情况，在各个时间点分别判断 ADS-B 位置信息和雷达位置信息与标准位置信息距离是否小于 n ， $n < 1000$ 英尺，如果满足则认为正确监视信息，否则认为是伪目标；

(3) 最后分别统计目标距离雷达站 m 种距离、目标所在位置的不同天气、地形以及高度层情况下 ADS-B 数据和雷达数据的伪目标数与总点迹数并计算按照公式伪目标数/总点迹数计算 ADS-B 和雷达数据的伪目标概率，并比较其大小关系，得出各种情况下 ADS-B 伪目标概率的结论。

一种 ADS-B 监视技术的数据评估系统

技术领域

本发明涉及一种监视技术的数据评估系统，特别是一种 ADS-B 监视技术的数据评估方法，属于空中交通管制领域。

背景技术

空中交通管制的根本目的是使航线上的飞机安全、有效和有计划的在空域中飞行，管制员需要对管制空域内飞机的飞行动态进行实时监控。

传统的雷达监视手段采用询问应答方式对目标探测。从长远来看，雷达系统自身具有很多局限性，限制了监视性能的提高。雷达波束的直线传播形成了大量雷达盲区，无法覆盖海洋和荒漠等地区；雷达旋转周期限制了数据更新率的提高，从而限制了监视精度的提高；无法获得飞机的计划航路、速度等态势数据，限制了跟踪精度的提高和短期冲突检测告警 STCA 的能力。因此，需要开发新的监视手段。

广播式自动相关监视 ADS-B 利用航空器自动广播由机载星基导航和定位系统生成的精确定位信息，地面设备和其他航空器通过航空数据链接收此信息，卫星系统、飞机以及地基系统通过高速数据链实现空天地一体化协同监视。ADS-B 不仅克服了传统雷达监视手段的一些问题，并且具有精度高、更新率高、应用范围广、地面设备建设和维护费用低等优势。

作为未来新航行系统中的一项重要监视技术，在雷达覆盖区域，ADS-B 将作为雷达监视手段的有效补充，对其校准或补盲；在非雷达覆盖区域，ADS-B 将成为一种独立的监视手段，提供一种新的监视手段。然而，要达到上述目标的重要前提就是 ADS-B 监视数据的有效性和可靠性，因此亟需一种 ADS-B 监视数据的评估方法，来验证对 ADS-B 监视数据的有效性和可靠性起决定性作用的关键参数。

由于过去主要采用雷达作为航空监视手段，因此 ADS-B 监视数据的比较对象为雷达监视数据，取实时动态定位 RTK 接收机得到的数据为基准监视数据。国际民航组织 ICAO 把可以与雷达提供相似的服务称为类雷达服务，目前国际上已经有许多国家和地区开始对采用 ADS-B 技术提供类雷达服务进行试验和评估，其中美国和澳大利亚已完成了试验

和运行评估工作，相关的评估报告也已经公开，但是一方面，这些评估都是针对本国实际情况进行的，对我国的 ADS-B 评估参考价值不大；另一方面，这些评估都只是公布了最终的评估结果，而具体的评估方法没有公开。中国民航的 ADS-B 评估需要结合本国实际情况，尽快开展 ADS-B 应用研究评估工作。而 ADS-B 应用研究评估工作的关键，就是需要一套行之有效的 ADS-B 监视技术的数据评估方法，目前国外在该领域对外封锁，而国内在该领域则尚无研究。

发明内容

本发明的技术解决问题：克服现有技术的不足，提供一种 ADS-B 监视技术的数据评估系统，该系统在工程上容易实施，有效地实现了 ADS-B 监视技术的数据评估。

本发明的技术方案：一种 ADS-B 监视技术的数据评估系统，其特点在于包括：ADS-B 飞机比例统计模块、监视精度评估模块、可靠性评估模块、数据完好性评估模块和伪目标概率评估模块，其中：

