

170085

17126
4040

高压架空输电线路 施工技术手册

架线工程计算部分

第二版

李博之 编著



东电力大 00198179

中国电力出版社

内 容 提 要

本手册除介绍与架线施工有关的架空线力学计算方法以外,重点对架空线最大弧垂的测控与检查、联有耐张绝缘子串的架空悬线、承受特殊荷载作用的架空线(索)、架空线的特殊紧线法、张力架线施工的放线和紧线、架线施工中对架空线蠕伸伸长影响的处理等方面的施工计算方法作了详细介绍和说明,同时为帮助初涉本行的读者对有关计算方法的理解,部分章节还列举有具体算例以供参考。

本手册可供从事高压架空输电线路施工、设计和运行部门的专业人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

高压架空输电线路施工技术手册:架线工程计算部分/李博之编著.-2版.-北京:中国电力出版社,1997.10

ISBN 7-80125-543-7

I. 高… II. 李… III. ①高电压-输配电线路-工程施工-技术手册 ②高电压-输电导线-计算-技术手册 IV. TM75-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 24927 号

·

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)

三河市实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1977 年 12 月第 1 版

1998 年 6 月第二版 1998 年 6 月北京第二次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 10.25 印张 269 千字

印数 20251-24640 册 定价 18.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

本手册是在原电力建设总局编写的《高压架空输电线路施工技术手册“架线工程部分”》的基础上修改扩充而成的，和1977年的版本相比，本手册对张力架线、悬链线法用于架空线弧垂测控、连续倾斜地形紧线、承受两种不同均布荷载以及均布荷载和集中荷载共同作用的架空线（索）、架空线塑蠕伸长影响的处理等方面的架线施工设计和施工计算方法作了增补。同时还列举了部分算例以帮助初涉本行的读者对计算方法的理解。

自从电算技术在我国高压架空输电线路架线施工计算中广泛采用以来，已使我国的架线施工计算水平获得了显著提高。特别是过去手工演算认为困难甚至不可能解决的计算问题，在电算面前却迎刃而解，且迅速而准确，是以接受了读者的意见，将前版中的计算曲线图和诺模图予以删节。为提高架线施工设计和施工计算的准确度，手册中介绍的某些计算是需由电算来完成的。为极大发挥本手册在现场实用和速检的效果，至盼能见到与本手册有关计算方法相配套的电算程序问世，以满足广大同行的需要。深信电算程序的配套与完善，将会对我国高压架空输电线路的架线施工效率提高产生积极的影响。

本手册在编写过程中，曾得到浙江送变电工程公司、宁波东方电力机具制造公司石浦电力机具厂的支持和帮助，同时还得到官其斌同志的宝贵建议，在此谨致衷心的感谢。

作者

1997年6月

目 录

前言

第一章 架线施工计算的基本公式	1
第一节 架空线的最大弧垂、线长和张力	1
第二节 架空线任意点的弧垂	29
第三节 架空线的工作条件变化与水平张力（或水平应力）变化	35
第四节 架空线切线的切点距	41
第五节 架空线对其最低点的平均相对高度及平均轴向张力	46
第六节 气温变化后架空线的水平张力及悬垂绝缘子串的偏斜	51
第七节 同档架空线任意两点处的轴向张力差	55
第八节 连续档耐张段的代表参数与对应的状态方程式	58
第九节 杆塔的水平档距	63
第十节 杆塔的垂直档距	64
第十一节 架空线任意点的倾斜角	65
第十二节 架空线的风偏角	71
第十三节 悬垂绝缘子串的受风摇摆角	72
第二章 架空线弧垂的测控与检查	74
第一节 观测档架空线最大弧垂的测控值	74
第二节 异长法测控与检查弧垂	78
第三节 等长法（平行四边形法）测控弧垂	85
第四节 角度法测控与检查弧垂	88
第五节 平视法测控与检查弧垂	101
第三章 联有耐张绝缘子串的架空悬线施工计算	110
第一节 架空悬线的弧垂、线长和张力	110
第二节 架空悬线任意点的弧垂	120
第三节 架空悬线的工作条件变化与水平张力变化	123
第四节 架空悬线切线的切点距	125
第五节 架空悬线任意点的倾斜角	128
第六节 架空悬线弧垂的测控	132

