

高高原航线运行控制研究

叶右军

(西藏航空有限公司运行控制部, 成都 610225)

摘要: 全球的高高原机场里, 中国高高原机场数量所占的比例最高, 且是运行难度最大的区域。为了更好地对高高原机场的航线进行运行控制, 实现航班运行风险在可接受的水平, 达到航班运行安全高效的目的, 对空客 A319-115 机型在高高原航线的运行控制, 从人、机、环、管 4 个维度做了深入的研究分析。结果表明, 高高原机场的运行环境是复杂多变的, 高高原航线运行风险大, 需要对不同的风险进行精准的运行控制。

关键词: 空客 A319-115; 高高原航线; 运行控制

中图分类号: V328 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)08-0255-08

根据中国民用航空局咨询通告《航空承运人高原机场运行管理规定》(AC-121-21)^[1]及《高原机场运行》(AC121-FS-2015-21R1)^[2]规定, 机场海拔高度在 2 438 m(8 000 ft) 含以上的机场为高高原机场。截止 2022 年底, 全球范围内的高高原机场有 50 个^[3], 主要分布在青藏高原、云贵高原和南美洲的安第斯山脉一带, 国外高高原机场主要分布在尼泊尔、秘鲁、玻利维亚等国, 中国是拥有高高原机场最多的国家, 在中国 254 个民用运输机场(港澳台地区数据另行统计)中高高原机场共有 23 个, 占全球总数量的 46%。高高原机场海拔高, 氧气稀薄, 地形复杂, 净空条件差, 受日照强烈且不均, 气候多变, 飞行程序复杂, 导致飞机性能衰减, 在飞行过程中操作困难, 运行控制难度大。

在高高原科学研究方面。国外学者对高高原航空科学研究鲜见, 主要关注在高原对人的影响及气候环境的分布。2019 年, Kukulies 等^[4]根据卫星观测数据, 研究了青藏高原上空对流和降水的时空变化, 结果表明, 高原一般以低层单层云和层状云类型为主。2021 年, Nelson 等^[5]认为健康儿童在到达高原后数小时内可能出现急性高山病(acute mountain sickness, AMS), 极少数病例可能出现严重并发症, 包括高原肺水肿和高原脑水肿。低海拔地区刚生产完的产妇到高原可能需要很长的时间来完成产后适应。儿童和青少年乘坐商用飞机出行需要意识到低氧的潜在风险。2023 年, Mallet 等^[6]总结了急性高海拔暴露及相关环境适应的系统生理反应, 以及在各种高海

拔疾病(high-altitude illnesses, HAIs)的流行病学和病理生理学基础上, 重点介绍急性高海拔/缺氧暴露和环境适应过程中的分子调节和失调。2023 年, Lavrentive 等^[7]对 2017 年夏季在西埃爾布魯斯高原(中高加索地区)进行的地基高频雷达调查数据显示, 积雪具有很大的变异性, 也具有季节性差异。对积雪场的分析表明, 高原中部积雪少于东部和西部。在一年中的暖期, 积雪平均高于冷期。

国内学者对高高原航空科学研究主要集中在对机场及航空器的研究。2011 年, Zhang^[8]分析了影响高原机场飞行安全和飞行控制的各种因素, 以及高原机场飞行中存在的问题, 指出了在高原机场缺氧条件下修改飞行员模型的必要性, 提出了高原机场条件下闭环稳定性分析方法。2017 年, Zhen 等^[9]为了研究冬季地面辐射供暖的青藏高原机场航站楼室内热环境特征, 对拉萨贡嘎机场 2 号航站楼的室内热环境进行了现场测量。通过北京和拉萨的气象参数比较, 分析了青藏高原独特的气候特征。对空气温度、黑球温度、各区域相对湿度、外壳内表面温度等热环境参数进行了测量和分析。同时, 测量了垂直方向上的温度和相对湿度。研究结果可为我国青藏高原终端热环境的设计和调控提供指导。2020 年, Shao 等^[10]提出了一种评估高原机场跑道偏移事故风险的方法, 将校正模型与贝叶斯网络相结合, 考虑了高高原机场起飞和降落所需的跑道长度、特定环境温度和风速, 计算概率。结果表明, 高高原机场跑道偏移事故的风险受温度

