

# 电力高处作业 防坠落技术

余虹云 李瑞 编著

SAFE



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

# 电力高处作业 防坠落技术

余虹云 李瑞 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书从高处作业存在的潜在危险入手,并结合所做的研究性试验结果,介绍了目前国内、外所使用的各种高处作业防坠落技术,为高处作业防坠落技术的应用提供了技术支持。

本书共分五章,分别介绍了高处作业相关术语、基本原则和要求以及安全规程等高处作业工作原则;低压电杆、试验高塔、组立铁塔、电厂机组续建工程及高处坠落事故引发的思考等高处坠落事故案例分析;安全帽、安全带、连接器、挽索、势能吸收器、防坠器以及安全网等高处作业的基本防护器材应用技术;角钢塔、钢管杆塔及构架、混凝土杆、电力设备检修、杆端及出线作业、平台作业防坠落装置典型布置方案;营救器材简介、营救作业及营救预案等高处坠落营救技术。

本书可作为输变电和火电施工、运行、检修人员及相关行业从事高处作业的技术人员以及与高处作业相关的设计人员的技术参考书、岗位培训教材,也可供安全监察管理人员阅读和参考,同时也可作为高处作业防坠落器材生产企业的技术参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电力高处作业防坠落技术 / 余虹云, 李瑞编著. —北京: 中国电力出版社, 2008

ISBN 978 - 7 - 5083 - 7865 - 7

I. 电… II. ①余…②李… III. 电力工业 - 高空作业 - 安全技术  
IV. TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 145465 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

\*

2008 年 10 月第一版 2008 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 7 印张 181 千字

印数 0001—3000 册 定价 16.00 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

在电力系统中，由于人的不安全行为、物的不安全状态、环境不良及监督管理不力等各方面因素造成的各种事故中，经统计排在前三位的事故分别为触电、高处坠落和误操作。显而易见，每年因高处作业时的防护不当，引起的坠落事故是当今最主要的伤亡事故之一。如今人们对预防意外事故的发生越来越重视，而高处作业本身充满着潜在危险，可能会有各种各样的因素引发坠落事故的发生。因此，了解和掌握高处作业的基本原则和要求，充分利用和发挥高处作业的基本防护器材的作用，合理的进行防坠装置的布置或配置，快速而有效地实施营救，减轻失足跌落者的伤痛或伤害，对高处作业人员而言是十分必要的。

本书详尽地介绍了当今最先进、最前端的各类坠落防护器材及技术，并结合试验研究成果，对各种高处作业的基本防坠装置的布置以及快速而有效地实施营救等技术进行了介绍。

全书共分五章内容，第一章～第三章由余虹云同志执笔，第四章、第五章由李瑞同志执笔，全书由余虹云同志统稿。

本书在编写过程中得到了许多专业人员的热情帮助和大力支持，并付出了辛勤的劳动，在此一并致以感谢。

限于编者水平，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 8 月



# 目 录

## 前言

<b>第一章 高处作业安全工作原则</b> .....	1
第一节 高处作业相关术语 .....	1
第二节 高处作业基本原则和要求 .....	3
第三节 高处作业安全规程 .....	7
<b>第二章 高处坠落典型事故案例分析</b> .....	13
第一节 低压电杆坠落事故 .....	13
第二节 试验高塔坠落事故 .....	14
第三节 组立铁塔坠落事故 .....	18
第四节 电厂机组续建工程坠落事故 .....	19
第五节 高处坠落事故引发的思考 .....	22
<b>第三章 高处作业的基本防护器材</b> .....	26
第一节 安全帽应用技术 .....	26
第二节 安全带应用技术 .....	43
第三节 连接器应用技术 .....	72
第四节 挽索应用技术 .....	90
第五节 势能吸收器应用技术 .....	108
第六节 防坠器应用技术 .....	117
第七节 安全网应用技术 .....	150
<b>第四章 防坠落装置典型布置</b> .....	159
第一节 角钢塔防坠落装置布置方案 .....	159

第二节	钢管杆塔及构架防坠落装置布置方案	166
第三节	混凝土杆防坠落装置布置方案	172
第四节	电力设备防坠落装置布置方案	182
第五节	杆端及出线作业防坠落装置布置方案	188
第六节	平台作业防坠落装置布置方案	191
<b>第五章</b>	<b>高处坠落营救</b>	<b>196</b>
第一节	营救器材简介	196
第二节	营救作业及营救预案	210



