

# Flight Performance Analysis on High Plateau Airport Inspection

## —Take Ganzi Gesser Airport as an Example

Peng Liu<sup>1</sup>, Yueqi Cao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Flight Inspection Center of CAAC, Beijing

<sup>2</sup>Beijing Capital International Airport Company Limited, Beijing

Email: 1500703881@qq.com

Received: Jun. 11<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jul. 6<sup>th</sup>, 2020; published: Jul. 13<sup>th</sup>, 2020

---

### Abstract

To ensure the safe and efficient operation of the airport, it is necessary to check its navigation facilities. Inspection flight is to check the value of airport navigation facilities during flight. Combined with the complex characteristics of high plateau airport, it is more necessary to analyze its flight performance. Taking Ganzi Gesser Airport as an example, this paper analyzes the four aspects of the EOSID, drift down procedure, takeoff performance and landing performance. It obtains the main factors of the operation restriction of the high plateau airport. It can increase the safety margin of the inspection flight of the high plateau airport. The paper can be regarded as the theoretical reference for the inspection of the high plateau airport.

### Keywords

Inspection Flight, EOSID, Enroute Drift Down, Takeoff Performance, Landing Performance

---

# 高高原机场校验飞行性能分析

## ——以甘孜/格萨尔机场为例

刘 朋<sup>1</sup>, 曹悦琪<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国民用航空飞行校验中心, 北京

<sup>2</sup>北京首都国际机场股份有限公司, 北京

Email: 1500703881@qq.com

收稿日期: 2020年6月11日; 录用日期: 2020年7月6日; 发布日期: 2020年7月13日

## 摘要

为确保机场的安全高效运行, 需对其导航设施进行校验, 校验飞行是在飞行过程中对机场导航设施进行校验取值。结合高高原机场的复杂特点, 对其飞行性能的分析更为必要。以甘孜/格萨尔机场为例, 从一发失效应急程序、飘降程序、起飞性能、着陆性能四个方面进行分析, 得出高高原机场运行限制的主要因素, 从而增加高高原机场检验飞行的安全裕度, 为高高原机场的校验工作提供可靠的理论依据。

## 关键词

校验飞行, 一发失效应急程序, 航路飘降, 起飞性能, 着陆性能

Copyright © 2020 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

高高原机场是指海拔高度在 2438 m (8000 ft) 及以上的机场, 具有海拔高、空气密度小、气压高度高、地形复杂等特点, 对航空器在高高原机场的起降性能提出更高的要求, 对飞行员提出更严格的驾驶标准。校验飞行作为特殊飞行的一种, 它需要在飞行过程中对机场导航设施进行校验, 因此对校验机场进行性能分析, 尤其是高高原机场性能分析非常有必要。同时, 为了保证在高高原机场运行的安全, 校验中心将高高原机场运行作为中心安全运行的“五大关口”之一。

当前对于高高原机场运行方面的研究主要集中于航空公司运行和大型航空器方面的研究[1]-[7], 针对校验飞行方面的研究较少, 本文将结合高高原机场的特点, 以甘孜/格萨尔为例对其校验飞行性能进行分析, 从一发失效应急程序、飘降程序、起飞性能分析、着陆性能分析四个方面详细阐述, 分析得出高高原机场运行限制的主要因素, 提高校验效率。

## 2. 甘孜/格萨尔介绍

甘孜/格萨尔机场标高 4067.0 米/13,343 英尺, 跑道长度 4000 米/13,123 英尺, 为 4C 级机场。机场位于青藏高原东部边缘, 属中高山地貌, 跑道两侧延绵的山脉地势均较高, 侧向 4 千米外的高地与场区高差达 1200 米, 东南端向地势较低且较为开阔, 西北端向净空稍差, 沟谷宽度较窄。甘孜/格萨尔机场气温和气压统计, 如表 1 所示。

**Table 1.** Ganzi meteorological and barometric statistics table

**表 1.** 甘孜气象和气压统计表

月份	月平均气温(°C)		气压(QFE) (hpa)
	最高	最低	
1	0.1	-12.2	1015.3
2	3.3	-9.5	1015.1
3	6.1	-6.3	1007.5
4	8.8	-3.1	1006.5

Continued

5	12.7	0.4	1003.3
6	15.0	4.0	999.4
7	15.7	5.3	997.4
8	16.2	5.1	1002.9
9	13.7	3.2	1007.0
10	9.8	-1.6	1011.9
11	6.2	-6.8	1012.5
12	2.8	-10.8	1015.5
年平均	9.2	-2.7	1007.9

