工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

机场行李处理系统多源识别与 BIM 运维的数据关联设计

郎彤
中国中元国际工程有限公司　北京

DOI：10.32629/ems.v8i10.22578

[摘　要] 针对行李识别、追踪与设备运维数据衔接问题，研究 OCR、RFID、控制事件与 BIM 台账关联。提出分别管理业务、过程和资产标识，通过对象绑定、冲突处置、去重和阶段版本建立证据链。分析表明，读取成功不能等同业务完成，模型交付不能代替资产验证。运维应用应连接拓扑、报警、工单与生产恢复，并采用分层指标及完整案例验证。

[关键词] 行李处理系统；OCR；RFID；全流程追踪；BIM 运维；数据关联

[Abstract] This paper examines data association across baggage identification, tracking and BIM based maintenance. Separate business, process and asset identifiers are proposed. Object association, conflict handling, event deduplication and phase versions establish an auditable data chain. Reading success differs from business completion. Asset mapping, topology and work orders support maintenance, with operational benefits requiring validation using real records.

[Key words] baggage handling system; optical character recognition; radio-frequency identification; baggage tracking; BIM based maintenance; data association

引言

机场行李系统的信息化更新具有明显的双重属性。一方面，分拣控制需要在较短时间内完成识别、路由和放行；另一方面，运营管理需要重建一件行李经过的流程，并追查设备故障及人工交接。

技术叠加后仍需解决标签归属、重复通过、设备变更及补传时序问题。

本文围绕 OCR 与 RFID 集成识别、人工编码补充、BRS 再确认及行李数据管理平台，研究 BIM 模型与设备台账、运行数据和维护记录的关联。

1 系统边界与研究对象

1.1 识别和信息系统的设计配置

典型方案可在主线末端、分拣机导入前及直接中转导入口布置 360° OCR 与 RFID 集成读码站，在分拣机上设置 270° OCR 复核，并在装载线和转盘设置 RFID 采集点。

设计宜要求识别设备状态接入 SCADA，平台整合行李业务、设备运行、视频和能源数据，并通过消息中间件保持生产系统与管理平台的独立性。

1.2 业务追踪与设备监控的区别

行李追踪关注交接与位置，设备监控关注状态及接收条件。IATA 第 753 号决议涉及接收、装机、中转和到达等核心节点[1]，内部输送站点不能直接等同这些业务交接点。

民航旅客行李全流程跟踪系统机场端建设规范为机场端建设提供标准依据[2]。本文引用该标准作为追踪建设的背景，具体工程应核对标准的适用范围及实施版本，不能在未逐条验证的情况下宣称系统已经完全符合标准。

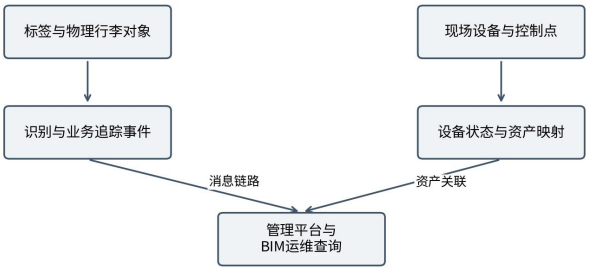


图 1　行李业务与设备运维数据的关联边界

2 多源识别的数据关联机制

2.1 三类标识分别管理

行李业务标识一般来自行李标签，并与航班报文等业务信息关联；系统内追踪标识用于区分进入输送系统的物理对象及其经过过程；设备资产标识用于连接现场设备、控制点、模型和台账。

