

ICS 49.020

V 36

HB

中华人民共和国航空行业标准

HB 8454—2014

民用飞机闪电防护分区布局要求

Requirements on lightning zoning and general layout of civil aircraft

2014—05—19 发布

2014—10—01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 飞机闪电区域	2
4.1 概述	2
4.2 区域 1A(首次回击区域)	2
4.3 区域 1B(悬停时间长的首次回击区域)	2
4.4 区域 1C(首次回击过渡区域)	2
4.5 区域 2A(闪电通道扫掠区域)	2
4.6 区域 2B(悬停时间长的闪电通道扫掠区域)	2
4.7 区域 3(闪电流传导区域)	2
5 飞机闪电分区	2
5.1 分区原则	2
5.2 分区方法	3
5.3 审查	6
6 初始闪电先导附着区域确定方法	6
6.1 相似法	6
6.2 经验法	6
6.3 试验法	6
6.4 仿真算法	6
7 闪电防护布局	6
附录 A(资料性附录) 闪电区域划分实例	7
附录 B(资料性附录) 初始闪电先导附着试验	13
附录 C(资料性附录) 飞机闪击现象	15

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国航空综合技术研究所归口。

本标准起草单位：中航工业第一飞机设计研究院、中国航空综合技术研究所。

本标准主要起草人：胡平道、李旭东、康凌志、贾 晓。

民用飞机闪电防护分区布局要求

1 范围

本标准规定了民用飞机闪电分区方法和步骤、初始闪电先导附着区域确定方法以及闪电防护布局通用要求。

本标准适用于民用飞机闪电分区和防护布局，其他飞机可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

HB/Z 185 民用飞机雷电防护及搭接设计指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

闪电放电 **lightning flash**

发生在云内、云间或云地之间，由一个首次回击和后续回击组成，伴随有持续电流或中间电流的整个闪电过程。

3.2

驻留时间 **dwel time**

闪电通道在飞机表面上某一个附着点的持续时间。

3.3

闪击区域 **lightning strike zones**

根据闪电附着、驻留时间和闪电流传导的可能性而确定的飞机表面和结构区域。

3.4

首次回击 **first return stroke**

指来自两个带电云团的闪电先导完全连接时产生的大电流浪涌。该浪涌具有上升快、峰值高和作用积分很大的特点。

3.5

先导 **leader**

伴随有强电场的低亮度、低电流的闪电回击的初期形式。

3.6

击穿 **breakdown**

在高电压作用下，引起介质强度丧失并产生导电的电离通道过程。

3.7

闪络 flashover

击穿空气间隙的电弧滑过或靠近介质表面但不引起介质击穿的现象。

4 飞机闪电区域

4.1 概述

根据飞机闪电附着特性、闪电通道扫掠特性和闪电电流传导特性，将飞机表面划分为 3 个区域：

- a) 区域 1：经受初始闪电先导附着和首次回击可能性很大的区域；
- b) 区域 2：经受初始闪电先导附着和首次回击可能性较小，但经受后续回击可能性大的区域，该区域由飞机运动时闪电通道从初始附着点向后扫掠形成；
- c) 区域 3：经受任何电弧附着可能性很小，但在初始闪电附着点和扫掠通道附着点之间传导闪电电流可能性很大的区域。

根据飞机闪击特性，区域 1 可进一步划分为区域 1A、区域 1B 和区域 1C；区域 2 可进一步划分为区域 2A 和区域 2B。

4.2 区域 1A(首次回击区域)

飞机表面承受首次回击的所有区域，该区域在闪电通道附着期间，电弧悬停可能性较小。

4.3 区域 1B(悬停时间长的首次回击区域)

飞机表面承受首次回击的所有区域，该区域在闪电通道附着期间，电弧悬停可能性较大。

4.4 区域 1C(首次回击过渡区域)

飞机表面承受电流幅度已降低的首次回击的所有区域，该区域在闪电通道附着期间，电弧悬停可能性较小。

4.5 区域 2A(闪电通道扫掠区域)

飞机表面承受后续回击的所有区域，该区域在闪电通道扫掠期间，电弧悬停可能性较小。

4.6 区域 2B(悬停时间长的闪电通道扫掠区域)