根据表 1 可以得出甘孜/格萨尔机场与平原机场相比较, 气压密度相对较低, 航空器可用推力下降, 相同表速对应的地速及真空速大, 因此航空器在高原机场进行起降时, 需要更长的跑道来完成起飞和着陆, 同时应注意起飞重量和着陆重量的限制, 结合起飞、着陆重量的限制因素来进行高原机场性能分析。

### 3. 飞机数据

以塞斯纳奖状——CE680 飞机为例进行验证分析, 该飞机的最大停机坪重量为 30,550 磅, 最大起飞重量为 30,300 磅, 最大着陆重量 27,100 磅, 最大无燃油重量为 20,800 磅。

## 4. 甘孜机场校验飞行性能分析

### 4.1. 一发失效应急程序

一发失效应急程序指当飞机发生发动机失效时, 在不减少最大起飞重量的前提下, 为飞机提供的能够避开障碍物, 满足安全越障要求而设计的不同于标准仪表离场程序的起飞航行路线及方案。

根据航线手册中公布的甘孜/格萨尔机场 12/30#离场程序要求爬升梯度都是 5.0%和 4.0%, 为增大安全裕度, 提高运行效率, 在充分考虑飞机一发失效性能及越障要求的情况下, 结合 CE680 飞机飞行手册, 设计两条跑道离场方向的起飞一发失效应急程序详细描述如下(按 7°襟翼起飞设计)。

#### 4.1.1. 12#跑道一发失效应急程序

CE680 飞机 12#跑道起飞, 若在 V1 或 V1 后一台发动机失效, 则飞机继续沿标称航迹飞行至 D19.5 (GSR) 处, 后右转沿 127°磁航迹飞向 R119 (GSR), 然后左转飞向 GSR117°径向线 D19.5 处, 右转飞向 GSR 台加入 12#跑道标准仪表进近程序进近着陆。如图 1 所示。

#### 4.1.2. 30#跑道一发失效应急程序

CE680 飞机从 30#跑道起飞, 在 V1 或 V1 后出现一台发动机失效, 飞机沿跑道方向飞 GSR 台, 然后沿 GSR 台 303°径向线飞行至 D14.7 处, 右转切回 GSR 台 303°径向线, 后飞向 GSR 台加入 30#跑道仪表进近程序进近着陆。如图 2 所示。

### 4.2. 航路飘降性能分析

航空器在高原巡航过程中发生一发失效后, 由于发动机推力减小, 航空器则需要从原有的巡航高度下降到较低的高度。为了保证飞行安全, 要检查下降过程及改平后的巡航高度是否可以安全的越过障碍物, 这就需要进行航路飘降性能分析。当发生飘降时, 要确定航路临界返航点, 在该点之前发生一发失效, 则需返航或备降, 在该点之后则可以继续飞往目的地机场[5]。

