

# 航空气象数据统计分析平台的实现与应用

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: 2026年4月21日; 录用日期: 2026年5月18日; 发布日期: 2026年5月27日

## 摘要

为进一步提升新疆区域航空气象历史数据的应用效能, 文章基于.NET 10与ECharts等技术, 设计并实现了一套航空气象数据统计分析平台。该平台以机场例行天气报告、特殊天气报告、航空器空中报告以及各类预警预报产品为核心数据源, 构建了涵盖数据采集、标准化处理、存储管理、统计计算至可视化呈现的完整数据流转链路。在此基础上, 平台实现了多维度数据统计挖掘功能, 包括机场复杂天气条件的数据提取、气候趋势分析、统计报表生成, 以及航路天气(如颠簸、积冰、风切变等要素)的统计特征分析。通过气候趋势分析、统计报表分析及航路天气统计分析等核心功能, 平台为用户理解多年以来各类复杂天气的演变规律与统计特征提供了系统化的解决方案与可视化工具, 同时为机场及区域气候数据分析提供了即时的数据支撑, 显著减轻了一线业务人员在报表制作过程中的统计工作量。该平台的推广应用, 为航空气象历史数据的定量化统计分析及运行决策支持提供了有效的技术手段。

## 关键词

航空气象, 统计分析, 机场实况, 航空器空中报告, .NET 10, ECharts

# Implementation and Application of an Aeronautical Meteorological Data Statistical Analysis Platform

Yangquan Chen

Meteorological Center of Xinjiang Air Traffic Management Bureau, Urumqi Xinjiang

Received: April 21, 2026; accepted: May 18, 2026; published: May 27, 2026

## Abstract

To further improve the utilization efficiency of historical aeronautical meteorological data in Xinjiang,

this paper designs and develops an aeronautical meteorological data statistical analysis platform based on .NET 10, ECharts, and other technologies. Taking routine meteorological reports, special weather reports, aircraft weather reports, and various early warning and forecast products as the core data sources, the platform constructs a complete data flow process covering data collection, standardized processing, storage management, statistical calculation, and visual presentation. On this basis, multi-dimensional statistical analysis functions are realized, including extracting data on complex weather conditions at airports, climate trend analysis, statistical report generation, and statistical characteristic analysis of en route weather elements such as turbulence, icing, and wind shear. Relying on core functions including climate trend analysis, statistical report analysis, and en route weather statistical analysis, the platform provides systematic solutions and visual tools for users to understand the evolution patterns and statistical characteristics of various complex weather phenomena over the years. It also delivers timely data support for airport and regional climate data analysis, and greatly reduces the statistical workload of front-line staff in report compilation. The deployment of this platform provides an effective technical approach for quantitative statistical analysis of aeronautical meteorological historical data and operational decision support.

## Keywords

Aeronautical Meteorology, Statistical Analysis, Airport Weather Observation, Aircraft Weather Report, .NET 10, ECharts

Copyright © 2026 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

航空运输安全与效率对气象条件高度敏感。气象因素导致的航班延误占比超 30%，低能见度、大风、雷暴、颠簸、积冰等危险天气导致的飞行事故征候屡见不鲜。在空域资源日趋紧张、航班量持续增长的背景下，民航运行对气象服务的精细化水平提出了更高要求。如何从海量航空气象数据中高效提取具有支撑价值的统计规律，已成为航空气象数字化转型的关键课题。

新疆地区机场因复杂地形与独特的地理位置呈现显著气候差异[1]，系统分析各机场历史气象要素及航空器空中报告中的危险天气分布规律，对提升区域航空气象保障能力意义重大。然而，当前数据分析面临多重瓶颈：机场实况数据存储于较高等级保护数据库，长时序和跨网段统计分析困难；航空器空中报告以半结构化文本记录存储，关键信息如位置、高度等表述不统一，难以批量挖掘；预警预报产品多为 Word/PDF 格式，实时解析与处理效率低；现有业务系统更侧重实时监视告警，历史数据深度挖掘功能薄弱。

近年来，围绕新疆区域航空气象数据平台的建设已积累了一定的研究成果。张茜等基于 ASP.NET Core 构建了实时航空气象信息监视、GIS 数据信息实时查看[2] [3]及历史资料查询系统[4]；陈阳权等实现了多源数据融合与复杂天气多维监视[5] [6]；Kim 提出了基于 Apache Spark 的 4DT-Wx 架构，实现航迹气象提取( $R^2 > 0.92$ ) [7]。上述工作在数据接入与可视化方面成效显著，但面向历史数据的深度统计、挖掘方面仍显不足。

