

多源数据融合分析平台的构建思路及实践

陈阳权

民航新疆空中交通管理局气象中心, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2025年7月1日; 录用日期: 2025年8月28日; 发布日期: 2025年9月8日

摘要

为进一步提升复杂天气下的航空气象服务水平, 保障航空运行的安全和顺畅, 本文利用多源航空气象数据、航管数据的融合, 提出并构建多源数据融合分析平台。该平台实现了多源资料的融合、叠加分析及复杂天气的监视和告警, 并从机场和航路点、航线、扇区等多维度监视复杂天气对航空运行的动态影响。案例分析表明, 通过多种气象数据与航管数据的融合, 不仅能动态监视复杂天气的演变, 预估天气影响的时间和范围, 还对航路预报准确性进行评估, 提升用户使用产品的信心指数。另外, 通过实时监视航空器航迹动态变化, 掌握复杂天气对飞行中航空器的直接影响, 有利于气象、管制人员建立航空器合理规避复杂天气的共同情景意识, 从而在决策过程中真正发挥气象数据的支撑作用。

关键词

多源数据, 融合, WebGIS, 复杂天气, 决策支持

Construction Ideas and Practice of a Multi-Source Data Fusion Analysis Platform

Yangquan Chen

Meteorological Center of Xinjiang Air Traffic Management Bureau, Urumqi Xinjiang

Received: Jul. 1st, 2025; accepted: Aug. 28th, 2025; published: Sep. 8th, 2025

Abstract

To further enhance aviation meteorological services during complex weather and ensure both the safety and efficiency of flight operations, this paper proposes and develops a multi-source data fusion analysis platform by integrating multi-source aviation meteorological data and air traffic management (ATM) data. This platform achieves the fusion and overlay analysis of multi-source data, enables real-time monitoring and alerting for complex weather phenomena, and assesses the impacts of complex weather on aviation operations across multiple dimensions, including airports, way points,

routes, and sectors. Case studies demonstrate that integrating meteorological and ATM data not only facilitates dynamic tracking of complex weather evolution and prediction of the spatiotemporal scope of weather impacts, but also evaluates the accuracy in route weather forecasting, thereby increasing user confidence in the products. Furthermore, by monitoring real-time aircraft trajectory deviations, the platform captures the direct impact of complex weather on airborne flights. This enables meteorologists and air traffic controllers to establish a shared situational awareness for rational aircraft avoidance of complex weather, thereby ensuring meteorological data truly supports decision-making processes.

Keywords

Multi-Source Data, Fusion, WebGIS, Complex Weather, Decision-Making Support

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着新疆空域内飞行量的持续增长,大流量运行成为区域航空运行的常态,尤其在乌鲁木齐机场和新疆东部航路每日进出港及飞越流量显著增大的情况下,机场和航路发生复杂天气对全天运行的航空安全和顺畅都会造成较大影响,若叠加其他复杂因素,则可能使航班正常率处于较低水平,也易导致不正常事件的发生,因此如何更有效地监视区域复杂天气的动态变化,了解复杂天气对航空活动的影响,是作为航空气象服务部门提升自身服务能力必然的思考。另外,在复杂运行态势下如何向用户提供有效、便捷的产品,缓解用户在复杂天气下的运行压力,实践气象服务的“有效性”、“实用性”要求,则是当前大流量运行常态下不得不集中力量解决的迫切问题。

国内民航领域研究学者对气象数据、航管数据等多源数据的融合做了大量探索研究,如袁野[1]利用多源气象数据、航管数据等实现了西南空管气象信息综合服务系统,在西南地区空中交通保障发挥了积极作用;顾俊伟[2]利用多源数据融合探索了4D航迹规划问题。这些研究无不从多源数据融合上寻求提升民航服务的突破点;朱国栋等[3]利用FY4A数据,尝试与航管信息、雷达数据等进行融合,取得了较好的效果。从2014年开始,新疆空管局气象中心自主研发“基于管制的气象信息服务系统”、“气象信息综合服务系统(二期)”等科技项目[4]-[10],立足于向航空用户提供经过解析处理、优化的航空气象数据和产品,提升航空气象服务。虽然系统资料丰富、资料及时性高,但数据集成度和融合度低,缺乏气象数据与航管数据等多源数据的融合。另外,2024年雷雨季节期间,随着管制用户对新疆区域航路强对流天气监测的迫切需求,新疆空管局气象中心研发“气象信息融合显示平台”,使用新疆区域雷达数据、闪电数据与飞行航迹数据进行叠加,为管制用户指挥航空器绕飞雷雨提供了强有力的支撑,产品获得了管制部门的充分认可。该平台立足于夏季区域雷雨监视,极大地解决了大流量下航空器绕飞雷雨的可视化参考问题,但集成资料相对较少,对机场、雷达盲区的复杂天气监视还有欠缺,对航空器绕飞雷雨等复杂天气的动态监视不够,在与航空气象预报产品的融合方面还需提升。

本文提出基于雷达拼图数据、单站雷达数据、卫星云图、闪电数据、机场实况、机场预报、航空器空中报告、重要气象情报、低空气象情报、区域自动站、飞行航迹、航路航线、飞行扇区等数据的多源气象数据与航管数据的融合分析平台,旨在为用户提供丰富、便捷的多源数据融合叠加,全面监视区域航路、机场站点的危险复杂天气状况、未来的发展态势以及航空器绕飞复杂天气的动态情况,践行航空气象服