收稿日期: 2024-01-23

作者简介: 叶右军(1992—), 男, 四川绵阳人, 硕士, 研究方向为航班运行控制、航空器碰撞风险。

和风速的影响较大。2020年,Shao等^[11]研究了高原机场拉萨机场鸟击的隐患,利用地理信息系统(geographic information system, GIS)对拉萨机场6 km、13 km和25 km半径范围内的鸟类数据进行分类和栅格化,并根据西藏2015—2019年的鸟类观测数据和拉萨机场的鸟击数据,计算出拉萨机场6 km、13 km和25 km范围内的月鸟击风险指数(BRI)。结果表明,拉萨机场环境因素的时间非平稳效应比空间非平稳效应更显著。2021年,贺元骅等^[12]在康定机场与海拔470 m的实验室开展了FXL型航空电缆低压与常压条件下的燃烧实验,揭示了低压环境下飞机电缆燃烧特性。2022年,陈农田等^[13]从国内外高原人因工程理论研究现状出发,分析了高原航空运行特性及关键风险,结合SHELL模型综述了高原航空人为因素、航空器适航安全性、航空运行环境及航空运行规章标准研究成果。李嘉铭和邵荃^[14]根据拉萨贡嘎国际机场2011—2016年间的气象地形条件建立仿真飞行环境,以B737-700机型为例,结合飞行员决策结果差异对部分信息条件缺省的航空器迫降飞行过程进行计算模拟,确定航空器搜寻区域的范围和优先级。陈农田等^[3]基于快速存取记录器(quick access recorder, QAR)记录的高高原飞行数据,提出了基于熵权可变模糊识别的长短期记忆循环神经网络(long short-term memory recurrent neural network, LSTM-DNN)深度学习民机高原进近着陆风险评估方法。以成都—拉萨航线进近着陆航段为例,对该风险评估模型进行训练与测试,并与Logistic多元回归、支持向量机(support vector machines, SVM)等评估方法结果比较,验证了该风险评估方法客观有效性。2023年, Yang^[15]提出了一种用于执行要求特殊授权所需的导航性能(required navigation performance authorization required, RNP-AR)进近程序的三维精确制导指令生成方法,并基于九寨黄龙机场的RNP-AR进近程序进行了仿真。2023年, You等^[16]研究了高压氧(HBO)对急性高原病,包括急性高原病(AMS)、高原脑水肿(HACE)和高原肺水肿(HAPE)的影响,并总结了目前试验的结果。结果表明, HBO预处理可能是急性高原疾病安全有效的预防方法。2023年, 马俊豪等^[17]研究了高原环境下富氧对纸箱燃烧特性的影响。在自主设计的低压富氧舱中开展纸箱着火实验,对燃烧过程中的质量燃烧速率、火焰形态和火焰温度等参数进行测量,结果表

明通过富氧能明显减弱低压对纸箱燃烧的抑制作用,火灾危险性也随之增大。

关于高原航线运行控制研究在国内外的文献较少。2018年,张序等^[18]根据日喀则和平机场的特点,结合成拉复线空域调整方案,对成都—日喀则航线运行控制进行了研究,确定了航线的油量政策,优化了航线飘降释压程序。国内针对高原运行控制全面性的研究较少,本文从人、机、环、管4个维度对高原航线运行控制进行了分析研究,为有效实施高原航线运行控制风险管控提供参考。

1 研究对象简介

1.1 高原机场

高原机场因其特殊性质,民航局对航空公司在高原机场运营设定了特定的准入条件^[1-2]。根据中国民用航空局咨询通告《航空承运人特殊机场的分类标准及运行要求》(AC-121-FS-17R2)^[19]和信息通告《境内外特殊机场名单》(IB-FS-OPC-001)^[20],目前中国共有19个特殊机场,需关注的机场6个,其中高原机场14个,大部分高原机场是中国民用航空局认定的特殊机场和需关注的机场。为了加大安全裕度,基本上中国的航空公司均认定高原机场为公司级的特殊机场,在航班运行控制过程中需要重点关注。因高原机场及航线的特殊性,部分不安全事件如表1所示。

根据中国民用航空局《2022年全国民用运输机场生产统计公报》^[21]及《国内航行资料汇编》^[22],中国高原机场列表(机场飞行区等级4C及以上)如表2所示,按机场标高从高到低依次排序。

1.2 高原机场的地理位置

我国高原机场主要分布在西藏(7个)、青海(6个)、四川(5个)、云南(2个)、甘肃、湖北和新疆各1个。高原地形复杂,为因地制宜,机场大多建

表1 高原航线部分不安全事件

序号	发生时间	事件经过
1	2016年5月	A319飞机执行双流-康定航班在康定机场跑道外接地复飞返航双流安全落地
2	2018年5月	A319飞机执行重庆-拉萨航班在巡航阶段右座风挡脱落,飞机释压紧急下降且需要避免与障碍物相撞,备降双流安全落地
3	2018年10月	B737飞机执行重庆-拉萨航班襟翼卡阻终止进近,因受航路限制,无法备降其他机场,盘旋耗油后安全落地拉萨
4	2023年2月	A319飞机执行拉萨-重庆、B737飞机执行拉萨-绵阳航班,均在拉萨机场起飞后不久发生剧烈颠簸,后安全落地目的地机场