飞机表面承受后续回击的所有区域，该区域在闪电扫掠期间，电弧悬停可能性较大。

4.7 区域 3(闪电流传导区域)

区域 1 和区域 2 之外的区域，该区域传导大量闪电流的可能性较大。

5 飞机闪电分区

5.1 分区原则

飞机闪电分区有两种方法，相似类比法和逐步分析法。飞机闪电分区流程见图 1。飞机闪电分区的一般原则为：

- a) 对与已获得适航认证飞机相似的新研或改进飞机，使用表明已获得适航认证飞机闪电分区是有效的，可以按照已获得适航认证飞机闪电分区结果，对新研或改进飞机进行闪电分区，即按照

相似类比法进行飞机闪电分区。

- b) 对于新研飞机或外形新颖的飞机，则需要按照逐步分析法进行飞机闪电分区。对于全新或者改进飞机，其未改动部分可以按照相似类比法进行闪电分区，而全新或改进部分按照逐步分析法进行闪电分区。

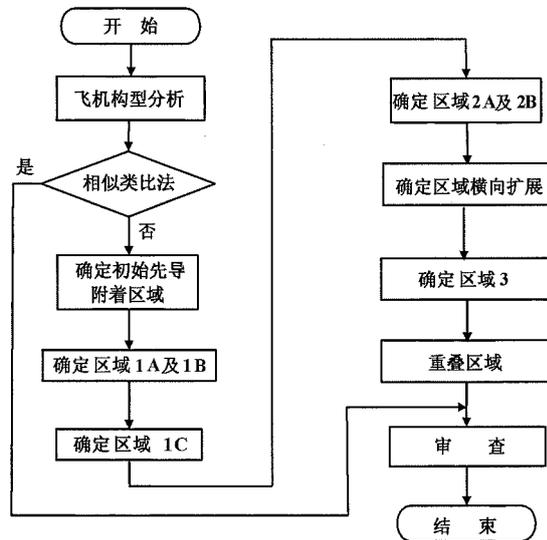


图 1 闪电分区流程图

5.2 分区方法

5.2.1 逐步分析法

5.2.1.1 影响因素

影响飞机闪电分区结果主要因素为：飞机外形、飞行速度和飞行高度。

5.2.1.2 初始闪电先导附着位置

首先确定闪电先导在飞机表面的初始附着位置。典型的初始闪电先导附着位置包括机头、翼尖或翼梢小翼、平尾端部、尾翼顶部、发动机短舱、驾驶舱风挡框架、螺旋桨端部、旋翼端部以及其他较大的机外突出部件。

确定初始闪电先导附着位置的方法有相似法、经验法、试验法和仿真计算法，详见第 6 章。在确定初始闪电先导附着位置时，应考虑下列因素：

- a) 较大的导电突出物会引起局部电场强度增大，容易成为初始闪电先导附着点；
- b) 若机头大面积区域无突出物，只有最前端很可能成为初始闪电先导附着点；
- c) 机翼后缘或平尾后缘无突出物时，则机翼后缘或平尾后缘很有可能成为初始闪电先导附着点。

5.2.1.3 区域 1A 和区域 1B

飞机遭到闪击时，随着飞机向前飞行，闪电先导会从初始附着点向后扫掠，直到闪电先导到达地面（或其他电荷中心）引发首次回击。飞机在这段时间飞过的距离决定了区域 1A 表面从初始先导附着点向后延伸的范围，延伸距离 d 取决于飞行速度、飞行高度（对云地放电）以及闪电先导速度（见图 2），其关系式如下：

$$d = h V_f / V_l \dots \dots \dots (1)$$

式中：

d ——闪电先导扫掠距离，单位为：米(m)；

h ——飞行高度，单位为：米(m)；
 V_1 ——闪电先导速度，单位为：米/秒(m/s)；
 V_t ——飞机飞行速度，单位为：米/秒(m/s)。

使用经验表明，飞行中遭到的大部分严重闪击现象，发生在飞行高度 1500m 以下的云对地放电中，区域 1A 的延伸范围以此高度计算，闪电先导速度取值为 1.5×10^8 m/s。

