

输电线路施工计算 及 软件使用说明

岑阿毛 岑彦 编著

宁波出版社

输电线路施工计算 及 软件使用说明

岑阿毛 岑彦 编著

宁波出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

输电线路施工计算及软件使用说明/岑阿毛, 岑彦编著. ——宁波:
宁波出版社, 2001.5
ISBN 7-80602-403-4

I. 输… II. 岑… III. ①输电线路—施工设计—计算
② 输电线路—施工设计软件—计算——应用软件 IV. TM752

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 17595 号

责任编辑	王松见
封面设计	岑彦
出版发行	宁波出版社 (地址: 宁波市苍水街 79 号 邮编: 315000)
印 刷	杭州钱江彩色印务有限公司
开 本	850×1168 毫米 16 开
印张字数	46 印张 1060 千字
版 次	2001 年 5 月第 1 版第 1 次印刷
印 数	1—4000 册
书 号	ISBN 7-80602-403-4/TM·1
定 价	219.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

各地的架空输电线路施工公司一般都已配置了不少电脑，有的公司甚至投资百万元以上，但直至今日，许多公司（特别是中小公司）的线路施工工程技术人员仍无法从代表人类文明最高成就的“电脑”中获得真正的实惠，因为国内尚缺少一个较完整的“架空输电线路施工计算软件”，这一状况不仅与世界各国的同行无法相比，与我国的机械、土木等行业也无法相比，

为此，我们从 1998 年着手编制“输电线路施工计算软件”。但很快发现光有软件还不行，如果不把软件中涉及的计算原理讲清楚，对于“输电线路施工计算”这样一个跨多种学科的“大杂烩”计算，恐怕大家是不敢冒然使用的，于是同时编写了《输电线路施工计算》。

我们希望：借助《输电线路施工计算》和《输电线路施工计算软件》、“线路施工计算”从此将变得十分简单、十分快捷和十分准确；大量有才华的技术人员能从繁琐而又枯燥的“重复计算”中解放出来，把主要精力用于“创造性的工作”中去，从而进一步推动线路施工技术的发展，

衷心感谢李博之先生的大力支持和热情鼓励。感谢黄克信先生（湖北）、杨盛辉先生（福建）、蔡生泉先生（辽宁）、张文异先生（甘肃）、李忠信先生（北京）、黄成云先生（安徽）、郭志明先生（广东）、杜景全先生（青海）、张春虎先生（宁夏）、朱日凉先生（江西）、潘雪荣先生等的支持。

如读者发现本书或软件中有“实质性错误”，恳请立即告诉我们，我们将尽量采取补救措施，并在网上或今后再版时公开致谢。

热切盼望同行们来函提出有关《输电线路施工计算》的各种要求和建议，共同把这件事做好。

岑阿毛 岑 彦
(0574-7287484)

说 明

1. 在使用《输电线路施工计算软件》前应首先阅读《输电线路施工计算》的“计算原理”和“软件使用说明”，认可所使用的计算原理和实施方法。

2. 虽然经过反复审校、试算、修改，但仍无法确保在书和软件中已无任何错误，因此要求在首次使用时用人工校核。

一旦发现问题，请及时联系，以便立即采取补救措施。

3. 对计算机及视窗操作系统 Windows 不熟悉的读者，建议先阅读“附录一 有关 Windows 的基本知识”。

4. 要直接了解软件的使用方法，请直接阅读“第二篇 《线路施工计算》软件说明书”“第 0 章 《线路施工计算》软件简介”

5. 在软件各“窗口”中参数名称一般较短（缩写或简称），因此有时会与文章中的略有不同；此外，各“窗口”和“报表”中未能实现“打印上标和下标”，因此请留意字母后的数字等可能是上标或下标。

