

中国民用航空总局空中交通管理局

编 号：IB-TM-2007-001

部门代号：TM

日 期：2007 年 1 月 11 日

空域管理信息通告

2007 年第 1 期

(总第 3 期)

各地区管理局，各地区空管局，民航学院、飞行学院、南京航空航天大学：

所需导航性能（RNP）是目前国际上热门研究和着重发展的航行新技术，它能有效地解决地形复杂机场的运行安全和正常问题，对于提高空域容量也有重要作用。民航总局在拉萨机场进行了 RNP 飞行程序的试验验证后，已将该技术成功地应用于中国民航运行条件最恶劣的林芝机场，保证了该机场的顺利通航。今后总局还将继续在地形复杂的机场推广使用该技术，并逐步将其用于东部空域拥挤的机场和区域。

本信息通告参考了美国联邦航空局指令 8260.52 《美国标准：要求有特殊航空器和机组授权（SAAAR）的 RNP 进近程序》，吸纳了总局在拉萨、林芝进场进行 RNP 试验和运行的经验，提出了要求授权的 RNP 仪表进近程序的设计准则，作为 RNP 飞行程序设计的指导材料。

本准则力求可用于我国绝大部分机场和大部分具有 RNP 能力的飞机，简化设计和评估的过程，并与我国现行的国际民航组织的飞行程序设计体系保持一致。鉴于 RNP 是一项正在发展的技术，国际民航组织目前尚未就此公布相关的标准和建议措施，我们还要继续积累设计和运行经验，本准则仍需要在实践过程中进一步补正和完善。

目 录

第一章 基本准则	4
1.1 适用范围	4
1.2 侧向保护	4
1.3 垂直保护	5
1.4 航空器类别和速度限制	5
1.5 程序标识	5
1.6 最低扇区高度	5
1.7 转弯半径和坡度角	6
1.8 提前转弯距离 (DTA)	6
1.9 最低能见度	6
第二章 进场、起始和中间进近航段	8
2.1 总则	8
2.2 构型	8
2.3 航段宽度	9
2.4 航段长度	9
2.5 下降梯度	10
2.6 最小超障余度 (MOC)	10
2.7 TF 航段	11
2.8 RF 航段	12
2.9 改变航段宽度 (RNP值)	13
2.10 航段衔接	16
2.11 中间进近航段	16
第三章 最后进近航段	17
3.1 总则	17
3.2 最后航段RNP值	17
3.3 垂直航径角 (VPA) 和跑道入口基准高 (RDH) 需求	18
3.4 控制温度对下滑角的影响	18
3.6 确定FAF位置	20
3.7 最后航段区域	20
3.8 障碍物评估	21

3.9	在最后进近RF航段上应用VEB OCS	22
3.10	目视航段面 (VSS)	23
第四章	复飞航段	25
4.1	总则	25
4.2	复飞航段类型	26
4.3	复飞航段的RNP等级	26
4.3.2	RNP值小于 1	26
4.4	复飞航段超障面 (OCS) 评估	27
附录	垂直误差分配 (VEB) 及最后进近MOC	31
1.	介绍	31
2.	可变的误差	31
3.	偏移误差	32
4.	MOC的计算	32

要求授权的 RNP 仪表进近程序设计准则

第一章 基本准则

1.1 适用范围

基本 RNP 定义为最后进近 RNP 值大于或等于 RNP0.3,其设计规范包含在中国民航《目视和仪表飞行程序设计》。要求授权的 RNP (RNP/AR) 定义为最后进近 RNP 值在 0.3 至 0.1 (含) 之间,以获得最大运行利益,其设计规范包含在本文件中。

基本 RNP 准则适用于所有批准 RNP 运行的航空器,RNP/AR 准则只适用于那些符合特定的附加审定、批准和训练要求的航空器和营运人。RNP/AR 程序通常仅在能使营运人获得重大运行效益并能提高安全水平时发布。

1.2 侧向保护

在本文件中,对航空器的超障保护与 RNP 值相关联。RNP 等级用于确定仪表程序各航段保护区半宽,以海里 (NM) 为单位表示。

基本 RNP 程序的保护区半宽为 $2 \times \text{RNP}$ 的侧向包容区加上一个缓冲区。然而,对于 RNP/AR 程序 (RNP 值在 0.3 至 0.1 之间) 的保护区则不考虑缓冲区,通过附加的审定、批准和机组训练来保证在没有缓冲区时,仍能保证在适当的安全水平范围内。RNP/AR 准则能提供与当前国际运输航空事故率相当的安全水平,不会导致总运行事故率的增加。

对 RNP/AR 程序,主区域半宽为 $2 \times \text{RNP}$ 。没有缓冲区或副区。表 1-1 列举适用于特定的仪表程序航段的 RNP/AR 程序的 RNP 值和与之对应基本 RNP 准则的 RNP 值。

表 1-1 基本 RNP 值和 RNP/AR 值

航段	基本RNP 《目视和仪表飞行程序设计》 第三部第一篇第7章		RNP/AR		
	最小值	缓冲值 (BV)	最大值	标准值	最小值
进场	2.0	0.93km (0.50NM)	2	2	1.0
起始	0.5 (允许0.3)	0.93km (0.50NM)	1	1	0.1
中间	0.3	0.93km (0.50NM)	1	1	0.1
最后	0.3	0.37km (0.20NM)	0.5	0.3	0.1
复飞	1.0	0.56km (0.30NM)	1.0	1.0	0.1

1.3 垂直保护

RNP/AR 的进场、起始进近和中间进近使用基本 RNP 的垂直超障准则。

最后进近航段垂直超障根据附录 A 中垂直误差分布值 (VEB) 的面来确定。

通过审定、批准及训练来保证气压高度表和机组能力满足该保护面的要求。

1.4 航空器类别和速度限制

当空域或地形限制不能满足某一航空器分类的要求时, 可根据较低速度的航空器类别设计程序, 并对程序的使用作出限制。另一种可行的方法是不考虑航空器分类, 而是对特定的航段规定一个最大指示空速, 每个进近航段仅允许一个速度限制。

对 RNP/AR 程序, 特别是 RF 航段, 航空器的地速是一个关键要素, 这是因为在过大的地速情况下, 有可能超过自动驾驶仪的坡度限制, 从而导致航空器可能偏离 RNP 保护区。对 RF 航段必须要有最大地速限制。

1.5 程序标识

基本 RNP 程序用 “RNAV (RNP)” 标识。RNP/AR 程序用 “RNAV (RNP/AR)” 标识。对同一跑道的不同 RNP 程序, 以字母后缀 (从字母表最后一个字母开始) 标明每个程序。

1.6 最低扇区高度

最低高度必须以仪表进近机场基准点为中心, 其超障准则见中国民航《目视和仪表飞行程序设计》。

1.7 转弯半径和坡度角

1.7.1 转弯速度

TAS 根据前一航段的最低高度（复飞高度基于 10% 的爬升梯度）所对应的 ISA + 15° 以及航空器在该航段的最大 IAS 值来计算。

地速根据表 1-2 中假定的顺风来计算。除了在低于 100m 或 500ft 时必须使用 100m 或 500ft 的数据外，允许对表 1-2 数据进行内插法。如有当地可靠的气象历史资料，可优先使用根据统计数据确定的顺风值。

1.7.2 转弯坡度

优先设计坡度是 18°（复飞为 15°，高于 FL190 为 5°）。当为了得到平滑过渡、保持稳定进近、降低最低标准或得到特定的航段长度时，可使用较大或较小的坡度，如使用大于标准坡度则需要运行验证和批准，但不得超过 25 度以及 1.7.3 的限制。

这里使用“优先”坡度的概念，坡度是根据程序设计者预先确定的转弯半径而确定的。对于低速航空器还应检查可接受的最大转弯率。

1.7.3 无线电高度(RA)对系统的限制

当航空器在低于 122m（400ft）无线电高度（AGL）时，一些航空器的飞行管理计算机(FCC)会对坡度角进行限制。如果标称进近航迹的转弯高度低于地形以上 122m（400ft），则在转弯计算中应使用最大 5° 的坡度限制或机型的实际限制。

1.8 提前转弯距离（DTA）

DTA 是在转弯点之前开始转弯的距离。

$$DTA = r \times \tan \left(\frac{A}{2} \right)$$

式中：

r = 在转弯高度上航空器的速度分类的最大 TAS 确定的转弯半径。

A = 转弯角度

1.9 最低能见度

使用下列公式，计算从 DH 到跑道进近灯光系统第一个灯或到无进近灯光的着陆跑道入口的斜线距离，取整至下一个更大的值。参见图 1-1 和 1-2。

$$\text{能见度} = \sqrt{(d - l)^2 + H^2}$$

式中：d = 从 LTP 到 DH 的水平距离（英尺）

l = 灯光系统的长度

H = DH 高出跑道入口的高

表1-2 假定的转弯顺风分量

转弯高 单位: 米	标准顺风 单位: 千米/小时	转弯高 单位: 英尺	标准顺风 单位: 海里/小时
100	46	500	25
500	92	1000	37.5
1000	100	1500	50
1500	130	2000	50
2000	157	2500	50
2500	185	3000	50
3000	220	3500	55
≥3500	242	4000	60
		4500	65
		5000	70
		5500	75
		6000	80
		6500	85
		7000	90
		7500	95
		8000	100
		8500	105
		9000	110
		9500	115
		10000	120
		10500	125
		≥11000	130

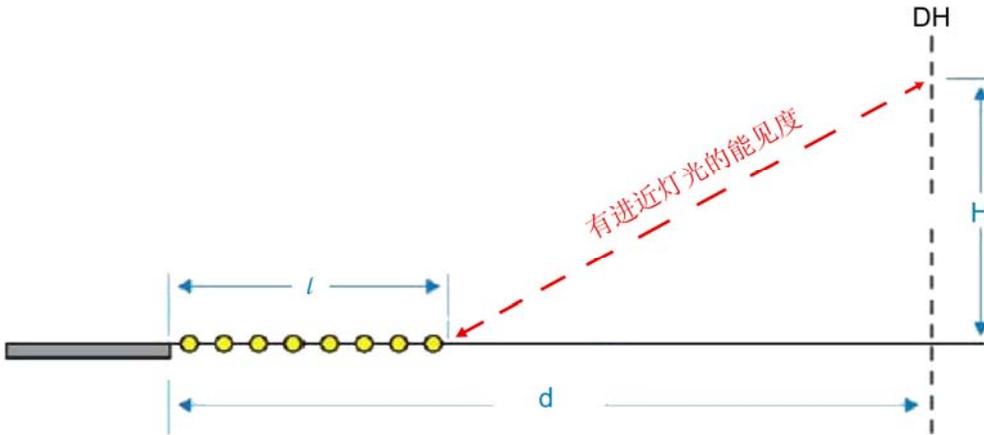


图1-1 有进近灯光的能见度

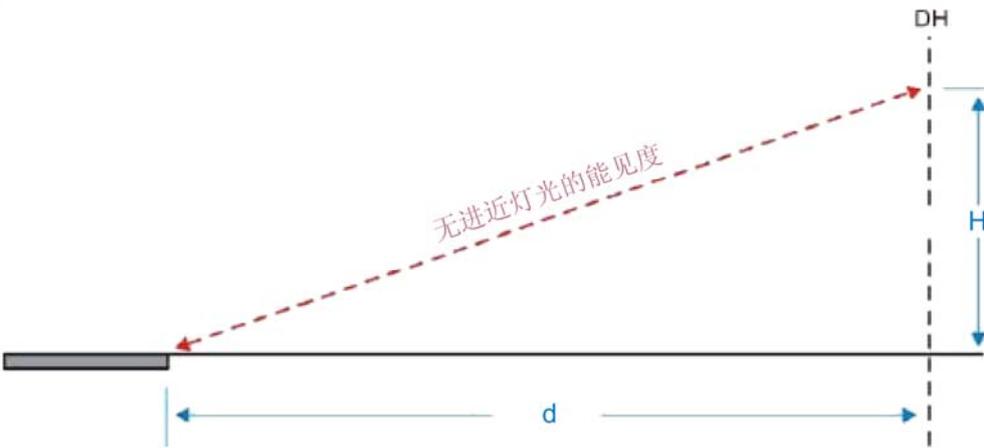


图1-2 无进近灯光的能见度

第二章 进场、起始和中间进近航段

2.1 总则

进场、起始和中间进近航段提供从航路到最后进近航段的过渡。在这些航段航空器应完成下降、进入最后进近并形成相关的构型。RNP 航段应使用最适合的航段类型（TF 或 RF）来设计，以满足在各航段的超障和运行要求。一般来说，优先考虑 TF 航段，但为了控制转弯航径、简化程序或提高可飞性，可使用 RF 航段代替 TF-TF 转弯。