飞行高度低于 1500m 时，飞行速度通常小于 130m/s，区域 1A 的延伸距离 d_1 通常为 1.3m，最小值取 0.5m。

初始闪电先导附着在区域 1B 时，由于该区域位于飞机表面最后端，闪电通道必须始终悬停在该区域直至闪电放电过程结束，区域 1B 不存在闪电通道扫掠现象。

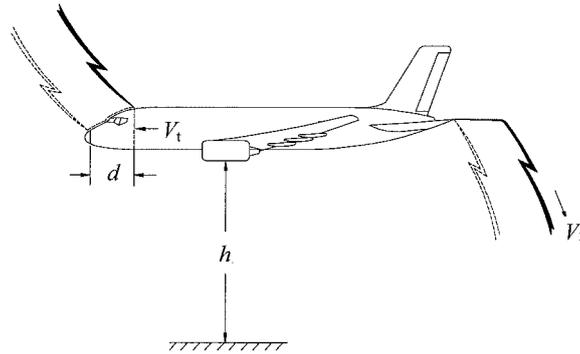


图 2 先导扫掠与飞机高度速度关系示意图

5.2.1.4 区域 1C

飞行高度为 1500m~3000m 之间时，扫掠先导能到达的飞机表面为区域 1C。在此区域内，飞机承受的回击电流幅度小于初始首次回击电流幅度。扫掠距离 d_2 可用等式 (1) 得出，其中飞行高度取值为 3000m。

飞行高度低于 3000m 时，飞行速度通常小于 130m/s，闪电先导扫掠距离 d_2 为 2.6m。处于 d_1 与 d_2 之间的飞机表面为区域 1C。对于飞行速度更低的飞机，闪电扫掠距离 d_2 可相应减少。在某些情况下，区域 1C 可能不存在。区域 1A 和区域 1C 如图 3 所示。

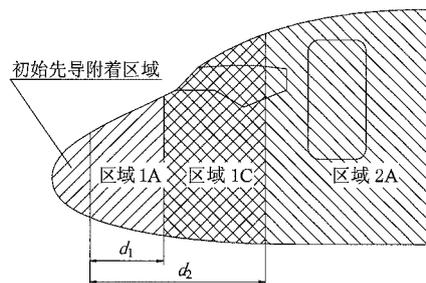


图 3 区域 1A 和区域 1C 示意图

5.2.1.5 区域 2A 和区域 2B

在闪电放电的持续时间内，飞行距离通常大于机身长度，区域 1C 后面的飞机表面为区域 2A，区域 2A 的后缘表面被确定为区域 2B，除非这些区域已经被确定为区域 1B。

5.2.1.6 区域横向扩展

在确定弧形机翼、后掠机翼或带有小翼的机翼、平尾表面的区域 1A 和区域 1B 时，应从机翼弧线的水平正切点将区域 1A 和区域 1B 向内侧扩展 0.5m。

考虑到闪电通道在机翼和平尾的区域 1A 和区域 1B 内的微小横向运动, 区域 1A 和区域 1B 向内部扩展的 0.5m 表面分别被确定为区域 2A 和区域 2B, 见图 4 所示。

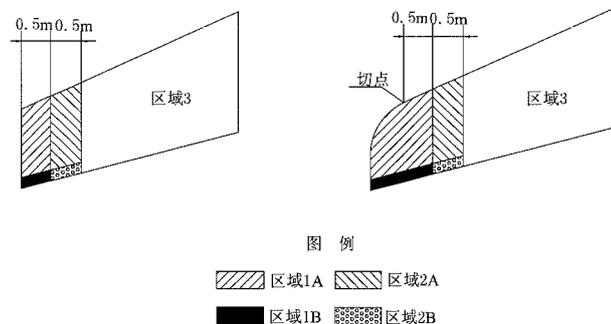


图 4 平尾翼尖和机翼分区示意图

同样, 考虑到闪电通道的微小横向移动, 区域 2A 包括机翼翼根、平尾根部、垂尾根部的 0.5m 范围表面区域, 区域 2A 也包括翼吊发动机后面机翼表面两侧的 0.5m 范围区域, 见附录 A 图 A.1 所示。

5.2.1.7 区域 3

闪电通道附着或扫掠区域 3 的可能性较小, 区域 3 也包括处于其他区域之下或之间的飞机结构。

5.2.1.8 重叠区域

区域划分的重叠部分应按最严酷分区结果处理。

5.2.1.9 机外突出物

通常小型机外突出物(小型天线、攻角传感器、总温传感器、排水管、应急放油管等)不影响分区结果。使用经验表明, 闪电通常不会附着在区域 1 或区域 2 之外的小型机外突出物上。