务的“有效性”和“实用性”要求，也为一线人员复盘复杂天气对航空运行的影响提供支撑。

2. 多源数据融合中所使用的数据

多源数据融合分析平台中所使用的数据主要包括雷达拼图(西北地区)、新疆区域单站雷达数据(气象局 + 机场)、新疆区域及其上下游区域 FY4B 卫星云图(红外、可见光、水汽)、中国电科及香港天文台的闪电定位数据、机场气象数据(机场实况、机场预报、自观数据等)、航路天气实况及预报(航空器空中报告、重要气象情报、低空气象情报等)、区域自动站数据(逐小时及 5 分钟自动站)、飞行航迹(新疆及西北区域)、航行管制数据(航路航线、航路点、扇区等)等。

所用数据基本情况如表 1 所示。

Table 1. Data used in multi-source data fusion

表 1. 多源数据融合所使用的数据

序号	数据类型	时间分辨率	产品格式
1	雷达拼图	10 分钟	图片
2	单站雷达(地方、机场)	6 分钟	图片
3	卫星云图	15 分钟	图片
4	闪电定位	1 分钟	文本
5	机场实况和预报	30 分钟、60 分钟	报文
6	自动观测	1 分钟	行标 9
7	空中报告	不定时	JSON
8	SIGMET/AIRMET	不定时	报文
9	自动站	5 分钟、60 分钟	MICAPS 格式
10	飞行航迹	1 分钟	文本
11	航线、关键点、扇区	静态数据	JSON

对区域及航路天气的监视主要通过卫星、雷达、自动站等数据进行监视。由于新疆地域广阔，自动站数据比较稀疏，雷达数据覆盖面还存在较大的盲区，尤其在北疆北部、东疆及南疆中东部地区，雷达覆盖面积还难以满足管制用户指挥飞机绕飞雷雨天气的需求。FY4B 卫星云图具有时空分辨率高、覆盖范围广的特点，将其与雷达数据进行融合叠加显示，能够有效弥补区域探测资料不足的缺陷。另外，将 FY4B 卫星数据与闪电定位数据进行融合叠加，能够有效识别雷达覆盖不足区域出现的雷暴等中尺度对流系统，可为雷达未覆盖区域航空器绕飞雷雨等复杂天气提供辅助支持。

对航路天气的监测，则除了使用卫星、雷达等数据外，飞行机组报告的颠簸、积冰、强对流、风切变等则是监视航路危险复杂天气的第一手实况数据，将之与其他资料进行融合显示，对分析导致航路颠簸、积冰、强对流、风切变等的成因、影响范围及出现时间等很有价值。另外，由于航路危险复杂天气在空间上具有一定的尺度，将之与其他气象数据进行融合叠加对管制部门指挥绕飞危险复杂天气有一定的作用。除了航路实况监测数据外，平台还将乌鲁木齐气象监视台发布的关于航路天气的重要气象情报和低空气象情报融合叠加，在一定程度上能够反映航路天气在未来的发展趋势，同时也可通过航路实况来检验两种航路预报的准确性，以增强用户使用该预报产品的信心。

对机场的天气监视和预警则主要通过机场实况、机场预报及自观数据，将机场实况及预报数据与卫星、雷达等数据进行融合叠加，能够让用户更清晰地分析影响机场的天气系统类型、强度、范围，通过

动画还能进一步外推大概的影响时间，从而达到对复杂天气综合监控和预警的目的。

对于此平台来说，数据融合的关键之一是对航管信息的融合。航管信息主要包括飞行航迹、航路航线、航路关键点、飞行扇区等，这些数据是航空用户决策、管制指挥所使用的关键数据。气象信息对于航空运行的真正价值就在于指示气象条件是否对航空运行的安全、正常和效率产生不利影响，决策部门根据可能产生的不利影响，采取相应措施合理地将不利影响降到最低。而将气象数据与航管数据进行融合后，既能够从点、线、面上监视复杂天气对飞行中航空器的影响，即时规避复杂天气带来的潜在危险，还能从天气对机场、对航路、对关键点的影响情况来评估对航空活动的后续影响，评估机场、航路及扇区等在天气影响时和天气影响后的容量，进而研判对整个航空运行的不利情况，作出合理决策。

3. 多源数据融合分析平台的构建总体思路

多源数据融合分析平台前端采用 WebGIS 作为平台的容器，通过多图层叠加、计算方式将各类数据有机融合，并对部分数据如机场实况及预报、自观数据、自动站数据等辅助以表格或趋势变化曲线等显示，同时提供基本地图操作如测距、放缩等功能。

服务器后端采用最新的微软开源框架 ASP.NET Core 8.0 作为平台的后台处理程序，以 IIS 承载 Web 服务核心，通过 Nginx 对多台 Web 服务器进行负载均衡，既保证了 Web 服务的稳定性，可维护性也大大增加。

雷达拼图、单站雷达图、FY4B 卫星云图等则通过 Python 进行处理和计算，并绘制给定投影方式的雷达拼图、单站雷达图像、卫星云图等图形产品，推送给 Web 服务器作为平台的数据源之一。