本文建议在行李上线时生成系统内对象标识，识别站将标签候选值绑定到该对象。发生人工补码或重新贴签时，保留原候选值、有效期及修改来源，而非覆盖全部历史。

设备资产编号宜保持稳定，安装位置、控制点地址和型

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

号序列号作为可变属性。设备移位不等于资产消失，控制器更换也不意味着历史工单失效。

2.2 读码结果与物理对象绑定

RFID 可能同时读到邻近标签，OCR 可能在照片中识别到旧标签或相邻行李标签。设备输出候选值之后，仍需根据光电触发、输送速度、对象间距和读取时间窗判断其归属。

设行李对象在站点的有效观察时间窗为［ta，tb］，来自某读码源的候选事件时间为 tk，则 tk 落入时间窗只是必要条件。

2.3 识别冲突的处置逻辑

读取一致时进入业务匹配，单源有效时先核查对象绑定与标签规则。来源冲突应排查旧标签、串读及时间错位，仍不确定则人工确认，不能直接选择最快读数。

OCR 除读取条码外，还可能识别印刷航班信息。但字符识别能提供目的地候选，不等于具备完整有效的旅客、航班和检查状态信息。

2.4 人工编码应进入同一证据链

自动识别失败是正常运行中需要处理的一类状态。人工编码站应记录操作人、时间、原始候选、最终标签及修改原因，并与行李照片和系统内对象关联。

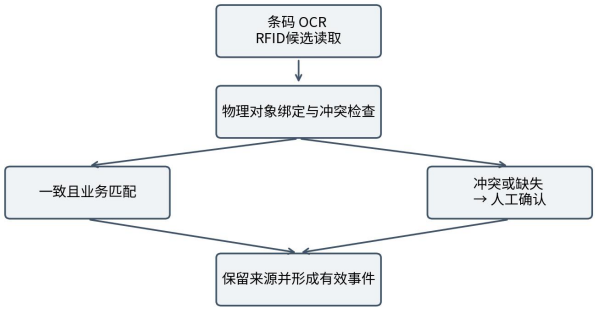


图 2　多源识别与冲突处置逻辑

3 事件数据与追踪质量评价

3.1 事件记录的最小结构

本文建议每条有效追踪事件至少包含事件编号、系统内对象标识、业务标签号、站点编号、设备资产号、事件类型、发生时间、接收时间、来源和质量状态。

控制状态与业务事件采用不同记录方式。设备运行信号可能每秒重复采样，行李通过事件则应在定义明确的边界发生。

表 1　数据质量与交付验证对象

评价对象	核心条件	验证方式
读取成功	获得有效标签候选	分层样本读码测试
对象关联	候选属于正确物理行李	与独立参考记录比对
事件完整	适用业务节点记录齐全	逐包追踪链核查
事件时序	发生与接收时间分别保存	中断补传与偏差测试
模型资产关联	现场台账模型对应	现场与模型双向抽查
运维闭环	检修与生产恢复分别确认	完整故障案例测试

3.2 去重补传与时序处理

同一行李经过一个 RFID 站可能产生多次读数，应先按对象和观察窗口聚合，再形成一次通过事件。消息重发则应使用原事件编号实现幂等处理，不宜简单按标签号与秒级时间去重，因为两次有效经过也可能非常接近。

网络中断后的补传应恢复原发生时间，并标明延迟到达。不能以接收顺序替代物理顺序，否则离线期间的早期事件可能出现在后来事件之后，形成错误路线。

3.3 指标必须分别统计

读取、正确归属与追踪完整应分别统计，目标值由业务需求和适用规范确定。

可分别定义读取率 Rr＝Nread/Neligible，正确关联率 Ra＝Ncorrect/Nread，追踪完整率 Rt＝Ncomplete/Nrequired。各计数依次指符合标签条件、有效读取、归属正确、业务应检查及获得完整必需事件的行李数。