在河谷或山顶附近,建在河谷附近的机场如图 1 所示的拉萨贡嘎机场,建在山顶附近的如图 2 所示的九寨黄龙机场。中国高高原机场地理位置分布如图 3 所示。

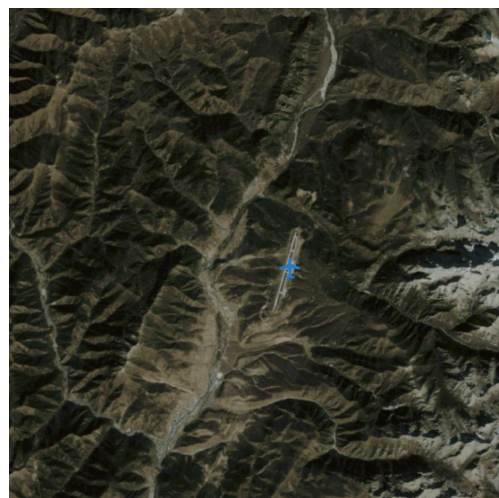
表 2 中国高高原机场一览

序号	机场名称(ICAO 代码)	所在地	标高/ m	跑道长 度/m	通航 时间
1	稻城亚丁机场 (ZUDC)	四川	4 411.0	4 200	2013 年
2	昌都邦达机场 (ZUBD)	西藏	4 332.9	4 500	1995 年
3	日喀则定日机场 (ZUDR)	西藏	4 316.5	4 500	2022 年
4	阿里昆莎机场 (ZUAL)	西藏	4 274.1	4 500	2010 年
5	甘孜康定机场 (ZUKD)	四川	4 236.3	4 000	2007 年
6	甘孜格萨尔机场 (ZUGZ)	四川	4 067.0	4 000	2019 年
7	山南隆子机场 (ZUSH)	西藏	3 951.3	4 500	2022 年
8	玉树巴塘机场 (ZLYS)	青海	3 904.8	3 800	2009 年
9	果洛玛沁机场 (ZLGL)	青海	3 787.6	3 800	2016 年
10	日喀则和平机场 (ZURK)	西藏	3 800.8	5 000	2010 年
11	拉萨贡嘎机场 (ZULS)	西藏	3 570.8	4 000	1965 年
12	阿坝红原机场 (ZUHY)	四川	3 539.7	3 600	2014 年
13	九寨黄龙机场 (ZUJZ)	四川	3 447.7	3 370	2003 年
14	宁蒗泸沽湖机场 (ZPNL)	云南	3 292.9	3 400	2015 年
15	香格里拉迪庆机场 (ZPDQ)	云南	3 287.9	3 600	1999 年
16	塔什库尔干红其拉甫机场 (ZWTK)	新疆	3 258.4	3 800	2022 年
17	甘南夏河机场 (ZLXH)	甘肃	3 189.8	3 200	2013 年
18	海北祁连机场 (ZLHB)	青海	3 162.9	3 400	2018 年
19	林芝米林机场 (ZUNZ)	西藏	2 950.4	3 000	2007 年
20	海西花土沟机场 (ZLHX)	青海	2 905.4	3 600	2015 年
21	海西德令哈机场 (ZLDL)	青海	2 862.0	3 000	2014 年
22	格尔木机场 (ZLGM)	青海	2 843.0	4 800	1974 年
23	神农架红坪机场 (ZHSN)	湖北	2 584.8	2 800	2014 年