为此，本文设计并实现面向新疆区域的航空气象数据统计分析平台。平台以机场实况、预警预报及航空器空中报告等数据为核心数据源，采用 .NET 10、ECharts 等技术，重点解决多源历史数据的标准化接入、灵活统计与可视化问题，为航空气象历史数据的深度利用提供可行的方案。

## 2. 数据流

### 2.1. 所使用的数据

所使用的数据主要包括 2020 年以来全疆机场的机场例行天气报告、特殊天气报告、航空器空中报告及各类预报预警数据。

机场例行天气报告是由机场气象观测部门在整点或半点进行的例行气象观测实况，而特殊天气报告是气象要素达到一定标准后，观测部门按规定发布的非例行观测实况。两种类型的实况数据均以航空气象电码方式进行存储和交换，气象要素包括风向风速、阵风、能见度、跑道视程、各类天气现象、气温、露点、修正海平面气压等。平台中对各类复杂天气的统计分析主要基于实况报文解码后的气象要素。

航空器空中报告数据来源于飞行员在飞行过程中观测到的天气现象记录，通常以语音方式报告给管制员，最终由气象部门整理归档。单份航空器空中报告包含以下信息：航班号、机型、报告时间、报告位置、天气现象、强度、高度、成因及影响等。报告中的天气现象主要包括颠簸、积冰、风切变、雷暴及其他；强度主要包括轻度、轻到中度、中度、中到严重、严重等。与机场实况数据的固定站点连续观测不同，航空器空中报告数据具有显著的离散性和空间移动性——每一份报告都是特定航空器在特定时刻、特定三维位置上的“天气快照”，为航路天气的实况分析提供了不可替代的第一手资料。2024 年前的航空器空中报告以 TXT 格式半结构化存储，2024 年后的数据则以结构化数据存储于特定的数据库中。

各类预报预警数据主要包括在实际安全生产过程中由气象预报部门发布的机场警报、等级预警、终端区预警、区域预警、24/48 小时航空重要天气通报、航空重要天气专报等。这些预报预警数据均以 Word 或 PDF 格式存储在文件系统中。

从上述对所使用数据的分析可见，前期数据存储格式异构，存储方式各异，需要对各类数据格式进行解析、格式化，并统一存储。

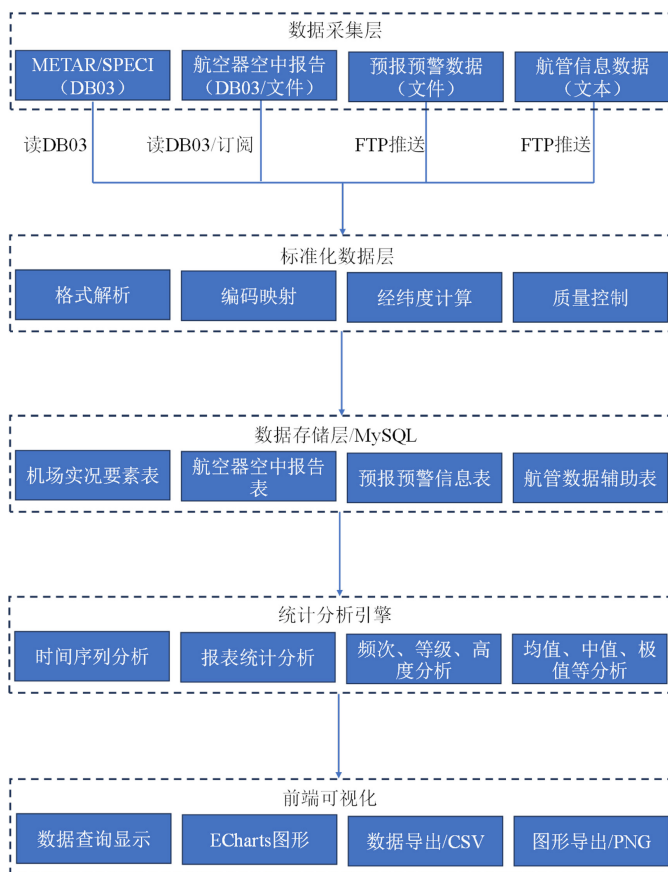
### 2.2. 数据流转

平台的数据流转遵循“数据采集 - 标准化 - 存储 - 统计分析 - 可视化”的完整链路，各环节之间通过标准化接口衔接，保障数据在流转过程中的完整性与一致性。整体数据流如图 1 所示。