2.2 构型

RNP 进近程序的几何构型非常灵活。在障碍物和交通流允许的地方，建议使用“Y”构型。程序设计应使构型尽量简单。参见图 2-1。

2.3 航段宽度

RNP 值以百分之一海里 (0.01) 为增量加以规定。航段宽度定义为 $4 \times \text{RNP}$ ；航段半宽度 (半宽) 定义为 $2 \times \text{RNP}$ (参见图 2-2)。标准 RNP 值列在表 1-1 中。

应使用列在表 1-1 中的标准 RNP 值, 为取得要求的地面航迹或降低最低标准而要求更低的 RNP 值除外。最低 RNP 值列在表 1-1 “最小值” 栏中。

2.4 航段长度

航段应具有足够长度, 以使下降尽可能接近最佳梯度和满足 DTA (参见 1.8) 的要求。TF-TF 直线航段最短长度为: $2 \times \text{RNP} + \text{DTA}$ 所需距离。

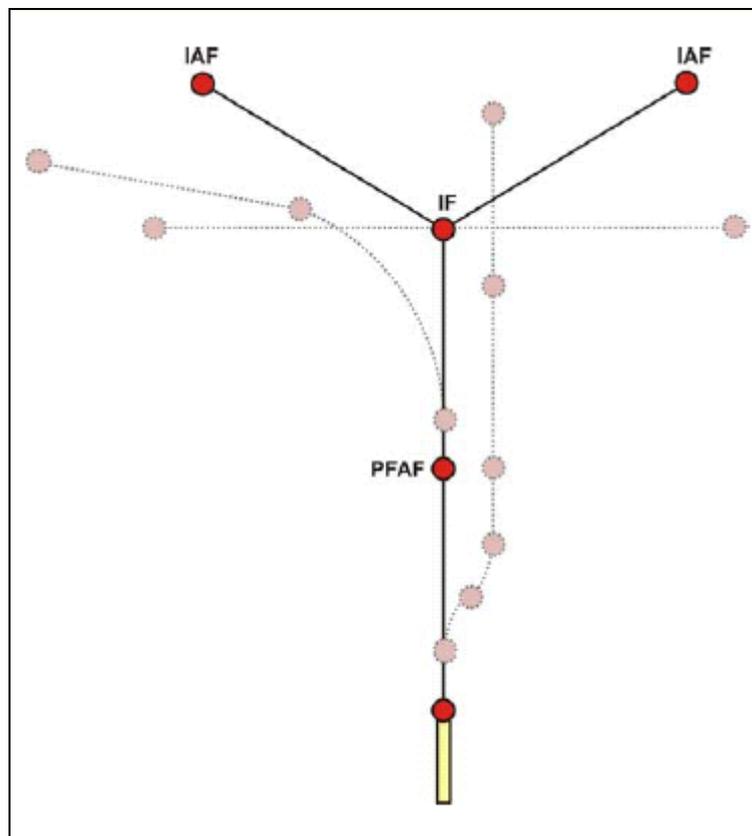


图2-1 最佳构型

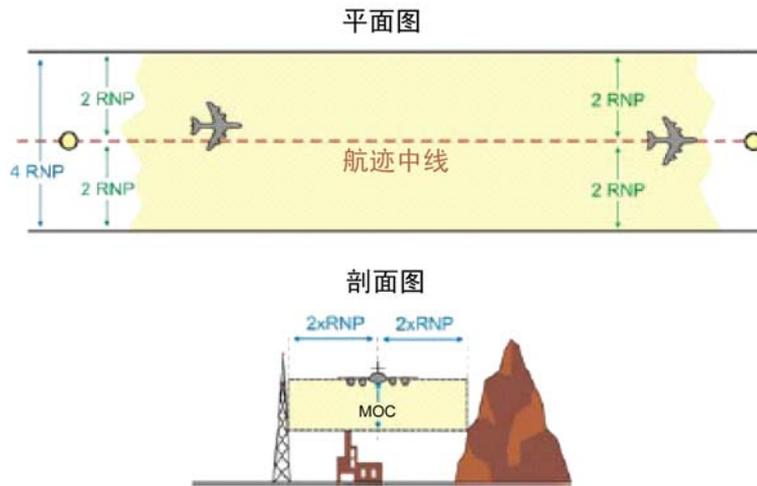


图 2-2 航段宽度

2.5 下降梯度

应尽量使用标准下降梯度。为实现超障，可增加下降梯度。表 2-1 列出标准和最大允许的下陷梯度。下降梯度是在标称定位点位置之间来计算的，RF 航段则使用两个标称定位点位置之间的弧的长度。

表2-1 下降梯度

下降梯度 (%)		
航段	标准值	最大值
进场	4% (2.4°)	8% (4.7°)
起始	4% (2.4°)	8% (4.7°)
中间	≤2.5% (1.4°)	等于最后航段梯度*
最后	5.2% (3°)	见表 3-1

*如果需要的梯度高于标准梯度，那么必须考虑对航空器构型变化的影响。

2.6 最小超障余度 (MOC)

各航段的 MOC 要求见表 2-2。

表2-2 最小的MOC值

航段	MOC值
进场	300m (1000ft)
起始	300m (1000ft)
中间	150m (500ft) 或 VEB 值, 取二者之间的较大者
最后	VEB*

*为了避免 MOC 的中断, 当最后进近的 VEB 小于中间航段的 MOC 时, 中间航段和它的 MOC 应延长进最后航段直至 VEB 足以提供保护。

在山区, MOC 对于进场, 起始和中间进近航段应增加多至 100%。在计算 VEB 时也应考虑这种方法。

2.7 TF 航段

TF航段是两个定位点之间的大圆飞行航径。(见图2-3)

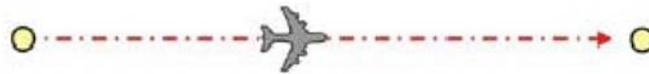


图2-3 TF航段

2.7.1 连接两个 TF 航段的旁切航路点转弯的保护区设计

当航空器在高度 FL190 以上飞越 (旁切) 定位点时, 转弯角应限制最大为 70° , 在 FL190 (含) 以下时, 转弯角不应超过 120° 。由于障碍物的原因不适合使用 TF 航段时, 应考虑使用 RF 航段 (参见 2.8)。用下列步骤设计旁切转弯保护区 (参见图 2-4):

第 1 步: 计算转弯半径 (r)。将转弯圆心置于角平分线上, 以半径 r 画弧正切于入航和出航航段

第 2 步: 设计保护区外边界。以定位点为圆心, 以 $2 \times RNP$ 为半径画弧正切入航航段和出航航段的保护区外边界。

第 3 步: 设计保护区内边界。将圆心置于角平分线上, 以 $r + RNP$ 为半径, 画弧正切入航航段和出航航段的保护区内边界。

出航航段的超障评估从转弯定位点 (例如图 2-4) 或角平分线 (以先遇到的为准) 前 1 倍 RNP 距离处开始。

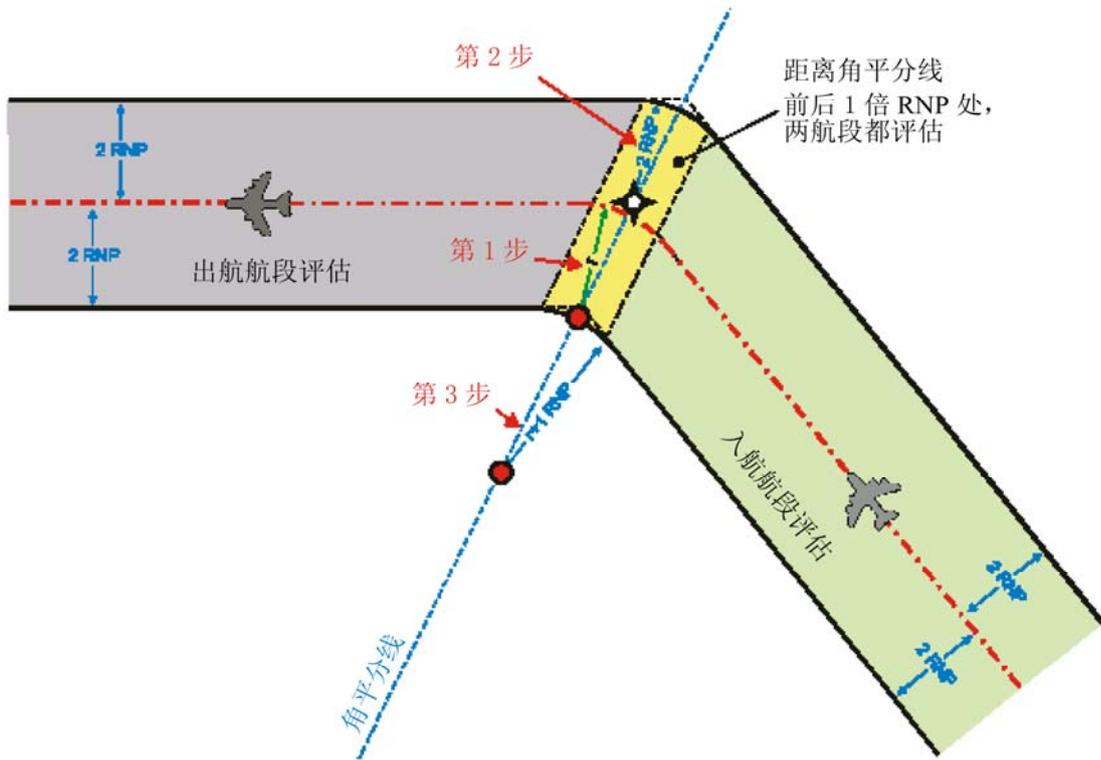


图 2-4 在旁切定位点的转弯

2.8 RF 航段

当障碍物妨碍使用旁切转弯时，可使用 RF 航段改变飞行航迹或用于满足其它运行要求。RF 航段提供一个可重复的、地面航迹固定的转弯。RF 航段用下列参数确定：

- a. 入航航段的结束点和出航航段的开始点
- b. 位于角平分线上的转弯圆心和转弯半径

RF 转弯半径必须大于等于 $2 \times \text{RNP}$ 。转弯保护区以转弯的同心圆弧为边界。绘制步骤如下：

第 1 步：确定避开障碍物所需的转弯半径 (r)。确认与 r 相关的坡度角符合 1.7.2 的要求。

第 2 步：将转弯圆心放置于距入航边和出航边的垂直距离“ r ”处。这是标称转弯航迹、保护区外边界弧和内边界弧共同的转弯圆心。

第 3 步：设计飞行航径。以半径 r 画弧正切连接入航航迹和出航航迹。

第 4 步：设计转弯区外边界。以 $r + 2 \times \text{RNP}$ 为半径画弧正切入航航迹和出航航迹的保护区外边界。

第 5 步：设计转弯区内边界。以 $r - 2 \times \text{RNP}$ 为半径画弧正切入航航迹和出航航迹的保护区内边界。

2.9 改变航段宽度 (RNP 值)