(1) ADS-B 飞机比例统计模块，对当前装载有 ADS-B 机载设备的飞机比例进行统计，通过地面站接收来自飞机的广播 ADS-B 数据判断 ADS-B 飞机数量；

监视精度评估模块，对 ADS-B 位置报文数据的精度进行评估，以 RTK 提供的位置数据为标准位置数据，比较同一段时间间隔内 ADS-B 和雷达位置数据与标准位置数据的方差大小，得出监视精度结论；

可靠性评估模块，用于对 ADS-B 监视数据的可靠性进行评估，分别计算同一段时间间隔内雷达与 ADS-B 监视数据的漏点率，进行比较并得到 ADS-B 监视数据的可靠性结论；

数据完好性评估模块，用于对 ADS-B 监视数据的完好性进行评估，计算一段时间间隔内从 ADS-B 报文数据中提取完好性质量参数 $NUC \geq 5$ 的报文数占总 ADS-B 报文数的比例，即完好率，得到 ADS-B 监视数据的完好性结论；

伪目标概率评估模块，用于对 ADS-B 位置报文数据的伪目标概率进行评估，以 RTK 提供的位置数据为标准位置数据，首先通过 ADS-B 和雷达位置数据与标准位置数据的差别程度来判断是否是伪目标，然后计算比较同一段时间间隔内 ADS-B 和雷达位置数据的伪目标概率并比较其大小关系，得出 ADS-B 监视数据的伪目标概率结论。

本发明与现有技术相比的优点在于：作为一种新的航空监视手段，ADS-B 报文数据中提供了丰富的监视信息，不仅有飞行状态信息，还有状态信息的质量参数，本发明从 ADS-B 飞机比例、监视精度、可靠性、数据完好性和伪目标概率等 5 个方面对 ADS-B 监视数据进行了评估，其中还对不同天气环境、地形环境以及高度层情况的 ADS-B 监视数据分别进行了评估。该方法在工程上容易实施，可以有效地实现 ADS-B 监视技术的数据

评估。

附图说明

图 1 为本发明的组成框图；

图 2 为本发明中的 ADS-B 飞机比例统计模块的实现流程图；

图 3 为本发明中的监视精度评估模块的实现流程图；

图 4 为本发明中的可靠性评估模块的实现流程图；

图 5 为本发明中的数据完好性评估模块的实现流程图；

图 6 为本发明中的伪目标概率评估模块的实现流程图。

具体实施方式

如图 1 所示，本发明的 ADS-B 监视技术的数据评估总体流程，包括 5 个模块：ADS-B 飞机比例统计模块、监视精度评估模块、可靠性评估模块、数据完好性评估模块和伪目标概率评估模块，其处理流程如下：

(1) ADS-B 飞机比例统计模块

该模块对当前装载有 ADS-B 机载设备的飞机比例进行统计，通过地面站接收来自飞机的广播 ADS-B 数据判断 ADS-B 飞机数量。具体实现如图 2 所示：首先从数据库服务器提取整个评估飞行阶段采集到的 ADS-B 数据，然后基于通过地面站接收来自飞机的广播 ADS-B 数据，即飞机的 ICAO 地址，计算发送 ADS-B 数据的实际飞机架次数，最后计算发送 ADS-B 数据的飞机占飞机总流量的比例，计算公式为 ADS-B 飞机比例 = 发送 ADS-B 数据的飞机 / 飞机总流量。

(2) 监视精度评估模块

该模块对 ADS-B 位置报文数据的精度进行评估，以 RTK 提供的位置数据为标准位置数据，比较同一段时间间隔内 ADS-B 和雷达位置数据与标准位置的方差大小，得出监视精度结论。具体实现如图 3 所示：