数据采集阶段是整个流程的起点，该层在服务器端配置一个数据采集器。对于机场实况数据，数据采集器通过定时轮询的方式从民航气象数据库三期(简称 DB03)中进行数据获取，每次轮询获取最新 10 条数据，重复数据只保存一条，以保证数据的连续性。对于航空器空中报告则采用两种方式获取：一是对于 2024 年前的文件数据，通过 FTP、拷贝等方式收集并存储在指定文件目录；二是对 2024 年后的数据则通过定时轮询方式从 DB03 获取结构化数据，轮询方式与获取机场实况方式一致。预报预警数据主要来自气象预报生产端推送的 Word、PDF 格式文件，数据采集器通过实时监测指定目录，获取这两类文本文件并存储至指定文件系统。航管信息数据一般为静态数据，通过 CSV 格式文本存储在指定位置，或通过平台后台配置接口进行配置，数据采集器只负责 CSV 格式文本数据的采集。

数据标准化阶段承担着将各类异构数据进行解码，并将解码结果转换为统一的结构化格式的关键任务。机场实况中例行天气报告和特殊天气报告均以航空气象电码方式存储，需要将电码格式的数据解码为气象要素数据，包括机场代码、发布时间、风向风速、阵风、天气现象、主导能见度、每条跑道的跑道视程、温度、露点、修正海平面气压、云量、云高等结构化要素数据。航空器空中报告数据的处理相对繁琐，对于 2024 年后的航空器空中报告，由于其数据在 DB03 数据库中已经做了结构化存储，数据采集器在采集数据后，只需对要素进行一定的质控即可入库。但对于 2024 年前的航空器空中报告数据，则需要读取 TXT 格式的文档，从中解析航空器空中报告的各个部分，并通过报告地点、方位、距离等，结合航

管信息数据中的航路、机场和航路点经纬度来推算报告点的经纬度，并对推算结果做质量控制。航空器空中报告的质量控制主要包括对经纬度明显偏离新疆区域的点进行剔除；对报告位置描述模糊，无法推算报告地点经纬度的数据进行剔除；对各类要素的强度描述有误的数据进行剔除。预警预报数据处理则主要读取 Word 或 PDF 文档，从文档中解析预警发布时间、强度、有效时间、预警内容等数据。



**Figure 1.** Schematic diagram of data flow for the aeronautical meteorological data statistical analysis platform  
**图 1.** 航空气象数据统计分析平台数据流转示意图

由于平台数据经解析后为高度结构化的表格数据，与关系型数据库的模式高度适配，能够高效支撑后续多维度统计查询、时间序列分析和报表生成等核心需求；同时，MySQL 技术成熟、开源易用，部署与维护成本较低，便于在各级航空气象业务单位推广应用。因而，本平台的数据存储阶段是将解析和标准化处理后的数据写入关系型数据库 MySQL 中。机场实况数据以小时或半小时为单位存储于时序表中，以机场四字代码和观测时间建立联合聚集索引，优化按机场和时间范围的查询效率。航空器空中报告以独立表结构存储，以报告编号为主键，包含报告时间、航班信息、机型、经纬度、高度层、颠簸强度、积冰强度、风切变强度、雷暴强度、其他要素强度、影响、成因、备注等字段。预警预报数据表则主要包括预警类型、发布时间、有效时间、天气强度、预警内容等字段。辅助数据包括机场基础信息表(机场代码、名称、经纬度、标高、跑道方向)、关键点坐标表、航路坐标表等。

统计分析引擎层是平台的算法核心。后端基于 .NET 10.0 框架开发，采用分层架构设计。Controller 层负责接收前端 HTTP 请求并进行参数校验；Service 层封装统计业务逻辑，调用 Repository 层进行数据访问。统计分析功能的实现充分利用了 LINQ 的聚合查询和分组统计能力，对返回的数据执行 Count、

Average、Group 等聚合计算。统计结果封装为对象并以 JSON 格式返回前端进行表格显示和实时绘图。

可视化呈现层负责将统计结果以直观的图表形式呈现给用户。前端页面采用 FineUI Core13.0 构建，以 jQuery 简化 DOM 操作与 AJAX 请求。图形可视化部分基于 ECharts 5.0 实现，该库具有丰富的图表类型、流畅的渲染性能和简洁的 API 接口，适合气象数据统计图表的快速构建。报表导出功能支持 TXT 和 CSV 两种格式，格式化的文本方式便于用户进行二次数据处理和分析。

### 3. 总体思路

平台设计的总体思路是“以数据整合为基础、以统计分析为核心、以可视化交互为呈现、以业务应用为导向”，四者层层递进，共同构成了平台建设的逻辑主线。图 2 展示了平台总体架构的分层设计思路。