RNP 值的改变必须在定位点处进行。航空器电子设备使用新的 RNP 值不晚于到达该定位点。因此,对于定位点前后 1 倍 RNP 的区域,两个航段都必须进行超障评估。图 2-7A 表示了 RNP 减小,图 2-7B 表示了 RNP 增加。FAF 后或者应用 VEB 的航段不允许减小 RNP。

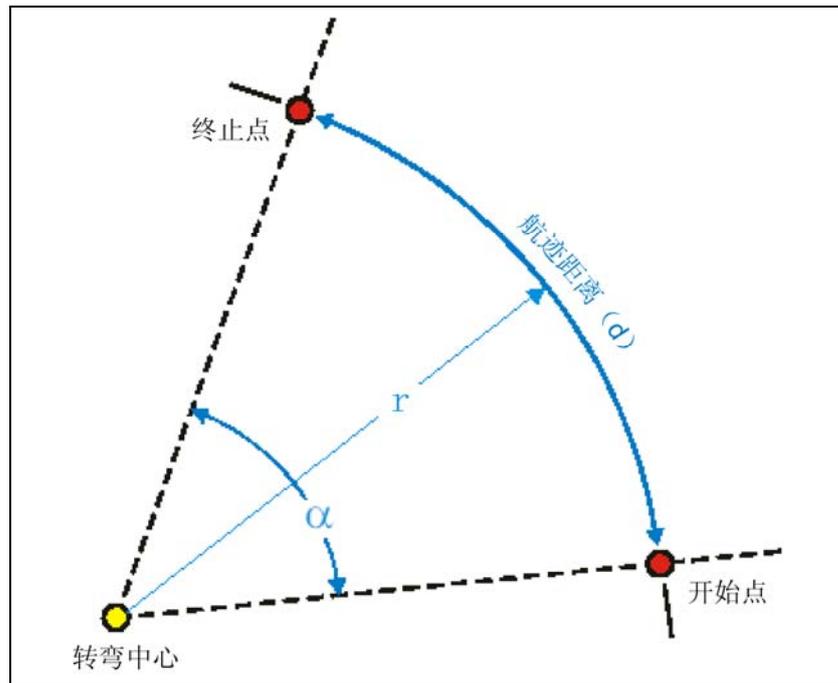


图2-5 RF航段下降梯度

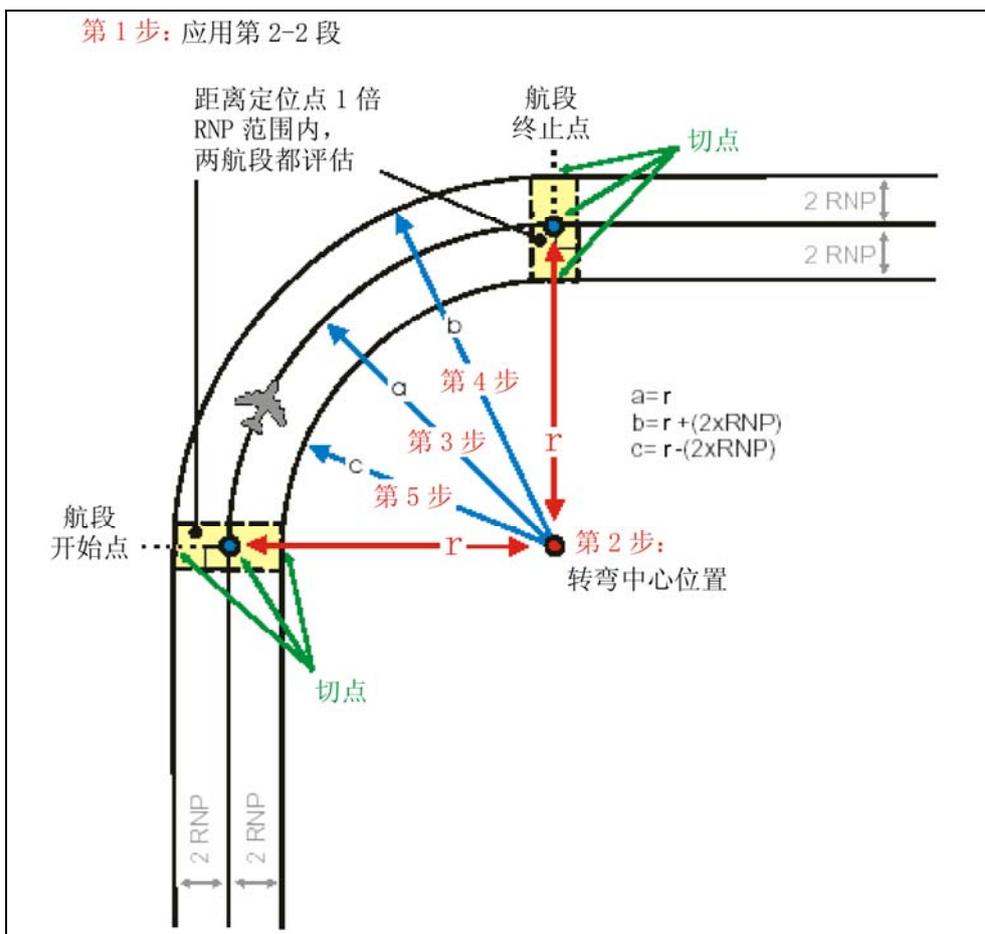


图2-6 RF转弯保护区的设计

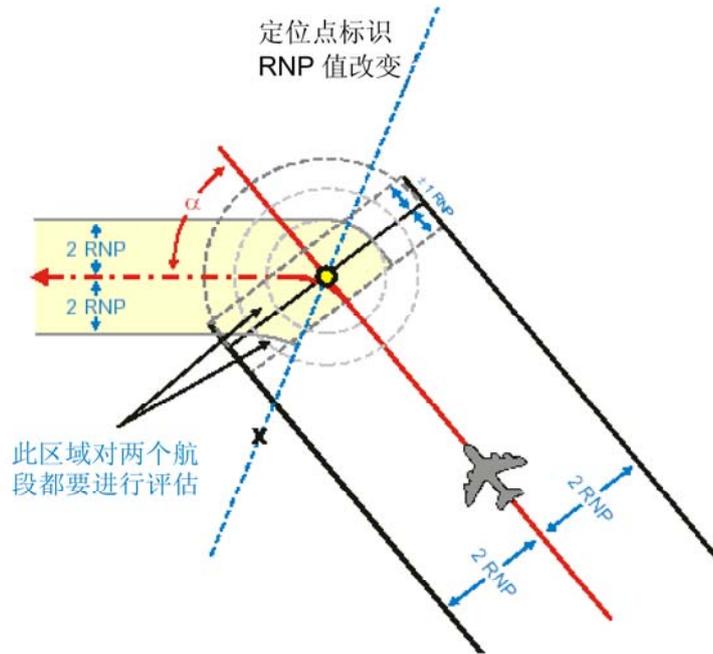
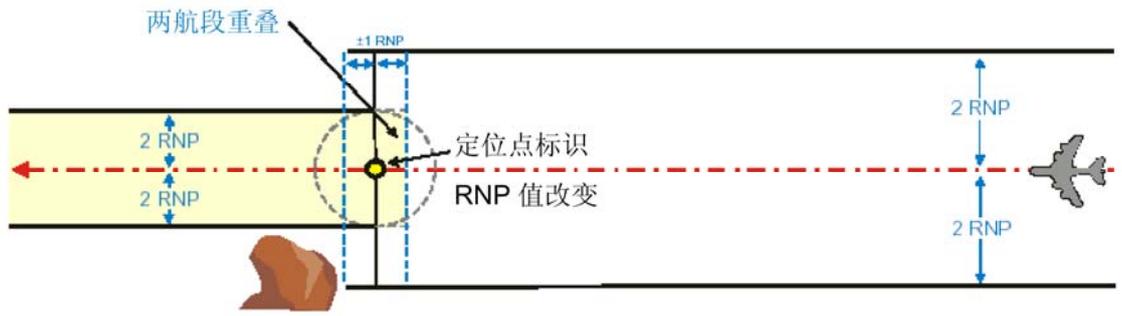


