

李博之 编著

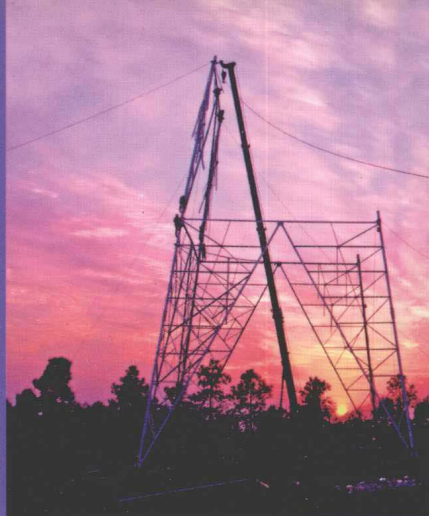
高压架空输电线路 施工技术手册

(第三版)

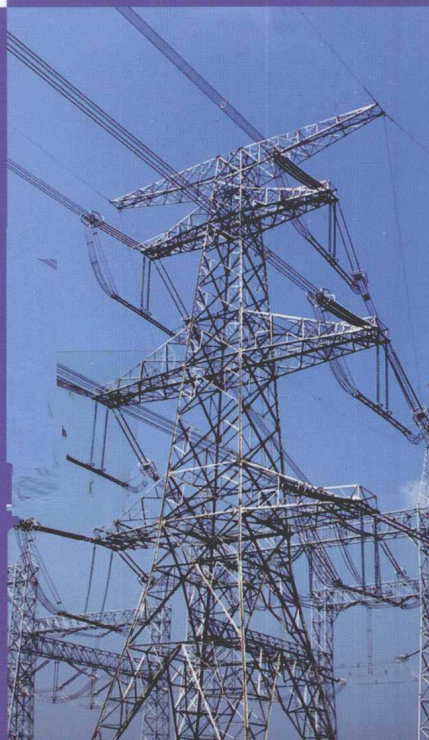


中国电力出版社

www.cepp.com.cn



杆塔组立计算部分



高压架空输电线路 施工技术手册

杆塔组立计算部分 (第三版)

李博之 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书内容包括高压架空输电线路杆塔组立施工中的施工布置原则和设备参数选择、索具静力分析、杆塔强度校验的方法。主要叙述我国常用的活动系吊钢丝绳倒落式抱杆、活动系吊钢丝绳座腿式抱杆、定长系吊钢丝绳倒落式抱杆、直立式抱杆整体组立杆塔以及应用外拉线抱杆、悬浮式内拉线抱杆、摇臂抱杆、倒装法分解组塔的施工布置原则及其索具静力分析的图解法和数解法。在叙述上述方法的同时,还附以若干计算曲线图,以便现场直接查用。

本书可供从事高压架空输电线路建设的工人和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高压架空输电线路施工技术手册. 杆塔组立计算部分/
李博之编著. —3版. —北京: 中国电力出版社, 2010.6
ISBN 978-7-5083-9739-9

I. ①高… II. ①李… III. ①高电压—架空线路—输电线路—工程施工—技术手册②线路杆塔—工程施工—技术手册
IV. ①TM726.1-62②TM753-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 208326 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

1989 年 6 月第一版

2010 年 6 月第三版 2010 年 6 月北京第三次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 13.375 印张 352 千字

印数 10211—13210 册 定价 30.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

本手册自 20 世纪 80 年代出版以来,经过多年的应用实践,得到各地同行欢迎。近年来随着特高压电网工程的建设,部分内容已不能适应当前的施工情况,特就下述三方面做出修改。

(1) 在各种悬浮式抱杆、座塔外拉线抱杆分解组塔方面,对于抱杆底部的轴向总下压力,除吊重引致的轴向下压分量外,补列了抱杆自重引致的轴向下压分量,使抱杆底部承托系统(或部件)的受力情况更趋精准。

(2) 在倒落式抱杆旋转整立混凝土杆的索具受力计算方面,有图解作图法和数解解析法可供应用;然而在数解解析法中,因抱杆旋转角 ψ 的计算过于繁复,而使该法的应用有欠理想。现凭国内部分文献介绍的倒落式抱杆整立混凝土杆施工设计参数的系列资料,运用图解作图法分析归纳出某计算用连线的经验长度,使抱杆旋转角 ψ 的计算显著简化,从而改善了数解解析法的运用。