审图号为 GS(2023)336 号,底图无修改

图 1 拉萨贡嘎机场



审图号为 GS(2023)336 号,底图无修改

图 2 九寨黄龙机场

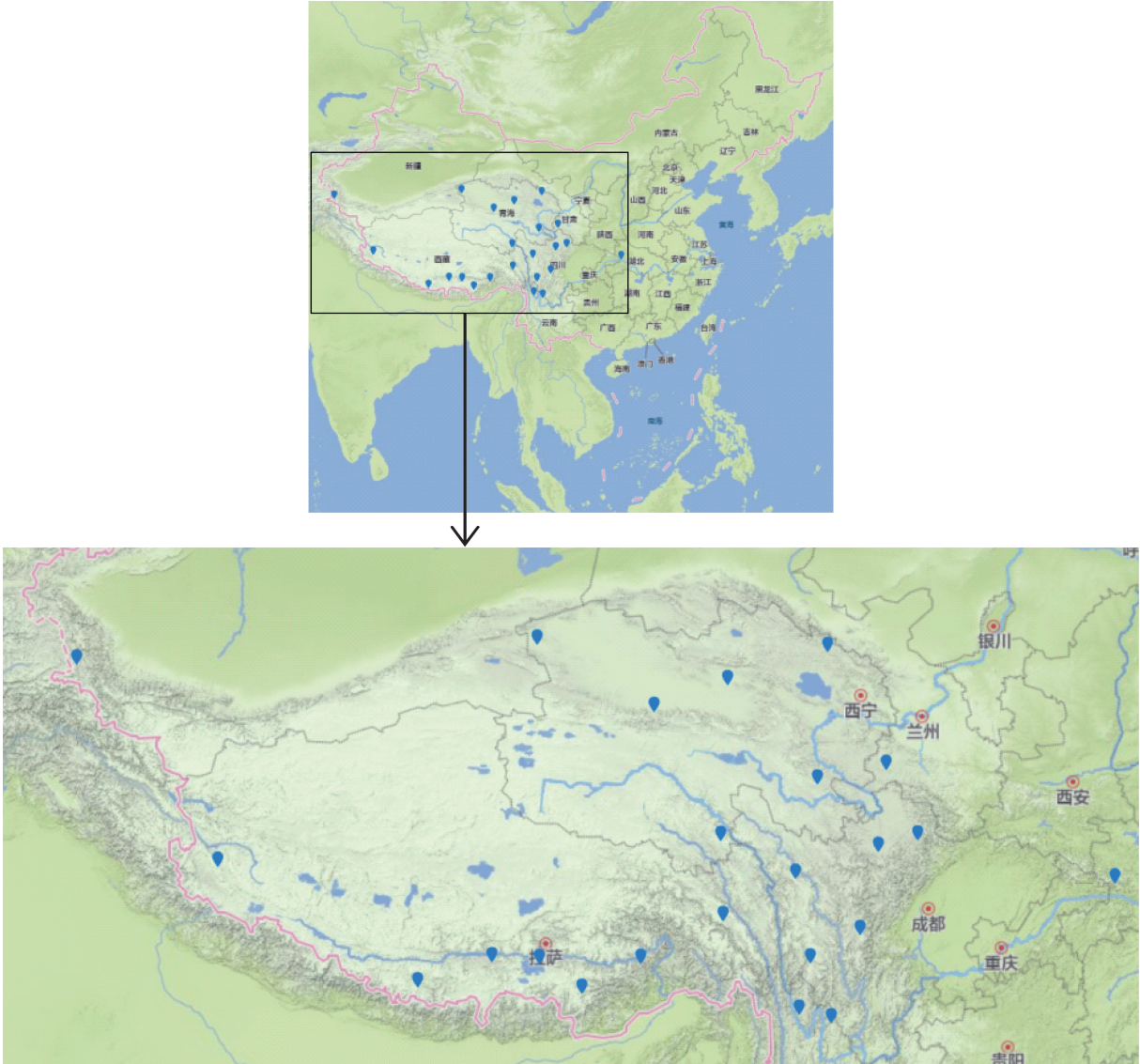
2 高高原航线运行控制的特点

2.1 高高原航线的燃油量政策

高高原的机场分布少,地形复杂,气象条件多变,障碍物高且部分机场导航、灯光、保障设施落后。航线油量的多少会受到多种因素的限制,如飞机性能、气象、机场特点、有无加油设施等。在满足《大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则》(CCAR-121-R7)^[23]燃油量政策的同时,针对高高原机场,需要做进一步的燃油政策研究。

2.1.1 目的地机场无法加油的燃油量政策

由于高高原地形复杂,不利于物流的运输,各种运输成本高,其中也包括燃油运输成本,且高高原机场大部分离城市距离较远,如昌都机场到昌都市区距离 126 km。昌都机场不提供加油设施,在制作飞往昌都机场的航班飞行计划油量时会将最后一



审图号为 GS(2023)1 号,底图无修改

图 3 中国高高原机场地理位置分布

段航班的油量一同计算。在有关昌都机场的高高原航线中,具有代表性的航线为拉萨-昌都,需要先计算昌都-拉萨的飞行计划,再计算拉萨-昌都的飞行计划。虽然拉萨-昌都的飞行时间为 1 h 左右,油量消耗少,但油量携带多,航线又受到拉萨机场和昌都机场起飞性能的限制,夏天的拉萨=昌都航线经常发生减载的情况。

2.1.2 目的地机场为孤立机场的燃油量政策

根据 CCAR-121-R7 规章规定,无可备降机场的特定目的地机场为孤立机场。目的地为拉萨机场的航线一般不会选择西藏的其他机场作为备降场,由此拉萨机场可以视作孤立机场。如成都-拉萨航线,考虑到西藏机场的气象条件及运行限制,在制作飞行计划时,会基于西藏其他机场不接收航