5.2.1.10 非导电表面

非导电表面通常被认为是周围导体的一部分, 初始闪电先导或扫掠通道通常附着在非导电表面周围的导体上。当非导电表面没有足够的绝缘强度防止闪电击穿的情况下, 闪电也可能附着在非导电表面内部的导电物体上, 如闪电附着在机头雷达罩内部天线上。

5.2.2 相似类比法

若新研及其改进飞机与获得适航认证的飞机具有相似性, 可根据已通过适航认证的飞机闪电分区结果, 对新研及其改进飞机进行闪电分区。若新研飞机某些部分与获得适航认证飞机具有相似性, 可利用相似类比法对相似部分进行闪电分区。附录 A 给出了各类民用飞机闪电分区实例, 供采用相似类比法进行飞机闪电分区时参考。

按照相似类比法进行飞机闪电分区之前, 需要考虑下列因素:

- a) 新研及其改进飞机与已获得适航认证飞机几何外形没有大的差异, 这些差异包括:
 - 1) 结构曲率半径和尺寸, 或者机翼后掠;
 - 2) 飞机构型, 如发动机数量、尾翼类型、上单翼或下单翼等;
 - 3) 大型突出物, 如较大的刀型天线、空速管等。
- b) 使用经历表明飞机闪电区域划分没有变化。
- c) 飞机表面导电率无较大的变化, 如没有采用非导电的玻璃钢蒙皮代替铝合金蒙皮。
- d) 飞行特性没有发生较大的变化, 如飞行速度和飞行高度。

5.3 审查

飞机闪电分区完成之后, 绘出飞机闪电分区图, 用站位或其他符号标出分区的范围。飞机闪电分区结果应经过适航审查部门认可。

6 初始闪电先导附着区域确定方法

6.1 相似法

已获得适航认证的相似飞机缩比模型试验或全尺寸结构部件模型试验数据和分析结果, 均可以作为新研及其改进飞机初始闪电先导附着区域的划分依据。

6.2 经验法

若新研及其改进飞机与已经投入运营多年的飞机具有相似性, 并且对投入运营多年的飞机初始闪电先导附着情况进行了充分的统计, 则可以按照投入运营多年的飞机初始闪电先导附着的情况, 确定新研及其改进飞机初始闪电附着区域。

6.3 试验法

可通过飞机缩比模型试验, 也可通过全尺寸结构部件试验来确定飞机初始闪电先导附着区域, 试验要求和方法参见附录 B。

6.4 仿真算法

可采用电磁仿真软件进行计算的方法, 确定飞机初始闪电先导附着区域。

7 闪电防护布局

飞行过程中, 飞机可遇到自然发生的闪电, 也可能触发带电云团发生闪击现象, 飞机闪击现象参见附录 C。民用飞机闪电防护及搭接应符合 HB/Z 185 的规定。通用布局要求为:

- a) 防止闪电造成的飞机结构表面损坏或飞机表面安装的部件损坏后危及飞行特性。
- b) 整体油箱和应急放油口应尽可能布置在区域 3, 以避免初始闪电先导或闪电通道直接附着在其上。燃油通气口应布置在区域 3, 设计应避免燃油通气口产生电晕或流光现象; 应急放油口通常应具有火焰抑制装置。
- c) 布置在区域 1A 和区域 1B 的非金属表面(如雷达罩、整流罩等)必须具有闪电流分流措施。
- d) 飞机外部安装的部件(如天线、攻角传感器等)应尽可能布置在区域 1A 之外。
- e) 布置在垂尾和翼尖区域 1 和区域 2 的航行灯、频闪灯, 其灯罩应具有足够的绝缘强度, 对其电源线应该采用闪电抑制器进行保护, 以防止危险的闪电流通过电源线引入到电源系统。
- f) 区域 1 的螺旋桨和旋翼应该具有闪电防护措施, 闪电流通过时, 桨叶损坏不能危及飞行安全。
- g) 机内设备和互联电缆应尽可能远离飞机风挡、舱盖、窗户、舱门、维修口盖等区域, 以减少瞬态电磁场通过互联电缆的耦合, 在设备接口出现较大的电流浪涌。
- h) 机载电子电气设备应尽可能布置在飞机中部位置, 尽量避免布置在飞机端部位置。
- i) 布置应防止闪电先导附着到机内设备引起设备损坏, 进而在电源汇流条上产生大的电流浪涌。
- j) 避免关键和重要电子电气系统的互联线束暴露在电磁开放区域(如机翼前后缘、起落架舱等区域), 若必须敷设在这些区域, 可对互联线束采取双层屏蔽措施, 减小互联电缆的耦合程度。