(3) 按照国家电力行业标准 DL/T 5154—2002《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》和国家电网公司企业标准《750kV 架空送电线路铁塔组立施工工艺导则》(Q/GDW 112—2004)的有关内容,对混凝土杆、铁塔主要材料的力学性能参数,以及吊装核算时的混凝土杆断面容许弯矩、铁塔塔材容许应力等,均进行了相应的改换。

本手册主要内容为叙述我国常用的各种整体组立杆塔和分

解组塔的施工布置原则和设备参数选择、索具静力分析、杆塔强度校验的方法。可供从事高压架空输电线路施工的工人和技术人员参考。

限于水平，本手册的缺点和错误在所难免，恳请各位读者批评指正。

作 者

2010 年 5 月

第二版前言

杆塔组立是高压架空输电线路施工的重要工序之一,建国50余年来,我国广大的架空输电线路施工工人和技术人员,在长期实践中,创造了不少先进的杆塔组立方法和施工计算理论,内容是十分丰富而可贵的,亟应深入整理总结予以推广,从而推动我国高压架空输电线路的建设。

本手册是原电力建设总局编写的《高压架空输电线路施工技术手册》的系列内容之一,在编写形式、考虑原则、叙述深度等方面,都与已出版的“起重运输部分”、“架线工程计算部分”相一致,其主要内容为叙述我国常用的各种整体组立杆塔和分解组塔的施工布置原则和设备参数选择、索具静力分析、杆塔强度校验的方法。可供从事高压架空输电线路施工的工人和技术人员参考。

自从电算技术在我国高压架空输电线路杆塔组立施工计算中采用以来,已使我国输电线路杆塔组立施工计算水平获得了提高,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完整电算程序问世,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杆塔组立施工效率的提高产生积极的影响。

本手册的出版,得到了中国电力出版社的支持,在此特致谢意。

作者

2001年5月

第一版前言

杆塔组立是高压架空输电线路施工的重要工序之一,建国三十余年来,我国广大的架空输电线路施工工人和技术人员,在长期实践中,创造了不少先进的杆塔组立方法和施工计算理论,内容是十分丰富而可贵的,亟应及时整理总结予以推广,从而推动我国高压架空输电线路的建设。

本手册是原电力建设总局编写的《高压架空输电线路施工技术手册》的系列内容之一,在编写形式、考虑原则、叙述深度等方面,都与已出版的“起重运输部分”、“架线工程部分”相一致。手册的主要内容为叙述我国常用的各种整体组立杆塔、分解组塔的施工布置原则和设备参数选择、索具静力分析、杆塔强度校验的方法。可供从事高压架空输电线路的工人和技术人员参考。

作者在编写中,得到国内许多送变电工程公司同行们的热情支持,参阅了他们提供的大量杆塔组立施工技术措施和施工设计资料,在此表示衷心感谢。江苏省送变电工程公司的李孝圣同志还参加了第二章的大部分编写工作。

限于水平,书中的缺点和错误在所难免,恳切希望读者提出批评指正。意见请径寄北京水利电力部基本建设司本人。

作者

1987年6月

目 录

前言

第二版前言

第一版前言

第一章 杆塔重心与风荷中心的高度	1
1-1 铁塔重心的高度	1
1-2 混凝土杆架重心的高度	5
1-3 铁塔风荷中心的高度	6
1-4 混凝土杆架风荷中心的高度	8
第二章 活动系吊钢绳倒落式抱杆整体组立杆塔	11
2-1 活动系吊钢绳倒落式抱杆整立杆塔的基本结线型式	11
2-2 活动系吊钢绳倒落式抱杆整立杆塔的布置原则与设备参数选择	16
2-3 活动系吊钢绳倒落式抱杆整立杆塔的轨迹图形	19
2-4 活动系吊钢绳倒落式抱杆整立杆塔的索具静力计算	33
第三章 活动系吊钢绳座腿式抱杆整体组立铁塔	81
3-1 活动系吊钢绳座腿式抱杆整立铁塔的基本结线型式	81
3-2 活动系吊钢绳座腿式抱杆整立铁塔的索具静力计算	82
第四章 定长系吊钢绳倒落式抱杆整体组立高杆塔	96
4-1 定长系吊钢绳倒落式抱杆整立高杆塔的布置原则与设备参数选择	97
4-2 定长系吊钢绳倒落式抱杆整立高杆塔的	