6. 为了“顺口”，文章中所说的“杆”有时也适用于“塔”，例如“杆号”；所说的“塔”，有时也适用于“杆”，例如“立塔”。

为了“顺口”，文章中所说的“导线”有时也适用于“地线”、“架空线”，例如“收紧导线”。

对“弛度”和“弧垂”两个叫法，征求现场技术人员的意见，为了“顺口”决定称“弛度”。

7. 为使第二篇（“软件使用说明书”）和第一篇（“计算原理”）同一计算的章、节序号一致，在第二篇（“软件使用说明书”）中设置了“第 0 章 《线路施工计算》软件简介”。

8. 我们的通讯地址：（315016）宁波 803 信箱（宁波科技园区华电软件公司）

岑阿毛 岑彦

目 录

前言

第一篇 计算原理

第一章 土石方开挖

第一节 带边坡基础坑土石方量计算	1
第二节 临山杆塔施工基面土石方量计算	4
第三节 临山崖开方的土石方量计算	6
第四节 浅孔爆破炸药量计算	9
第五节 深孔爆破计算	14

第二章 测量

第一节 基础分坑计算	16
第二节 拉线坑位置测量计算	24
第三节 装配式架线线长计算	32

第三章 地锚

第一节 土中埋入式地锚抗拔力计算	36
第二节 螺旋片地锚计算	40
第三节 岩石地锚计算	45

第四章 运输

第一节 原材料总运输量和运输半径计算	50
第二节 简易环状索道设计计算	53
第三节 索道运输货物对地距离计算	73
第四节 缆索吊车式索道设计计算	76

第五章 杆塔基础施工

第一节 松软粘土中方形浅基础坑挡土计算	79
第二节 圆形深基础坑波纹挡土板计算	86
第三节 基坑管涌计算	90
第四节 混凝土配比设计计算	91
第五节 混凝土原材料加热温度计算	96
第六节 土壤防冻保温复盖层厚度计算	98
第七节 主材插入式基础就位尺寸计算	100
第八节 轻型井点法抽水计算	109
第九节 主材插入式基础梯形模板计算	113
第十节 回弹仪测定混凝土强度计算	115

第六章 抱杆

第一节 中心受压抱杆强度校核计算	122
------------------------	-----

第二节	内悬浮式旋转摇臂抱杆计算	131
第三节	座地摇臂抱杆计算	139
第七章 杆塔起吊		
第一节	杆塔总重和重心位置计算	151
第二节	倒落式抱杆一、二、三点吊整体起立杆塔计算	156
第三节	倒落式抱杆四点吊整体起立杆塔计算	183
第四节	倒落式人字抱杆用五根定长吊绳整立单立柱杆塔计算	203
第五节	拉线固定式抱杆整体旋转起吊杆塔计算	211
第六节	拉线固定式斜立抱杆整体滑移起吊杆塔计算	228
第七节	内拉线抱杆分解组塔计算	242
第八节	外拉线塔上抱杆分解组塔计算	259
第九节	倒装法立塔计算	268
第八章 拉线		
第一节	拉线角度校核和拉线长度计算	280
第二节	拉线上机械冲击波往返时间计算	284
第九章 放线		
第一节	线盘布置计算	285
第二节	张力放线计算	293
第三节	下层牵引钢丝绳与上层导线混触计算	304
第四节	索道法放线计算	306
第五节	直升飞机放线计算	313
第六节	氢气球展放导引绳计算	317
第七节	牵引放线地面转向滑车布置计算	322
第八节	大跨越档恒弛度张力放线计算	323
第十章 弛度观测		
第一节	代表档距和弛度值计算等	329
第二节	平行四边形法弛度观测计算	337
第三节	异长法、平行四边形法弛度观测计算	340
第四节	档端角度法、平行四边形法弛度观测计算	344
第五节	档外角度法、平行四边形法弛度观测计算	350
第六节	档内角度法、平行四边形法弛度观察计算	353
第七节	档侧角度法弛度观测计算	355
第八节	平视法、平行四边形法弛度观测计算	361
第九节	连续倾斜地形弛度观测及画印位置移量计算	365
第十节	在转角塔相邻档观测弛度时边线的弛度计算	371
第十一节	孤立档观测弛度调整计算	374
第十一章 紧线和线长调整		
第一节	耐张段内分段紧线施工计算	376