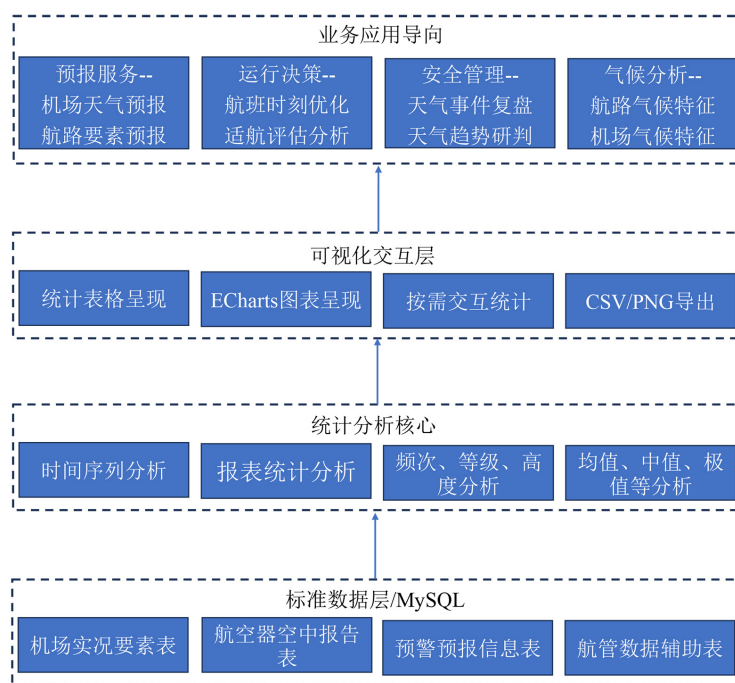


Figure 2. Layered design concept of the overall platform architecture  
图 2. 平台总体架构的分层设计思路

数据整合是平台建设的逻辑起点。由前面数据流转部分对数据的分析可知，平台所使用的资料种类较多，格式不一，质量参差不齐，这严重制约了统计分析的深度和信度，因此建设此平台的首要任务就是整合数据，建立统一的数据标准和存储机制，形成标准化的数据池，为平台数据提取和统计分析提供可靠、一致、完整的数据源。

统计分析是平台价值实现的关键环节。数据本身不产生价值，只有通过分析挖掘才能释放其蕴含的信息。平台围绕航空气象业务中的典型统计需求，封装了各类复杂天气频次、等级、时间序列等分析功能，并对复杂天气的持续时间利用其均值、中值、极值等刻画其集中趋势和离散程度。针对航路天气要素，还分析其强度、高度、成因等。通过多层统计分析模式，释放航空气象数据的价值。

可视化交互是连接统计结果与用户认知的桥梁。统计数据的抽象数值往往难以直观理解，而恰当的图形化表达能够显著降低认知门槛，帮助用户快速捕捉数据中的规律和异常。平台前端基于 ECharts 实现统计图表的动态渲染，用户可根据所选择的时段和要素查看统计结果。交互设计方面，图表支持缩放、

数据点提示、图例筛选和导出图片等基本功能，满足用户从概览到细节的多层次分析需求。

业务应用导向是平台建设的最终落脚点。平台的统计功能不追求大而全，而是紧密对准预报服务、运行决策、安全管理和气候分析等业务场景的实际需求。例如，低能见度频次的月际和日变化统计为低能见度预报和航班动态调整提供气候背景；颠簸高度分布和季节分布统计为航路高层选择和颠簸预警服务提供量化依据。

### 4. 平台实现及应用

平台的服务器端采用.NET 10 构建，前端采用 FineUI Core 13.0 作为 UI 层，图形可视化则采用 ECharts 图表库。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，也显著提升可维护性。

#### 4.1. 平台功能设计

航空气象数据统计分析平台以经过标准化存储后的数据为数据源，实现了历史实况报文的查询、历史气象要素的查询、单个机场常规数据统计、新疆区域各机场复杂天气的统计分析、单个机场复杂天气统计分析以及航路天气要素查询和统计分析等功能，这些功能基本能够满足各用户在机场气候预测、航路天气趋势、航班季节性调整、机场季节性适航分析、复杂天气复盘等工作中对历史气象数据统计分析需求。

图 3 展现了平台的前端显示主界面，其中平台顶部为功能选择区，主要包含机场报文查询、机场要素查询、常规统计、区域统计、机场统计和航路要素等 5 个部分。首页主要展示了近几年机场实况报文发布情况、机场预报报文发布情况、航空器空中报告类型情况以及大雾、RVR < 500 米、降雪、中/强降雪、降雨、中/强降雨、雷暴、大风等复杂天气日数的年际变化趋势等。首页固定在平台的开始界面，该界面无法关闭，而其顶部功能区按钮被点击后，会依次以 Toolbar 功能条的方式追加在首页后面，通过点击进行页面切换，也可将其关闭。

除了常规功能区外，平台具备权限控制功能，即用户需要特定授权才能进行数据的统计分析和数据查询下载，功能授权可有效保证数据的安全性，也能够追踪数据的流向。



Figure 3. Schematic diagram of the main front-end display interface of the platform  
图 3. 平台前端显示主界面示意图