## 第一章

# 高处作业安全工作原则

什么是高处作业？高处作业的基本原则和要求是什么？如何掌握和执行高处作业的安全规程？这是每个从事高处作业的人员所关注的话题。

### 第一节 高处作业相关术语

#### 一、高处作业

凡在离地面（坠落高度基准面）2m 及以上的地点进行的工作，都可视作高处作业。

#### 二、坠落高度基准面

通过可能坠落范围内最低处的水平面定义为坠落高度基准面。

#### 三、可能坠落范围半径

为确定可能坠落范围而规定的相对于作业位置的一段水平距离称为可能坠落范围半径（一般以  $R$  表示），其大小取决于作业现场的地形、地势或建筑物分布等有关的基础高度。

不同高度的可能坠落范围半径见表 1-1。

表 1-1 不同高度的可能坠落范围半径 (m)

作业位置至其底部的垂直位置	2~5	5~15	15~30	>30
其可能坠落的范围半径	3	4	5	6

#### 四、基础高度

以作业位置为中心，6m 为半径，划出一个垂直于水平面的

柱形空间，此柱形空间内最低处与作业位置间的高度差称为基础高度（一般以  $h$  表示）。

### 五、高处作业高度

作业区各作业位置至相应坠落高度基准面的垂直距离中的最大值，称为该作业区的高处作业高度（简称作业高度，一般以  $H$  表示）；作业高度分为  $2 \sim 5\text{m}$ ， $5 < H \leq 15\text{m}$ ， $15 < H \leq 30\text{m}$  及大于  $30\text{m}$  四个区域。

下面通过两个例题介绍高处作业高度  $H$  的计算，计算中仅针对 A、B 两作业位置的关系。

**[例 1-1]** A 作业位置与地面的垂直距离为  $20\text{m}$ ，B 作业位置与地面的垂直距离为  $8\text{m}$ ，两作业位置垂直面最短水平距离为  $3\text{m}$ ，如图 1-1 所示。

**解：**显然，A 作业位置基础高度  $h$  为  $20\text{m}$ ，可能坠落范围半径  $R$  为  $5\text{m}$ ，作业人员有可能坠落在两作业位置的中间最低处水平面区域内，故 A 作业位置的高处作业高度  $H$  为  $20\text{m}$ 。

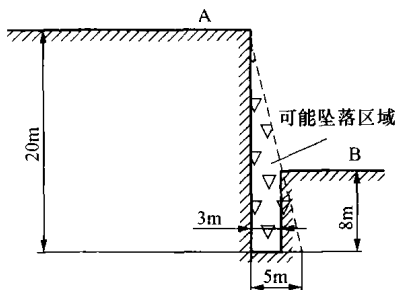


图 1-1 [例 1-1] 高处作业高度计算示意图

**[例 1-2]** A 作业位置与地面的垂直距离为  $35\text{m}$ ，B 作业位置与地面的垂直距离为  $28\text{m}$ ，B 作业面水平长度为  $12\text{m}$ ，两作业位置相邻且作业水平面高差相距  $7\text{m}$ ，如图 1-2 所示。

**解：**因 A 作业位置水平面与相邻的 B 作业位置水平面高差相距  $7\text{m}$ ，作业人员从 A 作业位置可能坠落到 B 作业位置的坠落



范围半径  $R$  为  $4\text{m}$ ，未超越 B 作业面水平长度。因此，作业人员从 A 作业位置不可能越过 B 作业位置而坠落到地面，故 A 作业位置的高处作业高度  $H$  为  $7\text{m}$ 。