首先从数据库服务器分别提取一段时间间隔内来自同一架飞机的相同离散时间点的 ADS-B 位置信息与通过雷达监视得到的位置信息，并从数据库服务器提取一段时间间隔内来自同一架飞机的相同离散时间点的标准位置信息；然后根据目标距离雷达站的距离分为 3 个范围，根据目标所在位置的天气、地形以及高度层分为不同情况；最后在目标距离雷达站 3 种距离、所在位置的天气、地形以及高度层情况下分别计算 ADS-B 位置信息和通过雷达监视得到的位置信息与标准位置偏差的方差，仅对 ADS-B 与雷达同时探

测到的航迹点求方差，并比较其大小关系，进而得出各种情况下 ADS-B 监视精度的结论。

(3) 可靠性评估模块

该模块对 ADS-B 监视数据的可靠性进行评估，可靠性是通过漏点率的计算来衡量的，使用的方法是分别计算同一段时间间隔内雷达与 ADS-B 监视数据的漏点率，进行比较并得到 ADS-B 监视数据的可靠性结论。具体实现过程如图 4 所示：

首先给雷达和 ADS-B 的漏点数分别初始化为 0，然后分别在一段时间间隔内从数据库服务器连续提取来自同一架飞机的雷达数据和 ADS-B 数据，并根据目标距离雷达站的距离分为 3 个范围，根据目标所在位置的天气、地形以及高度层分为不同情况，分别加以判断；对雷达数据，如果连续 3 个正北报时间未收到航迹点，则认为雷达探测出现漏点，并将雷达漏点数增加至 m 个，否则继续提取雷达数据，之后直到时间间隔结束，接着在目标距离雷达站 3 种距离下、目标所在位置的不同天气、地形以及高度层下，分别计算雷达漏点率，计算公式为雷达漏点率 = 漏点数 / 航迹点总数；类似的，对 ADS-B 数据，如果连续 3 个系统周期内未收到航迹点，则认为 ADS-B 探测出现漏点，并将 ADS-B 漏点数增加至 3 个，否则继续提取 ADS-B 数据，之后直到时间间隔结束，接着在目标距离雷达站 3 种距离下、目标所在位置的不同天气、地形以及高度层下，分别计算雷达漏点率，计算公式同上；最后，在目标距离雷达站 3 种距离、目标所在位置的不同天气、地形以及高度层情况下，分别判断雷达与 ADS-B 漏点率的大小关系，并得到各种情况下的 ADS-B 可靠性结论。

(4) 数据完好性评估模块

该模块对 ADS-B 监视数据的完好性进行评估，完好性是通过 ADS-B 报文中的完好性质量参数 NUC 来衡量的，根据 ICAO 规定， $NUC \geq 5$ 的 ADS-B 报文数据符合类雷达服务的数据完好性要求，基于该规定，使用的方法是计算一段时间间隔内从 ADS-B 报文数据中提取的 $NUC \geq 5$ 的报文数占总 ADS-B 报文数的比例，即完好率，进而得到 ADS-B 监视数据的完好性结论。具体实现过程如图 5 所示：

首先从数据库服务器分别提取一段时间间隔内接收到的所有 ADS-B 位置信息；然后分别提取 NUC 值，如果 $NUC < 5$ ，则判断为不符合类雷达服务数据完好性要求；否则，则判断为符合类雷达服务数据完好性要求；最后统计符合类雷达服务数据完好性要求的航迹点数与总点迹数，并按照公式完好率 = 符合类雷达服务数据完好性要求的航迹点数 / 总点迹数，计算 ADS-B 数据的完好率，得出 ADS-B 数据完好性的结论。

(5) 伪目标概率评估模块

该模块对 ADS-B 位置报文数据的伪目标概率进行评估，使用的方法是以 RTK 提供

的位置数据为标准位置数据，首先通过 ADS-B 和雷达位置数据与标准位置数据的差别程度来判断是否是伪目标，然后计算比较同一段时间间隔内 ADS-B 和雷达位置数据的伪目标概率并比较其大小关系，进而得出 ADS-B 监视数据的伪目标概率结论。其详细过程及所含内容如图所示：