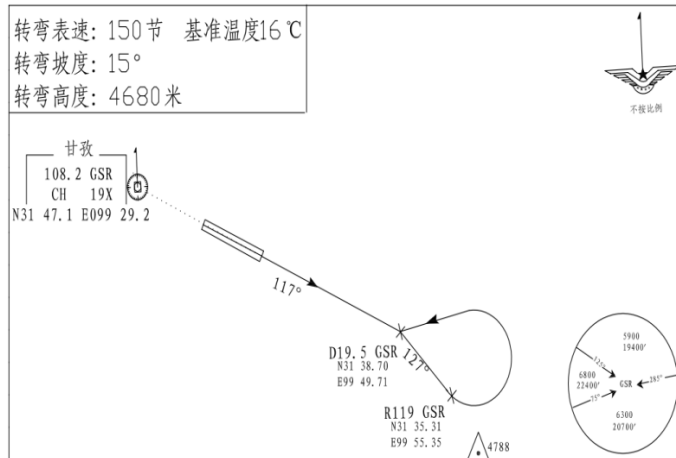


Figure 1. EOSID of Runway 12  
图 1. 12#跑道一发失效应急程序

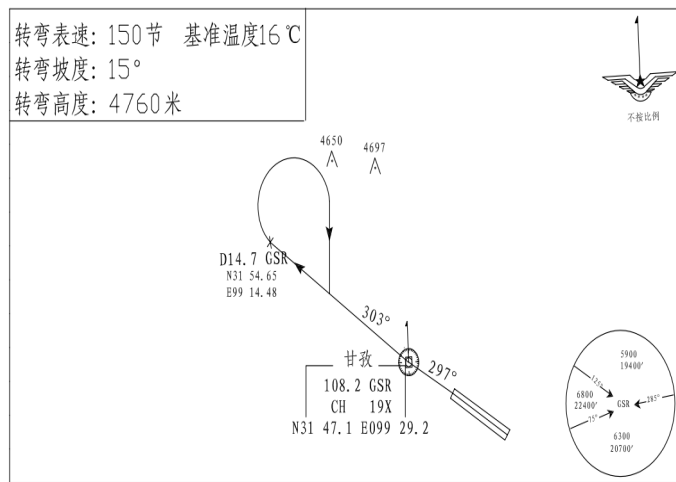


Figure 2. EOSID of Runway 30  
图 2. 30#跑道一发失效应急程序

使用 1:100 万地图, 对甘孜/格萨尔机场 P359 离场方向最高障碍物为 5992 米, 参考 CE680 飞机操作手册, 通过计算得出甘孜/格萨尔机场调机航线的限制如表 2 和表 3 所示:

Table 2. Takeoff weight limit  
表 2. 起飞重量限制

航路温度	起飞重量限制(磅)
ISA + 20	281,94
ISA + 19	28,561
ISA + 18	28,959
ISA + 17	29,300
ISA + 16	29,698
ISA + 15	30,086
ISA + 14 及以下	30,300

**Table 3.** Drift down speed limit  
**表 3.** 飘降速度限制

温度	重量(磅)					
	29,000	28,000	27,000	26,000	24,000	20,000
ISA + 20	214	211	206	200	189	167
ISA + 10	202	198	193	189	178	160
ISA + 0	200	196	192	187	178	159
ISA - 10	182	179	175	171	165	151

通过计算可以得出以下结论:

1) 航路温度越高, 航空器的最大起飞重量越小;

2) 航路温度不变, 起飞重量越大, 飘降速度越大; 起飞重量不变, 温度越高, 飘降速度越大。因此, 在校验飞行时, 要关注高高原机场及航路天气状况, 熟悉一发失效和飘降程序, 关注因发生飘降而造成的起飞重量的限制, 从而确保飞行安全。

以达州 - 甘孜调机为例, 通过 1:100 万地图, 查询出航路图上该航段的最高障碍物为 5992 米, 距离甘孜机场直线距离仅有 82 公里, 故不予考虑。

1) 在航路点 PEXUN 之前一发失效, 则沿 B213 航路返航;

2) 在航路点 PEXUN 之后一发失效, 若继续飞往甘孜机场, 则不受飘降影响限制; 若返航, 则受航路温度的限制, 结果如表 4 所示:

**Table 4.** Maximum takeoff weight limit  
**表 4.** 最大起飞重量限制

航路温度	起飞重量限制
ISA + 20	30,087
ISA + 19 及以下	30,300

### 4.3. 起飞性能分析

起飞阶段包括起飞滑跑阶段和起飞爬升段。起飞滑跑阶段指从航空器松刹车开始至离地 35 ft 并达到起飞安全速度 V<sub>2</sub> 的过程; 起飞爬升段是从起飞爬升段结束点开始, 终止于起飞航迹结束点。

通过对甘孜/格萨尔机场 1:50,000 地图障碍物、机场 A 型图和离场程序分析, 并参考 CE680 飞机飞行手册, 计算出 12/30#跑道起飞限制重量部分数据如表 5 和表 6 所示。其计算条件为: 1) 防冰关; 2) 起飞襟翼为 7°; 3) 当跑道为湿跑道时, 反推可用; 4) 机场气压为修正海压 1013 hpa。

**Table 5.** Takeoff weight limit of Runway 12  
**表 5.** 12#跑道起飞限重

机场温度	12#干跑道			12#湿跑道		
	顺风 10 节	静风	逆风 10 节	顺风 10 节	静风	逆风 10 节
25	25,217	25,217	25,217	25,217	25,217	25,217
20	26,374	26,374	26,374	26,374	26,374	26,374
15	27,575	27,575	27,575	27,575	27,575	27,575

## Continued

10	28,715	28,831	28,831	28,715	28,831	28,831
5	29,585	30,178	30,178	29,585	30,178	30,178
0	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300
-5	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300
-10	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300
-15	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300
-20	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300