## 4.2. 关键技术实现

### 4.2.1. 对 RVR 的统计分析

对于各类复杂天气的统计，首先需要从报文中解析出各个气象要素，解析方式主要参考陈阳权等[8]基于正则表达式的处理方式。但对 RVR 的统计分析，如果统计的机场有多条跑道，则可能需要处理多条跑道的情况。在实际统计工作中认为，报文中出现的多条跑道 RVR 的最低值，代表着该机场出现低能见度的程度，因此对多条跑道 RVR 最低值的日数和频数进行统计分析十分有意义。对多条跑道的 RVR 的解析主要依赖以下两个正则表达式：

```
@"(METAR|SPECI).*?[QA]d{4}" (1)
```

```
@"R\d{2}[A-Z]?[/\PM]?(\d{4})[A-Z]?[0-9A-Z]{0,6}" (2)
```

首先通过正则表达式(1)获得跑道 RVR 的编码部分，然后根据正则表达式(2)对编码部分进行解析，得到多条跑道的 RVR 值，记为 List<int> rvr，通过 rvr.Min()取最小的 RVR 值来代表该机场的低能见度程度，然后对长时间序列的最小 RVR 值进行统计分析，最终得到针对 RVR 值的统计分析结果。

### 4.2.2. 利用 Linq 的 Group 分组技术统计复杂天气的年、月、日变化

在开展复杂天气统计分析时，针对年际、月、日尺度的变化特征分析，可基于解析后的气象要素，按时间维度采用 Group 分组法进行统计。对于年际日数变化、月日数变化等，统计过程中需要对日进行去重处理，关键代码如下：

```
var monthGroups = timeList
    .GroupBy(t => t.TimeOfBjt.Month) // 仅按月份(1~12)分组
    .Select(group => new MonthTrendStats
    {
        Month = group.Key,
        // 总频次：该分组下所有时间点的数量
        TotalFrequency = group.Count(),
        // 总日数：按「年+日」去重后计数
        TotalDayCount = group.Select(t => new { t.TimeOfBjt.Year,
            t.TimeOfBjt.Day }).Distinct().Count(),
    })
    .OrderBy(stat => stat.Month) // 按 1~12 月排序
    .ToList();
```

根据上述代码即可获得月变化统计结果。对于年际变化，则只需将 t.TimeOfBjt.Month 改为 t.TimeOfBjt.Year，同时在去重时，增加 t.TimeOfBjt.Month，并按 Year 进行排序即可获得年际变化统计结果。对于日变化，平台统计过程中只统计频次，即每日的 0~23 时之间，各小时出现的频数，对于半点的例行报告、特殊天气报告，则根据小时计算频次，最终得到每日的日变化统计数据。

### 4.2.3. 复杂天气过程计算方案

复杂天气过程需结合气象要素、持续时长与时间间隔三维标准综合界定。具体流程为：首先根据实况报文解析气象要素，只有当气象要素达到设定阈值后，再结合其持续时间和间隔时间来界定复杂过程。如大风需要其平均风速  $\geq 12$  m/s 或阵风  $\geq 17$  m/s，当风速达到阈值时，认为该时刻天气达到了大风级别，将所有达到大风级别的数据提取出来并按时间先后进行排序，然后再处理其持续时间。而对于持续时间的定义与间隔时间密不可分，即前后两个时刻相差达到给定时间间隔时(如 2 小时)，则将复杂天气从该时

间分割为两个，之后对前后分割的两个过程分别计算其持续时间，若持续时间达到阈值(如 4 小时)，则保留该过程，否则舍弃该过程。通过上述方式，可得到复杂天气过程列表。

### 4.2.4. 航空器空中报告中高度的计算

2024 年前的航空器空中报告数据处理十分复杂，不仅需要解析报告内容，计算经纬度，还要解析高度。对于报告内容和经纬度的解析可参考陈阳权等[9]对航空器空中报告的处理方式。而对于高度的提取主要难点在于高度层的计算、高度单位的统一及高度质量的控制。航空器空中报告中的高度包括单一高度及含顶高、底高的高度层，在做处理时，将高度分为顶高、底高进行分别计算。对于单一高度层，顶高和底高均赋值为该单一高度层，而对于具有顶高、底高的高度层，则将高度高的值赋给顶高，将高度较低的值赋给底高。顶高和底高解析后，需要对其高度单位进行统一换算。原始数据中高度单位包括米、千米、英尺、海里、飞行高度层等，平台中将单位全部转换为 km。单位转换后对数据进行一定的质量控制，主要对高度明显不符合民航客机飞行高度的数据、无法解析出顶高和底高的数据及无法进行高度转换的数据进行剔除，以保证数据的准确性和完整性。

