

# ADS-B技术及其报文数据解析

栗莉<sup>1</sup> 齐超<sup>2</sup> (1. 中国民用航空东北地区空中交通管理局 设备安装公司;  
2. 中国民用航空东北地区空中交通管理局 空管工程建设指挥部)

**摘要:** 广播式自动相关监视 (Automatic dependent surveillance - broadcast, ADS-B) 作为一种先进的监视技术, 具备传输速率快、定位准确等优良性能。该项技术可显著提高空域监视能力, 在无雷达覆盖区域可发挥极大作用。本文对 ADS-B 的基本原理进行了阐述, 并根据 ADS-B 数据流向对 1090ES ADS-B 报文、Asterix ADS-B 报文格式进行了详细说明, 最后对 ADS-B 数据质量和运行品质监控进行了介绍。

**关键词:** ADS-B Asterix; 报文解析; 数据质量

## 1 ADS-B 技术原理概述

利用广播式自动相关监视 (Automatic dependent surveillance-broadcast, ADS-B) 技术可收集空域内航班位置数据, 通过地空数据链和空空数据链以广播的形式 (ADS-B OUT) 传输飞机的位置信息和其他状态参数。此外, 配备相应的机载设备航空器还可以接收 (ADS-B IN) 其他航空器的广播信息, 从不同的航空器上获取有关周围空域的实时交通信息, 从而更加便利地掌控周边空中交通运行态势<sup>[1]</sup>。其中, 自动指采用广播方式, 不需要人工操作和地面询问, 周期性对外发送信息; 相关指报文信息依赖于外部数据 (机载数据); 监视指提供位置信息或其他航空器状态信息。

ADS-B 技术拥有较高的传输速率、精确的和较好的质量, 可大幅提升空域监视效果, 尤其适用于没有雷达覆盖的空域环境。地-空监视、空-空监视和地-地监视等应用场景均可采用 ADS-B 技术, 其地面基站建设成本低、建设简便灵活, 相比地面雷达具备较高成本优势。其监视性能整体优于一二次雷达。依赖于外部定位源是其主要缺点。ADS-B 系统由机载设备和地面基站构成, 机载设备可以在 1s 的时间间隔内实现对外广播, 将其包含的位置信息和相关状态信息传输至地面基站, 经过数据筛选和处理, 最终以满足用户需求的格式将其报文传输给用户。

目前, 有三种主流的地空数据链可

用于 ADS-B 数据通信, 分别是:

1090ES 数据链、VDL Mode4 数据链和 UAT 数据链<sup>[2]</sup>。其中, 前者主要用于商业航班, VDL Mode4 应用较少, 后者则更多应用于通航领域, 是美国联邦航空局专门为通航设计的支持 ADS-B 功能的数据链<sup>[3]</sup>。

## 2 ADS-B 报文

### 2.1 1090ES ADS-B 报文

1090ES ADS-B 报文是一种通过 1090ES 数据链传输的报文, 由 4 个前导脉冲和 112 个比特的报文序列组成, 报文数据位由 112 比特组成, 包括 DF、CA/CF/AF、AA、ME、PI 等多个字段, 每个字段的长度不同, 表示不同的意义<sup>[4]</sup>。

其中, 报文类型由 DF 字段决定, 根据 DF 字段的值可以判定报文类型和应答机工作模式, 当 DF=17 时, 表明应答机处于 S 模式。DF=18 时, 表明应答机处于非 S 模式, 发出 ADS-B 报文或 TIS-B 报文。DF=19 时, 表明该报文由军机发出。

CA、CF、AF 字段的长度均为 3 位, DF=17 时, 对应字段表达为 CA 域, 代表 S 模式应答机的能力。DF=18 或 DF=19 分别对应 CF 域和 AF 域。