索具静力计算	99
第五章 直立式抱杆整体组立杆塔	115
5-1 直立式抱杆整立杆塔的吊装方式	115
5-2 直立式抱杆整立杆塔的布置原则与 设备参数选择	118
5-3 直立式抱杆整立杆塔的索具静力计算	122
第六章 外拉线抱杆分解组塔	142
6-1 外拉线抱杆分解组塔的吊装方式	142
6-2 外拉线抱杆分解组塔的布置原则与 设备参数选择	150
6-3 外拉线抱杆分解组塔的索具静力计算	153
第七章 悬浮式内拉线抱杆分解组塔	171
7-1 悬浮式内拉线抱杆分解组塔的吊装方式	171
7-2 悬浮式内拉线抱杆分解组塔的布置原则与 设备参数选择	173
7-3 悬浮式内拉线抱杆分解组塔的索具静力计算	176
第八章 摇臂抱杆分解组塔	195
8-1 摇臂抱杆分解组塔的吊装方式	195
8-2 摇臂抱杆分解组塔的技术原则	199
8-3 摇臂抱杆分解组塔的索具静力计算	200
第九章 倒装组塔	226
9-1 倒装组塔的吊装方式与方法	226
9-2 倒装组塔各工作系统的穿连方式	228
9-3 塔身水平风荷载计算	231
9-4 倒装组塔的索具静力计算	237
第十章 杆塔截面弯矩、杆件内应力及 强度校验	252
10-1 窄身杆塔截面的静横向弯矩	252
10-2 窄身杆塔截面的静纵向弯矩	286
10-3 窄身杆塔截面的静综合弯矩	310
10-4 铁塔杆件的内应力	311
10-5 杆塔强度的校验	367

附录 1	环形钢筋混凝土电杆国家标准 (GB 396—1994)	
	摘录	376
附录 2	环形预应力混凝土电杆国家标准 (GB 4623—1994)	
	摘录	391
附录 3	热轧等边角钢国家标准 (GB 9787—1988)	
	摘录	407
附录 4	热轧普通槽钢国家标准 (GB 707—1988)	
	摘录	414

第一章

杆塔重心与风荷中心的高度

1-1 铁塔重心的高度

输电线路铁塔的塔段，其塔面结构的辅助材均为对称布置，因此塔面结构的重心与其轮廓面积的形心可视为重合。由于塔体结构也为对称布置，因此又可认为塔面结构重心的高度与塔段结构重心的高度相等。由此，输电线路铁塔各塔段的塔面轮廓面积的形心高度，即为各塔段结构重心的高度。

输电线路铁塔一般是由塔头段、塔身段及塔腿段等组合而成的，因此整个铁塔重心的高度，可根据整体对塔底的重力矩与所有塔段对塔底的重力矩之和相等的原则予以确定。本章将以酒杯型塔为例，说明铁塔重心高度的计算方法。

一、塔头段重心的高度

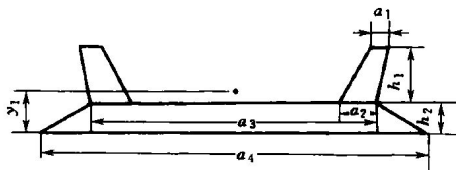


图 1-1 塔头段重心的高度

$$y_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{h_1^2(2a_1 + a_2) + 3h_1h_2(a_1 + a_2) + \frac{h_2^2}{2}(2a_3 + a_4)}{h_1(a_1 + a_2) + \frac{h_2}{2}(a_3 + a_4)}$$

(1-1)

式中 y_1 ——塔头段重心的高度，m；
 a_1 、 a_2 ——地线顶架顶边、底边的长度，m；
 h_1 ——地线顶架的投影高度，m；
 a_3 、 a_4 ——导线横担顶边、底边的长度，m；
 h_2 ——导线横担的投影高度，m。