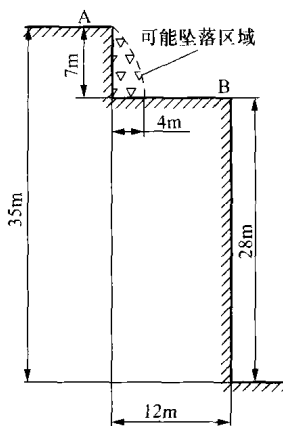


图 1-2 [例 1-2] 高处作业高度计算示意图

## 第二节 高处作业基本原则和要求

高处作业充满着潜在危险，可能会有各种各样的因素引发坠落事故，因此，了解和掌握高处作业的基本原则和要求，对高处作业人员而言是十分必要的。

### 一、易引发坠落的客观危险因素

(1) 高处作业现场出现阵风，风力六级（风速  $10.8\text{m/s}$ ）以上的气象状况。

(2) 在  $35^{\circ}\text{C}$  及以上的高温环境中从事高处作业。

(3) 在  $-10^{\circ}\text{C}$  及以下的低温环境中从事高处作业。

(4) 高处作业场地有水、霜、冰、雪、油等易滑物。

(5) 高处作业环境自然光线不足，能见度差。

(6) 高处作业位置接近或接触高压线。

(7) 高处作业立足处不是平面或只有很小的平面，致使

作业者无法维持正常姿势，因作业人员的摆动而引发坠落事故。

因此，对照电力工程的实际情况，在电力基本建设、运行检修等生产过程的作业中存在着大量极易引发坠落的高处作业。

## 二、高处作业的基本原则

高处作业的基本原则主要是以下三方面。

(1) 应注重作业团队的安全理念。

(2) 应加强作业过程的安全意识、作业人员的相互协作与信任。

(3) 应配备个人防护装备。给高处作业人员配备个人防护装备是一种“逃避式预防”，让高处作业人员熟悉（至少是了解）高处作业安全要求和个人防护装备才是最后的安全屏障。

所以，高处作业人员应通过学习安全工作规程提升安全理念；通过培训建立高处作业的安全意识、熟悉作业过程、增强作业人员相互间协作与信任；通过培训熟悉个人防护装备的应用与检验，懂得如何选择合适的防护装备、完善作业防护、降低坠落风险等。

总而言之，不论作业场所的高低及装备性能的优劣，作业人员必须是受过适当培训的合格作业人员，作业团队必须是受过适当培训的合格作业团队。

## 三、高处作业的基本要求

为预防高处作业坠落事故的发生，应掌握高处作业的基本要求。

### 1. 维持工作位置

首先应利用防护装置维持作业人员在高处工作时的作业位置，防止其下跌。在高处作业场所，我们可通过设置作业平台或用安全网等器材在作业区设置临时作业平台，如图 1-3 所示。这样，就可以保证作业人员在工作时始终处于安全作业区

域，避免发生坠落事故。

设定安全作业平台不仅能防止作业人员坠落，还能消除作业人员可能存在的高处作业恐惧感。但安全作业平台往往会因为工程的施工时间、作业性质和成本效益等不具实施的可行性。

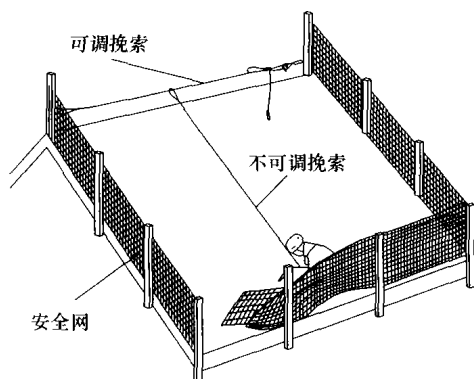


图 1-3 利用防护装置维持作业人员在高处工作时的作业位置示意图

## 2. 限制移动

限制移动是利用防护装置限制作业人员的活动范围，防止其下跌。在高处作业场所，我们可通过一根不可调挽索将作业人员与钢制水平安全绳（或固定点）连接在一起，如图 1-4 所示。这样，就可以保证作业人员在工作时避免进入有可能发生坠落的区域，此时不仅能防止作业人员坠落，还能让作业人员腾出本该去维持身体平衡的手进行其他操作，既保障作业人员从事高处作业时的安全性又可提高工作效率，是一种高处作业安全性及可行性较好的选择。