第二节	架空线线长计算	386
第三节	任意水平张力紧线法线长调整量计算	387
第四节	容许过牵引长度计算	388
第五节	多段(2~3段)连紧紧线法施工计算	389
第六节	调弧垂时线长调整量的计算	393
第七节	地面画印紧线法施工计算	396
第八节	四分裂导线高空画印线长调整量计算	407
第九节	预紧线法施工计算	415
第十二章	其它	
第一节	与交叉跨越物的最小竖直净距测算	420
第二节	一段或二段型跳线的长度计算	425
第三节	飞车作业安全距离验算	435
第四节	档侧角度法检测弛度和间隔棒间距计算	445
第五节	σ - f 转换等计算	449
第六节	状态方程计算	450
第二篇	《线路施工计算》软件说明书	
第0章	《线路施工计算》软件简介	451
第一章	关于“土石方开挖”	
第一节	关于“带边坡基础坑土石方量计算”	461
第二节	关于“临山杆塔施工基面土石方量计算”	462
第三节	关于“临山崖开方的土石方量计算”	464
第四节	关于“浅孔爆破炸药量计算”	466
第五节	关于“深孔爆破计算”	468
第二章	关于“测量”	
第一节	关于“基础分坑计算”	470
第二节	关于“拉线坑位置测量计算”	472
第三节	关于“装配式架线线长计算”	474
第三章	关于“地锚”	
第一节	关于“土中埋入式地锚抗拔力计算”	476
第二节	关于“螺旋片地锚计算”	478
第三节	关于“岩石地锚计算”	480
第四章	关于“运输”	
第一节	关于“原材料总运输量和运输半径计算”	482
第二节	关于“简易环状索道设计计算”	484
第三节	关于“索道运输货物对地距离计算”	498
第四节	关于“缆索吊车式索道设计计算”	490
第五章	关于“杆塔基础施工”	
第一节	关于“松软粘土中方形浅基础坑挡土计算”	492

第二节	关于“圆形深基础坑波纹挡土板计算”	494
第三节	关于“基坑管涌计算”	496
第四节	关于“混凝土配比设计计算”	497
第五节	关于“混凝土原材料加热温度计算”	499
第六节	关于“土壤防冻保温复盖层厚度计算”	500
第七节	关于“主材插入式基础就位尺寸计算”	501
第八节	关于“井点抽水计算”	506
第九节	关于“主材插入式基础梯形模板”	508
第十节	关于“回弹仪测定混凝土强度计算”	509
第六章 关于“抱杆”		
第一节	关于“中心受压抱杆强度校核计算”	511
第二节	关于“内悬浮式旋转摇臂抱杆计算”	514
第三节	关于“座地摇臂抱杆计算”	516
第七章 关于“杆塔起吊”		
第一节	关于“杆塔总重和重心位置计算”	514
第二节	关于“倒落式抱杆一、二、三点吊整体起立杆塔计算”	523
第三节	关于“倒落式抱杆四点吊整体起立杆塔计算”	530
第四节	关于“倒落式人字抱杆用五根定长吊绳整立单立柱杆塔计算”	535
第五节	关于“拉线固定式抱杆整体旋转起吊杆塔计算”	537
第六节	关于“拉线固定式斜立抱杆整体滑移起吊杆塔计算”	541
第七节	关于“内拉线抱杆分解组塔计算”	545
第八节	关于“外拉线塔上抱杆分解组塔计算”	548
第九节	关于“倒装法立塔计算”	551
第八章 关于“拉线”		
第一节	关于“拉线角度校核和拉线长度计算”	553
第二节	关于“拉线上机械冲击波往返时间计算”	555
第九章 关于“放线”		
第一节	关于“线盘布置计算”	557
第二节	关于“张力放线计算”	560
第三节	关于“下层牵引钢丝绳与上层导线混触计算”	564
第四节	关于“索道法放线计算”	565
第五节	关于“直升飞机放线计算”	567
第六节	关于“氢气球展放导引绳计算”	568
第七节	关于“牵引放线地面转向滑车布置计算”	570
第八节	关于“大跨越档恒弛度张力放线计算”	571
第十章 关于“弛度观测”		
第一节	关于“代表档距和弛度值计算”等	576
第二节	关于“平行四边形法弛度观测计算”	577

