

机场纵断面上竖曲线设计的改进方法

李光元

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要:对现有机场纵断面竖曲线设计方法作了分析,分析了其缺点,并指明了现有视距判定方法不能处理局部凹形纵断面和设置竖曲线的情况。提出了残余变坡法和抛物线法两种改进后的设计方法,对两种新方法的各种要素进行了推导。并对设计了竖曲线的两类视距判定提出了一种新的计算方法,这种方法克服了现有方法的缺点,而且适合计算机编程。

关键词:纵断面;竖曲线;视距

中图分类号:V351.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)03-11-13

根据有关规定,当跑道纵向变坡值超过5%时需要设置竖曲线,滑行道的纵向变坡值超过10%时需要设置竖曲线,并且对各种机场的最小竖曲线半径作了规定。但在实际工程中仍有探讨的必要。

1 现有竖曲线设计方法

现有竖曲线设计方法一般是首先根据机场等级选择竖曲线半径 R 的值,然后使圆曲线与坡段线相切,对竖曲线位置处的道面标高作改正设计,如图1。这种设计方法需要确定以下几个主要变量:

$$L = \Delta i \times R; \quad T = \frac{L}{2} = \frac{\Delta i \times R}{2},$$
$$E = \frac{T^2}{2R}, \quad \Delta h = \frac{x^2}{2R}.$$

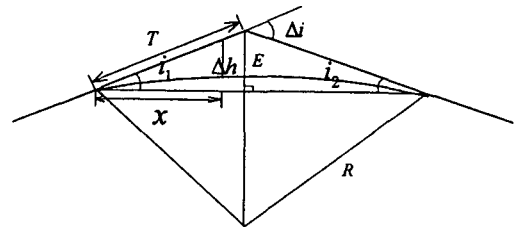


图1 现有竖曲线设计方法

式中 L 、 T 、 E 、 Δh 分别是圆曲线长度、切线长度、外距和道面高程改正值。

现有设计方法存在的主要问题是缓和段太长。以一级机场为例,当变坡为10%时, L 值为300 m。这样变坡点的两侧各有150 m长的曲线,而一级机场最小坡段可达150 m,这意味着有可能整段为缓和段。如果相邻两变坡点都设置竖曲线,将会形成竖曲线重叠设置,十分不合理,而且计算复杂。这种情况导致很多设计人员图简单,而把坡度设计得较小,这样势必增大工程量,提高工程造价。

现有设计方法存在的第二个问题是一种近似处理。当原坡段两端的坡度不是大小相同且方向相反时,用此方法设计不能保证两端同时与原坡段相切。改正值在这种情况下不能保证闭合到原坡段线上。此外,现有机场视距判定法不能处理局部凹形机场纵断面,也不能处理设置了竖曲线的纵断面视距问题。

2 改进的设计方法

2.1 残余变坡法

根据规定,跑道变坡 $>5\%$ 时才设置竖曲线。当跑道变坡略 $>5\%$ 时可以按现有方法设计竖曲线,当跑道

变坡远 > 5‰时,不一定要保证圆曲线与坡段相切,设置了竖曲线以后可以有变坡残余,理论上变坡残余不大于 5‰是可以接受的。工程应用中,为了保证飞机运行的流畅,可以把变坡残余设计为小于 4‰。同时对设置方法作如图 2 改进,即把圆心选在折断点的角平分线上。图 2 中竖曲线的方程为 $(y+c)^2 + x^2 = r^2$ 且有,

$$\alpha' + \beta' + \alpha + \beta = \Delta i, \quad \alpha' + \beta' = \Delta i'。通常 \alpha 与 \beta 可以取 4‰ \sim 5‰,这样可以设置更短的竖曲线。$$

主要确定要素有:

1) 竖曲线的长度, $L = \Delta i \times R。$

2) 竖曲线的切线长度, $T = \frac{L}{2} = \frac{\Delta i \times R}{2}。$

3) 竖曲线的外距, $CH = \frac{l_1 \times AC}{\cos(i_1 - i_1 - \alpha)} - R + c - (i_1 - i_1 - \alpha) \times \sqrt{R^2 - c}$, $C'H = CH - CC' = CH - \alpha \times AC。$