第七节	孤立档后联耐张绝缘子串引起的架空悬线水平 张力增大与补偿	140
第四章	架空线的弧垂(水平应力)变量与线长 变量	143
第一节	架空线弧垂变量(误差量)与线长变量(误差量)	143
第二节	耐张杆塔偏挠引起的架空导线弧垂变化	152
第三节	紧线滑轮落差引起的架空导线弧垂误差与补偿	155
第四节	架空线的水平应力变量与线长变量	171
第五章	特殊紧线法及若干专题施工计算	177
第一节	多段连紧紧线法施工计算	177
第二节	地面画印紧线法施工计算	182
第三节	预紧线法施工计算	197
第四节	任意水平张力紧线法施工计算	200
第五节	连续倾斜地形紧线法施工计算	201
第六节	架空导线对被交叉跨越物的垂直净距测算	228
第六章	承受特殊荷载的架空线索计算	234
第一节	抛物线法计算具有两种不同均布荷载的架空线索	234
第二节	抛物线法计算具有均布荷载和单个集中荷载的架空线索	241
第三节	过牵引时的架空线水平张力计算	255
第七章	张力架线施工计算	260
第一节	张力放线工艺特点及程序	260
第二节	牵引钢绳轴向张力、牵引机牵引力与张力机制张力的 近似关系	261
第三节	张力机制张力控制值与牵引机牵引力过载保安值	268
第四节	放线滑车失压或上扬的校核	277
第五节	耐张段内施工段导线水平紧线应力的选定	283
第八章	架线施工中对架空线塑蠕伸长的处理	295
第一节	架空线受拉的应力 应变特性	295
第二节	传统架线法中对塑蠕伸长的处理	297
第三节	张力架线法中对塑蠕伸长的处理	302
第四节	单位塑蠕伸长与等效温度校正	308
附录 A	铝绞线及钢芯铝绞线标准	

	(GB1179—83) 的摘录	310
附录 B	铝合金绞线及钢芯铝合金绞线标准	
	(GB9329—88) 的摘录	315
附录 C	镀锌钢绞线标准 (GB1200· 88) 的摘录	319

第一章 架线施工计算

的基本公式

高压架空输电线路的架线工程包括架空导线、架空地线的架设及其附件的安装。架设安装架空线及其附件时需进行必要的施工计算，以保证架线工程的施工质量和人员设备的安全。本章将集中介绍几种常用的基本计算方法与其公式。

第一节 架空线的最大弧垂、线长和张力

一、悬链线法计算架空线的最大弧垂、线长和张力

悬链线法是根据架空线单位荷载沿其线长均匀分布的条件来研究、建立其计算原则与计算方法的，与实际情况符合，故该法是一种较精确的计算方法。

1. 两悬挂点等高

如图 1-1-1 所示，A、B 为等高的两悬挂点， $\widehat{AOB}$ 为架空线，O 为其最低点。由于 A、B 间的距离相当大，以致线体的刚性影响趋小，因而近似认为悬挂于两悬挂点间的架空线是一柔软的悬线。若取架空线的最低点 O 为坐标原点并过 O 点作 X 轴与 Y 轴，则有关计算公式如下。

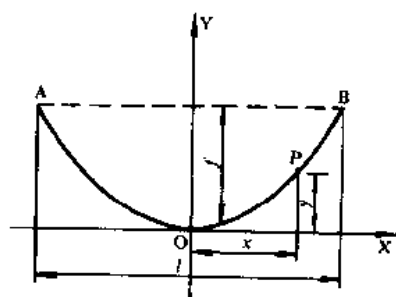


图 1-1-1 两悬挂点等高时的架空线悬垂曲线

(1) 任意点 P 处架空线的纵坐标值为

$$y = \frac{H}{w} \operatorname{ch} \frac{w}{H} x - \frac{H}{w} = \frac{1}{2} \left(\frac{w}{H} \right) x^2 + \frac{1}{24} \left(\frac{w}{H} \right)^3 x^4 + \frac{1}{720} \left(\frac{w}{H} \right)^5 x^6$$

$$= \frac{\sigma}{g} \operatorname{ch} \frac{g}{\sigma} x - \frac{\sigma}{g} = \frac{1}{2} \left(\frac{g}{\sigma} \right) x^2 + \frac{1}{24} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^3 x^4 + \frac{1}{720} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^5 x^6 \quad (1-1-1)$$