Table 6. Takeoff weight limit of Runway 30

表 6. 30#跑道起飞限重

机场温度	30#干跑道			30#湿跑道		
	顺风 10 节	静风	逆风 10 节	顺风 10 节	静风	逆风 10 节
25	23,942	24,823	24,950	23,928	24,817	24,944
20	24,955	26,374	26,374	24,923	26,265	26,374
15	26,000	27,575	27,575	25,947	27,361	27,575
10	27,092	28,831	28,831	27,017	28,505	28,831
5	28,259	30,132	30,178	28,158	29,724	30,122
0	29,318	30,300	30,300	29,361	30,300	30,300
-5	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300
-10	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300
-15	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300
-20	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300	30,300

通过对 12/30#跑道起飞限重分析, 可以得出以下结论:

在相同条件下, 机场温度越高, 最大起飞重量越小, 对起飞性能要求越高; 在 0℃ 以上, 湿跑道最大起飞重量比干跑道的最大起飞重量小, 对起飞性能要求越高; 顺风的最大起飞重量小, 对起飞性能要求越高。因此, 在高高原机场起飞时, 要重点关注温度, 风等天气要素对最大起飞重量的影响, 必要时为了飞行安全需进行减载或推迟起飞。

#### 4.4. 着陆性能分析

在航空器飞行阶段中, 起飞和着陆阶段是飞行的关键阶段, 着陆阶段发生的事故率在所有事故率里占比最高, 也被称为“飞行最危险的 3 分钟”。根据《航空器承运人高原机场运行管理规定》, 在高高原机场运行, 无论是否存在着陆限制, 均应提供着陆重量分析表。

高高原机场气象条件复杂, 在着陆过程中, 有多种因素对其限制, 比如温度, 防冰、反推是否开启, 跑道类型, 风等因素。本文从防冰是否开启的角度分析其对着陆性能的影响。结合 CE680 飞机飞行手册, 在计算条件为静风, 进近襟翼 15°/着陆襟翼 30°, 修正海压 1013 hpa, 不同温度下对比结果如表 7 所示。

**Table 7.** Comparison table of whether the anti-icing is turned on and the landing weight limit  
**表 7.** 防冰是否开启着陆重量限制对比表

防冰关		防冰开	
温度(°C)	最大着陆重量(磅)	温度(°C)	最大着陆重量(磅)
25	24,919	10	22,701
20	26,077	5	24,047
15 及以下	27,100	0	25,604
		-5 及以下	27,100

通过计算可以得出, 在防冰关的情况下, 温度越高最大着陆重量越小, 对着陆性能要求越高; 在相同温度的情况下, 防冰开, 对着陆性能要求更严格。因此, 在高原机场降落时, 应关注防冰是否开启, 环境温度、风以及其他天气要素对着陆重量的限制。

## 5. 结论

通过对甘孜/格萨尔机场的性能分析, 可以得出以下结论: 机场气温越高, 对飞机的性能限制越大, 直观表现为最大起飞重量越小, 对飞机的爬升性能要求越高, 最大着陆重量越小; 顺风相比于逆风, 最大起飞重量越小, 爬升性能要求越严格, 湿跑道相较于干跑道对飞机的性能要求较严格。

为了确保在高原机场校验的安全运行, 将从以下几个方面进行改进: 在航空器放行前, 提前对高原机场、备降场、航路的天气进行研究; 在飞行校验期间, 加强航班的动态监控; 熟悉高原机场一发失效应急程序和飘降程序, 做好紧急预案; 总结近几年各高原机场天气特点, 合理安排高原机场的校验月份; 定期对运行相关人员进行高原机场复训。

## 参考文献

- [1] 杨丰宁, 罗凤娥, 张序, 郝帅, 彭璐易. 高原航线签派放行研究——以红原—拉萨往返航线为例[J]. 安阳工学院学报, 2019, 18(6): 4-9.
- [2] 张序, 周川, 叶楠, 陈琳. 高原航线运行控制研究: 以“成都 - 稻城”航线为例[J]. 民用飞机设计与研究, 2018(3): 16-22.
- [3] 段钧剑. 高原机场飞机起飞性能研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北工业大学, 2007.
- [4] 杨乐. 高原机场民用飞机起飞性能关键技术研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2007.
- [5] 吴劲松. 浅析高原机场及航线的飞机性能管理[J]. 中国民航学院学报, 2005(6): 33-38.
- [6] 蔡良才, 王海服, 朱占卿, 种小雷. 高原机场飞机起飞滑跑距离计算方法[J]. 交通运输工程学报, 2013, 13(2): 66-72.
- [7] 徐骏驰, 孙有朝. 运输类飞机高原机场运行的适航验证方法[J]. 航空计算技术, 2018, 48(2): 129-134.