AA 字段包含了 ADS-B 发射机的地址信息, 可用于表示 ICAO 地址和非 ICAO 地址。

ME 字段为业务报文, 共占用 56bit, 业务报文可包含空中位置信息、场面位置信息、地址码和类别信息、速

度信息、飞机状态信息等。报文的格式为: 第 1~5 位代表报文的类别; 第 6~7 位代表设备的监视状态; 第 8 位为天线位, 当第 8 位为 1 时代表单天线, 当第 8 位为 0 时代表双天线; 第 9~20 位代表当前的气压高度; 第 21 位指有效时间点是否是准确的 0.2s UTC 时间点, 当该位为 1 时代表同步, 当该位为 0 时代表不同步; 第 22 位为 CPR 算法的奇偶位; 第 23~39 位为 CPR 纬度编码位; 第 40~56 位为 CPR 经度编码位。

PI 字段为报文的 CRC 校验位 (除去 DF 区域)。1090ES ADS-B 数据链结构如图 1 所示。

### 2.2 Asterix ADS-B 报文

民航飞机对外广播的 DF17/18 报文被接收范围内的 ADS-B 地面站接收后, 经过数据预处理将报文数据转换为 Asterix Category 021 格式, 经传输网络送入管制自动化系统中提供航迹信息显示。Asterix Category 021 标准是欧洲标准雷达数据交换格式, 其中, 明确规定 ADS-B 报文数据项及其组成并说明了各个数据内容以及适用范围。表 1 为 Asterix Category 021 规定的 ADS-B 报文数据块结构<sup>[5]</sup>。

数据块中的类别 CAT 占一个字节, 当为 021 时代表数据块含有 ADS-B 报文; 长度 LEN 占两个字节, 代表了数据块的总长度。字段描述符 FSPEC 长度可变, 代表了报文中包含数据项情况, FSPEC 为用户相关表 (UAP) 的数据索引, FSPEC 中除了扩展指示位以外的其

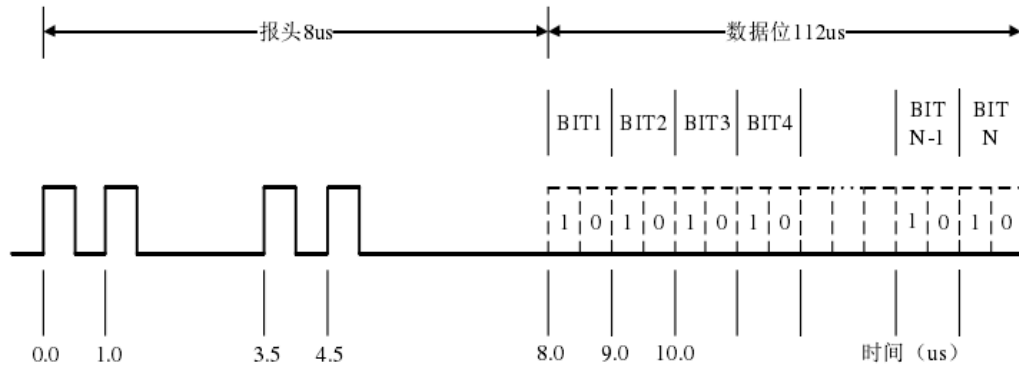


图1 1090ES ADS-B数据链结构

表1 ADS-B数据块

类别	长度	字段描述	数据记录	字段描述	数据记录
Cat=021	LEN	FSPEC	Data	FSPEC	Data

他位置与用户相关表相互对应，1 代表有该数据项，0 代表没有该数据项<sup>[6]</sup>。每一字节的最后一位FX是扩展指示位，当FX为0时，代表该字段结束，当FX为1时，代表后面还有FSPEC字段。因此，数据项可分为固定长度和可扩展长度，可扩展长度类型需要根据扩展标识位来判定出实际长度。图2为Asterix Category 021规定的部分ADS-B报文数据项。图3为UAP索引。

以实际ADS-B报文为例进行解析，150064FF9FF35B033216CB0003C402175C8E16B20255328F为截取的部分ADS-B报文，其中，15H代表报文类别为CAT021，0064H代表了报文总长度为100，FF9FF35B0332H为FSPEC的值，二进制表达为111111111001111111110011010110110000001100110010，1代表对应的数据项有数据，0代表没有数据。16CBH为I021/010的数据项内容，00H为I021/040的数据项内容，03C4H为I021/161的数据项内容，02H为I021/015的数据项内容，175C8E为I021/071的数据项内容，16B20255328FH为I021/130的数据项内容。