首先从数据库服务器分别提取一段时间间隔内来自同一架飞机的相同离散时间点的 ADS-B 位置信息与通过雷达监视得到的位置信息，并从数据库服务器提取一段时间间隔内来自同一架飞机的相同离散时间点的标准位置信息；然后根据目标距离雷达站的距离分为 3 个范围，根据目标所在位置的天气、地形以及高度层分为不同情况；接着在各个时间点分别判断 ADS-B 位置信息和雷达位置信息与标准位置信息距离是否小于 $n < 1000$ 英尺，如果满足则认为正确监视信息，否则认为是伪目标；最后分别统计目标距离雷达站 3 种距离、目标所在位置的不同天气、地形以及高度层情况下 ADS-B 数据和雷达数据的伪目标数与总点迹数并计算按照公式伪目标数/总点迹数计算 ADS-B 和雷达数据的伪目标概率，并比较其大小关系，进而得出各种情况下 ADS-B 伪目标概率的结论。

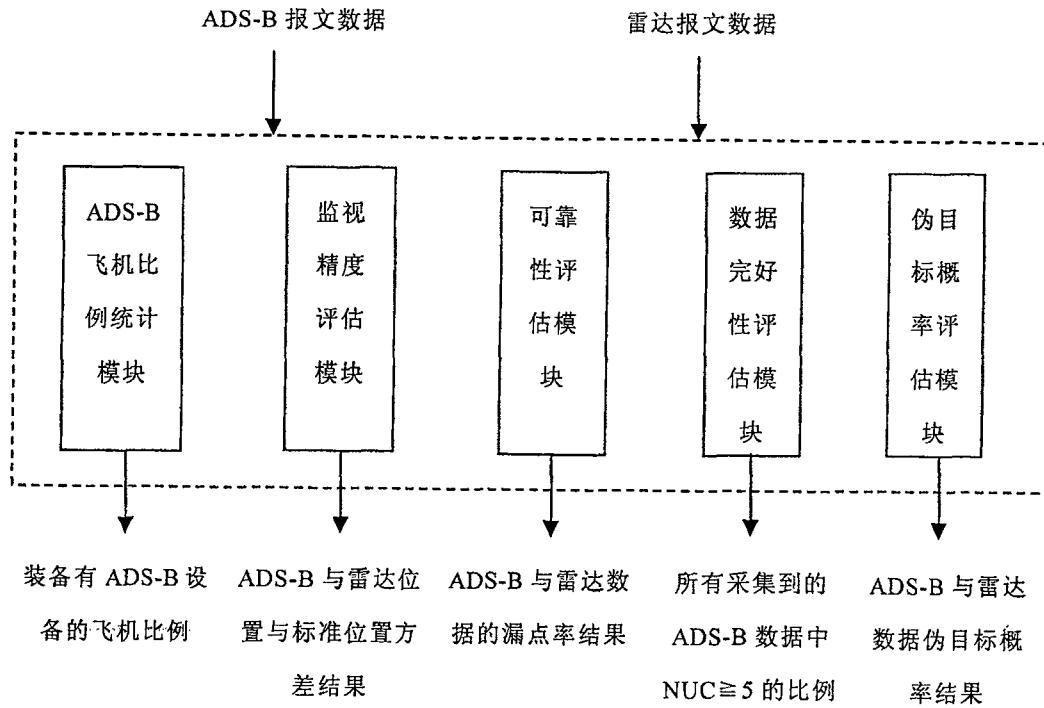