二、塔颈段重心的高度

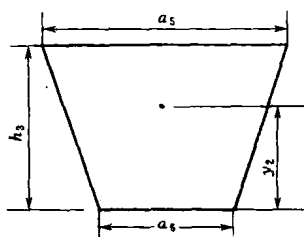


图 1-2 塔颈段重心的高度

$$y_2 = \frac{h_3}{3} \cdot \frac{2a_5 + a_6}{a_5 + a_6} \quad (1-2)$$

式中 y_2 ——塔颈段重心的高度，m；
 a_5 、 a_6 ——塔颈段顶边、底边的长度，m；
 h_3 ——塔颈段的投影高度，m。

三、1 塔身段重心的高度

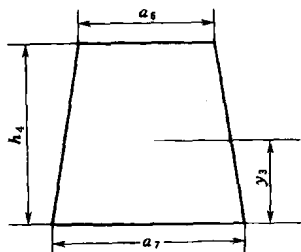


图 1-3 1 塔身段重心的高度

$$y_3 = \frac{h_4}{3} \cdot \frac{2a_6 + a_7}{a_6 + a_7} \quad (1-3)$$

式中 y_3 ——1 塔身段重心的高度，m；

a_6 、 a_7 ——1 塔身段顶边、底边的长度，m；

h_4 ——1 塔身段的投影高度，m。

四、2 塔身段重心的高度

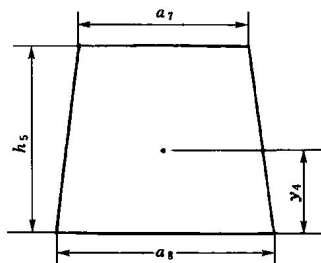


图 1-4 2 塔身段重心的高度

$$y_4 = \frac{h_5}{3} \cdot \frac{2a_7 + a_8}{a_7 + a_8} \quad (1-4)$$

式中 y_4 ——2 塔身段重心的高度，m；

a_7 、 a_8 ——2 塔身段顶边、底边的长度，m；

h_5 ——2 塔身段的投影高度，m。

五、塔腿段重心的高度

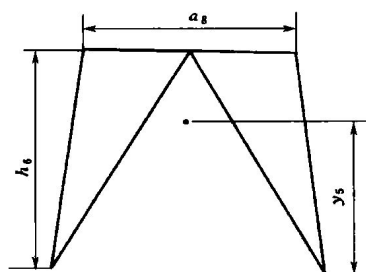


图 1-5 塔腿段重心的高度

$$y_5 = \frac{2}{3} h_6 \quad (1-5)$$

式中 y_5 ——塔腿段重心的高度，m；

h_6 ——塔腿段的投影高度，m。

六、铁塔重心的高度

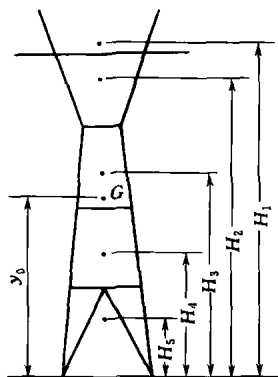


图 1-6 酒杯型塔重心的高度

$$y_0 = \frac{H_1 Q_1 + H_2 Q_2 + H_3 Q_3 + H_4 Q_4 + H_5 Q_5 + H_6 Q_6}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6} \quad (1-6)$$

$$H_1 = y_1 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6$$

$$H_2 = y_2 + h_4 + h_5 + h_6$$

$$H_3 = y_3 + h_5 + h_6$$

$$H_4 = y_4 + h_6$$

$$H_5 = y_5$$

式中 y_0 ——酒杯型塔重心 G 的高度（对塔底），m；

H_1 ——塔头段重心的高度（对塔底），m；

H_2 ——塔颈段重心的高度（对塔底），m；

H_3 ——1 塔身段重心的高度（对塔底），m；

H_4 ——2 塔身段重心的高度（对塔底），m；

H_5 ——塔腿段重心的高度（对塔底），m；

Q_1 ——塔头段的重力，kN^①；

① 质量 1 千克（kg）的物体，在地球引力场中，受到的引力为 9.806 65 牛顿（N）。故将物体质量的千克（kg）数乘以 9.806 65 便得到该物体重力的牛顿（N）数。

- Q_2 ——塔颈段的重力, kN;
 Q_3 ——1 塔身段的重力, kN;
 Q_4 ——2 塔身段的重力, kN;
 Q_5 ——塔腿段的重力, kN。

1-2 混凝土杆架重心的高度

根据求铁塔重心高度的相同原则, 以 II 型混凝土杆架为例, 其重心高度的计算方法如下。

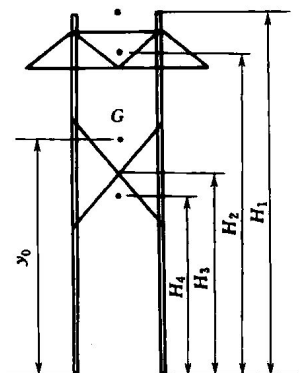


图 1-7 II 型混凝土杆架重心的高度

$$y_0 = \frac{H_1 Q_1 + H_2 Q_2 + H_3 Q_3 + H_4 Q_4}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4} \quad (1-7)$$