第三节	关于“异长法、平行四边形法弛度观测计算”	580
第四节	关于“档端角度法、平行四边形法弛度观测计算”	583
第五节	关于“档外角度法、平行四边形法弛度观测计算”	586
第六节	关于“档内角度法、平行四边形法弛度观察计算”	590
第七节	关于“档侧角度法弛度观测计算”	592
第八节	关于“平视法、平行四边形法弛度观测计算”	594
第九节	关于“连续倾斜地形弛度观测及画印位置移量计算”	597
第十节	关于“在转角塔相邻档观测弛度时边线的弛度计算”	602
第十一章 关于“紧线和线长调整”		
第一节	关于“耐张段内分段紧线施工计算”	604
第二节	关于“架空线线长计算”	608
第三节	关于“任意水平张力紧线法线长调整量计算”	610
第四节	关于“容许过牵引长度计算”	612
第五节	关于“多段（~段）连紧紧线法施工计算”	614
第六节	关于“调弧垂时线长调整量的计算”	616
第七节	关于“地面画印紧线法施工计算”	618
第八节	关于“四分裂导线高空画印线长调整量计算”	622
第九节	关于“预紧线法施工计算”	625
第十二章 关于“其它”		
第一节	关于“与交叉跨越物的最小竖直净距测算	627
第二节	关于“一段或二段型跳线的长度计算”	630
第三节	关于“飞车作业安全距离验算	634
第四节	关于“档侧角度法检测弛度和间隔棒间距计算”	637
第五节	关于“ σ - f 转换等计算”	639
第六节	关于“状态方程计算”	640

附录

附录一	有关 Windows 的基本知识	641
-----	------------------	-----

附录二 常用材料 5

附录 2-1	常用材料密度和磨擦系数	655
附录 2-2	常用热轧等边角钢的规格及截面特性	656
附录 2-3	常用热轧槽钢的规格及截面特性	658
附录 2-4	常用工字钢的规格及截面特性	660
附录 2-5	常用白棕绳、尼龙绳、蚕丝绳规格	661
附录 2-6	常用钢管的规格及截面特性	662
附录 2-7	常用钢芯铝绞线规格	664
附录 2-8	常用镀锌钢绞线规格	666
附录 2-9	常用钢丝绳规格	668

附录 2-10 常用导线、钢丝绳的弹性系数和线膨胀系数·····	670
附录 2-11 混凝土强度和弹性模量·····	671
附录三 索具和滑车组的使用	
附录 3-1 钢丝绳、白棕绳等的使用 ·····	672
附录 3-2 滑车组的效率 ·····	674
附录四 常用数学公式	
附录 4-1 初等代数公式 ·····	676
附录 4-2 初等几何 ·····	679
附录 4-3 平面三角 ·····	687
附录 4-4 坐标变换和双曲函数 ·····	690
附录 4-5 常用数学符号 ·····	691
附录五 运动学和力学常用公式	
附录 5-1 运动学 ·····	692
附录 5-2 功与能、简单机构 ·····	696
附录 5-3 静力学 ·····	701
附录六 材料力学	
附录 6-1 材料力学常用公式 ·····	704
附录 6-2 常用截面几何特性 ·····	711
附录 6-3 常用型钢组合截面回转半径近似值·····	714
附录七 机械零件	
附录 7-1 螺栓和铆钉联接 ·····	715
附录 7-2 三角皮带传动 ·····	717
附录 7-3 标准直齿轮 ·····	718
附录 7-4 轴 ·····	719
附录 7-5 焊接 ·····	720
附录八 其它	
附录 8-1 土的种类 ·····	721
附录 8-2 单位与换算 ·····	724
附录 8-3 流体力学公式 ·····	726