附录 A
(资料性附录)
闪电区域划分实例

运输类飞机和通用飞机雷击区域划分实例见图 A.1~图 A.6。

相对于闪电通道，旋翼直升机可以向任何方向飞行，或者悬停不动，因此，除旋翼叶片外，任何可能的初始闪电附着位置均有可能承受闪电瞬态环境所有电流分量，这些附着位置为区域 1B。旋翼叶梢可能承受初始闪电先导附着，叶梢边缘向内 0.5m 范围的表面为区域 1A，旋翼叶片其他表面为区域 2A。由于旋翼叶片可以保护大部分机身上表面不会被初始闪电先导附着，因此，直升机上部表面为区域 3。直升机闪电分区实例见图 A.7。

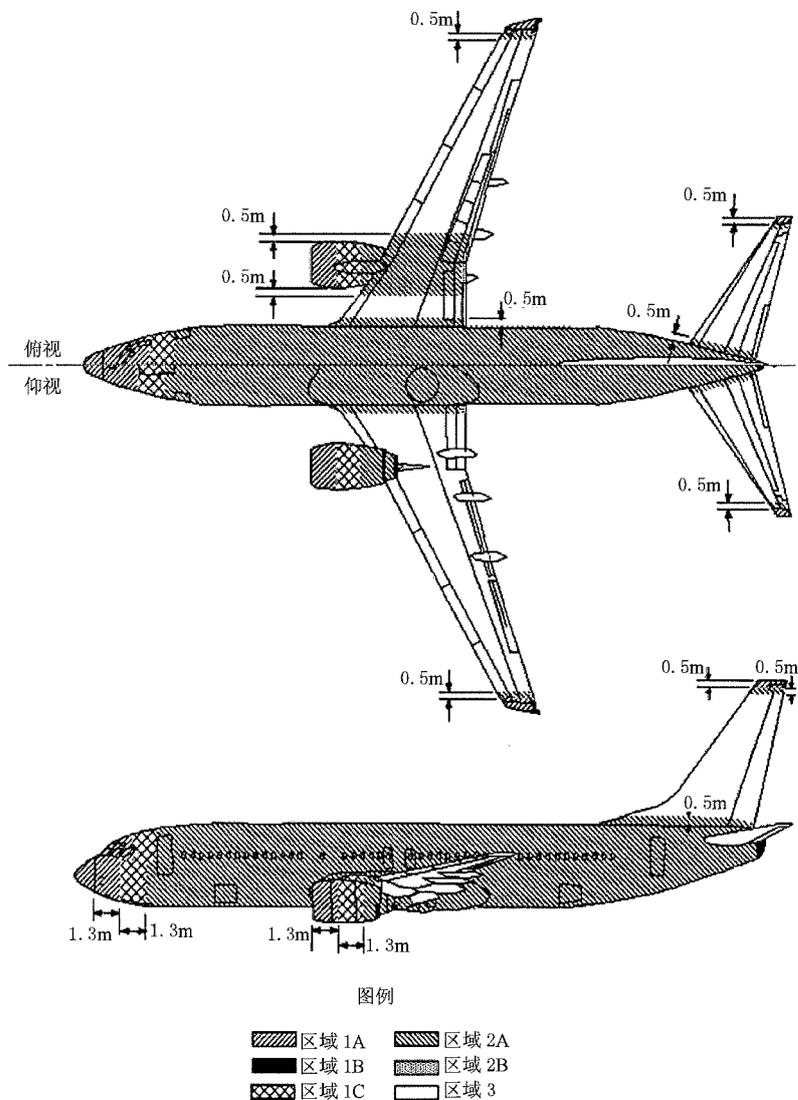


图 A.1 运输机闪电分区

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/736144243023010134>