图 2-7A RNP 减小（直线和转弯航段）

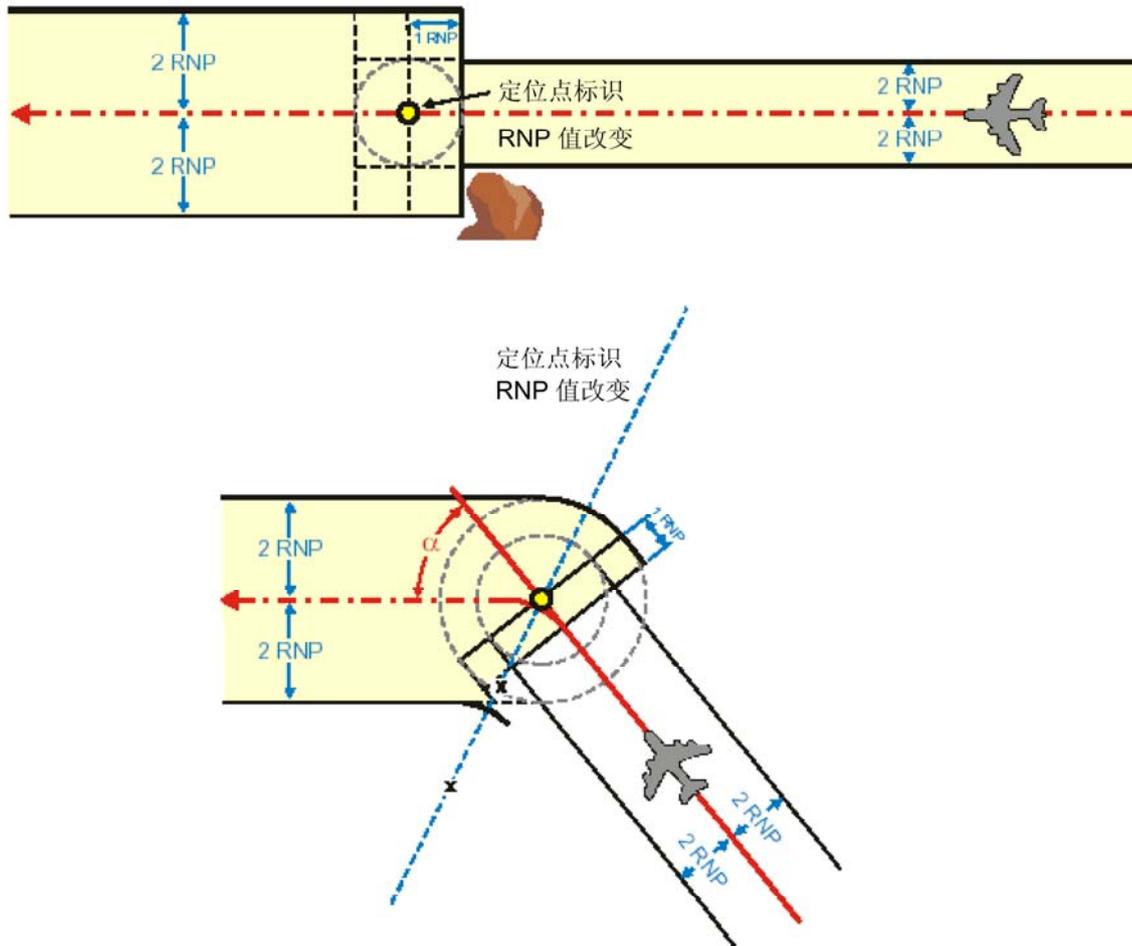


图 2-7B RNP 增加（直线和转弯航段）

2.10 航段衔接

连接 TF 航段的转弯通常不超过 90°。对超过 90°的转弯，应考虑使用 RF 航段。

2.11 中间进近航段

2.11.1 中间进近航段对正

中间进近航段应尽量与最后进近航段对正。在 FAF 处的旁切转弯的航迹改变限制在最大 15°，超过 15°的转弯应采用 RF 航段。

2.11.2 下降梯度

在 FAF 处用旁切转弯改变航迹时，由于航迹长度变化微小，计算下降梯度时可以忽略不计。

2.11.3 MOC 的调整

当确定中间航段的最低高度时，比较中间航段 MOC 值 150 米（500 英尺）与沿航迹距跑道着陆入口点（LTP）特定距离的控制障碍物处由 VEB OCS 提供的 MOC 值

之间的差值。如果 VEB MOC 值超过 150 米, 用该值替代中间航段 MOC(参见图 2-8)。使用 VEB 的 MOC 将会增加中间航段的高度。如果这样导致的 FAF 到 LTP 的距离大于 14 千米 (7.5 海里), 需要得到局方的专门批准。

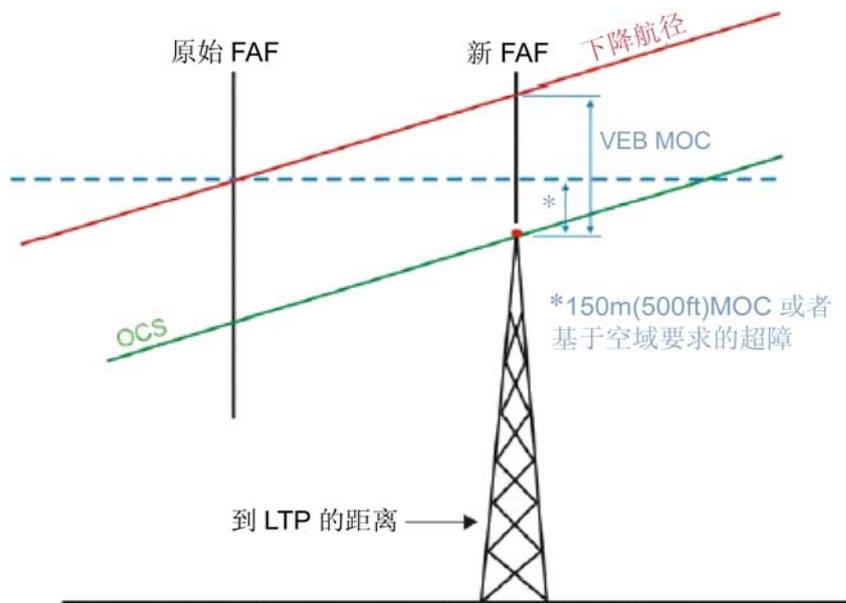


图2-8 在中间航段应用VEB代替MOC

第三章 最后进近航段

3.1 总则

最后进近航段水平引导基于 RNP。垂直引导 (VNAV) 是基于气压 VNAV 的准则。因此, 不能使用远距高度表拨正源, 最后进近航段不得设置在对风和气压有严重影响的地形上。为了公布 RNP/AR 程序, 障碍物不得穿透目视保护面。如最后航段有 RF 转弯, 目视保护面在 OCA/H 处或在跑道中心延长线上最后改平点 (FROP) 处终止 (二者取最靠近 LTP 的点)。最后进近航段超障面 (OCS) 的 VEB 是基于气压 VNAV 航空电子系统的垂直误差性能。在进近图中要为没有温度补偿系统的航空器规定最高和最低的温度限制。OCH 最低值为 75m (250ft)。

3.2 最后航段 RNP 值

最后进近航段应使用 0.3 的 RNP 值进行评估。仅在 RNP0.3 导致在 DH 超过 90m 或能获得重要运行利益的情况下, 可使用较小的 RNP 值, 最小值为 0.1。

3.3 垂直航径角 (VPA) 和跑道入口基准高 (RDH) 需求

标准和最小的 VPA 都是 3°。只有因障碍物的原因不适合使用 3°VPA，或者运行受最低可用温度的限制时，可使用大于 3°的下滑角。表 3-1 列出了不同航空器类型的允许最大下滑角。如果要求的下滑角大于航空器类型的最大允许角，不应公布该类型航空器的 OCA/H。如果跑道具有仪表着陆系统 (ILS)，用于同一跑道的 RNP 程序应具有相同的 RDH 和下滑角值。如跑道无 ILS 但具有目视下滑坡度指示器 (VGSI) 系统，RNP 程序的 VPA 应尽量与 VGSI 的角度一致。如 VGSI 角度与 VPA 角度相差超过 0.2° 时，应在进近图中予以说明。下滑角不应使航空器下降率超过 300 m/分 (1,000 ft/分)。

表3-1 最大VPA

类型	VPA	梯度 (%)
A (80节或更低)	6.4	11.22
A (81-90节)	5.7	9.98
B	4.2	7.34
C	3.6	6.29
D&E	3.1	5.42

3.4 控制温度对下滑角的影响

RNP 最后垂直引导由气压 VNAV 提供。有效的下滑角 (实际所飞下滑角) 取决于与机场标高相关的国际标准大气 (ISA) 的温度偏差。

RNP 程序应提供在机场预计的温度范围内的超障保护。根据 5 年内年最冷月的最低温度的平均值确定最低温度值。

在 ΔISA_{low} 的有效 VPA ($\theta_{\Delta ISA_{low}}$) 不得小于 0.917 θ (公布的 VPA 的 0.917 倍)。使用下列公式计算 ISA_{low} 。

$$\theta_{\Delta ISA_{low}} = \tan^{-1} \left(\frac{a+e}{r} \right)$$

式中: $a = FAF_{altitude} - LTP_{elev}$

$$e = \Delta ISA_{low} \times (0.19 + [0.0038 \times a]) + 0.032 \times a + 4.9$$

$$r = \frac{a}{\tan(\theta)}$$

θ = 公布的下滑角

如果有效的下滑角小于0.917 θ ，应使用下列公式获得0.917 θ 的下滑角的 ΔISA_{low} 。

$$\Delta ISA_{low} = \frac{-e1 - (0.032 \times a) - 4.9}{0.19 + (0.0038 \times a)}$$

式中： $e1 = FAF_{altitude} - b$

$$b = r \times \tan(0.917\theta) + LTP_{elev}$$

$$r = \frac{a}{\tan(\theta)}$$

$$a = FAF_{altitude} - LTP_{elev}$$

利用上述公式得到的 ΔISA_{low} 后，利用该值根据下述公式确定公布的低温限制 (NA_{below})。如果机场的历史温度表明这种温度限制在已有的运行繁忙时刻经常遇到，则应该考虑提高下滑角至可满足运行需求的最低角，但仍需在表 3-1 的限制内。

$$NA_{below} = ISA + \Delta ISA_{low}$$

比ISA高的温度导致实际的VPA高于设计的VPA。使用下列公式确定可导致最大允许下滑角(α)的最大 ΔISA_{high} (高于ISA)，最大下滑角是表3-1中公布最快航空器进近类型角度最大值的1.13倍。

$$\Delta ISA_{high} = \frac{eh - (0.032 \times 2) - 4.9}{0.19 + (0.0038 \times a)}$$

式中： $eh = c - FAF_{altitude}$

$$c = r \times \tan(\alpha) + LTP_{elev}$$

$$r = \frac{a}{\tan(\theta)}$$

$$a = FAF_{高度} - LTP_{标高}$$

α = 最大允许下滑角

θ = 公布的下滑角

利用下列公式确定程序公布的高温限制。

$$NA_{above} = ISA + \Delta ISA_{high}$$

3.5 在最后进近航段 (FAS) 上的转弯

在 FAS 不得使用旁切转弯。如果转弯是必要的，必须使用 RF 航段。如 FAS 包含 RF 转弯，则应在下列条件之前使航空器对正跑道：

- a. 在 LTP 标高上 150m (500ft), 或更大值,
- b. 根据下列条件和时间确定在 OCA/H 之前的最小距离 X_{min} :
 最快速航空器分类的 TAS, 温度为机场标高上的 ISA + 15°C;
 对于复飞 RNP1.0: 15 秒
 对于复飞 RNP 小于 1.0: 50 秒

3.6 确定 FAF 位置

在任何情况下, FAF 都以命名的定位点来标识。

最佳的对正是从 FAF 到 LTP 的 TF 航段, 与跑道中心线对正。如果有必要, TF 航迹可以最大偏置 3°。当航迹偏置时, 偏置的航迹必须与跑道中心延长线在 LTP 之前至少 1400m 相交。当因障碍物或运行的原因不能作从 FAF 到 LTP 的直线进近, 则最后航段可以使用 RF 航段。

FAF 必须设置在 TF 或 RF 航段开始定位点上。在 FAF 必须设置在一个 RF 航段范围内时, 航段必须分开成有相同转弯半径和转弯中心的两个航段, FAF 与第二个航段开始定位点一致。

3.7 最后航段区域。

最后航段区域在 FAF 前 $1 \times RNP$ 处开始, 在 LTP 或假想的跑道入口点 (FTP) 处结束。DH 前的障碍物使用倾斜的 OCS 进行评估, 从 DH 到 LTP 使用目视航段的 OIS 进行评估 (参见图 3-1)。