班备降,航班需要飞往成都、重庆等区外机场备降,航班的酌情携带燃油比一般的平原航班多。

2.1.3 受性能限制的固定燃油量政策

高高原航线油量受多种因素的限制。如拉萨-阿里航线,在制作飞行计划时,会考虑到阿里机场无法落地,且飞往拉萨备降时拉萨机场无法接收备降,航班飞往成都方向的情况,再考虑到航线飘降点的重量和阿里机场落地重量等性能方面的限制,此航段的油量是固定的。

2.1.4 空客 A319-115 机型油箱容量限制的燃油量政策

空客 A319-115 机型的油箱容量为 19 t。在北京-拉萨和南京-拉萨航线中,由于受到机型油箱容量的限制,在制作飞行计划的时候会将油箱加满,

在落地拉萨机场的油量少于其他落地拉萨航线油量,针对此种情况,需要制作相应的监控措施,重点关注油量的变化以及目的地机场的天气,如果拉萨机场天气不满足降落标准,飞机盘旋等待时间要比其他航线要短,需要机长和签派工程师共同决策,提前做好航班备降的准备。

2.2 高高原航线的备降场选择

备降场分为起飞备降场,航路备降场和目的地备降场,不同航空公司航路备降场的具体规定不一样。

2.2.1 高高原航线的起飞备降场

当飞机从高高原机场起飞时,由于受到 CCAR-121-R7 规章的限制,即双发飞机的起飞备降场需要在单发时在标准大气环境下飞行 1 h 的距离内,但高高原机场分布较少且距离远、环境复杂。昼间运行期间,航班从拉萨贡嘎起飞时,可以选择日喀则和平机场作为起飞备降场。西藏除了拉萨贡嘎机场均不能夜航,例如夜间从拉萨起飞,无法选择起飞备降场。

2.2.2 高高原航线的目的地备降场

如拉萨-阿里航线,根据 CCAR-121-R7 121.643 条规章限制,阿里昆莎机场只有一种 RNPAR 进近程序,若拉萨的传统进近程序无法使用,则不能选择拉萨作为目的地备降场。目的地备降场的选取一般为非高高原机场或非特殊机场。

2.2.3 高高原航线的航路备降场

因考虑到飞机性能方面的单发升限和供氧时间,大部分涉及高高原的航线需要制作释压、飘降程序,CCAR-121-R7 121.191 规章明确规定有飘降程序的航线须选择飘降航路备降场。双流-昌都航线,因为航程短,而西藏航空 A319-115 机型氧气瓶的供氧时间为 55 min,在发生释压时,有足够的时间下降到特定的高度 10 000 ft(1 ft $\approx$ 0.304 8 m),所以不需要制作释压程序;因 A319-115 机型的单发升限足以使飞机越过航路最低安全高度且具有正梯度,所以不需要制作飘降程序。

2.3 高高原机场的气象条件

高高原机场的气象条件复杂多变。拉萨贡嘎机场是典型的高高原机场,其复杂的气象条件对航空公司的运行控制造成了诸多困难。拉萨机场的气候特点为春风、夏雨、秋晴、冬干。夏天雷雨季的航班运行是拉萨机场一年之中最困难的运行控制时期,时间在每年的 6—9 月,夏季的青藏高原气流不稳定,易形成热力型雷暴和系统性雷暴,热力型雷暴主要分布在

17:00—20:00,系统性雷暴主要分布在 20:00—23:00。热力型雷暴可以在短时间内形成,覆盖拉萨机场本场或跑道两端的进近航路,也可以在短时间内消散,一个雷雨过程大致 1~2 h,消散后有约 1 h 的间隙期,后继续形成雷雨。秋季是拉萨机场一年中气象条件最稳定的季节,以晴天为主。

拉萨机场冬春季运行控制的难点主要表现为航空器除防冰,扬沙、浮尘对能见度的影响,风切变对起飞、进近的影响和大风天气对机型风速限制的影响。扬沙、浮尘对能见度影响较大,截至 2023 年 11 月,拉萨机场 RNPAR 进近程序能见度标准为 5 km。当出现沙暴、尘暴天气时,考虑到该天气对飞机发动机及其他设备的影响,应避免进入。当机场出现风切变时,飞机也应避免继续起飞或进近,拉萨当出现大风天气时,如果正侧风超过规定的机型风速限制,不能继续起飞或进近。

其他高高原机场典型的气象特征有邦达机场的降雪、跑道积冰、低温;林芝机场的全年时段的低云,午后大风天气;阿里机场的低温,大风乱流。

由于大部分高高原机场主用 RNPAR 程序,进近程序的导航方式为气压式垂直导航(Baro-VNAV),没有装配温度补偿系统的航空器将会有运行温度的限制^[24]。例如拉萨机场,西藏航空 A319-115 机型最高运行温度是 31℃,最低运行温度是-25℃。受飞机起降包线的限制,部分机场的修正海平面气压(query normal height, QNH)也是有限制的,如昌都机场的 QNH 不能低于 1 003 hPa。