多源数据融合平台数据流转(图 1)和架构设计(图 2)如下。

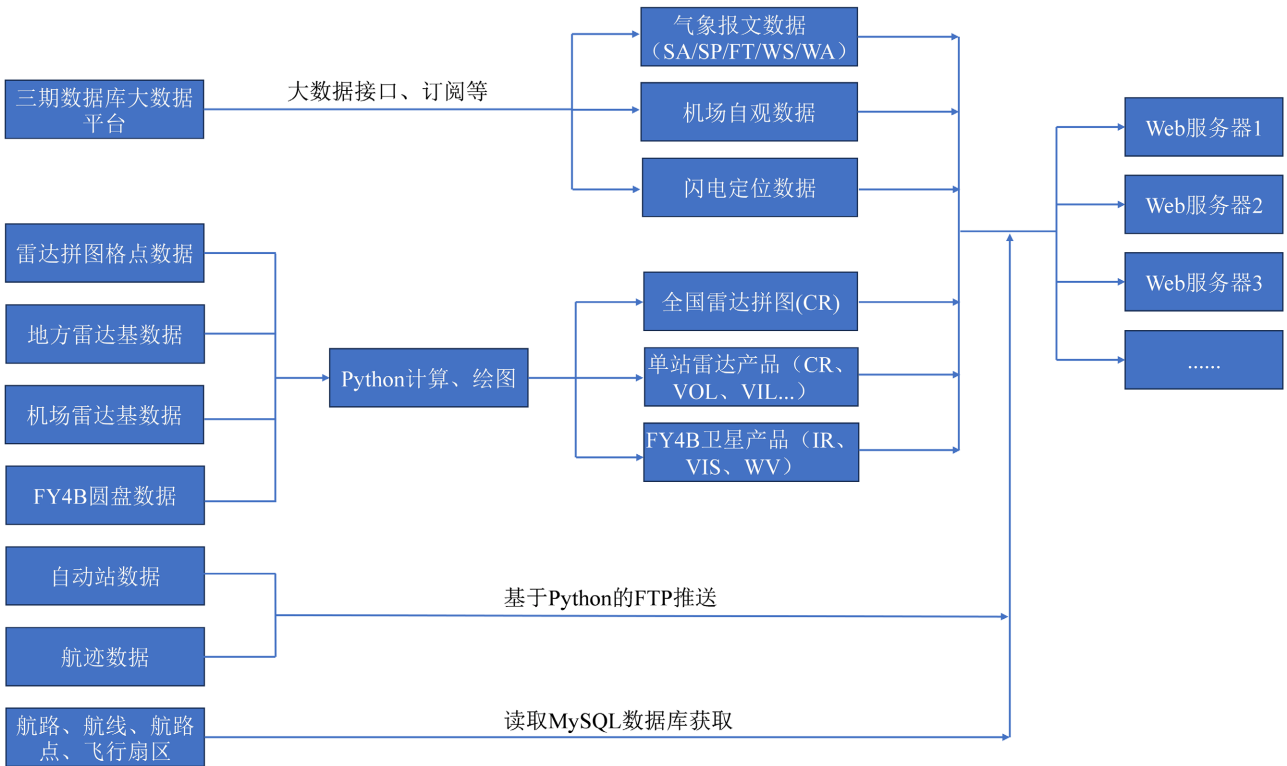


Figure 1. Data flow diagram of the platform
图 1. 平台数据流转示意图

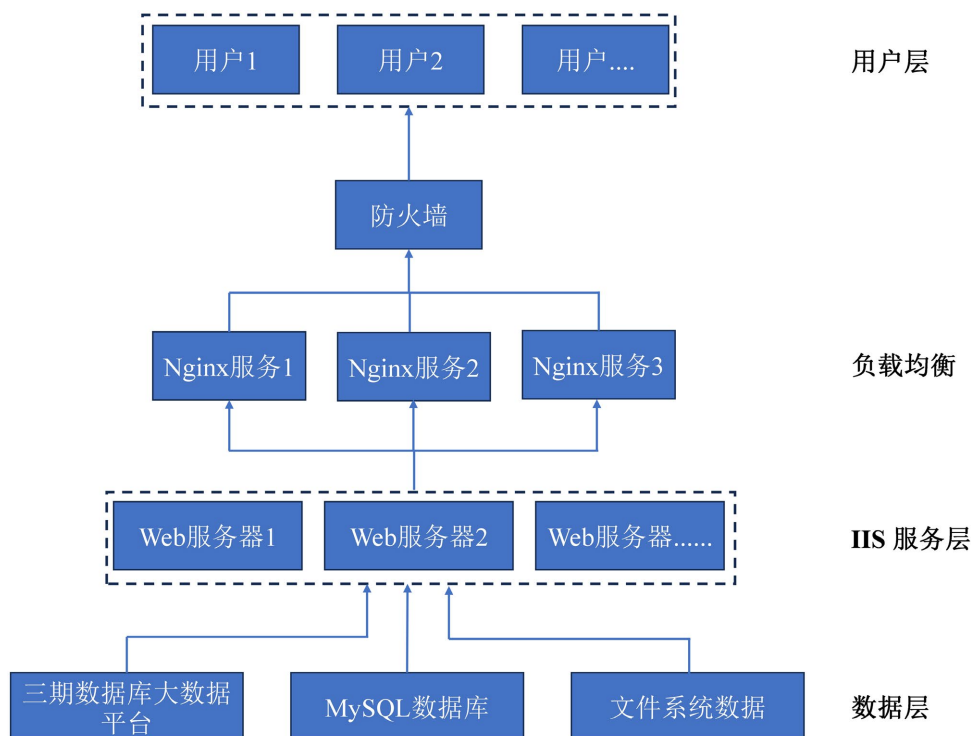


Figure 2. Architecture design diagram of the platform

图 2. 平台架构设计示意图

4. 多源数据融合分析平台的实现及应用

多源数据融合分析平台集成了多种气象数据和航管数据，不同数据之间采用图层叠加方式进行有机融合，从而达到综合、全面监视机场、航路、扇区复杂天气对航空活动影响的目的。

4.1. 平台主要功能的设计思路和实现

平台前端显示分为多个区域，分别为产品图层控制区、产品显示主区、常用地图工具栏、图层动画控制栏、图层信息显示栏、色标显示区及数据弹窗显示区等 7 大部分。平台设计界面如图 3 所示。