第一篇 计算原理

第一章 土石方开挖

第一节 带边坡基础坑土石方量计算

一、带边坡方基础坑土石方量计算

一般开挖出方的杆坑、基础坑或拉线坑为一个倒置的正方或长方形锥台，外形如图 1-1-1-1 所示。

1. 单个坑土石方体积 V

$$V = \frac{H}{6} [ab + (a + a_1)(b + b_1) + a_1b_1]$$

式中： V ——所挖土石方体积， m^3 ；

H ——坑深， m ；

a ——坑底边宽， m ；

b ——坑底边长， m ；

a_1 ——坑口宽， m ；

$$a_1 = a + 2H \tan \alpha$$

b_1 ——坑口长， m ；

$$b_1 = b + 2H \tan \alpha$$

α ——挖掘时土边坡对铅垂面的夹角，度；

α 一般推荐不小于下表值：

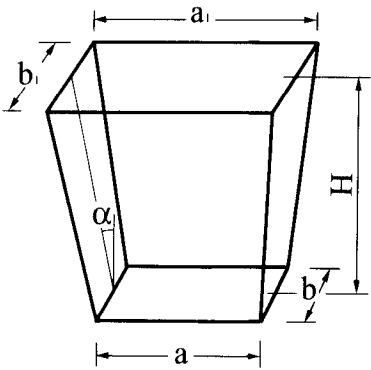


图 1-1-1-1 方杆坑、基础坑或拉线坑形状

土质	基岩、坚固粘土		中等坚固粘土			砂	经爆破的易塌方处
H	$\leq 5\text{ m}$	$> 5\text{ m}$	$\leq 2\text{ m}$	$2\sim 5\text{ m}$	$> 5\text{ m}$	$\leq 5\text{ m}$	$\leq 2\text{ m}$
α	0°	15°	0°	15°	30°	55°	45°

在松软粘土、或在砂、经爆破的易塌方处挖掘而 H 值超过上表中范围时，建议加设档土板装置。

2. 单个坑挖出的土石方量 P

$$P=V\times Q$$

式中： P ——所挖土石方量，吨；
 V ——所挖土石方体积， m^3 ；
 Q ——所挖土石方的容重，吨/ m^3 。

3. 土石方体积和土石方量总计值

$$\sum V=V_1+V_2+\cdots+V_n$$

$$\sum P=P_1+P_2+\cdots+P_n$$

式中： $\sum V$ ——土石方体积总计值， m^3 ；
 $\sum P$ ——土石方量总计值，吨；
 $V_1、V_2\cdots V_n$ ——各坑所挖的土石方体积， m^3 ；
 $P_1、P_2\cdots P_n$ ——各坑所挖的土石方量，吨。