图 1

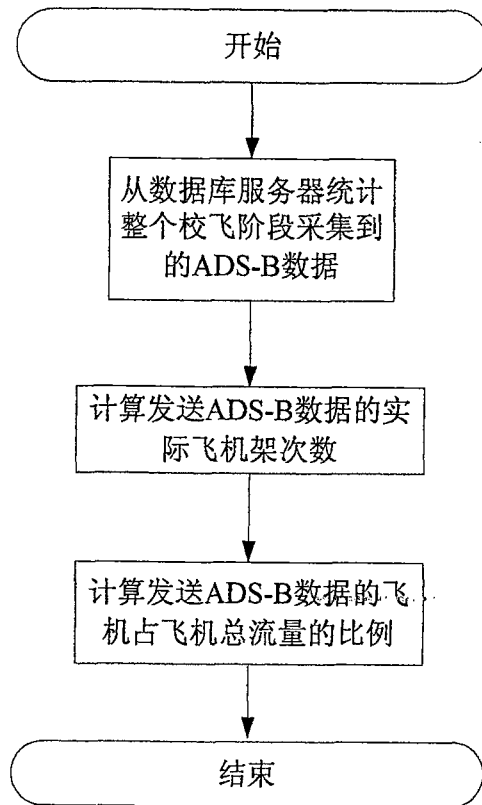


图 2

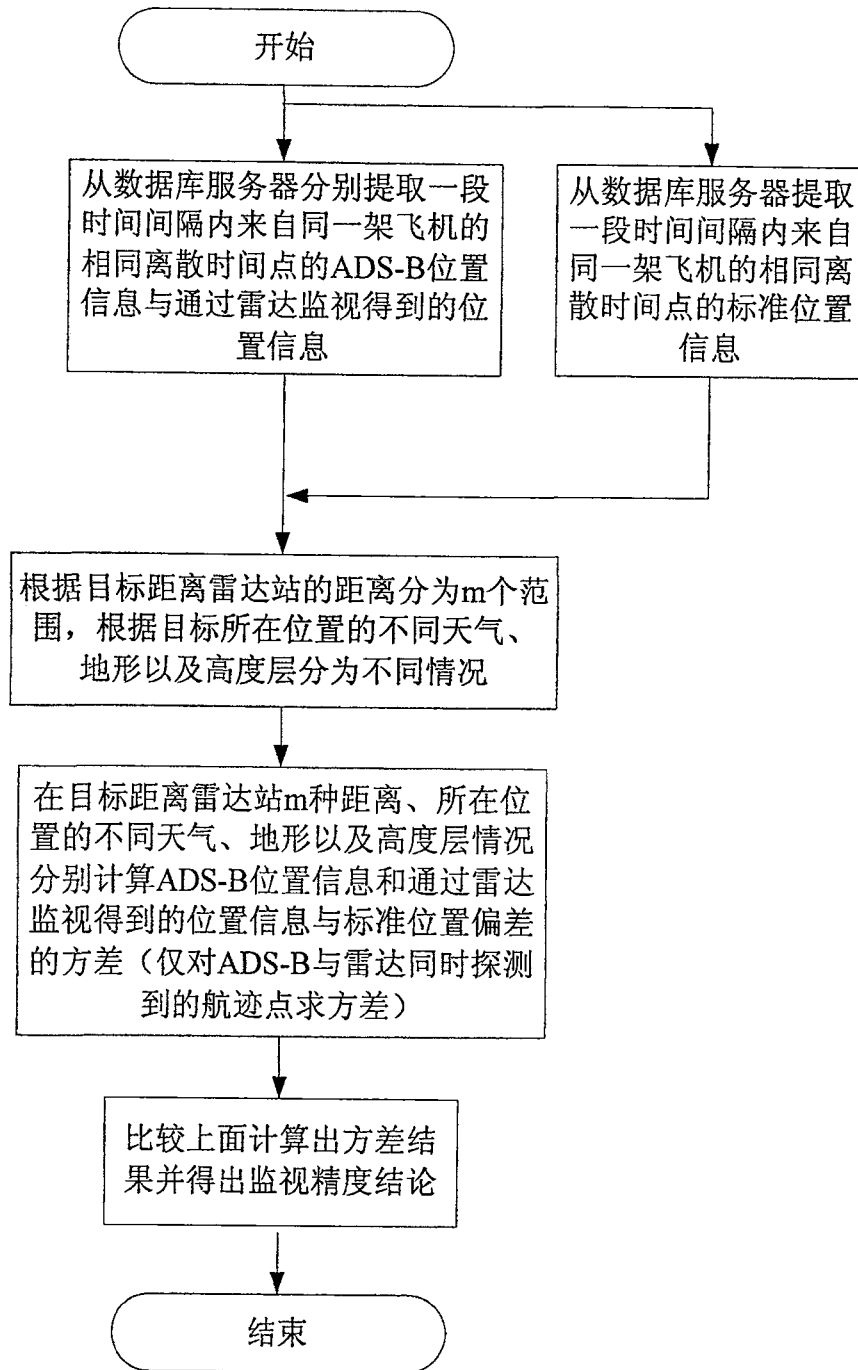


图 3