在图 3 的平台主要界面中，区域 1 为产品图层控制区。用户可以通过选择产品按钮对图和要素进行自由叠加，该区域所涉及的产品主要包括雷达数据类、卫星云图、闪电定位、机场天气、航路天气、自动站及飞行航迹等，同时还提供了历史数据回放的辅助功能。在设计中，根据各类数据产品特点，默认勾选雷达拼图、可见光云图、10 分钟内闪电定位数据、空中报告、SIGMET、AIRMET、飞行航迹(包含 5 分钟尾迹)等数据，这些数据的融合基本能够反映区域复杂天气实时特点及未来趋势，动态监视区域航空器运行的状态，通过卫星云图叠加来解决雷达数据覆盖不全的问题。其他数据如单站雷达、机场实况预报、自观数据、自动站等可根据用户需求自由叠加。

区域 2 为产品显示的主区域，在选定区域 1 中的产品类型后，点击选项按钮可将区域 1 折叠，则显示区域主要为区域 2，对用户来说有更好的体验。区域 2 中叠加的数据除了区域 1 外，区域 3 中地图工具栏中可以切换底图、叠加航路航线、航路关键点、飞行情报区、管制扇区、机场终端区等。在显示区域 2 中默认将航路航线、部分航路关键点、机场终端区及管制扇区等航管信息与气象数据进行融合，为用户提供更有效、全面、便捷的融合产品。在区域 2 中融合的产品中，机场实况、机场自观数据、自动站、飞行航迹等提供了“即指即现”的信息显示，即将鼠标放到对应的点上时，悬浮显示基本的气象信息、

飞行信息等，点击站点，则弹出该点的相应数据表格及要素变化趋势，便于用户分析要素未来的趋势变化。

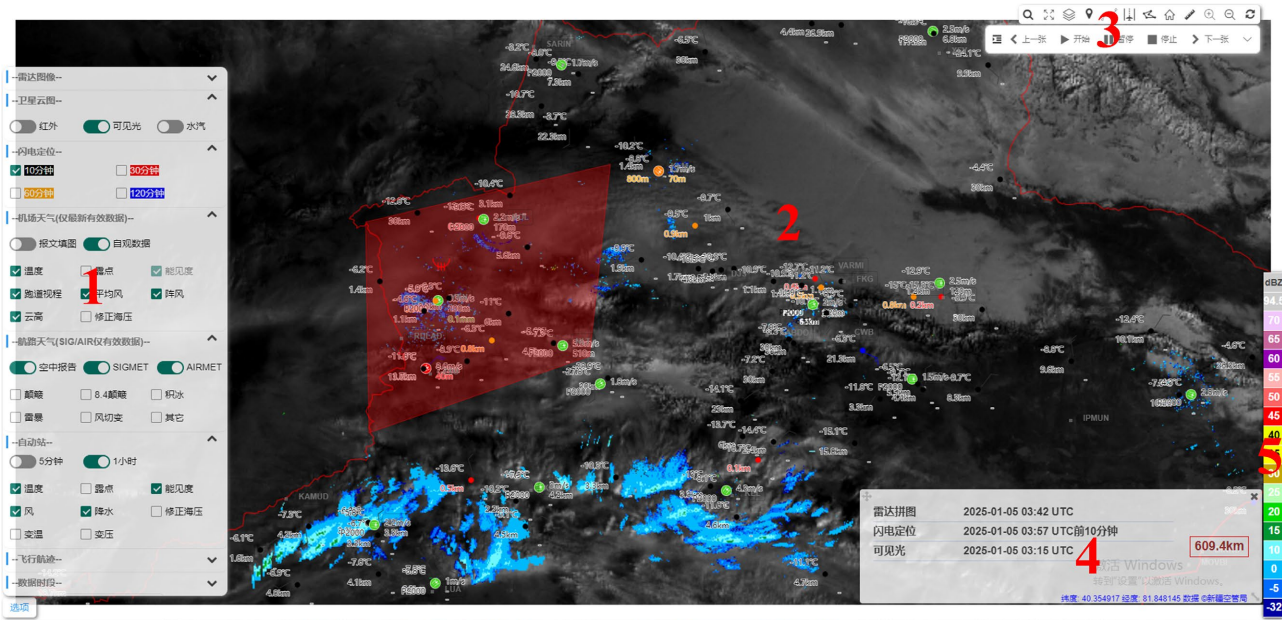


Figure 3. Main interface diagram of the platform
图 3. 平台主要界面示意图

区域 3 除了提供航管数据叠加功能外，还提供底图工具如放缩、测距、加载数据等，另外针对气象数据及航迹数据，提供按时间向前、向后翻页、产品动画等基本功能。

区域 4 为图层信息显示栏，能够显示当前叠加的产品类型及时间，同时还能实时显示鼠标位置距离乌鲁木齐机场的距离，让用户能够实时获取天气距离机场的方位和距离，监视天气的动态发展趋势。