其中 $\sigma = \frac{H}{s}, \quad g = \frac{w}{s};$

式中 H ——架空线的水平张力, N;

σ ——架空线的水平应力, N/mm² (或 MPa);

w ——架空线单位长度的自重力, N/m;

g ——架空线的自重力比载, N/(m · mm²) (或 MPa/m);

x ——任意点 P 至架空线最低点 O 的水平距离, m;

S ——架空线的截面积, mm²。

式 (1-1-1) 就是以架空线最低点 O 为坐标原点的架空线悬垂曲线方程式, 而该方程式为一典型的悬链线。

(2) 悬挂点 A、B 间的架空线最大弧垂 (即档距中点弧垂、平行四边形切点弧垂) 为

$$\begin{aligned} f &= \frac{H}{w} \operatorname{ch} \frac{lw}{2H} - \frac{H}{w} = \frac{l^2}{8} \left(\frac{w}{H} \right) + \frac{l^4}{384} \left(\frac{w}{H} \right)^3 + \frac{l^6}{46080} \left(\frac{w}{H} \right)^5 \\ &= \frac{\sigma}{g} \operatorname{ch} \frac{lg}{2\sigma} - \frac{\sigma}{g} = \frac{l^2}{8} \left(\frac{g}{\sigma} \right) + \frac{l^4}{384} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^3 + \frac{l^6}{46080} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^5 \end{aligned} \quad (1-1-2)$$

式中 l ——线档的档距, m。

(3) 任意点 P 处架空线的轴向张力和轴向应力分别为

$$\left. \begin{aligned} T_p &= H \operatorname{ch} \frac{wx}{H} = H + wy \\ \sigma_p &= \sigma \operatorname{ch} \frac{gx}{\sigma} = \sigma + gy \end{aligned} \right\} \quad (1-1-3)$$

(4) 悬挂点 A、B 处架空线的轴向张力和轴向应力分别为

$$\left. \begin{aligned} T_A = T_B = H \operatorname{ch} \frac{lw}{2H} &= H + wf \\ \sigma_A = \sigma_B = \sigma \operatorname{ch} \frac{lg}{2\sigma} &= \sigma + gf \end{aligned} \right\} \quad (1-1-4)$$

(5) 点 O 与 P 间 $\widehat{OP}$ 段架空线的长度为

$$\begin{aligned} L_{OP} &= \frac{H}{w} \operatorname{sh} \frac{w}{H} x = \sqrt{y^2 + 2 \frac{H}{w} y} \\ &= x + \frac{1}{6} \left(\frac{w}{H} \right)^2 x^3 + \frac{1}{120} \left(\frac{w}{H} \right)^4 x^5 + \frac{1}{5040} \left(\frac{w}{H} \right)^6 x^7 \\ &= \frac{\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{g}{\sigma} x = \sqrt{y^2 + 2 \frac{\sigma}{g} y} \\ &= x + \frac{1}{6} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^2 x^3 + \frac{1}{120} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^4 x^5 + \frac{1}{5040} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^6 x^7 \end{aligned} \quad (1-1-5)$$

(6) 悬挂点 A、B 间架空线的长度为

$$\begin{aligned} L_{AB} &= 2 \frac{H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H} = 2 \sqrt{f^2 + 2 \frac{H}{w} f} \\ &= l + \frac{l^3}{24} \left(\frac{w}{H} \right)^2 + \frac{l^5}{1920} \left(\frac{w}{H} \right)^4 + \frac{l^7}{322560} \left(\frac{w}{H} \right)^6 \\ &= 2 \frac{\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma} = 2 \sqrt{f^2 + 2 \frac{\sigma}{g} f} \\ &= l + \frac{l^3}{24} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^2 + \frac{l^5}{1920} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^4 + \frac{l^7}{322560} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^6 \end{aligned} \quad (1-1-6)$$