4) 竖曲线上任一点的高程改变量。当 E 点位于 AC 段时, $EF = EG - FG = i_1 \times AE - (i_1 + i_1) \times AG - \sqrt{R^2 - (i_1 \times AE)^2} + c$; 当 E 点位于 C 点右侧时, $EF = EG - FG = i_1 \times AC + i_2 \times AE - i_2 \times AC - (i_1 - i_1) \times AG - \sqrt{R^2 - (i_1 \times AC + i_2 \times AE - i_2 \times AC)^2} + c。$

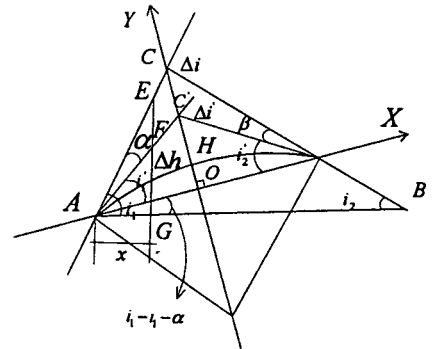


图 2 残余变坡法

2.2 抛物线法

可以采用抛物线来设计竖曲线,如图 3。设抛物线的方程为 $y = -ax^2 + b$, 则点 x_0 道面表面线的斜率是 $-2ax_0$ 。如果要使曲线与原坡度线相切,则应使抛物线的对称轴与变坡点的角平分线相重合,这样坡度线与两切点连线的平角是 $\arctan 2ax_0$ 。两切点连线到抛物线顶点的距离 b , 切点连线长度为 $2\sqrt{\frac{b}{a}}$, 如果 $\frac{1}{2}\sqrt{ab} < 0.5$ 是可以接受的。

主要确定要素有:

1) 竖曲线的长度, $L = 2 \int_{-x_0}^{x_0} y dx。$

2) 竖曲线的切线长度, $T = L/2。$

3) 竖曲线的外距, $CH = i_1 \times AC - \sqrt{\frac{b}{a}} - \frac{(i_1 - i_2) \times AO}{2}。$

4) 竖曲线上任一点的高程改变量。当 E 点位于 AC 段时, $EF = EG - FG = i_1 \times AE + a \times AG^2 - b$; 当 E 点位于 C 点右侧时, $EF = EG - FG = i_1 \times AC + i_2 \times (AE - AC) - FG。$

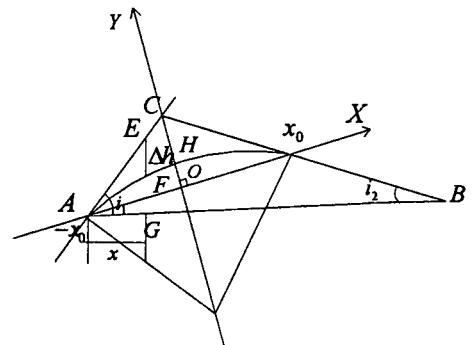


图 3 抛物线法

3 设计竖曲线后视距的分析方法

由于当前的视距判定方法不能处理设置了竖曲线的情况,因而对视距的判定方法进行了分析。设跑道长度为 l 。视距的判定分为两类:

3.1 第 1 类

H 米高的视线看前方至少半条跑道内高于 H 米的任何障碍物可以通视,如图 4。设跑道的纵断面曲线函数为

$$f(x) = \begin{cases} f_1(x) & x \in (x_0, x_1) \\ f_2(x) & x \in (x_1, x_2) \\ \vdots & \vdots \\ f_i(x) & x \in (x_{i-1}, x_i) \\ \vdots & \vdots \\ f_n(x) & x \in (x_{n-1}, x_n) \end{cases}$$