区域 5 则是色标显示区，本平台主要显示的是雷达拼图和单站雷达图的色标。

通过对平台主要功能的设计，对功能区进行精细划分，实现了多源数据的融合、叠加和分析，能够为用户提供融合类气象数据产品。

当点击机场实况、自观数据、自动站等要素数据时，将在区域 2 的右侧部分区域显示其过去要素的数据表或要素变化趋势，便于分析未来的天气变化趋势。

4.2. 关键技术实现

4.2.1. SIGMET/AIRMET 的解析及在地图中边界绘制

通过定时读取气象数据库中预报时效内的 SIGMET 和 AIRMET，去除取消报，解析报文的区域代码获得经纬度范围数据，然后将经纬度范围在地图中绘制为区域图形，以图形化方式为用户提供直观的区域预报产品。图形化产品还能与航管数据叠加，展示复杂天气未来影响的具体扇区、航路和关键点，能让学生更好地评估复杂天气对航空运行的影响程度。

由于报文中可能包含有效时段内的取消报，需要将取消报去除，同时还要去除被取消的原始报文。首先通过正则表达式“`CNLS+.*?s+[A-Z]?(\d+)\s+(\d{6}/\d{6})`”获取所有取消报及报文取消的序号和有效时间，然后遍历除取消报外的其他报文，通过正则表达式“`s+[A-Z]?(\d+)\s+VALID\s+(\d{6}/\d{6})`”获取报文的序号和有效时间，将序号和有效时间与取消报的取消序号和有效时间进行匹配，若匹配则该份

报文已经被取消，若不匹配则该报文有效。

通过去除取消报获取有效报文后，利用正则表达式“`N\d{4}[\W\w\d\s]*E\d{5}|N\d{2}[\W\w\d\s]*E\d{3}`”解析报文的区域经纬度，并将经纬度和报文同时返回前端地图进行区域绘制和显示。前端通过 `leaflet` 框架循环绘制区域数据的多边形得到图形化区域，前端绘制多边形的关键代码如下：

```
L.polygon([
    drawLatlon
], {
    color: color,
    weight: 0.5,
    fillColor: color,
    fillOpacity: 0.3,
    wx: wx[i]
})
```

4.2.2. 闪电定位数据在地图中分级显示

闪电定位数据是融合分析产品的核心数据之一。有闪电的区域一定有强对流过程发生，而强对流影响的区域会导致航空器绕飞和偏航，若强对流发生在机场还会导致机场的航空器起降受影响。在新疆地区由于区域大，天气雷达不能完全覆盖航路航线和管制扇区，气象和管制人员只能通过卫星叠加闪电的方式来判断雷达盲区是否出现显著的对流系统。

通过获取最新 2 小时的闪电的经纬度、强度、类型等数据，在地图中以时间段分级显示方式展示给管制部门用户，可为管制部门提供最新闪电位置、闪电发展趋势等信息，为管制部门指挥航空器绕飞对流系统提供更有效的信息。分级显示中，10 分钟内的闪电显示为黑色，10~30 分钟显示为红色，30~60 分钟显示为橙色、60~120 分钟显示为蓝色。前端关键代码如下：

```
var status = "red";
if (dtime <= 10) { status = "black"; }
else if (dtime <= 30) { status = "red"; }
else if (dtime <= 60) { status = "orange"; }
else if (dtime <= 120) { status = "blue"; }
var mark = $.mdf.data.lightnings[i].lightningType == "+" ? "f-icon-plus" : "f-icon-minus";
L.marker([$.mdf.data.lightnings[i].lat, $.mdf.data.lightnings[i].lon], {
    icon: L.divIcon({
        iconAnchor: [iconSize[0] / 2, iconSize[1] / 2],
        className: 'my-div-icon',
        html: '<i class="f-icon ' + mark + '" style="font-weight:50;color:' + status + '"></i>'
    })
})
```

4.2.3. 航迹轨迹及尾迹的实现

航迹轨迹和尾迹有助于气象和管制用户实时监视航空器在绕飞复杂天气过程中的动态变化，也是复盘复杂天气过程中航空运行态势的基本数据之一，有利于管制、气象人员建立复杂天气下航空器运行的共同情景意识。

航迹轨迹是用户通过点击地图上的航空器后，在地图上绘制的该航空器运行的全部路径，若叠加卫星、雷达、闪电等数据后，即可了解该航空器如何绕飞雷雨，从而获得绕飞距离、方位、绕飞时间等信息。前端在向服务器发起请求后，服务器获得该航空器运行中的所有经纬度点信息，并返回前端进行绘制。前端绘制的关键代码如下：

```
path = L.polyline(data.flightTracksList, {  
    weight: 3,  
    color: 'red',  
    name: data.flightNumber,  
})
```

尾迹则实时在地图中显示，并随数据更新而不断刷新，便于用户实时监视航空器运行态势。尾迹以时间段进行分级，分别为 5 分钟内、10 分钟内、20 分钟内、30 分钟内等。根据所选择的时间段显示不同长度的尾迹，默认为 5 分钟内，但当出现航空器绕飞复杂天气时，可更改时间段以监视航空器绕飞的动态过程。前端绘制采用与航迹轨迹相同的方式，即 `L.polyline` 方法绘制尾迹线。

4.2.4. 多图层叠加融合

通过对不同数据进行叠加，能够实现多种数据融合的功能，为用户提供更多有效的气象信息。不同图层的叠加主要依赖 `leaflet` 框架提供的“`layer.addTo($.xjss.settings.map)`”接口，即将各种数据图层如 `L.marker`、`L.polygon`、`L.polyline` 等叠加到地图中。除了叠加融合外，平台还利用“`removeLayer(layer)`”方法删除图层。通过叠加和删除图层功能，用户可以自由融合所需要的航空数据。