即使两个来源的失败比例都为 2%，联合失败概率也不能直接按 0.02×0.02 计算。独立性只是一种假设，而旧标签、对象重叠或工况变化可能同时影响两个来源。

3.4 完整路径不等于可靠业务证据

一件行李在多个输送站被连续读取，能够证明部分系统内过程，却不能证明已经装入正确板箱或飞机。装机和转运环节需要由相应操作系统及手持终端采集，并明确交接责任。

争议事件保留原始与更正记录，避免破坏审计链。

4 BIM模型与设备运维关联

4.1 从几何模型转向资产关系

设计宜要求交付参数化 BIM 模型及轻量化模型，覆盖机

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

械、电气、钢平台和控制设备，并使数量、位置及运营命名与现场一致。

建议建立模型构件标识、资产号、控制点及空间位置的映射表。报警首先映射设备，再根据当前模型版本定位；配件更换记录挂接资产与部件层级，而非只挂接图片文件。

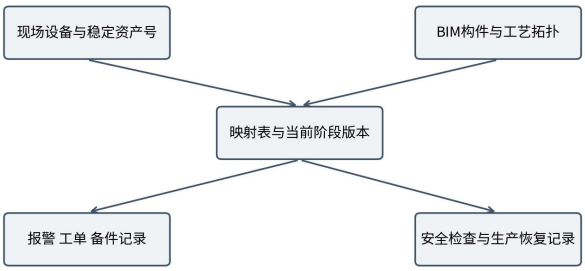


图 3　资产模型工单与生产恢复的关联关系

4.2 工艺拓扑与故障影响范围

空间邻近不等于工艺相连。一条输送线故障后，受影响设备可能跨楼层分布，而紧邻设备可能属于另一业务通路。

本文建议把影响识别结果区分为直接中断、上游阻塞风险和备用路径可达三类。显示备用路径可达，并不代表备用路径具有足够剩余能力，因此需要结合实时队列及资源占用评价。

4.3 检修工单与状态恢复

报警进入工单前应识别是否为重复告警或上游连带告警，减少同一故障生成多份任务。工单包括设备定位、故障现象、隔离范围、所需备件和恢复检查。

设计宜要求关键设备能够进入配件层级并查询技术资料、运行数据及维护记录。这一功能宜优先覆盖停机会影响关键通路的设备，而不必对全部普通构件建立同等复杂的拆解模型。

5 系统隔离与分期交付验证

5.1 生产与管理链路隔离

识别到控制器的实时链路服务生产决策，消息中间件到数据平台的链路服务查询和分析。管理平台停用时，生产系统仍应依据已批准的控制及降效规则运行。

“双向绑定”应理解为模型与设备信息可相互定位，不自动意味着三维界面具有任意控制权限。设备控制需要独立的权限、联锁和操作确认。

5.2 改造阶段版本与最终交付

不停航改造存在旧、临时和新系统并存的情况，同一值机岛在不同阶段使用不同主线路由。数据平台应保存阶段有效时间及站点映射，新线路上线前先核对设备号和事件来源；临时设备拆除后停止接收其当前状态，但保留历史查询能力。

最终交付应覆盖接口文档、数据字典、设备映射、模型版本及测试证据。验收不宜仅按功能菜单是否存在判定，而应选取完整案例：一件普通行李正常分拣、一件冲突标签行李人工处理、一段网络中断后的补传，以及一台设备维修后的恢复。

5.3 测试样本与研究局限

识别测试应按始发与中转、普通与异常标签、稀疏与紧邻输送分组，关联测试应使用独立参考记录确认真实对象。工单测试应选取不同区域及不同设备类别。

本文提供设计框架，未验证实际识别收益和检修节约，后续需关联运行样本、错分及恢复时间进行检验。

数据关联验收宜采用独立参考记录核对标签、物理对象和事件顺序，覆盖重复读取、旧标签、补码及断网补传。发现关联错误时，应区分采集、传输和业务匹配原因，保留原始事件及更正依据，避免仅修正界面显示。

工单闭环应分别记录维修结束与生产恢复时间。设备修复后，确认隔离解除、联锁有效及带包测试通过，才能恢复接收。模型、台账和备件记录同步更新；控制点变化时复核映射，确保后续报警仍能定位正确设备。同时保留版本变更记录。

6 结论

多源识别的可靠性取决于候选标签与物理对象的正确绑定。条码、OCR 和 RFID 互相补充，但冲突处理、人工更正与报文核验必须进入同一证据链，读取成功不能直接等同于业务完成。

行李业务标识、系统内追踪标识和设备资产标识分别管理，可减少重复通过、重新贴签和设备变更引起的历史混乱。事件时间、质量状态及阶段版本，是解释不停航改造过程数据的必要条件。

BIM 运维应以资产映射和工艺拓扑为基础，连接报警、备件、检修与生产恢复。模型与设备互相定位的功能，应与生产控制权限明确区分。

[参考文献]

[1]中国民用航空局. 民航旅客行李全流程跟踪系统 第 1 部分 机场端建设规范 MH/T 1076.1—2023.

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.