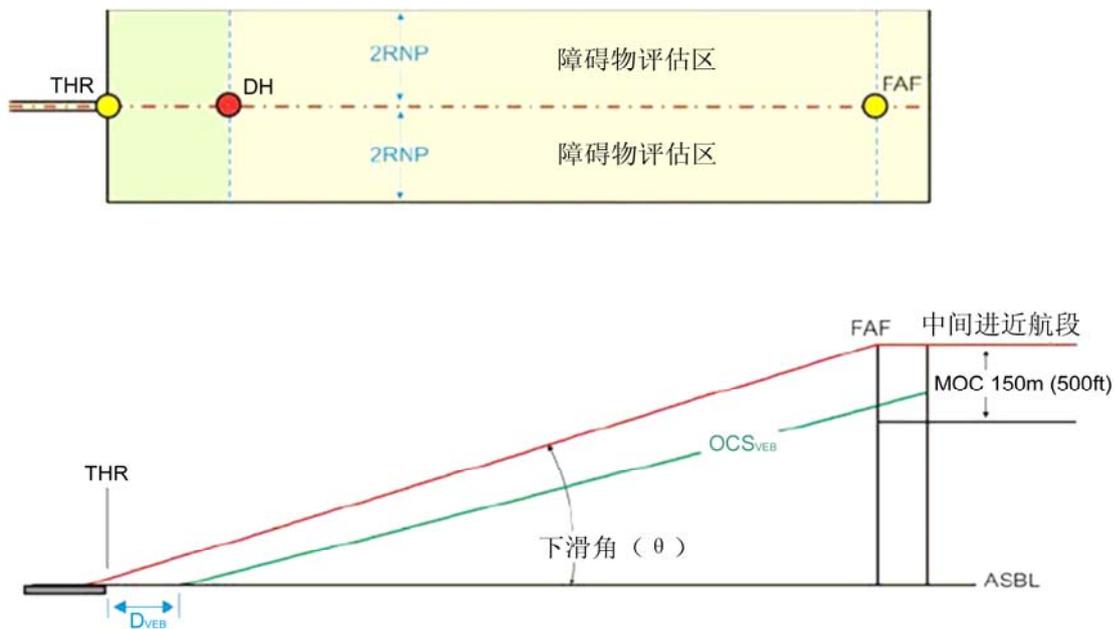


图3-1 最后航段区域和OCS

OCS 起始端与 LTP 的距离 (D_{VEB}) 及其斜面坡度均是垂直误差分配值 (VEB) 的函数。其具体计算见附录 1。

使用下述公式计算距着陆跑道入口点任意距离 ‘x’ 处 OCS 的标高 (MSL)。

$$VEB_{MSL} = LTP_{elev} + \frac{d - D_{VEB}}{OCS_{slope}}$$

式中: d = 沿中心线距LTP的距离

D_{VEB} = OCS原点距LTP的距离

OCS_{slope} = 计算出的OCS坡度

VEB 计算要求输入两个变量的值: 最后航段 RNP 值和低于机场 ISA 温度的偏差 (ΔISA_{low}) ($^{\circ}C$)。

$$VEB_{MSL} = LTP_{elev} + (x - D_{VEB}) \times \tan OCS$$

式中: VEB_{MSL} = VEB 超障面标高 (MSL)

LTP_{elev} = 着陆跑道入口点 (LTP) 的标高 (MSL)

x = 从 LTP 到障碍物的距离

D_{VEB} = OCS原点距LTP的距离

$\tan OCS$ = VEB 面的坡度

3.8 障碍物评估

如果没有障碍物穿透最后进近OCS, 则相对于LTP上的最小DH值为75m (250ft)。

另外, LTP至DH的距离不得小于LTP至OCS起端 (D_{VEB}) 的距离。

可采用下列方法之一消除穿透OCS的障碍物: 移开障碍物或降低障碍物高度、减小该航段的RNP值 (如适用)、调整航迹、增大下滑角VPA、提高RDH、内移着陆跑道入口点或增加DH (参见图3-2)。

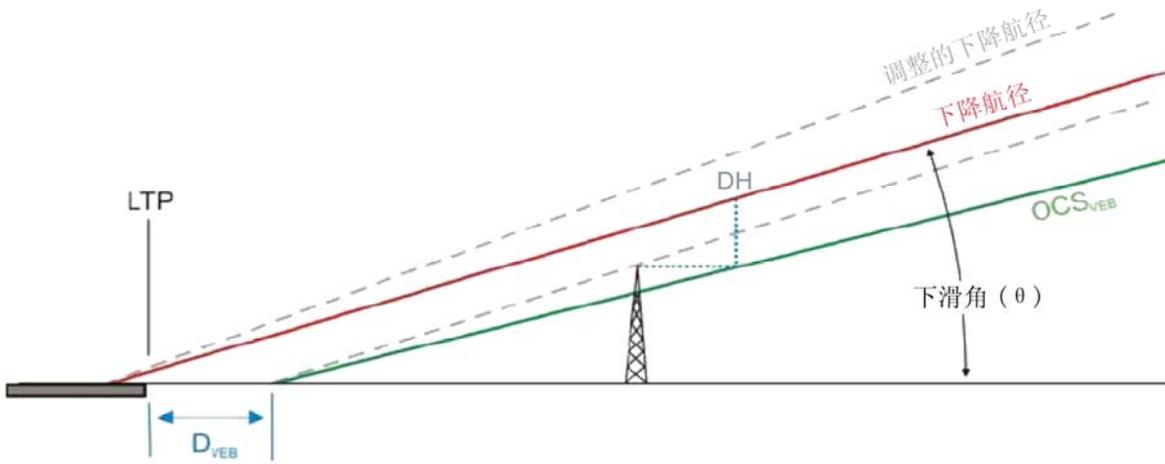


图3-2 通过改变DH或下滑角的VEB修正

$$OCH_{adjusted} = \tan(\theta) \times (d + p \times OCS_{VEB}) + RDH - (LTP_{elev} - TDZE)$$

式中：θ = 下滑角

d = LTP至障碍物的距离（英尺）

p = 穿越的量（英尺）

OCS_{VEB} = VEB OCS的坡度

当下滑角增加时， D_{VEB} 稍有所减小。因此，如果为满足不穿透OCS而增加下滑角，必须重新计算VEB和确定OCS。

3.9 在最后进近 RF 航段上应用 VEB OCS

如果最后航段包含 RF 航段，其弯曲部分的 OCS 梯度与直线段的部分相同，但是，RF 航段的 VEB 由于航空器机身几何尺寸误差（BG）而被增加。OCS 面上任一点标高，在直线航段上等于标称航迹正切该点时的标高，减去直线段的 VEB；在 RF 航段上，等于标称航迹正切该点的标高，减去（VEB + BG）。（见图 3-3）

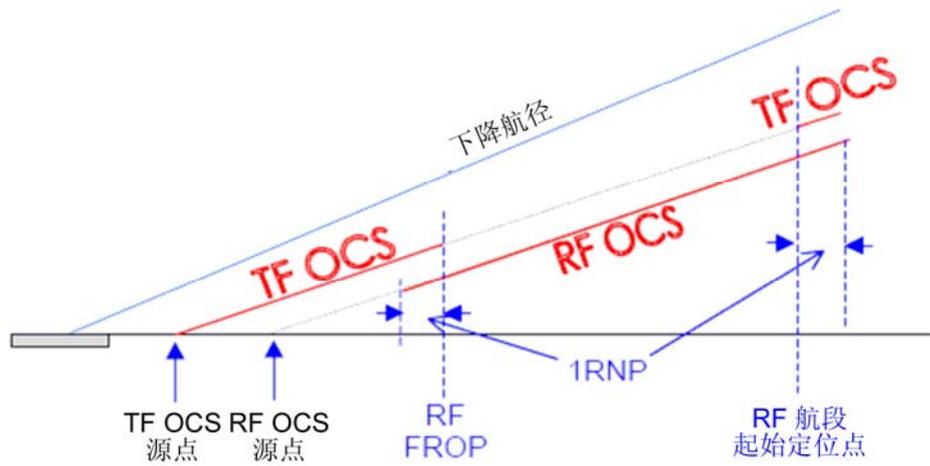


图3-3 RF最后航段OCS标高

3.10 目视航段面 (VSS)

应对直线进近目视航段中的障碍物进行限制，不允许障碍物穿透VSS。VSS从LTP开始延伸至DA/H点，角度比标称下滑角小1度（参见图3-4）。

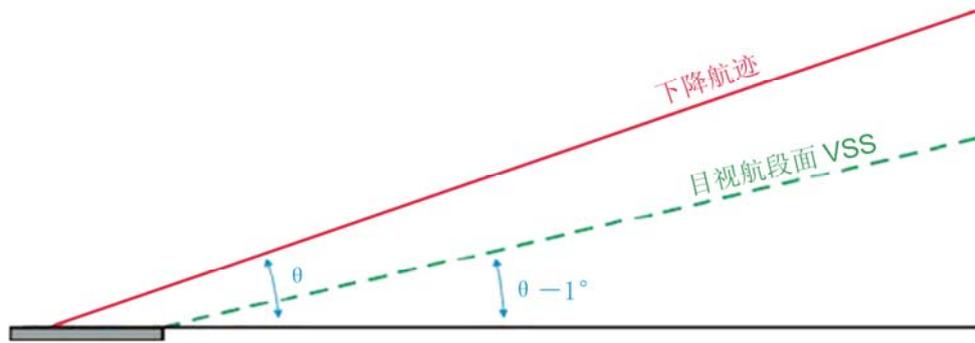


图3-4 目视航段面VSS

在LTP处VSS的半宽为跑道边界外30米（100英尺），以 10° 向两侧扩展直到达到 $\pm 1 \times \text{RNP}$ 的宽度，保持该宽度到最后航段的DA/H处（参见3-5）。

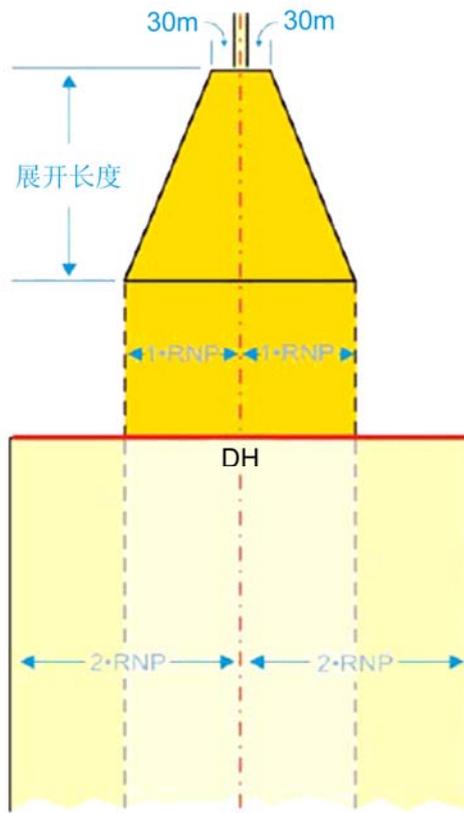


图3-5 全宽度的目视航段VSS

如果VSS的 10° 扩张在DH处的宽度小于 $\pm 1 \times \text{RNP}$ ，则须构建与跑道对正的、从DH点向LTP延长且距离为“Dbuffer”的、宽度为 $\pm 1 \times \text{RNP}$ 的缓冲区域。Dbuffer是基于所公布的最快速类别的航空器和FAF的高度以及19千米/小时（10KT）的顺风飞行5秒的距离，见图3-6。如果有障碍物穿透VSS，则应在进近图上明确绘出，制定相应的运行程序，并且获得局方的专门批准。