二、圆基础坑土石方量计算

一般开挖出的圆杆坑、圆基础坑为一个倒置的圆形锥台，外形如图 1-1-1-2 所示。

1. 单个坑土石方体积 V

$$V=\frac{\pi\cdot H}{12}\left[D^2+D(D+2H\tan\alpha)+(D+2H\tan\alpha)^2\right]$$

式中： V ——所挖土石方体积， m^3 ；
 H ——坑深， m ；
 D ——坑底直径， m ；
 α ——挖掘时土边坡对铅垂面的夹角，度。

在松软粘土、或在砂、经爆破的易塌方处挖掘时，建议加设档土板装置。

2. 单个坑挖出的土石方量 P

$$P = V \times Q$$

式中：

P ——所挖土石方量，吨；

V ——所挖土石方体积， m^3 ；

Q ——所挖土石方的容，吨/ m^3 。

3. 土石方体积和土石方量总计值

$$\sum V = V_1 + V_2 + \cdots + V_n$$

$$\sum P = P_1 + P_2 + \cdots + P_n$$

式中：

$\sum V$ ——土石方体积总计值， m^3 ；

$\sum P$ ——土石方量总计值，吨；

V_1 、 V_2 ... V_n ——各坑所挖的土石方体积， m^3 ；

P_1 、 P_2 ... P_n ——各坑所挖的土石方量，吨。

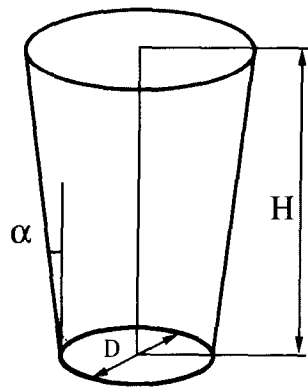


图 1-1-1-2 圆杆坑、基础坑形状

第二节 临山杆塔施工基面土石方量计算

最常见的临山开挖杆塔施工基面如图 1-1-2-1 所示, 图中临山开挖出长 L_1 、 L_2 、宽 L_3 的一块梯形平地 ABCD, 临山三面的斜坡对铅垂面的夹角为 α , α 值根据土质或设计要求确定。基面靠山顶角 A、B 处的竖直挖掘高度为 h_1 、 h_2 。

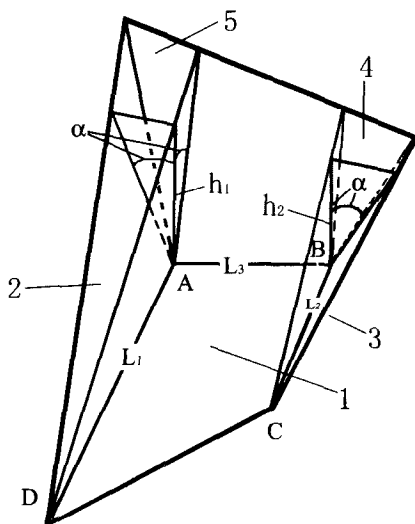


图 1-1-2-1 临山杆塔施工基面土石方

一、土石方体积计算

从图 1-1-2-1 可以看出, 在开方区域内山坡的起伏变化较平缓时, 若通过基面靠山顶角 A、B 处和基面外角 C、D 处作铅垂方向的辅助平面, 则可将施工基面开挖土石方的区域近似分成五块, 分属三种几何形状: 近似的三棱台体 (体积 1); 四边棱锥体 (体积 4、5); 三角棱锥体 (体积 2、3)。

$$V_{\text{总}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

其中:

近似的三棱台体 (体积 1)

$$V_1 \approx \sum S_x \times \Delta x = \sum \left[\frac{L_x}{2} \times \frac{L_x \sin \left(\tan^{-1} \frac{h_x}{L_x} \right)}{\cos \left(\tan^{-1} \frac{h_x}{L_x} + \alpha \right)} \cos \alpha \times \Delta x \right]$$

$$h_x = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{L_3} x$$

$$L_x = L_1 + \frac{L_2 - L_1}{L_3} x$$

$$\Delta x = \frac{L_3}{n}$$

三角棱锥体（体积 2、3）

$$V_2 \approx \frac{1}{6} h_1^2 L_1 \tan \alpha$$

$$V_3 \approx \frac{1}{6} h_2^2 L_2 \tan \alpha$$

四边棱锥体（体积 4、5）

$$V_4 + V_5 \approx \frac{1}{3} (h_1^3 + h_2^3) \tan^2 \alpha$$

以上各式中： $V_{\text{总}}$ ——所挖土石方总体积， m^3 ；

V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 、 V_5 ——图 1-1-2-1 中各区域所挖土石方体积， m^3 ；