### 4.2.5. Word/PDF 等非结构化数据的解析

针对 Word/PDF 等非结构化数据，方法是 Word/PDF 等非结构化数据读取为文本，然后通过正则表达式进行解析。预警等数据具有统一的格式，内容主要包括文件头、发布部门、预警发布序号、预警发布时间、预警内容、预警等级、发布人、联系电话等内容，平台通过正则表达式逐一匹配。主要通过以下正则表达式进行模式识别：

@“天气警报\r\n\s\*(.\*?)\s\*警报发布序号[: ]\s\*(\d+)\s\*\r\n 发布时间[: ]\s\*(.\*?)\s\*\r\n(.\*?)发布人[: ]\s\*(.\*?)\s\*联系电话[: ]\s\*(.\*)”

第一个括号为发布部门，第二个括号为发布序号，第三个括号为发布时间，第四个括号为预警内容，第五个括号为发布人，第六个括号为联系电话。然后针对识别的内容进行更精细化的匹配，如根据预警内容中是否含有“解除预警”字段以及预警有效时间来提取预警状态，还可从内容中提取预警等级。提取解析预警内容后，将预警各个要素以结构化形式存入数据库中。

## 4.3. 平台应用

### 4.3.1. 历史实况数据的查询和导出

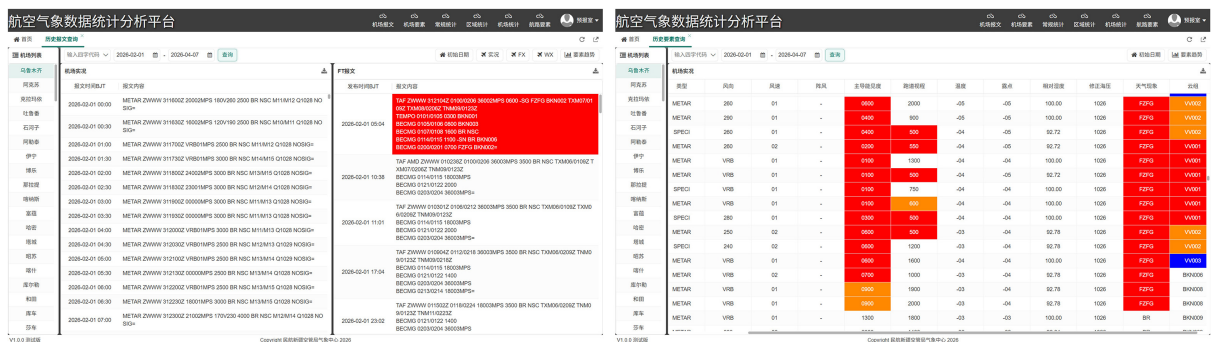


Figure 4. Schematic diagram of query and export of historical observation data

图 4. 历史实况数据的查询和导出示意图

历史实况数据的查询和导出包括两部分，一是实况报文的查询和导出；二是解析后实况要素数据的查询和导出。如图 4 所示，为历史实况数据的查询和导出示意图。两种模式均可根据选择的时段进行查

询，对于报文，除了查询实况外，还可查询该时段内的机场预报、重要气象情报等，点击导出按钮可按报文发布时间和报文内容以 csv 格式导出到本地；对于要素，则根据对实况报文进行标准化解析后的要素数据进行提取和查询，将解析后的数据以表格方式显示给用户。无论是报文的显示还是要素的显示，均对复杂天气如大风、低能见度、强降雪等要素进行颜色突显，让用户能够快速定位复杂天气所在的时段。另外，该功能模块还提供了要素数据趋势变化的图形化显示，让用户可以分析该时段内要素的变化趋势，研判未来天气的变化情况。

#### 4.3.2. 常规数据统计分析

常规统计分析主要是对航空气象业务中报表制作需求的数据进行统计。统计内容主要包括机场实况、机场预报、高低温信息、航空器空中报告、预警预报发布、航空重要天气日数、重要天气时段等，统计结果均以数值方式显示给用户。用户可根据业务需要选择统计时段和统计机场，并将统计结果导出为文本文件。通过此模块，用户可以非常便捷地获取到报表所需的数据，大大减少了用户制作报表时的统计工作量。如图 5 所示，为常规数据统计分析示意图。



Figure 5. Schematic diagram of the routine data statistical analysis module

图 5. 常规数据统计分析模块示意图

#### 4.3.3. 区域机场复杂天气统计

区域复杂天气统计分析模块是针对新疆区域各机场出现的复杂天气进行统计分析。如图 6 所示，为 2026 年 1 月 1 日至 4 月 7 日之间全疆各机场的复杂天气统计分析，统计分析结果为该时段内各复杂天气的日数。复杂天气类型主要包括各个级别的降雨、降雪、雨夹雪、低云低能见度、高温、低温、大雾、大风、雷暴、沙尘等，通过对实况报文要素进行计算，得到各个复杂天气的日数统计，并对复杂天气的持续时间和天气过程等进行分析。双击机场所在行，即可查看各类复杂天气的报文数据信息及复杂天气过程数据，用户可根据实际需要导出这些数据。另外，该模块还提供了复杂天气日数排序柱状图，如图 6 右图所示，用户可根据需要查看选定复杂天气的日数排序图，也可导出该图形。该模块可为用户分析全疆各类复杂天气的区域分布和变化情况提供可靠的数据。