式中 y_0 ——II 型混凝土杆架重心 G 的高度 (对杆底), m;

H_1 ——地线顶架重心的高度 (对杆底), m;

H_2 ——导线横担重心的高度 (对杆底), m;

H_3 ——叉梁重心的高度 (对杆底), m;

H_4 ——混凝土主杆重心的高度 (对杆底), m;

Q_1 ——地线顶架 (两套) 的总重力, kN;

Q_2 ——导线横担的重力, kN;

Q_3 ——叉梁 (两根) 的总重力, kN;

Q_4 ——混凝土主杆（两根）的总重力，kN。

对于等径混凝土主杆，式（1-7）中， $H_4 = \frac{h}{2}$ ；对于锥形混凝土主杆为

$$H_4 = \frac{h}{4} \cdot \frac{(D_1^2 + 2D_1d_1 + 3d_1^2) - (D_2^2 + 2D_2d_2 + 3d_2^2)}{(D_1^2 + D_1d_1 + d_1^2) - (D_2^2 + D_2d_2 + d_2^2)} \quad (1-8)$$

式中 h ——混凝土主杆的长度，m；

D_1 、 D_2 ——锥形混凝土主杆，底部的外径、内径，m；

d_1 、 d_2 ——锥形混凝土主杆，顶部的外径、内径，m。

1-3 铁塔风荷中心的高度

输电线路铁塔承受的风荷载，假设均匀作用于其迎风面上，因此计算风力的机械影响时，可视为铁塔各塔段或构件上的风荷载集中作用于塔段或构件轮廓投影面积的形心上，同时还认为同一塔段或构件上风压强度（取该塔段对地平均高度处的风压强度）都相等。因此，整个铁塔承受的总风荷载可视为集中作用于其风荷中心，该风荷中心的高度，可根据整体对地面的总风力矩与所有塔段对地面的风力矩之和相等的原则确定。

又由于脉动风载对于底端固定的悬臂状铁塔的动力反应与悬空吊装状态铁塔的动力反应不同，所以虽然两种情况下风速相同，而作用于铁塔的总风荷载及其相应的风荷中心高度却不相同，这将由计算时分别采用不同的风振系数 β 值予以反映。

以图 1-8 所示酒杯型塔为例，其风荷中心高度的计算方法如下。

$$z_0 = \frac{H_1P_1 + H_2P_2 + H_3P_3 + H_4P_4 + H_5P_5}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5} \quad (1-9)$$

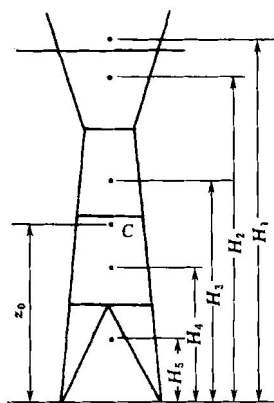


图 1-8 酒杯型塔风荷中心的高度

其中

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= 1.3 \times 9.81 \times 10^{-3} (1 + \eta) \phi K_{z1} F_1 \frac{v^2}{16} \beta \\ P_2 &= 1.3 \times 9.81 \times 10^{-3} (1 + \eta) \phi K_{z2} F_2 \frac{v^2}{16} \beta \\ P_3 &= 1.3 \times 9.81 \times 10^{-3} (1 + \eta) \phi K_{z3} F_3 \frac{v^2}{16} \beta \\ P_4 &= 1.3 \times 9.81 \times 10^{-3} (1 + \eta) \phi K_{z4} F_4 \frac{v^2}{16} \beta \\ P_5 &= 1.3 \times 9.81 \times 10^{-3} (1 + \eta) \phi K_{z5} F_5 \frac{v^2}{16} \beta \end{aligned} \right\} (1-10)$$

$$\phi = \frac{\text{桁架实际投影面积}}{\text{桁架轮廓投影面积}}$$

式中

z_0 ——酒杯型塔风荷中心 C 的高度（对地面），m；

P_1 ——塔头段的风荷载，kN；

P_2 ——塔颈段的风荷载，kN；

P_3 ——1 塔身段的风荷载，kN；

P_4 ——2 塔身段的风荷载，kN；

P_5 ——塔腿段的风荷载，kN；