2.4 高高原航线的机型选择

飞高高原航线的飞机需要经过特殊的改装,如发动机的推力、氧气的配备、通信导航设施的改装。

2.4.1 机型起降包线

高高原机场的标高需要在飞机的起降包线内,根据空客《飞机飞行手册》^[25]的限制,空客 A320-214 机型起降包线为-2 000~9 200 ft,没有达到拉萨机场的标高,则不能在拉萨机场起降;空客 A319-115 机型起降包线为-2 000~12 500 ft,稻城亚丁机场的标高在起降包线范围内,是可以运行的。

2.4.2 机型供氧系统

飞机的供氧系统应当符合所运行高原机场及航路的应急下降和急救用的补充氧气要求,并且满足机组人员在着陆后至下一次起飞前的必要供氧要求。对于旅客供氧系统,普通平原航线可以在 10 min 左右下降到 10 000 ft,而高高原航线因航路安全高度高、地形复杂,无法在短时间内下降到

10 000 ft,对供氧有一定的时间要求,西藏航空 A319-115 机型为 6 个氧气瓶供氧,持续时间为 55 min。当 A319-115 在海拔高于 3 600 m(12 000 ft)以上过站时,需要配备 12 瓶便携式氧气瓶,以便机组持续用氧。

2.4.3 高高度电门

当座舱压力高度大于 14 000 ft 时,飞机会自动释放氧气面罩,为了避免飞机在海拔高度大于 14 000 ft 的机场(如昌都机场标高为 14 472 ft)降落开舱门后释放氧气面罩,飞机会安装高高度电门。

2.4.4 通讯导航设施

CCAR-121-R7 121.97 条规章要求,航空公司需要在 4 min 内建立独立于空管系统的可靠的语音通信,而高高原机场地处偏远山区,甚高频(very high frequency, VHF)的传播距离不够远,高频(high frequency, HF)信号的传播易被高高原地形遮蔽,因此,飞机上安装卫星电话是可靠稳定的选择。对于高高原的进近程序,需要高精度的卫星导航,如 RNP AR 进近程序,导航精度为 0.1~0.3 nmile(1 nmile≈1 852 m),对飞机导航设备有更高的要求^[26],执行 RNP AR 运行的所需的最低设备如表 3 所示。

2.5 高高原航线运行关键人员训练的要求

参与高高原航线运行的关键人员,如签派工程师、飞行机组、机务维修人员、乘务员,都需要经过一系列培训考核才能履行相应的职责^[27-28],相关人员训练要求如表 4 所示。根据《高原机场运行》规定,高高原航线运行的应至少配备 3 名飞行员,至少包含 1 名机长和 1 名资深副驾驶^[2]。

表 3 执行 RNP AR 运行的所需的最低设备

序号	执行 RNP AR 运行的所需的最低设备
1	2 部飞行管理和导航计算机(FMGC)
2	2 部多功能控制显示组件(MCDU)
3	2 部飞行指引仪(FD)
4	2 部自动驾驶仪(AP)
5	2 部飞行增稳计算机(FAC)
6	2 部升降舵副翼计算机(ELAC)
7	2 部缝翼襟翼控制计算机(SFCC)
8	2 部无线电高度表(RA)
9	2 部有水平偏离指示(L/DEV)和垂直偏离指示(V/DEV)显示的主飞行显示器(PFD)
10	2 部导航显示器(ND)
11	2 部有多模式接收机(MMR)的 GPS
12	3 部飞机综合数据系统(ADIRS)处于 NAV 模式
13	1 部具备地形显示的地形感知和警告系统(TAWS)
14	1 部带双通道的飞行控制组件(FCU)

表 4 高高原航线运行关键人员训练要求

运行关键人员	训练要求
签派工程师	从事高原机场签派放行的签派员在初始和年度复训时应增加针对高原机场签派放行和运行监控方面的有关内容
飞行机组	训练提纲应包括首次进入高原机场运行训练、复训和重获资格训练等内容。首次进入高高原机场运行的训练,应包含《高原机场运行》附录一的全部内容。十二个日历月没有高高原起降经历的机长,再次进入高高原运行前应完成相应的重获资格训练
机务维修人员	培训内容:高高原机场运行维修检查单或航线检查单中增加的特检项和最低设备清单(MEL)中涉及高高原机场放行调整的项目;本单位涉及高高原机场运行的相关手册、程序和工作单等。每两年进行一次复训
乘务员	训练大纲应包括首次进入高原机场运行训练和复训(首次进入高原机场运行训练内容参见《高原机场运行》附录二),每 24 个日历月应参加一次高原机场运行复训