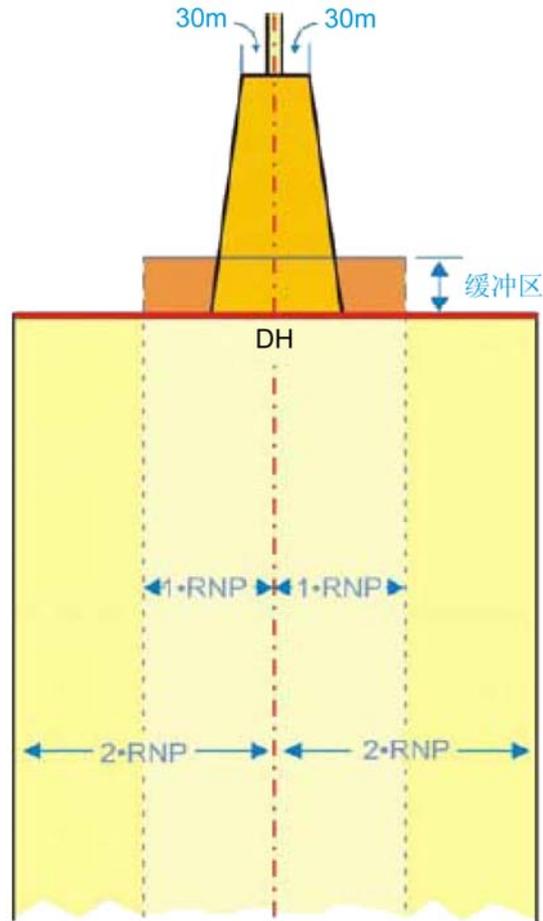


图3-6 非全宽度的目视航段

第四章 复飞航段

4.1 总则

本准则基于下列假设：

- 1) 复飞航段航空器以至少 3.3%（200 英尺/海里）的爬升梯度爬升；
- 2) 如复飞不是 RNP 程序，按推测领航对待（保护区按 15°展开）；
- 3) 如果最后进近航段的 RNP 等级小于 RNP1，则在复飞航段保护区的扩展是基于每小时 8 海里的 IRU 漂移率；
- 4) 如果最后进近航段的 RNP 等级小于 RNP1，跑道入口标高 150 米（500 英尺）以下不允许转弯；
- 5) 复飞开始时始终有 15 米（50 英尺）的高度损失

标准的复飞是最后进近航道继续向前延伸。保护区以 15°扩张角从最后进近航段的 RNP 值扩张到 1.0，使用 2.5%梯度的超障面。如使用 RF 转弯，则必须满足转弯坡

度最大不超过 15°的要求。如果有必要，RNP 可在复飞点或其后的定位点结束，改为使用传统的复飞程序。

4.2 复飞航段类型

下面的航段类型可用于复飞程序的设计：

- 1) 沿航迹至定位点，TF
- 2) 沿固定半径转弯，RF

在 DH 后需要 RF 转弯的情况下，转弯高度至少为跑道入口标高以上 150 米（500 英尺），并且在 RF 转弯前应至少提供在 19 千米/小时（10KT）顺风情况下 10 秒的直线航段距离。转弯点应尽可能在 DER 后。

4.3 复飞航段的 RNP 等级

4.3.1 RNP 值为 1

标准复飞航段在 DH 从复飞航段宽度展开，与航道中心线夹角成 15°，延伸到 ±2NM（RNP1.0）的宽度。参见图 4-1A。

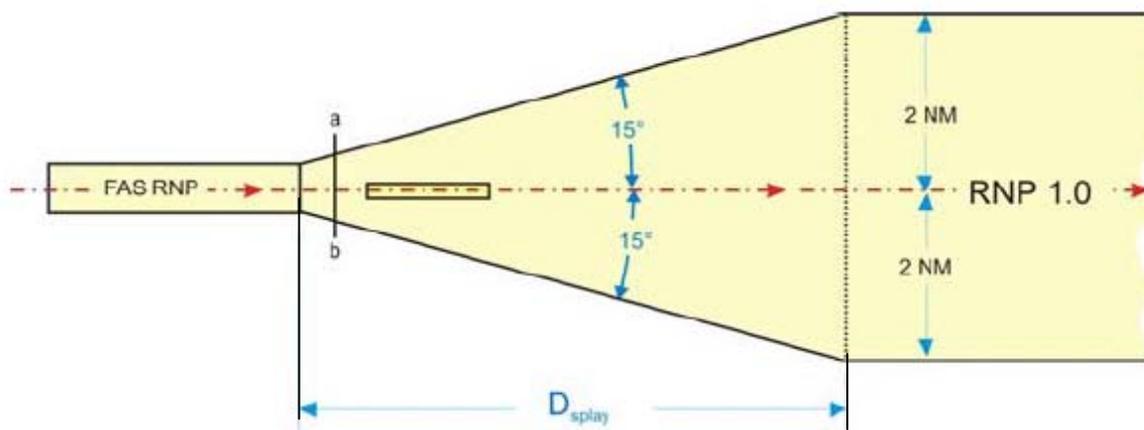


图4-1A 从FAS到MAS RNP等级的过渡

在复飞保护区扩张至±2NM（RNP1.0）前不允许转弯。如需提前转弯，可考虑其它设计方法，如应用 4.3.2 或使用传统的复飞。

4.3.2 RNP 值小于 1

如果有障碍物穿透 2.5%的 OCS，或者 DH 或能见度能至少分别减小 15 米（50 英尺）或 400 米，可考虑减少复飞航段 RNP 值以避免障碍物。应使用可能的最大 RNP 值（最后航段 RNP ≤ 复飞航段 RNP ≤ 1.0）实现避障。使用下列公式确定复飞航段 < RNP 1.0

的最大海里数距离 (DMASRNP)。参见图 4-1B。

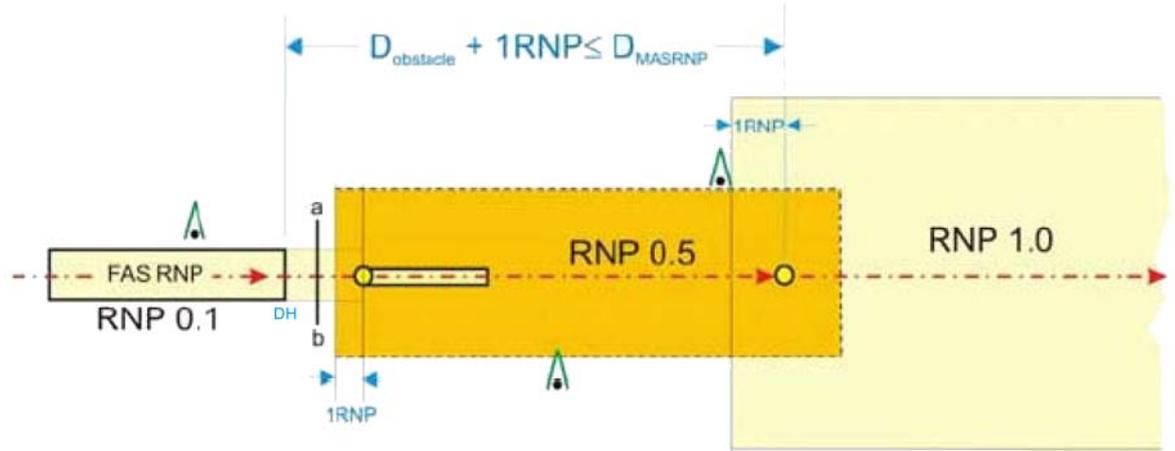


图4-1B RNP值 < 1.0

$$D_{MASRNP} = 165 \times (RNP_{MAS} - 0.05) / 8$$

4.4 复飞航段超障面 (OCS) 评估

复飞航段由 OCS 的 1a 和 1b 部分组成 (参见图 4-2)。1a 和 1b 由 ab 线分开。OCS 1a 部分从 DH 点向下以 VEB OCS 斜面坡度延伸距离 Dheightloss (沿最后航道航迹测量的距离, 使用下列公式计算) 至 ab 线。从 ab 线开始, OCS 1b 部分以 2.5% 的坡度上升。障碍物不得穿透 OCS。

$$D_{\text{heightloss}} = \frac{HL}{\tan(\theta)}$$

式中: HL = 假定的高度损失, 15 米 (50 英尺)

使用下列公式计算 ab 线处的复飞面高 (HMAS_{ab})。

$$HMAS_{ab} = LTP_{\text{elev}} + \frac{D_{DH} - D_{OCS\text{origin}} - \frac{HL}{\tan(\theta)}}{VEB_{OCS\text{slope}}}$$