2. 两悬挂点不等高

如图 1-1-2 所示, A、B 为不等高的两悬挂点, $\widehat{AOB}$ 为架空线, O 为架空线的最低点。取架空线最低点 O 为坐标原点并过 O 点作

X 轴与 Y 轴，又平行于 AB 连线作切线 CD 切架空线于 S 点，则有关计算公式如下。

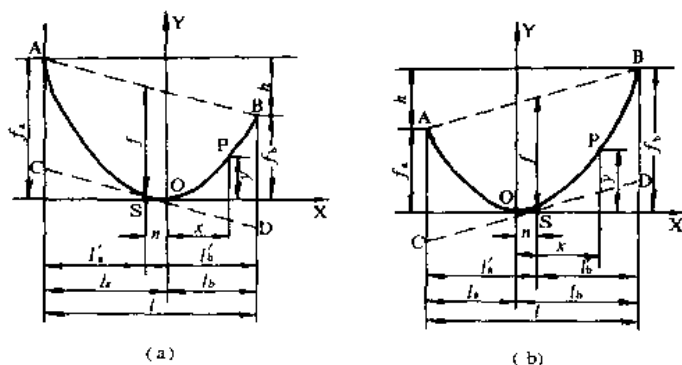


图 1-1-2 两悬挂点不等高时的架空线悬垂曲线

(a) 悬挂点 A 较高时；(b) 悬挂点 A 较低时

(1) 任意点 P 处架空线的纵坐标值为

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{H}{w} \operatorname{ch} \frac{w}{H} x - \frac{H}{w} = \frac{1}{2} \left(\frac{w}{H} \right) x^2 + \frac{1}{24} \left(\frac{w}{H} \right)^3 x^4 + \frac{1}{720} \left(\frac{w}{H} \right)^5 x^6 \\
 &= \frac{\sigma}{g} \operatorname{ch} \frac{g}{\sigma} x - \frac{\sigma}{g} = \frac{1}{2} \left(\frac{g}{\sigma} \right) x^2 + \frac{1}{24} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^3 x^4 + \frac{1}{720} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^5 x^6
 \end{aligned}
 \quad (1-1-7)$$

(2) 架空线最低点 O 对档距中点的水平偏距为

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{H}{w} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \\
 &= \frac{\sigma}{g} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}}
 \end{aligned}
 \quad (1-1-8)$$

式中 h ——两悬挂点高差，m。

(3) 架空线的悬挂点 A 侧平视档距和悬挂点 B 侧平视档距。

1) 悬挂点 A 较高时有

$$\begin{aligned}
 l_a &= \frac{l}{2} + \frac{H}{w} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \\
 &= \frac{l}{2} + \frac{\sigma}{g} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \quad (1-1-9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_b &= \frac{l}{2} - \frac{H}{w} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \\
 &= \frac{l}{2} - \frac{\sigma}{g} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \quad (1-1-10)
 \end{aligned}$$

2) 悬挂点 A 较低时有

$$\begin{aligned}
 l_a &= \frac{l}{2} - \frac{H}{w} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \\
 &= \frac{l}{2} - \frac{\sigma}{g} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \quad (1-1-11)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_b &= \frac{l}{2} + \frac{H}{w} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \\
 &= \frac{l}{2} + \frac{\sigma}{g} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \quad (1-1-12)
 \end{aligned}$$

(4) 平行四边形切点 S 对架空线最低点 O 的水平偏距为

$$n = \frac{H}{w} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} = \frac{\sigma}{g} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} \quad (1-1-13)$$

(5) 架空线的 A 侧平行四边形切点距和 B 侧平行四边形切点距。

1) 悬挂点 A 较高时有

$$\begin{aligned}
 l_s &= \frac{l}{2} - \frac{H}{w} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right) \\
 &= \frac{l}{2} - \frac{\sigma}{g} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right) \quad (1-1-14)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_b &= \frac{l}{2} + \frac{H}{w} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right) \\
 &= \frac{l}{2} + \frac{\sigma}{g} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right) \quad (1-1-15)
 \end{aligned}$$