Figure 6. Schematic diagram of the regional complex weather statistical analysis module  
图 6. 区域复杂天气统计分析模块示意图

### 4.3.4. 单站机场复杂天气统计

单站机场复杂天气统计分析模块是针对单个机场的历史同期实况数据进行统计分析，分析内容包括各类复杂天气在统计时段内的历史同期年际变化、月变化、日变化、持续时间及持续时间与开始时间的关系等，能够为用户了解该机场各类复杂天气的气候演变趋势、天气集中月份和每日集中时段提供参考，同时还为用户分析复杂天气持续时间以及复杂天气在不同时段开始后其可能持续的时长提供分析数据。如图 7 所示为单站机场复杂天气统计分析模块示意图，用户可根据需要选择统计的同期时段，系统会检索给定月、日时段的各年历史同期数据作为统计数据源进行统计分析。此外，还可根据需要切换机场获取不同机场的统计分析结果。统计分析结果以表格方式显示给用户，用户可对结果进行升序或降序排序，如图 7 左图所示。另外，平台提供了复杂天气的统计量图形化显示，用户可直观分析各复杂天气的演变趋势，如图 7 右图所示。统计数据、复杂天气过程及图形化显示数据均可导出进行二次分析。

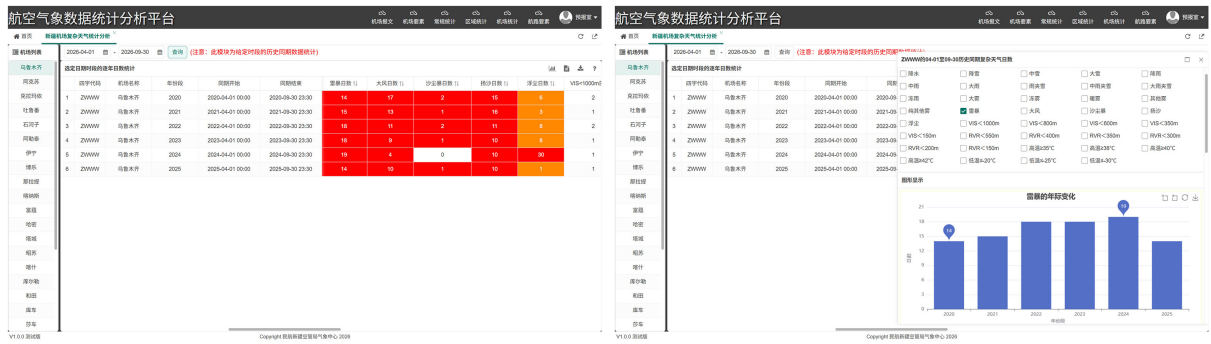


Figure 7. Schematic diagram of the airport complex weather statistical analysis module  
图 7. 单站机场复杂天气统计分析模块示意图

### 4.3.5. 航路天气要素统计

航路天气要素模块包括航路天气数据检索和航路要素统计分析两部分。航路天气数据检索可根据需要选择时段，并根据机场、类型、强度、高度等对数据进行过滤，检索结果以表格方式显示给用户，并可将检索的数据导出为 CSV 格式数据供用户进行二次分析，如图 8 上左图所示。平台还提供检索时段内各要素的基本信息统计分析，主要包括各要素的报告部门、要素类型等图形化显示(图 8 上右)。同时平台还针对不同要素的年际变化、月变化、日变化等进行时间趋势分析；针对要素的高度、强度、成因等信息进行统计，这些统计量均以图形方式显示给用户，用户可以直观地查看到各类统计量的演变趋势，如图 8 下左图所示。