4.3. 多源数据融合的案例实践

通过将气象数据、航迹数据、航管数据等多源数据进行融合叠加，能够最大限度为用户提供复杂天气动态监视和天气演变趋势、复杂天气下航班飞行动态，研判复杂天气对机场、航路及扇区的影响，还可通过选择历史时段，复盘复杂天气对飞行的影响。

4.3.1. 案例一：伊犁河谷大范围雷暴云团下的多源数据融合

图 4 为 2024 年 8 月 17 日伊犁河谷雷暴云团影响过程中雷达拼图、卫星云图、闪电定位数据、飞行航迹及尾迹、SIGMET、机场实况等多源数据融合。在 17 日傍晚至夜间，伊犁河谷出现大范围的强对流天气，如图 4 所示，17 日 12:43 UTC 强回波以东西带状方式分布在伊犁河谷及西天山北坡，并规律地向东移。通过将雷达图和卫星云图叠加进行动态监视，能够发现在国境线外不断有单体生成东移。对伊宁机场来说，强回波不断生成、东移影响到机场，强对流云团呈现列车效应，影响时间长。在闪电定位数据上，在强回波中闪电频率高，雷暴云团发展极为旺盛。航空气象预报部门也发布了 SIGMET 对河谷内的雷暴云团范围及影响时间进行预报，通过将其与卫星、雷达数据融合后发现，对雷暴云团主体预报较好，雷暴云团南部的预报偏大。将飞行航迹及其过去轨迹进行融合后，能够动态监视其运动轨迹、偏离航线的情况、绕飞雷雨云团的方式，同时还能分析航空器从雷暴云团间隙中绕飞后进港的情况。图 4 中 CCA2751 航班从天府机场至伊宁机场，在从雷雨云团南部偏离航线绕飞后，准备从南部经过雷雨云团的间隙降落伊宁机场，但由于西部雷暴云团持续增强，间隙很小，最终在伊宁机场南部区域未找到合适时机而选择备降克拉玛依机场。

4.3.2. 案例二：新疆东线繁忙航路航空器绕飞雷雨

图 5 为 2024 年 8 月 21 日傍晚奇台东南侧航路强对流过程中雷达拼图、闪电定位、SIGMET、飞行航迹及尾迹等融合示意图。如图所示，对流云团主要对东线主要航路 B215 和 G470 造成影响，由于对流

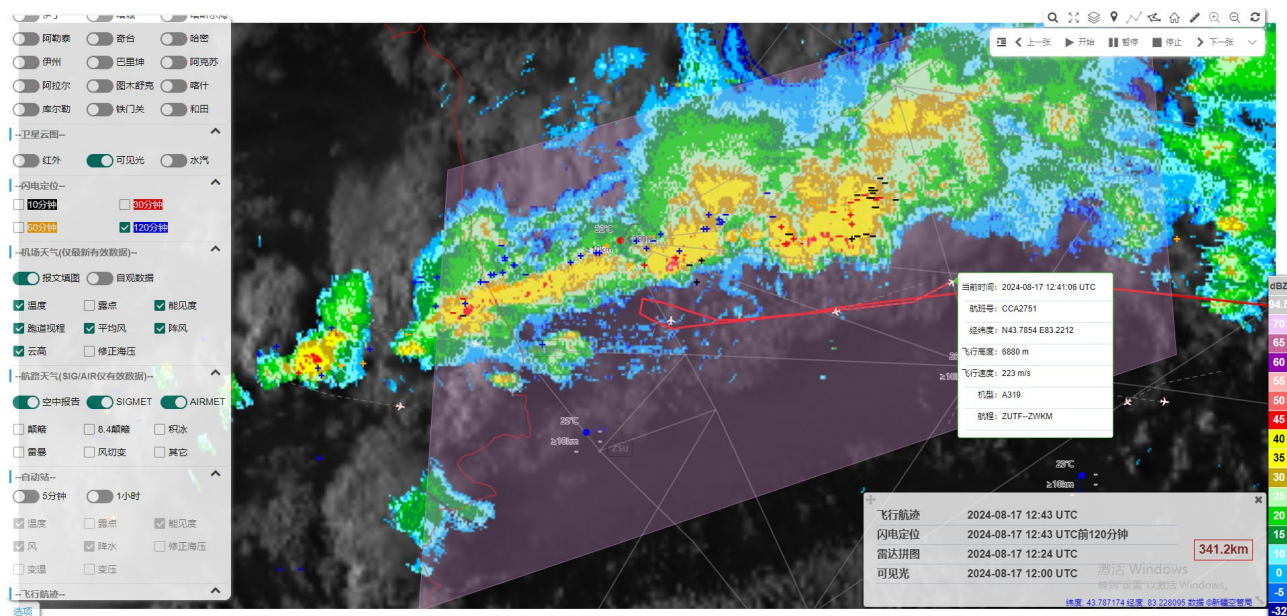


Figure 4. Multi-source data integration diagram of radar mosaic, lightning detection, flight track data, SIGMET, and airport meteorological observations for thunderstorm cluster over Ili valley of August 17, 2024