式中: DDH = 从 LTP 至 DH 的距离

D_{OCSorigin} = 从 LTP 至 OCS 原点的距离

VEB_{OCSslope} = 最后航段 OCS 斜面坡度

HL = 高度损失

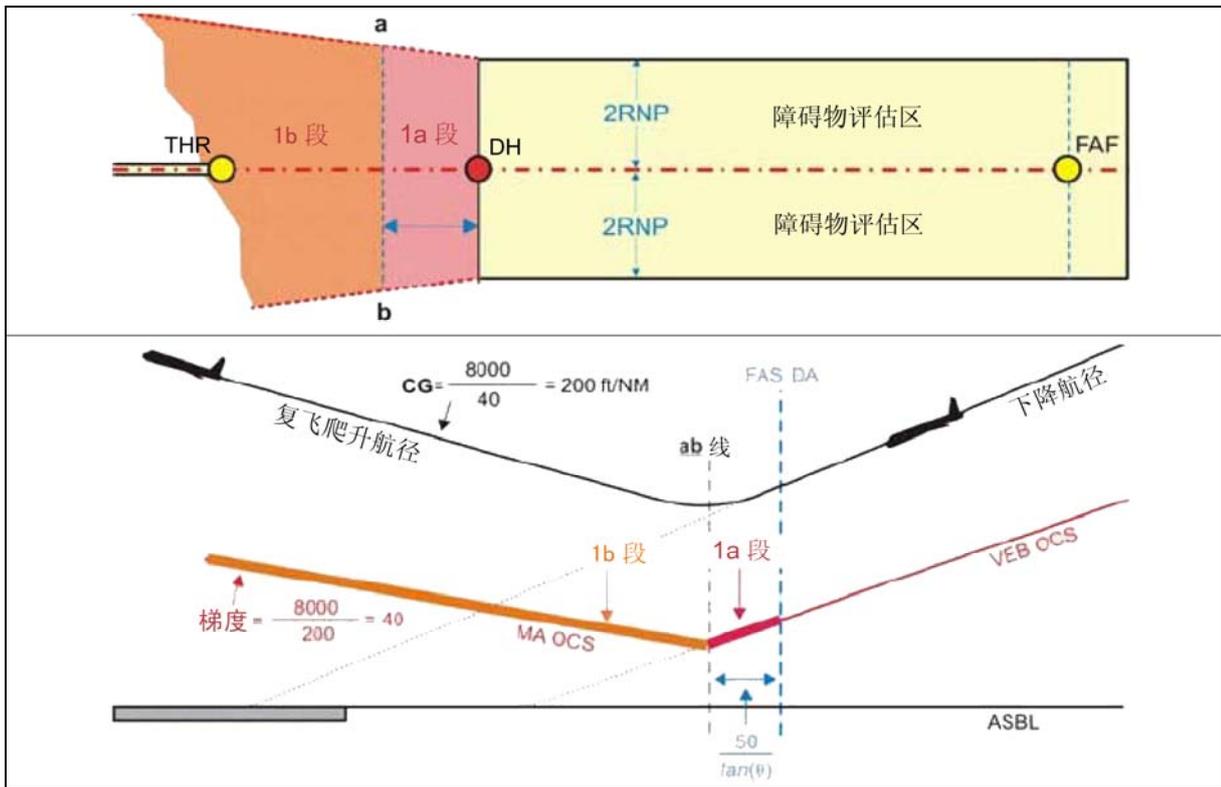


图4-2 MAS保护区和OCS

通过测量沿航迹中心从ab线到正切障碍物的点的距离，确定距离（D_{section1b}）后，可使用下列公式计算在任一障碍物的1b部分表面高（H_{section1b}）。

$$H_{\text{section1b}} = H_{\text{MAS}_{\text{ab}}} + \frac{D_{\text{section1b}}}{40}$$

4.4.1 穿透 OCS

如果障碍物穿透 OCS，采取下列方法进行调整以获得最低可能的 DH:

- 1) 避开障碍物或降低障碍物高度
- 2) 使用小于 1.0 的 RNP，将障碍物置于保护区之外
- 3) 改变复飞航迹
- 4) 调整决断高（DH）
- 5) 提高复飞爬升梯度

4.4.1.1 调整 DH

参见图 4-3。为避免穿透复飞航段 OCS 而要求增加 DH，可使用下列公式确定所需的 DH 值增加量。

$$\text{OCH}_{\text{adjustment}} = \frac{p \tan(\theta) \text{MA}_{\text{OCSslope}} \text{VEB}_{\text{OCSslope}}}{\text{MA}_{\text{OCSslope}} + \text{VEB}_{\text{OCSslope}}}$$

式中: p = 穿透的量 (英尺)

θ = 下滑角

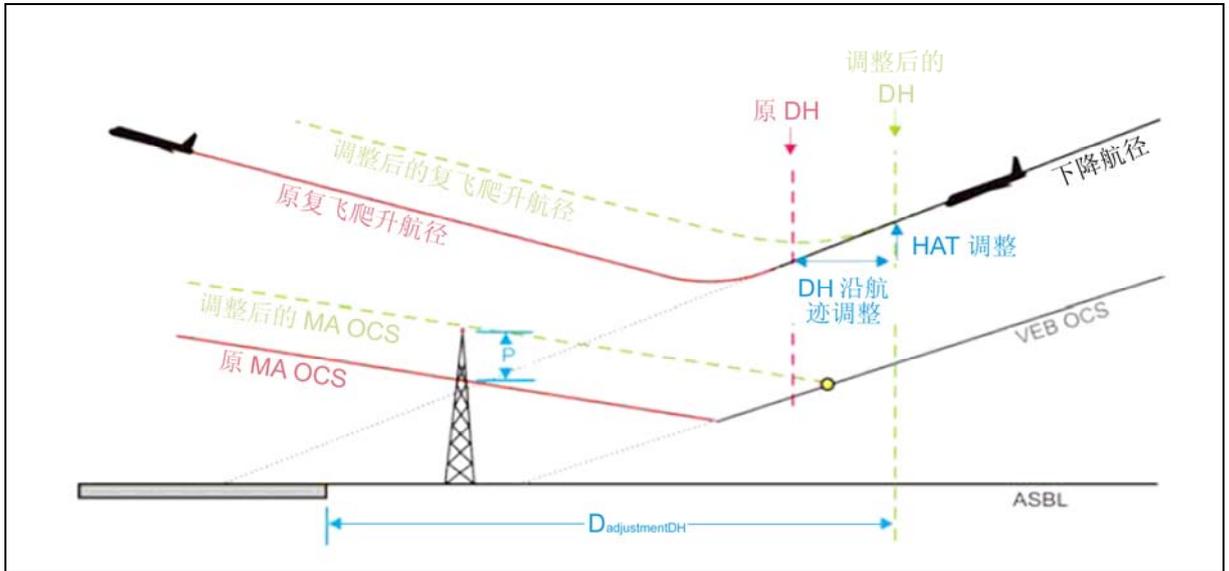


图4-3 DH调整

使用下列公式计算从LTP到DH的距离:

$$D_{\text{adjustedDH}} = \frac{\text{OCH}_{\text{FAS}} + \text{OCH}_{\text{adjustment}} - \text{RDH}}{\tan(\theta)}$$

式中: θ = 下滑角

最后, 使用下列公式计算调整后的DA值。

$$DA_{\text{adjusted}} = \tan(\theta)D_{\text{adjustedDH}} + (\text{LTP}_{\text{elev}} + \text{RDH})$$

4.4.1.2 计算复飞爬升梯度 (MA_{CG})

参见图4-4。如OCS面的1b被穿透, 或者DH和能见度可分别减小至少15米 (50英尺) 或400米, 可考虑提高复飞爬升梯度来飞越障碍物。

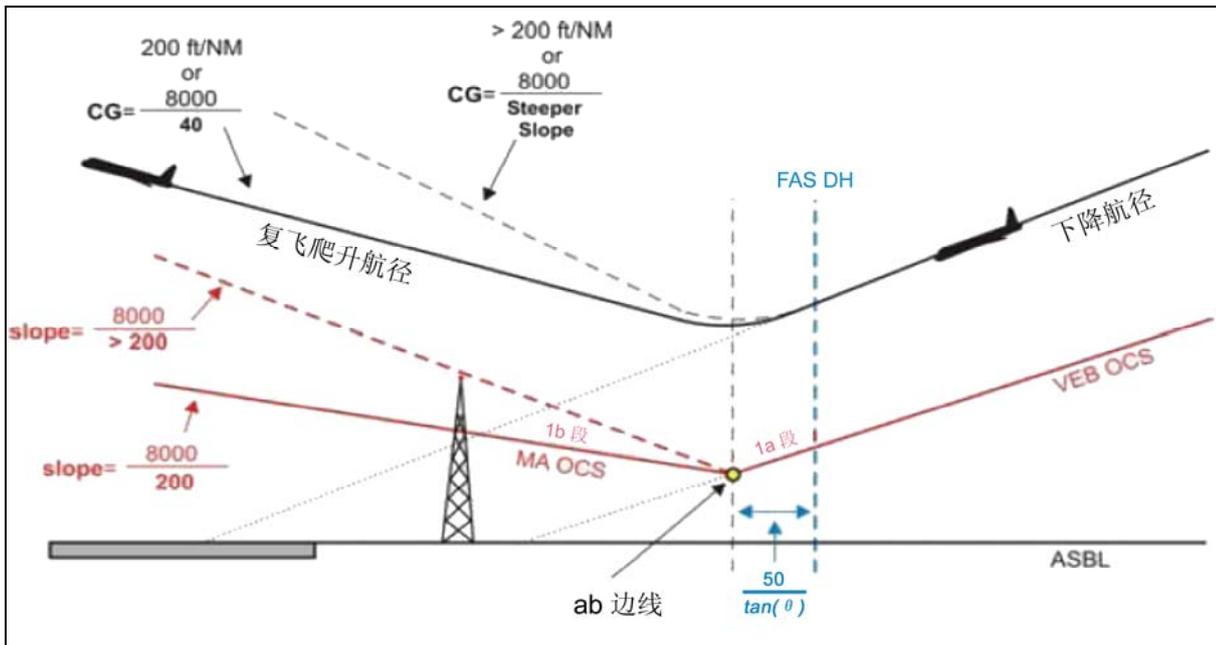


图4-4 复飞爬升梯度

为确定1b部分的障碍物超障所要求的爬升梯度，应用下列公式。

$$MA_{CG} = \frac{8000(OBS_{elev} - HMAS_{ad})}{D_{abobs}}$$

式中：OBS_{elev} = 障碍物标高

HMAS_{ab} = HMAS在ab线处的标高

D_{abobs} = 沿复飞航道测量的从ab线到障碍物的距离（英尺）

4.4.1.3 确定非标准爬升梯度的终止高度

如超越障碍物后不再需要大的爬升梯度，则应公布终止该爬升梯度的高度。并以50米或100英尺向上取整。

附录 垂直误差分配（VEB）及最后进近 MOC

1. 介绍

最后进近航段的最小超障余度（MOC）是用垂直误差分配（VEB）来表示。

通过平方和根方式（RSS）得到已知的三倍标准偏差（ 3σ ）值，乘上四分之三确定四倍标准偏差（ 4σ ）值。然后加上偏移误差确定出总的 MOC。

VEB 随程序设计确定的特定值而定：RNP 值、LTP 标高（MSL）、从 LTP 到 FAF 的距离、VPA、RDH、最低温度、坡度角、直线航段或 RF 航段。

VEB 也取决于审定和批准过程中的变量。

2. 可变的误差

实际导航性能误差（ANPE）。实际导航性能（ANP）取决于所需导航性能（RNP）。RNP 是由制造商保证飞机的实际位置在 95% 的时间里都将在指示的 RNP 范围内。即如果 RNP 为 2 海里（RNP2），那么 95% 的时间里飞机将在指示位置为圆心 2 海里为半径的圆内。对于 RNP0.1，该圆的半径减至 0.1 海里。为将 95%RNP 转换为三倍标准偏差（ 3σ ），需乘以系数 1.225。尽管 ANP 可能优于 RNP，仍使用保守的 RNP 用来确定该误差的垂直分量。通过 VPA 的正切值，水平位置误差将转换为垂直误差。如下式所示：

$$\text{ANPE} = 1.225 \times \text{RNP} \times 1852 \times \tan(\text{VPA}) \quad (\text{单位: m})$$