2) 悬挂点 A 较低时有

$$\begin{aligned}
 l_s &= \frac{l}{2} + \frac{H}{w} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right) \\
 &= \frac{l}{2} + \frac{\sigma}{g} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right) \quad (1-1-16)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_b &= \frac{l}{2} - \frac{H}{w} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right) \\
 &= \frac{l}{2} - \frac{\sigma}{g} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right) \quad (1-1-17)
 \end{aligned}$$

由图 1-1-2 和式 (1-1-8)、式 (1-1-14)、式 (1-1-16) 看出, 两悬挂点不等高的架空线, 按悬链线法计算时, 其最低点不位于

档距中点，偏向低悬挂点侧的水平距离 $m = \frac{H}{w} \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}$ ，同

时其平行四边形切线的切点亦不位于档距中点，而偏向高悬挂点

侧的水平距离 $(n-m) = \frac{H}{w} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right)$ 。

(6) 悬挂点 A、B 间架空线的最大弧垂（即平行四边形切点弧垂）为

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{H}{w} \left[\left(\operatorname{ch} \frac{lw}{2H} \right) \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right)^2} - \sqrt{1 + \left(\frac{h}{l} \right)^2} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{h}{l} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right) \right] \\
 &= \frac{\sigma}{g} \left[\left(\operatorname{ch} \frac{lg}{2\sigma} \right) \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right)^2} - \sqrt{1 + \left(\frac{h}{l} \right)^2} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{h}{l} \left(\operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{l} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right) \right] \quad (1-1-18)
 \end{aligned}$$

(7) 档距中点架空线的弧垂为

$$\begin{aligned}
 f_m &= \frac{H}{w} \left(\operatorname{ch} \frac{lw}{2H} - 1 \right) \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right)^2} \\
 &= \frac{\sigma}{g} \left(\operatorname{ch} \frac{lg}{2\sigma} - 1 \right) \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right)^2} \quad (1-1-19)
 \end{aligned}$$

(8) 架空线的 A 侧平视弧垂和 B 侧平视弧垂为

1) 悬挂点 A 较高时有

$$\begin{aligned}
 f_a &= \frac{H}{w} \left[\operatorname{ch} \frac{lw}{2H} \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right)^2} - 1 \right] + \frac{h}{2} \\
 &= \frac{\sigma}{g} \left[\operatorname{ch} \frac{lg}{2\sigma} \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right)^2} - 1 \right] + \frac{h}{2} \quad (1-1-20)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_b &= \frac{H}{w} \left[\operatorname{ch} \frac{lw}{2H} \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right)^2} - 1 \right] - \frac{h}{2} \\
 &= \frac{\sigma}{g} \left[\operatorname{ch} \frac{lg}{2\sigma} \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right)^2} - 1 \right] - \frac{h}{2} \quad (1-1-21)
 \end{aligned}$$

2) 悬挂点 A 较低时有

$$\begin{aligned}
 f_a &= \frac{H}{w} \left[\operatorname{ch} \frac{lw}{2H} \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right)^2} - 1 \right] - \frac{h}{2} \\
 &= \frac{\sigma}{g} \left[\operatorname{ch} \frac{lg}{2\sigma} \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right)^2} - 1 \right] - \frac{h}{2} \quad (1-1-22)
 \end{aligned}$$

$$f_b = \frac{H}{w} \left[\operatorname{ch} \frac{lw}{2H} \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right)^2} - 1 \right] + \frac{h}{2}$$

$$= \frac{\sigma}{g} \left[\left(\operatorname{ch} \frac{lg}{2\sigma} \right) \sqrt{1 + \left(\frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right)^2} - 1 \right] + \frac{h}{2} \quad (1-1-23)$$

(9) 任意点 P 处架空线的轴向张力和轴向应力分别为

$$\left. \begin{aligned} T_P &= H \operatorname{ch} \frac{w}{H} x = H + wy \\ \sigma_P &= \sigma \operatorname{ch} \frac{g}{\sigma} x = \sigma + gy \end{aligned} \right\} \quad (1-1-24)$$