A、B 两点的坐标为 $[x_A, f(x_A)]$, $[x_A + \frac{l}{2}, f(x_A + \frac{l}{2})]$, C、D 坐标

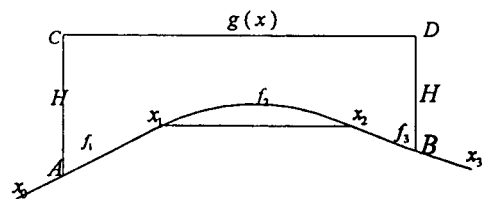


图 4 第 1 类视距判定方法

为 $[x_A, f(x_A) + H], [x_A + \frac{l}{2}, f(x_A + \frac{l}{2}) + H]$ 。可得 $g(x)$ 的方程为 $\frac{x - x_A}{y - f(x_A) - H} = \frac{x - x_A - \frac{l}{2}}{y - f(x_A + \frac{l}{2}) - H}$;

如果 A 与 B 两点可以通视, 则应有 $g(x) - [f(x) + H] \leq 0 \quad x \in (x_A, x_A + \frac{l}{2})$ 。

这样在 $x \in (x_A, x_A + \frac{l}{2})$ 段可以通视。如果在整条跑道上可以通视, 则跑道的视距合格。

3.2 第2类

从 H 米高的视线看见前方道面的长度不小于 l_s , 如图 5。点 A 坐标为 $[x_A, f(x_A)]$, 点 B 坐标为 $[x_A + l_s, f(x_A + l_s)]$, 点 C 坐标为 $[x_A, f(x_A) + H]$ 。如果点 C 可见 A 与 B 两点之间的道面, 则 AB 段视距合格。

判定方法为:

AB 段道面上任选一点 C' , 点 C' 坐标为 $[x_{c'}, f(x_{c'})]$ 。如果 C 与 C' 的连线仅有一个交点且位于 C' 点, 则视距可以满足。如果 AB 段上所有点满足, 则 AB 段满足。

C' 为 AB 段道面上 A 点到 B 点中任一点 $[x_A + j \times \Delta x, f(x_A + j \times \Delta x)]$, 即 C' 是从 A 点到 B 点以 Δx 增加的所有点中任意一点, Δx 通常可以取 1 m。可推导出直线 CC'

的两点式方程为 $\frac{x - x_A}{y - f(x_A) - H} = \frac{x - (x_A + j \times \Delta x)}{y - f(x_A + j \times \Delta x)}$ 。

当 C' 点位于曲线上时是直线与曲线的交点问题。当 C' 点位于直线上时是直线与曲线的交点问题, 也可能是直线与直线的问题。从右向左看时, 原理相似。

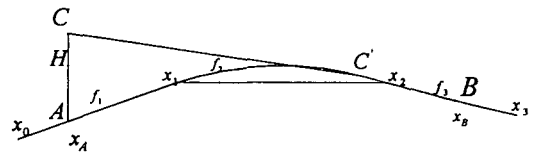


图5 第2类视距判定方法

4 结论

运用以上方法设计竖曲线可以适当减小缓和曲线的长度, 便于设计与施工。原有的求导数的方法不能解决局部凹形和设置竖曲线纵断面的问题, 以上视距判定方法克服了原有的求导数的方法的局限性, 适合计算机运算的特点, 便于编制程序, 而且算法稳定性好。

参考文献:

[1] 国际民用航空组织. 机场(国际民用航空公约附件十四)[S]. 1990.
 [2] Horonjeff Robert, Mckeley F X. Planning and Design of Airport[M]. New York: McGraw - Hill Book Company. 1985.
 [3] Boyer Robert E. International Air Trasportion[M]. New York: ASCE. 1992.

Innovated Design Method for the Perpendicular Curve on Airfield Vertical Section

LI Guang - yuan

(The Engineering Institute of the Air Force Engineering University, Xi' an 710038, China)

Abstract: This paper analyses the popular design method for the perpendicular curve on airfield vertical section, points out its defects, and also designates that current method to estimate sight distance can not solve the sight distance problem of vertical section with part concave or setting perpendicular curve. So, it suggests two innovated methods to design the perpendicular curve. At last, a new method to estimate sight distance is brought forward, and this method is strong and easy in computer program.

Key words: vertical section; perpendicular curve; sight distance