图 4. 2024 年 8 月 17 日伊犁河谷雷暴云中雷达拼图、卫星云图、闪电数据、航迹数据、SIGMET、机场实况等多源数据融合示意图

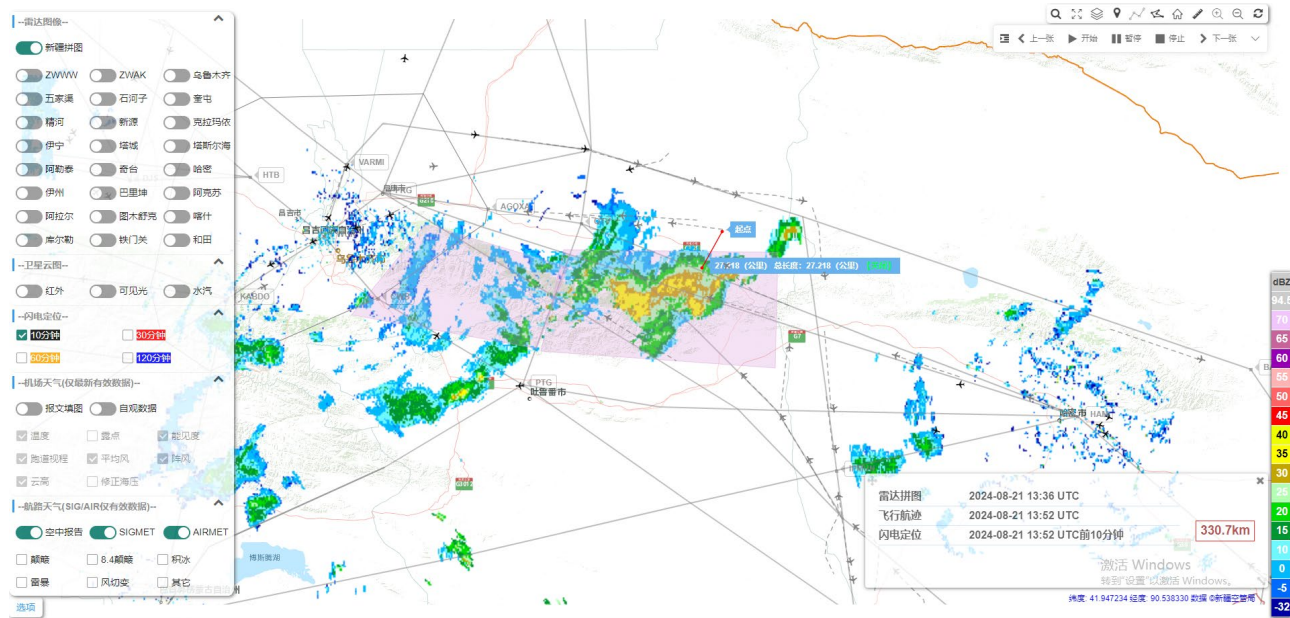


Figure 5. Integration diagram of radar mosaic, lightning detection, SIGMET, flight tracks and weak trajectories during a strong convection event southeast of Qitai route on Evening of August 21, 2024

图 5. 2024 年 8 月 21 日傍晚奇台东南侧航路强对流过程中雷达拼图、闪电定位、SIGMET、飞行航迹及尾迹等融合示意图

尺度相对较小，强度发展相对较弱，且没有闪电出现，因此航空器在绕飞该对流云团时主要以小范围从北侧绕飞，因为北侧地形相对简单，对飞行来说安全系数更高。另外，气象部门也发布了雷暴的 SIGMET 预报，从范围上看预报偏大，但基本覆盖了雷暴影响区域。

4.3.3. 案例三：乌鲁木齐机场东南风下 07 跑道起降航班动态监视

图 6 为 2024 年 9 月 5 日上午乌鲁木齐区域性东南风条件下空中报告、航迹、尾迹信息的融合及进出港航班轨迹的动态监视示意图。在 9 月 5 日上午，乌鲁木齐机场出现较显著的东南风，阵风达 10~15 米/秒，在跑道低空出现了风切变，受跑道顺风及风切变的影响，机场采用 07 跑道运行，即从 07 方向进出港。如图所示，从阜康方向进港的航班从机场北侧向西排序向南转弯，最终加入到 07 跑道五边进港，而从机场出港往阿什里方向的航班，则需从机场南侧向西飞行，最终进入到阿什里方向的航路。