(10) 悬挂点 A、B 处架空线的轴向张力和轴向应力。

1) 悬挂点 A 较高时有

$$\left. \begin{aligned} T_A &= H \operatorname{ch} \left(\frac{lw}{2H} + \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right) \\ \sigma_A &= \sigma \operatorname{ch} \left(\frac{lg}{2\sigma} + \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1-1-25)$$

$$\left. \begin{aligned} T_B &= H \operatorname{ch} \left(\frac{lw}{2H} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right) \\ \sigma_B &= \sigma \operatorname{ch} \left(\frac{lg}{2\sigma} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1-1-26)$$

2) 悬挂点 A 较低时有

$$\left. \begin{aligned} T_A &= H \operatorname{ch} \left(\frac{lw}{2H} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right) \\ \sigma_A &= \sigma \operatorname{ch} \left(\frac{lg}{2\sigma} - \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1-1-27)$$

$$\left. \begin{aligned} T_B &= H \operatorname{ch} \left(\frac{lw}{2H} + \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H}} \right) \\ \sigma_B &= \sigma \operatorname{ch} \left(\frac{lg}{2\sigma} + \operatorname{sh}^{-1} \frac{h}{\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1-1-28)$$

(11) 点 O 与 P 间 OP 段架空线的长度为

$$\begin{aligned} L_{OP} &= \frac{H}{w} \operatorname{sh} \frac{w}{H} x = \sqrt{y^2 + 2 \frac{H}{w} y} \\ &= x + \frac{1}{6} \left(\frac{w}{H} \right)^2 x^3 + \frac{1}{120} \left(\frac{w}{H} \right)^4 x^5 + \frac{1}{5040} \left(\frac{w}{H} \right)^6 x^7 \\ &= \frac{\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{g}{\sigma} x = \sqrt{y^2 + 2 \frac{\sigma}{g} y} \\ &= x + \frac{1}{6} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^2 x^3 + \frac{1}{120} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^4 x^5 + \frac{1}{5040} \left(\frac{g}{\sigma} \right)^6 x^7 \end{aligned} \quad (1-1-29)$$

(12) 悬挂点 A、B 间架空线的长度为

$$L_{AB} = \sqrt{\left(\frac{2H}{w} \operatorname{sh} \frac{lw}{2H} \right)^2 + h^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{2\sigma}{g} \operatorname{sh} \frac{lg}{2\sigma}\right)^2 + h^2} \quad (1-1-30)$$

二、抛物线法计算架空线的最大弧垂、线长及张力

抛物线法是根据架空线单位荷载沿两悬挂点连线均匀分布的条件来研究、建立其计算原则与计算方法的，与实际情况稍有差异，故该法是一种可用而近似的计算方法。

1. 两悬挂点等高

如图 1-1-1 所示，A、B 为等高的两悬挂点， $\widehat{AOB}$ 为架空线，O 为其最低点。由于 A、B 间的距离相当大，以致线体的刚性影响趋小，因而近似认为两悬挂点间的架空线是柔软的悬线。若取架空线最低点 O 为坐标原点并过 O 点作 X 轴与 Y 轴，则有关计算公式如下。

(1) 任意点 P 处架空线的纵坐标值为

$$y = \frac{w}{2H} x^2 = \frac{g}{2\sigma} x^2 \quad (1-1-31)$$

式 (1-1-31) 就是以架空线最低点 O 为坐标原点的架空线悬垂曲线方程式，而该方程式为一典型的抛物线。

(2) 悬挂点 A、B 间的架空线最大弧垂（即档距中点弧垂、平行四边形切点弧垂）为

$$f = \frac{l^2 w}{8H} = \frac{l^2 g}{8\sigma} \quad (1-1-32)$$

(3) 任意点 P 处架空线的轴向张力和轴向应力分别为

$$\left. \begin{aligned} T_P &= H + wy \\ \sigma_P &= \sigma + gy \end{aligned} \right\} \quad (1-1-33)$$

(4) 悬挂点 A、B 处架空线的轴向张力和轴向应力分别为

$$\left. \begin{aligned} T_A &= T_B = H + wf \\ \sigma_A &= \sigma_B = \sigma + gf \end{aligned} \right\} \quad (1-1-34)$$

(5) 点 O 与 P 间 $\widehat{OP}$ 段架空线的长度为

$$L_{OP} = x + \frac{w^2}{6H^2} x^3 = x + \frac{g^2}{6\sigma^2} x^3 \quad (1-1-35)$$