### 3 ADS-B数据质量和运行品质

上述内容依据ADS-B数据流向对ADS-B报文进行了叙述和分析，对Asterix Category 021报文解析进行了举

Data Item Reference Number	Description	Resolution
I021/008	Aircraft Operational Status	N.A.
I021/010	Data Source Identification	N.A.
I021/015	Service Identification	N.A.
I021/016	Service Management	N.A.
I021/020	Emitter Category	N.A.
I021/040	Target Report Descriptor	N.A.
I021/070	Mode 3/A Code	N.A.
I021/071	Time of Applicability for Position	1/128 s
I021/072	Time of Applicability for Velocity	1/128 s
I021/073	Time of Message Reception for Position	1/128 s
I021/074	Time of Message Reception for Position – High Precision	2 <sup>-30</sup> s
I021/075	Time of Message Reception for Velocity	1/128 s
I021/076	Time of Message Reception for Velocity – High Precision	2 <sup>-30</sup> s
I021/077	Time of Report Transmission	1/128 s
I021/080	Target Address	N.A.
I021/090	Quality Indicators	N.A.
I021/110	Trajectory Intent	N.A.
I021/130	Position in WGS-84 co-ordinates	180/2 <sup>23</sup> °
I021/131	Position in WGS-84 co-ordinates, high resolution	180/2 <sup>30</sup> °
I021/132	Message Amplitude	1 dBm
I021/140	Geometric Height	6.25 ft
I021/145	Flight Level	¼ FL
I021/146	Selected Altitude	25 ft
I021/148	Final State Selected Altitude	25 ft
I021/150	Air Speed	N.A.
I021/151	True Air Speed	1kt
I021/152	Magnetic Heading	360/2 <sup>16</sup> °
I021/155	Barometric Vertical Rate	6.25 ft / min
I021/157	Geometric Vertical Rate	6.25 ft / min

图2 ADS-B报文数据项

例说明。在空管实际运行过程中，更加关注数据质量和运行品质，空管ADS-B系统涉及空一地传输系统、地面接收系统、数据站-二级数据中心-一级数据中心三层级的数据处理中心系统，各系统高效、稳定运行是支撑ADS-B空管应用的前提和基础。因此需要对数据中心(站)输出ADS-B数据的质量、连续性、可用性和数据中心(站)系统稳定性建立长期的监控分析机制。

#### 3.1 生产运行品质

生产运行品质方面主要关注异常数据判定，例如，24位地址码重复检测指

标、Z字形摆动报文指标、位置回跳报文指标、地空状态不匹配报文指标等。ATC异常情况处理，例如，大尺度偏差报文、数据更新率、气压高度跳变报文等，可由各地区空管局依据二级数据处理中心实施分析监控。相关指标举例说明如下：

24位地址码重复检测指标通过计算数据中心(站)每天对24位地址码重复航空器的检测的识别率和效率，综合确定数据中心(站)的24位地址码重复检测指标。如有未检测出存在的24位地址码重复航空器，或在重复发生10



FRN	Data Item	Information	Length
1	I021/010	Data Source Identification	2
2	I021/040	Target Report Descriptor	1+
3	I021/161	Track Number	2
4	I021/015	Service Identification	1
5	I021/071	Time of Applicability for Position	3
6	I021/130	Position in WGS-84 co-ordinates	6
7	I021/131	Position in WGS-84 co-ordinates, high res.	8
FX	-	Field extension indicator	-
8	I021/072	Time of Applicability for Velocity	3
9	I021/150	Air Speed	2
10	I021/151	True Air Speed	2
11	I021/080	Target Address	3
12	I021/073	Time of Message Reception of Position	3
13	I021/074	Time of Message Reception of Position-High Precision	4
14	I021/075	Time of Message Reception of Velocity	3
FX	-	Field extension indicator	-
15	I021/076	Time of Message Reception of Velocity-High Precision	4
16	I021/140	Geometric Height	2
17	I021/090	Quality Indicators	1+
18	I021/210	MOPS Version	1
19	I021/070	Mode 3/A Code	2
20	I021/230	Roll Angle	2
21	I021/145	Flight Level	2
FX	-	Field extension indicator	-
22	I021/152	Magnetic Heading	2
23	I021/200	Target Status	1
24	I021/155	Barometric Vertical Rate	2
25	I021/157	Geometric Vertical Rate	2
26	I021/160	Airborne Ground Vector	4
27	I021/165	Track Angle Rate	2
28	I021/077	Time of Report Transmission	3
FX	-	Field extension indicator	-