2.6 高高原航线的飞行程序

高高原航线的进离场飞行程序和进近飞行程序绝大部分都是基于性能的导航(performance based navigation, PBN)飞行程序,因为高高原地形易遮蔽信号且导航设施落后,全球卫星导航系统(global navigation satellite system, GNSS)就成了最佳的导航方式。飞行程序的设计需要因地制宜,如拉萨、林芝机场的进离场程序是沿着河谷设计的。飞机运行 PBN 程序,需要接收至少 5 颗卫星的完整导航信号,接收机自主完整性监测(receiver autonomous integrity monitoring, RAIM)是运行 PBN 程序的基础,空客 A319-115 采用星基增强系统(satellite-based augmentation system, SBAS),如果在终端区 RAIM 预测空洞时间在 5 min 以上,根据中国民用航空局咨询通告《在航路和终端区实施 RNAV1 和 RNAV2 的运行指南》^[29]、《在终端区和进近中实施 RNP 的运行批准指南》^[30],则不能执行 RNP 程序,可以采取改用传统导航方式,或延误航班、改航和取消航班来避开 RAIM 预测空洞时间段。

2.7 高高原机场的起飞落地重量限制

高高原机场起飞,为了给飞机提供足够的推力,A319-115 机型使用关空调起飞,为了避免飞机起飞后座舱压力告警,不能同时关闭 2 个空调组件,且需要辅助动力装置(auxiliary power unit, APU)工作为飞机提供增压。当温度达到一定数值时,飞机的性能衰减,起飞重量和落地重量会受到限制,达不到飞机的结构限制重量,常常会出现减载的情

况,特别是夏天的拉萨贡嘎机场、阿里昆莎机场和昌都邦达机场。

高高原航线的重量限制会受到航路飘降点重量、起飞性能分析重量、落地性能分析重量三者共同的限制,最终可以执行的重量会采用安全裕度最大的重量限制。为了提高航班在高高原机场起飞的业载,通常可以考虑修正气压、等待温度降低、减少油量、使用不同的起飞飞行程序、更换跑道起飞、更换干使用重量较轻的飞机等方法来实现。

2.8 高高原机场运行时间限制

因为高高原机场导航、灯光、保障设施能力薄弱,地形复杂,大部分机场只能在昼间时间段内运行,即不能夜航。考虑到午后日照分布不均匀,部分机场易出现大风乱流等不确定性因素,其运行时间段不会在午后。不能夜航的机场需要签派工程师结合航线单发飘降程序和座舱释压紧急下降程序,须准确计算飞往航线决断点的飞行时间,最后计算出起飞后需要返航落地的时间,且落地时间段内不能在夜航时段内。

3 结语

因全球地理位置关系,中国高高原机场数量众多,分布广泛,且每一个高高原机场都有其专属特点,高高原航线的运行风险多而杂,需要从不同的方面对各种运行风险进行控制,特别是人、机、环、管4个维度进行分析。对高高原机场的运行控制研究需要持续加大力度,完善每一个高高原航线的安全隐患和危险源排查,通过开发运行控制系统硬件和软件给参与高高原航线运行控制的相关人员提供有力支撑,以更加科学的方法来完善每一个高高原机场的运行控制,实现高高原航线运行的安全高效。