L_1 、 L_2 ——施工基面左右边长， m ；

L_3 ——施工基面宽， m ；

h_1 、 h_2 ——靠山拐角处的挖土高度， m ；

α ——挖掘时土边坡对铅垂面的夹角，度；

S_x ——体积 1 离左侧 A 点 x 处开方截面的面积， m^2 ；

Δx ——体积 1 离左侧 A 点 x 处 L_3 方向的微量长度， m ；

x ——计算截面在 L_3 方向距 A 点的水平距离， m ；

n ——体积 1 在 L_3 方向的微量长度的分段数。

二、所挖土石方量 P

$$P = V \times Q$$

式中： P ——所挖土石方量，吨；

V ——所挖土石方体积， m^3 ；

Q ——所挖土石方的容重， $\text{吨}/\text{m}^3$ 。

参考资料：〈〈高压送电线路基础施工〉〉 潘雪荣 1995 年水利电力出版社

第三节 临山崖开方的土石方量计算

为确保线路对地距离临山崖开方一般如图 1-1-3-1 所示, 临山开挖出一块平地, 此平地与斜坡面的相交线 ab 与线路方向平行。

靠山的斜面与铅垂面的夹角为 α , 其值根据土质或设计要求确定。

一、已知条件

为计算所开挖的土石方量, 一般根据地形将 ab 分成长度不等的若干段, 即: L_1 、 L_2 、... (本计算中设段数 $m+1 \leq 10$), 过各分段点作与 ab 垂直的铅垂面, 可将开挖的土石方分成若干段。

根据土方开挖时预留的标志和开挖后的测量, 已知在每一分段的铅垂面上:

- (1) 开挖时预留的标志 (靠山坡) 竖直挖掘高度为 H ;
- (2) 开挖时预留的标志 (靠山崖) 竖直挖掘高度为 F ;
- (3) 靠山坡斜线长 A ;
- (4) H 下端处至 F 处地面 (靠山坡) 水平段长 C ;
- (5) F 下端处至山崖边缘地面 (靠崖) 水平段长 E 。

各段的交点和开挖时预留的各标志应尽量是地形突变处。

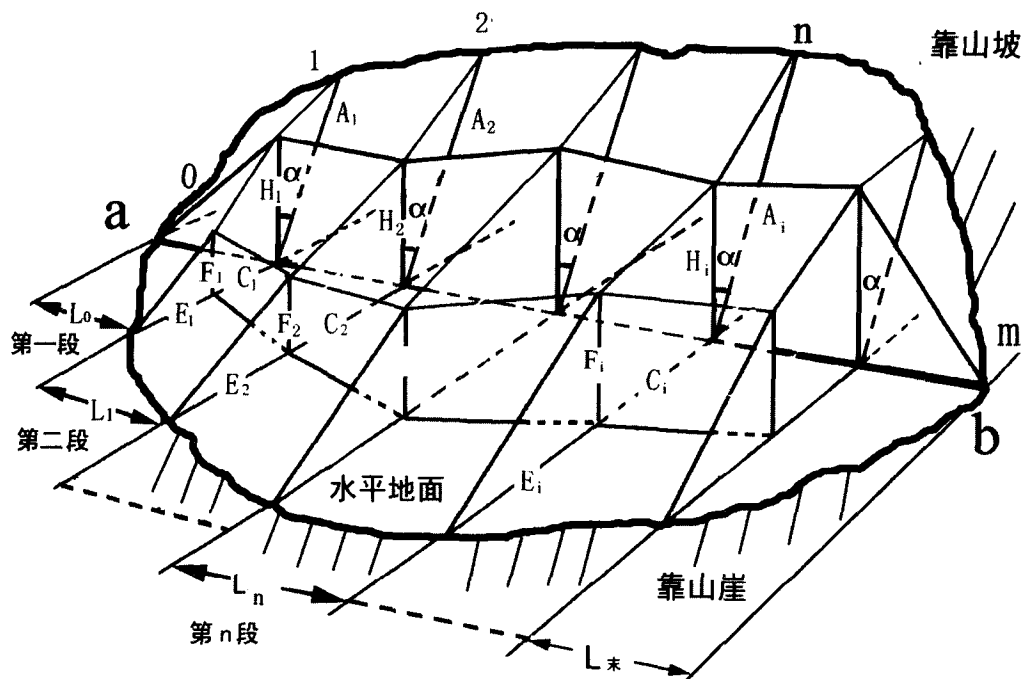


图 1-1-3-1 为确保线路对地距离的开方