航路点分辨率误差（WPR）。该误差是垂直航径定义误差的分量，它的出现是因为航路点的指示位置和实际位置稍有些差别。水平位置误差的保守估计值是 18.3m（60ft），它是基于计算的坐标分辨率，FMS 数据库的存储值和 FMS 的计算分辨率来确定的。

$$\text{WPR} = 18.3 \times \tan(\text{VPA}) \quad (\text{单位: 米})$$

飞行技术误差（FTE）。审定和批准的飞行技术误差值为 22.8m（75ft）

高度测量系统误差（ASE）。高度测量系统本身存在的误差。ASE 方程由制造商根据飞行测试数据提供。通常的静压源误差由大气数据惯性基准组件（ADIRU）或大气数据计算机（ADC）来确定。

$$\text{ASE} = (-8.8 \times 10^{-8} \times (\text{elev})^2 + 6.5 \times 10^{-3}(\text{elev}) + 50) \times 0.3048 \quad (\text{单位: 米})$$

$$\text{ASE}_{250} = (-8.8 \times 10^{-8} \times (\text{LTP}_{\text{elev}} + 250)^2 + 6.5 \times 10^{-3} \times (\text{LTP}_{\text{elev}} + 250) + 50) \times 0.3048 \quad (\text{单位: 米})$$

$$\text{ASE}_{\text{FAF}} = (-8.8 \times 10^{-8} \times (\text{FAF})^2 + 6.5 \times 10^{-3} \times (\text{FAF}) + 50) \times 0.3048 \quad (\text{单位: 米})$$

垂直角度误差 (VAE)。FMS 确定 VPA 时产生的误差。该误差保守地估计为不超过 0.01° (3σ)。

$$VAE = \frac{(\text{elev} - LTP_{\text{elev}})(\tan(\theta) - \tan(\theta - 0.01^\circ))}{\tan(\theta)} \times 0.3048 \text{ (单位: 米)}$$

$$VAE_{250} = \left(\frac{250}{\tan(VPA)}\right) \times (\tan(VPA) - \tan(VPA - 0.01^\circ)) \times 0.3048 \text{ (单位: 米)}$$

$$VAE_{FAF} = \left(\frac{FAF - LTP_{\text{elev}}}{\tan(VPA)}\right) \times (\tan(VPA) - \tan(VPA - 0.01^\circ)) \times 0.3048$$

终端自动情报系统 (ATIS) 误差。假定由于 0.5Hpa 误差或 0.02 英寸调定误差为 6.1m (20ft)。

3. 偏移误差

机体几何误差 (BG)。根据下滑航径与轮子的距离 8m 固定值及坡度角和固定 40m (或指定的值) 半翼展计算得出。

BG 偏移: 直线航段固定值: $BG = 8\text{m}$ (26 ft)

RF 航段: $BG = 40 \times \sin(\text{坡度角}) \text{ m}$
 $= 131.2 \times \sin(\text{坡度角}) \text{ ft}$

国际标准大气温度偏差 (ISAD)。ISAD 为偏移误差, 即所指示的高度的非标准温度的平均误差不为零。在低于标准温度时, 飞机实际高度将低于指示高度; 而高于标准温度时, 实际高度高于指示高度。使用下列公式计算因温度偏差 (ISAD) 而导致的高度误差。

$$ISAD = \frac{\Delta h \times \Delta ISA}{288 + \Delta ISA - 0.5 \times 0.00198 \times h}$$

式中: ISAD 误差量, 单位为英尺

h 为 LTP 的平均海拔高度, 单位为英尺

Δh 为高于 LTP 的高度, 单位为英尺

ΔISA 为与标准温度的差值, 单位为摄氏度

4. MOC 的计算

MOC 计算公式是:

$$MOC = BG - ISAD + \frac{4}{3} \times \sqrt{ANPE^2 + WPR^2 + FTE^2 + ASE^2 + VAE^2 + ATIS^2}$$

5. 计算进近障碍物超障面 (OCS) 斜率

OCS 斜率是利用 OCS 面在 FAF 处的 MOC 与下滑航径 250ft 高处的 MOC 的差值

来计算得到

$$OCS_{\text{slope}} = \frac{(FAF - LTP_{\text{elev}} - 250) \text{ctg}\theta}{(FAF - MOC_{\text{FAF}}) (250 - MOC_{250})}$$

6. 计算 OCS 面的起点到 LTP 的距离

OCS 面的起点到 LTP 的距离等于下滑航径 250ft 的点距跑道入口的距离减去沿 OCS 斜面从 0 到 $MOC_{250\text{ft}}$ 点的距离。

$$OCS_{\text{origin}} = \frac{250 \text{ RDH}}{\tan(\theta)} - (250 - MOC_{250}) \times OCS_{\text{slope}}$$

计算举例

设计变量

适用的设备最低温度是低于标准温度 20°C : ($\Delta\text{ISA} = -20$)

所需导航性能 (RNP) 是 0.14NM: ($\text{RNP} = 0.14$)

翼展半宽为 68ft: ($\text{Semispan} = 68 \text{ ft}$)

二倍标准偏差的垂直飞行技术误差假定为 75ft: ($\text{FTE} = 75\text{ft}$)

终端自动情报服务 (ATIS) 二倍标准偏差高度表拨正的垂直误差假定 20ft: ($\text{ATIS} = 20\text{ft}$)

假定最大坡度角为 18° : ($\varphi = 18^{\circ}$)

下滑航径变量

最后进近定位点高度 (FAF) 为 4,500 ft:

着陆跑道入口点标高 (LTP_{elev}): ($LTP_{\text{elev}} = 1200 \text{ ft}$)

飞越入口高 (RDH): ($\text{RDH} = 55 \text{ ft}$)

下滑角 (θ): $\theta = 3^{\circ}$

计算:

$$\begin{aligned} \text{ANPE} &= 1.225 \times \text{RNP} \times 1852 \times \tan(\text{VPA}) \\ &= 1.225 \times 0.14 \times 1852 \times \tan 3^{\circ} \\ &= 16.65\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{WPR} = 18.3 \times \tan\theta = 18.3 \times \tan 3^{\circ} = 0.96\text{m}$$

$$\text{FTE} = 22.8 \text{ m}$$

$$\text{ASE} = (-8.8 \times 10^{-8} \times (\text{elev})^2 + 6.5 \times 10^{-3}(\text{elev}) + 50) \times 0.3048$$

$$\text{ASE}_{250} = (-8.8 \times 10^{-8} \times (LTP_{\text{elev}} + 250)^2 + 6.5 \times 10^{-3} \times (LTP_{\text{elev}} + 250) + 50) \times 0.3048$$

$$\begin{aligned}
 &= (-8.8 \times 10^{-8} \times (1200 + 250)^2 + 6.5 \times 10^{-3} \times (1200 + 250) + 50) \times 0.3048 \\
 &= 59.24 \times 0.3048 \\
 &= 18.0564\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ASE}_{\text{FAF}} &= (-8.8 \times 10^{-8} \times (\text{FAF})^2 + 6.5 \times 10^{-3} \times (\text{FAF}) + 50) \times 0.3048 \\
 &= (-8.8 \times 10^{-8} \times (4500)^2 + 6.5 \times 10^{-3} \times (4500) + 50) \times 0.3048 \\
 &= 77.4680 \times 0.3048 \\
 &= 23.6122\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\text{VAE} = \frac{(\text{elev} - \text{LTP}_{\text{elev}})(\tan(\theta) - \tan(\theta - 0.01^\circ))}{\tan(\theta)} \times 0.3048$$

$$\begin{aligned}
 \text{VAE}_{250} &= \frac{250}{\tan(\text{VPA})} \times (\tan(\text{VPA}) - \tan(\text{VPA} - 0.01^\circ)) \times 0.3048 \\
 &= \frac{250}{\tan 3^\circ} \times (\tan 3^\circ - \tan(3^\circ - 0.01^\circ)) \times 0.3048 \\
 &= 0.2545\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{VAE}_{\text{FAF}} &= \frac{\text{FAF} - \text{LTP}_{\text{elev}}}{\tan(\text{VPA})} \times (\tan(\text{VPA}) - \tan(\text{VPA} - 0.01^\circ)) \times 0.3048 \\
 &= \frac{4500 - 1200}{\tan 3^\circ} \times (\tan 3^\circ - \tan(3^\circ - 0.01^\circ)) \times 0.3048 \\
 &= 3.359\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\text{ISAD} = \frac{\Delta h \times \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0.5 \times 0.00198 \times h}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ISAD}_{\text{FAF}} &= \frac{\Delta h \times \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0.5 \times 0.00198 \times h} \\
 &= \frac{(4500 - 1200) \times (-20)}{288 - 20 - 0.5 \times 0.00198 \times 4500} \\
 &= -250.4316\text{ft} \\
 &= -76.33155\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ISAD}_{250} &= \frac{250 \times \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0.5 \times 0.00198 \times (\text{LTP}_{\text{elev}} + 250)} \\
 &= \frac{250 \times (-20)}{288 - 20 - 0.5 \times 0.00198 \times (1200 + 250)} \\
 &= -18.7572\text{ft} \\
 &= -5.7172\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BG &= \text{半翼展} \times \sin\phi \\ &= 20.7264 \times \sin 18^\circ \\ &= 6.40481\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MOC}_{250} &= BG - \text{ISAD}_{250} + \frac{4}{3} \times \\ &\quad \sqrt{\text{ANPE}^2 + \text{WPR}^2 + \text{FTE}^2 + \text{ASE}_{250}^2 + \text{VAE}_{250}^2 + \text{ATIS}^2} \\ &= 6.40481 + 5.7172 + \frac{4}{3} \times \\ &\quad \sqrt{16.65^2 + 0.96^2 + 22.8^2 + 18.0564^2 + 0.2545^2 + 6.096^2} \\ &= 57.558044\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MOC}_{\text{FAF}} &= BG - \text{ISAD}_{\text{FAF}} + \frac{4}{3} \times \\ &\quad \sqrt{\text{ANPE}^2 + \text{WPR}^2 + \text{FTE}^2 + \text{ASE}_{\text{PFAF}}^2 + \text{VAE}_{\text{PFAF}}^2 + \text{ATIS}^2} \\ &= 6.40481 + 76.33155\text{m} + \frac{4}{3} \times \\ &\quad \sqrt{16.65^2 + 0.96^2 + 22.8^2 + 23.6122^2 + 3.359^2 + 6.096^2} \\ &= 132,74183\text{m} \end{aligned}$$

计算超障面（OCS）梯度

用在 MOC_{FAF} 处OCS面的高和 MOC_{250} 的差值来计算OCS梯度：

$$\begin{aligned} \text{OCS}_{\text{gradient}} &= \frac{\tan\theta \times ((\text{FAF} \quad \text{MOC}_{\text{FAF}}) \quad (250 \quad \text{MOC}_{250}))}{\text{FAF} \quad \text{LTP}_{\text{elev}} \quad 250} \\ &= \frac{\tan 3^\circ \times ((4500 \quad 435) \quad (250 \quad 189))}{4500 \quad 1200 \quad 250} \\ &= 0.0688 \end{aligned}$$

OCS的角度 = 3.935°

计算OCS原点到LTP的距离

OCS 原点是用从设计的下滑航径 250ft 的点距跑道入口的距离减去沿 OCS 斜面从 MOC_{250} 到 0 点的距离来确定的。

$$\begin{aligned} \text{OCS}_{\text{origin}} &= \frac{250 - \text{RDH}}{\tan\theta} - \frac{250 - \text{MOC}_{250}}{\text{OCS}_{\text{gradient}}} \\ &= \frac{250 - 55}{\tan 3^\circ} - \frac{250 - 189}{0.0688} \\ &= 2834\text{ft} \\ &= 864\text{m} \end{aligned}$$