参考文献

- [1] 中国民用航空局飞行标准司. 航空承运人高原机场运行管理规定 (AC-121-21) [S]. 北京: 中国民用航空局, 2007.
- [2] 中国民用航空局飞行标准司. 高原机场运行 (AC-121-FS-2015-21R1) [S]. 北京: 中国民用航空局, 2015.
- [3] 陈农田, 满永政, 李俊辉. 基于 QAR 数据的民机高高原进近着陆风险评估方法[J/OL]. 北京航空航天大学学报: 1-12[2023-11-01]. <https://doi.org/10.13700/j.bh.1001-5965.2022.0186>.
- [4] KUKULIES J, CHEN D, WANG M. Temporal and spatial variations of convection and precipitation over the Tibetan Plateau based on recent satellite observations. part I: cloud climatology derived from CloudSat and CALIPSO[J]. International Journal of Climatology, 2019, 39(14): 56-72.
- [5] NELSON V, ADRIANA A, ALEXANDRA H. High-altitude illnesses and air travel: pediatric considerations[J]. The Pediatric Clinics of North America, 2021, 68(1): 305-319.
- [6] MALLET T R, JOHANNES B, VINCENT P, et al. Molecular mechanisms of high-altitude acclimatization[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2023, 24(2): 1688-1698.
- [7] LAVRENTIEV I I, KUTUZOV S S, MIKHALENKO V N, et al. Spatial and temporal variations of snow accumulation on the Western Elbrus Plateau, the Central Caucasus[J]. Water Resources, 2023, 49(S1): 1-11.
- [8] ZHANG Z Y. Flying control and safety on plateau airports[J]. Procedia Engineering, 2011(17): 97-103.
- [9] ZHEN J L, LU J, HUANG G Q, et al. A field study on the indoor thermal environment of the airport terminal in Tibet Plateau in winter[J]. Journal of Engineering, 2017(4): 1-13.
- [10] SHAO Q, YANG M, XU C, et al. Fire risk analysis of runway excursion accidents in high-plateau airport[J]. IEEE Access, 2020(8): 204400-204416.
- [11] SHAO Q, ZHOU Y, ZHU P. Spatiotemporal analysis of environmental factors on the birdstrike risk in high plateau airport with multi-scale research[J]. Sustainability, 2020, 12(22): 1-18.
- [12] 贺元骅, 阳邦, 张政, 等. 低压环境下航空电缆点燃性能及烟气特性[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(6): 2545-2549.
- [13] 陈农田, 宁威峰, 满永政, 等. 高高原航空人因工程理论研究进展[J]. 科技导报, 2022, 40(5): 105-114.
- [14] 李嘉铭, 邵荃. 基于决策场和动力学的航空器搜寻区域划设[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(26): 11721-11728.
- [15] YANG L, ZHAI S, LI G, et al. Generation of guidance commands for civil aircraft to execute RNP AR approach procedure at high plateau[J]. Aerospace, 2023, 10(5): 168-179.
- [16] YOU J H, CHEN X X, ZHOU M, et al. Hyperbaric oxygen preconditioning for prevention of acute high-altitude diseases: fact or fiction? [J]. Frontiers in Physiology, 2023, 14: 1019103.
- [17] 马俊豪, 汤婧, 张晓宇, 等. 高高原环境下富氧对纸箱燃烧特性的影响[J]. 西北工业大学学报, 2023, 41(4): 812-819.
- [18] 张序, 郝帅, 周川, 等. “成都一日喀则”往返航线运行控制研究[J]. 交通运输研究, 2018, 4(2): 50-57.
- [19] 中国民用航空局. 航空承运人特殊机场的分类标准及运行要求: AC-121-FS-17R2[S]. 北京: 中国民用航空局, 2020.
- [20] 中国民用航空局飞行标准司. 境内外特殊机场名单 (IB-FS-OPC-001) [S]. 北京: 中国民用航空局, 2020.

[21] 中国民用航空局. 2022 年全国民用运输机场生产统计公报[EB/OL](2023-03-16)[2023-12-20]. https://app.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/TJSJ/202303/t20230317_217609.html.

[22] 中国民用航空局情报中心. 国内航行资料汇编(NAIP)[S]. 北京: 中国民用航空局, 2023.

[23] 中国民用航空局. 大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则: CCAR-121-R7[S]. 北京: 中国民用航空局, 2021.

[24] 中国民用航空局飞行标准司. 实施要求授权的所需导航性能(RNP AR)飞行程序的适航和运行批准指南: AC-91-FS-2018-05-R1[S]. 北京: 中国民用航空局, 2018.

[25] 空中客车公司. 飞机飞行手册[S]. 成都: 空中客车公司, 2022.

[26] 空中客车公司. 飞行机组操作手册[S]. 成都: 空中客车公司, 2022.

[27] 民航西南地区管理局. 民航西南地区高原、特殊机场运行指南[R]. 成都: 民航西南地区管理局, 2011.

[28] 民航西南地区管理局. 民航西南地区高高原运行指导意见(试行)[R]. 成都: 民航西南地区管理局, 2020.

[29] 中国民用航空局飞行标准司. 在航路和终端区实施 RNAV1 和 RNAV2 的运行指南: AC-91-FS-2008-09[S]. 北京: 中国民用航空局, 2008.

[30] 中国民用航空局飞行标准司. 在终端区和进近中实施 RNP 的运行批准指南: AC-91-FS-2010-01R1[S]. 北京: 中国民用航空局, 2010.

Research on Operation Control of High Plateau Airlines

YE Youjun

(Operation Control Department of Tibet Airlines, Chengdu 610225, China)

Abstract: In the world’s high plateau airports, the number of high plateau airports in China accounts for the highest proportion, and it is the most difficult area to operate. In order to better control the operation of the high-plateau airport, realize the flight operation risk at an acceptable level, and achieve the purpose of safe and efficient flight operation, in-depth research and analysis was made on the operation control of Airbus A319-115 in the high-plateau airline from the four dimensions of human, aircraft, environment and management. The results show that the operation environment of high plateau airport is complex and changeable, and the operation risk of high plateau airlines is high, which requires the precise operation control of different risks.

Keywords: airbus A319-115; high plateau airlines; operation control