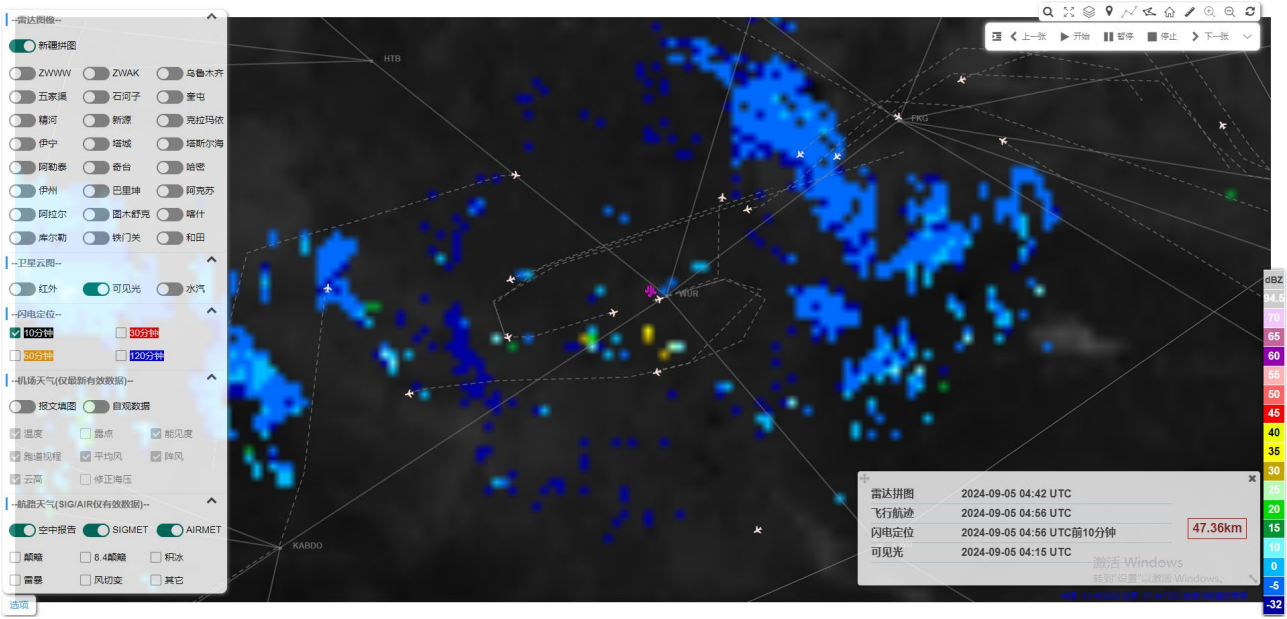


Figure 6. Schematic diagram of integration of pilot reports, flight tracks and wake trajectories information and dynamic monitoring of departing/arriving flights under regional southeasterly wind conditions in Urumqi on Morning of September 5, 2024

图 6. 2024 年 9 月 5 日上午乌鲁木齐区域性东南风条件下空中报告、航迹及尾迹信息的融合及进出港航班轨迹的动态监视示意图

通过以上案例发现，将多种气象数据与航迹数据、航管数据进行融合叠加，不仅动态监视复杂天气的动态演变，预估天气影响的时间和范围，还评估了航路预报的准确性，提升用户使用该产品的信心。另外，通过实时监视飞机航迹的动态变化，用户能够掌握复杂天气对飞行中航空器的直接影响(如绕飞、偏航、返航、盘旋、飞越等)，可为气象人员、管制人员建立飞机合理规避复杂天气的共同情景意识提供帮助，在决策过程中能够真正发挥气象数据的支撑作用。

5. 结论与讨论

本文利用多源航空气象数据、航管数据等资料，提出构建多源数据融合分析平台的思路，实现了多源资料的融合、叠加分析及复杂天气的监视和告警，并从机场和航路点、航线、扇区等多维度监视复杂天气对航空运行的动态影响，为航空器合理规避复杂天气提供可视化参考。案例分析表明，通过多种气象数据与航管数据的融合，不仅能动态监视复杂天气的演变，预估天气影响的时间和范围，还对航路预报准确性进行评估，提升用户使用产品的信心指数。另外，通过实时监视飞机航迹动态变化，掌握复杂天气对飞行中航空器的直接影响，有利于气象、管制人员建立飞机合理规避复杂天气的共同情景意识，从而在决策过程中真正发挥气象数据的支撑作用。

多源数据融合分析平台已经融合了民航气象大部分数据，能够满足一线用户的基本需求，但在短临、

短期的预报数据融合上还有一定的改进空间。将来可逐步实现雷达数据的自由、实时剖面，让用户能够实时掌控雷雨等复杂天气的空间和垂直分布；实现基于雷达拼图的 2 小时临近外推预报、基于 WAFS 的航路积冰、颠簸、雷雨覆盖率等短期预报以及预警产品等与该平台深度融合，为用户提供更全面的融合类预报产品，进一步提升服务能力。另外，平台中还可增加对 SIGMET/AIRMET、外推预报等产品的定量评估，进一步增强用户使用产品的信心；建立问卷反馈机制，进一步提升用户的体验感与参与感；尝试利用人工智能算法，实现对复杂天气的自动外推预报，进而推演其带来的潜在风险，从而将气象信息转化为决策信息，推动两个融合的纵深发展。

注 释

图 4~6 来自多源数据融合分析平台截图。

基金项目

民航新疆空中交通管理局科技项目《乌鲁木齐机场多源探测资料融合显示分析系统》。

参考文献

- [1] 袁野. 西南空管气象信息综合服务系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2011.
- [2] 顾俊伟. 基于多源数据融合的 4D 航迹规划技术研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2016.
- [3] 朱国栋, 安志强, 刘晓明, 等. FY-4A 卫星资料在民航气象信息融合显示平台中的应用[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(18): 189-192.
- [4] 张茜, 陈阳权. 基于 GIS 的航空气象信息服务系统的设计与实现[J]. 民航学报, 2022, 6(6): 98-105.
- [5] 陈阳权, 杜安妮, 丁旭, 等. 新疆区域航路天气要素分析及预报系统构建[J]. 气象水文海洋仪器, 2022, 39(2): 93-95.
- [6] 张茜, 孙少明, 王楠楠, 等. 气象历史资料查询与统计系统的设计与应用[J]. 气象水文海洋仪器, 2022, 39(2): 82-85.
- [7] 张茜, 韩磊, 陈阳权, 等. 实时航空气象信息监视平台的设计与实现[J]. 气象水文海洋仪器, 2024, 41(3): 120-124.
- [8] 陈阳权, 杜安妮, 尹才虎. 基于光流法的终端区对流临近预报系统的实现与应用[J]. 气象水文海洋仪器, 2024, 41(4): 107-111.
- [9] 陈阳权, 杜安妮, 张利平, 等. 基于航空气象报文的辅助决策工具实现和应用[J]. 气象水文海洋仪器, 2019, 36(4): 49-55.
- [10] 王清平, 陈阳权, 朱国栋, 等. 自动气象站数据显示与分析应用系统的设计与实现[J]. 气象水文海洋仪器, 2018, 35(1): 43-46.