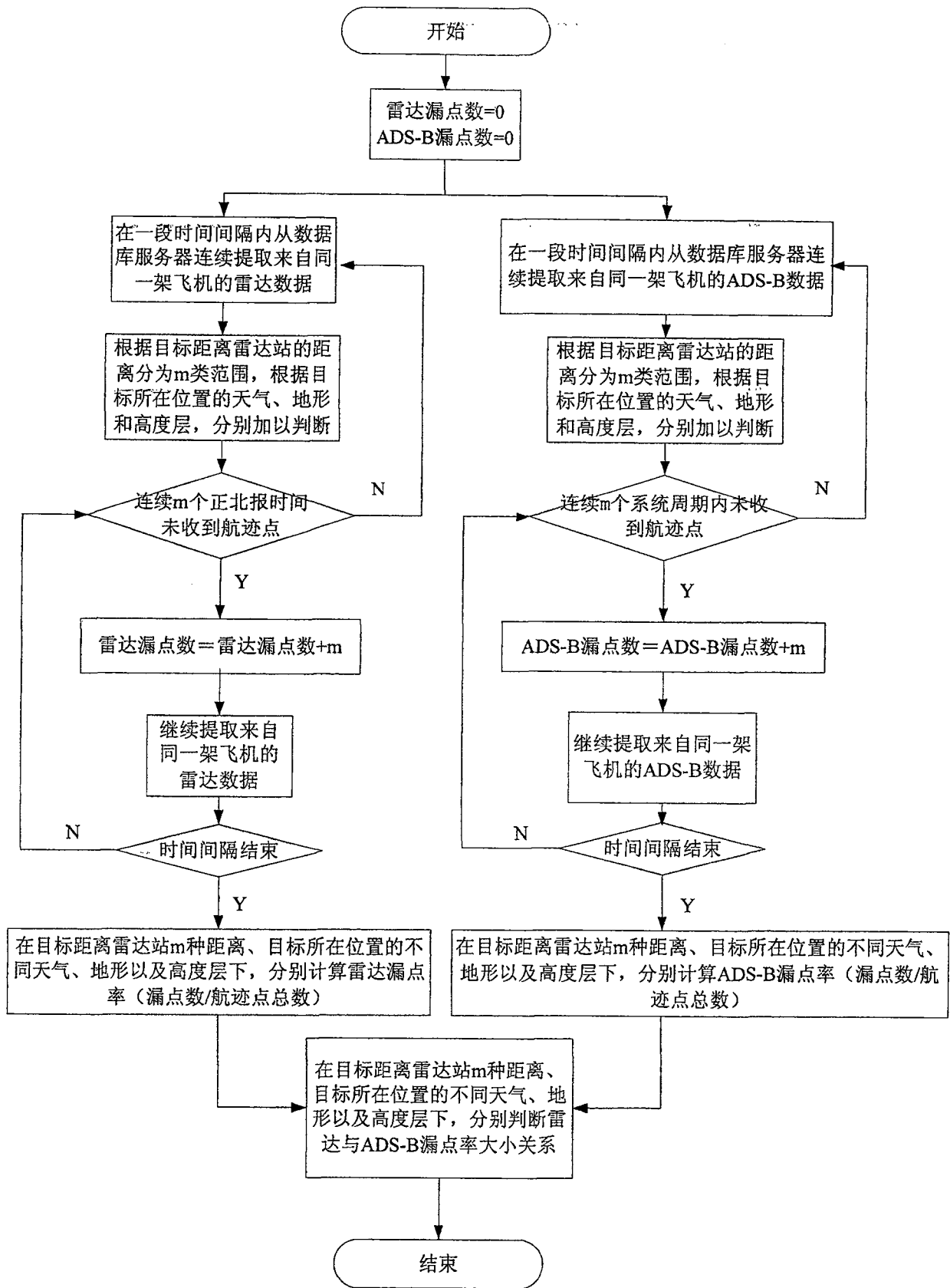


图4

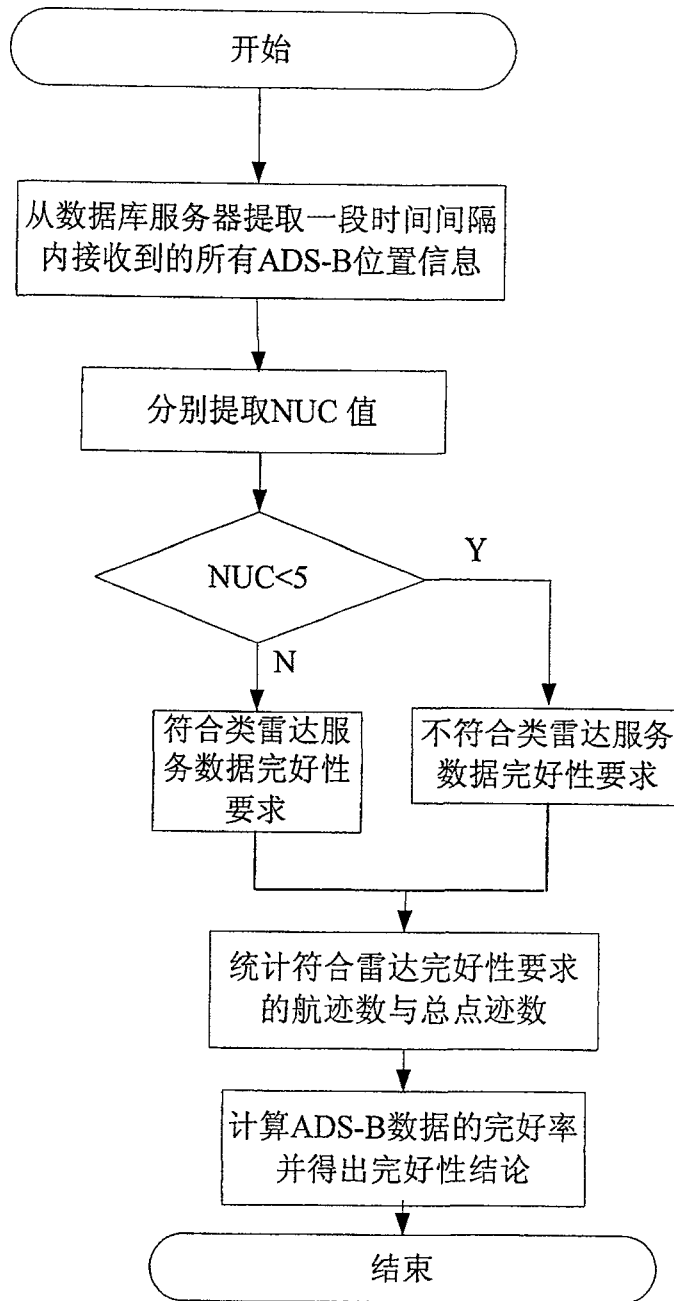


图5

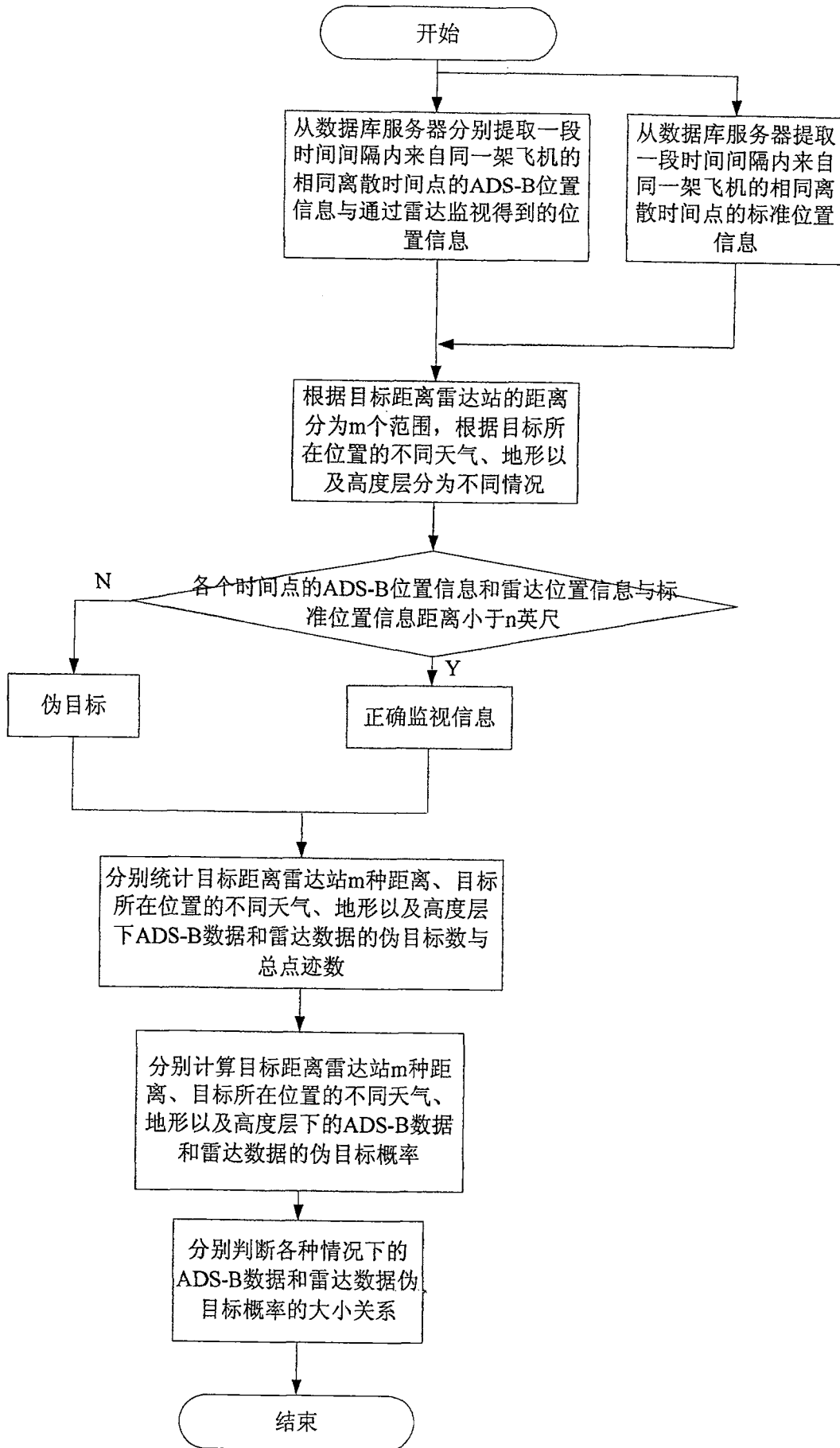


图 6