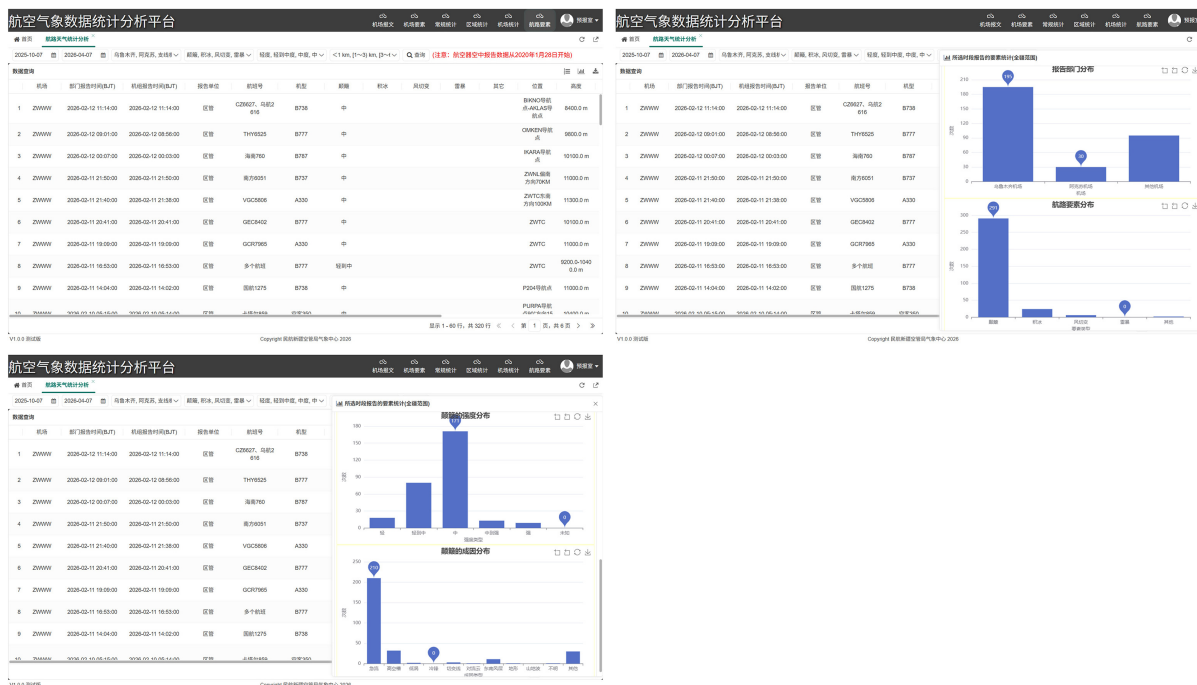


Figure 8. Schematic diagram of the en route weather statistical analysis module

图 8. 航路天气统计分析模块示意图

## 5. 总结

航空气象数据统计分析平台以机场例行天气报告、特殊天气报告、航空器空中报告、各类预警预报等数据为核心数据源，构建了涵盖数据采集存储、标准化处理、存储管理、统计计算至可视化呈现的完整数据流转链路，实现了围绕机场复杂天气的数据提取、时间序列趋势分析、统计报表分析以及空中报告的颠簸、积冰、风切变等要素的统计特征分析等多维度数据统计挖掘功能。通过时间序列的趋势分析、统计报表分析及航路危险天气统计分析等功能，为用户了解多年来各类复杂天气的演变趋势及统计特征提供方案和平台，也为机场和区域气候数据分析提供了及时的数据支撑，同时也能够大大减轻一线人员在制作报表时的统计工作量。该平台的推广应用为航空气象历史数据的定量化统计分析和运行决策支持提供了有效的技术手段。

该平台覆盖了航空气象用户统计分析、报表制作的大部分统计功能，但在温度、湿度、气压、降水量等气象要素的精细化气候态统计(如平均、极值、距平等分析)方面仍存在不足。此外，降水量等部分数据需依托观测纪要栏搭建新数据源，这些均可作为平台未来更新升级与优化的重点方向。另外，在累积大量历史数据基础上，利用机器学习进行更深入的数据挖掘，结合数值预报，实现复杂天气的精细化短临预报，为用户战术决策提供技术支撑。

本平台以多源异构数据为基础构建一流转链路，可解决数据共性难题，为同类平台提供架构范例；融合时序、气候、报表与航路等因素形成的“点-线-面”分析体系，兼顾了机场与航线；平台分层解耦架构具通用性，可复用于通用气象、气候志等领域，从而降低同类系统的重复开发成本，提升航空气象数据应用能力的推广效率。

## 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(202511307)。

## 参考文献

- [1] 杨涛, 张晋茹, 杨莲梅, 等. 近 60 年新疆主要气象灾害变化特征及其防灾减灾对策建议[J]. 气象科技进展, 2022, 12(6): 129-134.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [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] 陈阳权. 多源数据融合分析平台的构建思路及实践[J]. 国际航空航天科学, 2025, 13(3): 85-95.
- [7] Kim, S.I. (2025) A Novel 4DT-Wx System Architecture for the Orchestration of Meteorological Data in Aviation Trajectory-Based Operations. Pukyong National University.
- [8] 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.
- [9] 陈阳权, 丁旭, 沙艳萍. 基于 WebGIS 的航路天气图形可视化的实现与应用[J]. 民航科技, 2024(5): 77.