图3 UAP索引

分钟后才检测出来则表明检测能力不合格。

Z字形摆动报文指标通过计算数据中心(站)每天发生Z字形摆动报文的数量、比例、连续等级等参数,综合确定数据中心(站)的Z字形摆动报文指标。

大尺度偏差报文指标通过计算数据中心(站)每天发生大尺度偏差报文的数量、比例、偏差幅度等参数,确定数据中心(站)的大尺度偏差报文指标。

### 3.2 空域监视有效性

空域监视有效性方面主要关注数据连续性、数据长间隔、数据最大连续失效、服务空域覆盖范围等。可由各地区空管局使用非生产运行系统对此类指标进行分析和监控。相关指标举例说明如下:

数据连续性指标通过统计数据中心(站)每天全区ADS-B数据的连续性参数,通过算法确定数据中心(站)的数据连续性指标。

数据长间隔保持指标通过统计数据中心(站)每天全区ADS-B数据的长

间隔指标,通过算法确定数据中心(站)的长间隔指标。

### 3.3 存在性及可用性

存在性及可用性方面主要面向非生产运行类的运行品质,例如,必送数据项存在性指标、不送数据项存在性指标、选送数据项存在性指标、报文时标异常指标等。相关指标举例说明如下:

数据中心(站)必送数据项存在性指标通过统计数据中心(站)每天全区ADS-B数据中没有必送数据项的报文数量。

数据中心(站)不送数据项存在性指标通过统计数据中心(站)每天全区ADS-B数据含不送数据项的报文数量。

数据中心(站)选送数据项存在性指标通过统计数据中心(站)每天全区ADS-B数据选送数据项的报文数量和比例,确定数据中心(站)的选送数据项存在性指标。

### 3.4 稳定性

稳定性方面主要面向非生产运行类的运行品质,例如,数据中断指标、A/B链路切换频次等。相关指标举例说明

如下:

数据中断指标通过统计数据中心(站)每天全区A/B路数据完全中断的时长,确定数据中心(站)的数据中断指标。

A/B链路切换频次指标通过统计数据中心(站)每天全区A/B路自动切换的次数,确定数据中心(站)的A/B链路切换频次指标。

## 4 总结

目前,我国正处于ADS-B正式实施管制运行的初级阶段,相关技术保障人员对ADS-B技术的原理、数据流向、报文解析及数据质量和运行品质方面的掌握并不全面。随着ADS-B的广泛应用,如何对ADS-B数据质量进行日常的实时监控,保障ADS-B数据的高可用性和高可靠性,是空管监视领域的一项挑战,也是民航空管建设发展过程中的必经之路。

## 参考文献

[1] 顾春平.空中交通管制监视新技术简介[J].现代雷达,2010,32(9):1-5.  
 [2] 危力青.空管监视系统展望[J].科学之友,2013(3):144-145.  
 [3] 李露.ADS-B技术在我国通用航空中的发展与前景[C]//江苏省航空学会,上海市宇航学会,上海市航空学会,浙江省航空航天学会.第九届长三角科技论坛——航空航天科技创新与长三角经济转型发展分论坛论文集.第九届长三角科技论坛——航空航天科技创新与长三角经济转型发展分论坛论文集,2012:140-142.  
 [4] 王尔申,翟秋刚,李玉峰,等.应用Qt的ADS-B报文解析研究与实现[J].电光与控制,2018,25(4):69-73.  
 [5] 冯建锋,鱼佳欣,刘明菊,孟祥强.ADS-B Category 021报文解析软件的设计与实现[J].计算技术与自动化,2017,36(4):115-118.  
 [6] 陈晓伟.ADS-B数据格式解析[J].科技经济市场,2020(10):15-16.