需说明的是：配置的不可调挽索长度不可过长，钢制水平安全绳（或固定点）悬挂设置应合理，否则仍容易发生坠落危险，如图 1-5 所示。

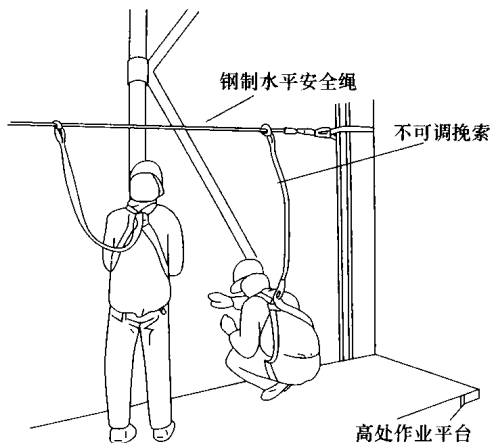


图 1-4 利用防护装置限制作业人员在高处工作时的活动范围示意图

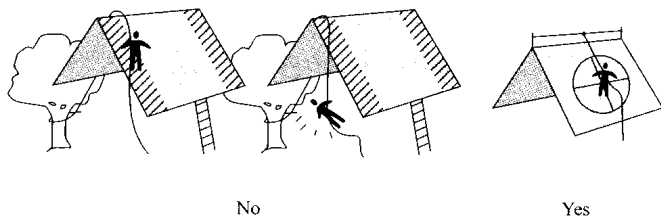


图 1-5 不可调挽索长度过长或悬挂设置不当易发生坠落危险示意图

### 3. 利用防护装备

利用防护装备保护作业人员在高处工作时的活动过程，防止其下跌。输电线路杆塔一般情况下都没有作业保护平台装置，高处作业人员必须以个人保护装置确保自身的安全，例如，当作业人员在杆塔上安装或拆卸塔材时，为保护自己万一发生坠落，必须使用可使作业过程腾出双手工作的防坠落装置，如图 1-6 所示。

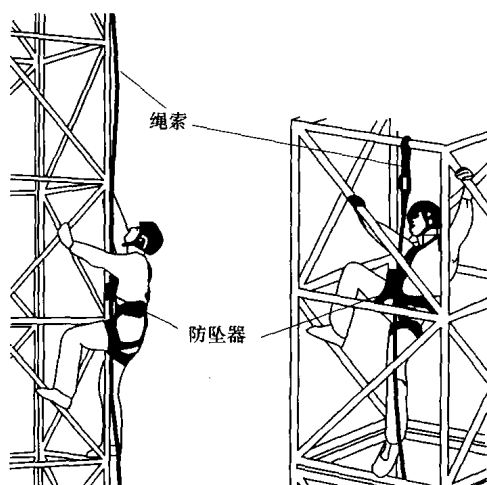


图 1-6 利用防护装置保护作业人员在高处工作时的活动过程示意图

### 第三节 高处作业安全规程

高处作业充满了危险性，所以各行各业均对高处作业制定了相关的安全工作规程，学习高处作业必要的安全规程、掌握高处作业必要的防护技术和安全措施，是每一个高处作业人员的责任。以下是 DL 5009.1—2002《电力建设安全工作规程 第1部分：火力发电厂》、DL 5009.2—2004《电力建设安全工作规程 第2部分：架空电力线路》、DL 5009.3—1997《电力建设安全工作规程 第3部分：变电所部分》、《国家电网公司电力安全工作规程（变电站和发电厂电气部分）》和《国家电网公司电力安全工作规程（电力线路部分）》等对高处作业的相关要求。

#### 一、发电厂与变电站高处作业安全规程

(1) 在编制施工组织设计及作业指导书时，应尽量减少高处作业；施工技术人员编制的作业指导书中的高处作业部分，应采取措施确保作业点是安全的，安全带只能作为第二道防护。

(2) 高处作业的平台、走道、斜道等应装设由上下两道栏杆（上道栏杆高 1.05 ~ 1.2m，下道栏杆高 0.5 ~ 0.6m）和栏杆柱组成的防护栏杆、18cm 高的挡脚板，或设防护立网。

(3) 当高处行走区域不能装设防护栏杆时，应设置 1.05m 高的安全水平扶绳，且每隔 2m 应设一个固定支撑点。

(4) 高处作业区周围的孔洞、沟道等应设盖板、安全网或围栏。

(5) 特殊高处作业应与地面设联系信号或通信装置并由专人负责。

(6) 在夜间或光线不足的地方进行高处作业，必须设置足够的照明。

(7) 遇有六级及以上大风或恶劣气候时，应停止露天高处作业。

(8) 凡参加高处作业的人员应进行体格检查，经医生诊断患有不宜从事高处作业病症的人员不得参加高处作业。

(9) 高处作业应使用安全带（绳），安全带（绳）使用前应进行检查，并定期进行试验。高处作业时必须系好安全带（绳），安全带（绳）应系在上方牢固可靠的构件上或专门用来系安全带（绳）的钢架或钢丝绳上。禁止将安全带（绳）系在移动或不牢固的物件上 [如避雷器、断路器（开关）、隔离开关（刀闸）、电流互感器、电压互感器等支持不牢固的物件上]。在没有脚手架或者在没有栏杆的脚手架上工作，高度超过 1.5m 时，应使用安全带（绳）或采取其他可靠的安全措施。

(10) 在架构及电杆上作业时，应系好安全带（绳），地面应有专人监护、联络。

(11) 高处作业人员在从事活动范围较大（水平活动在以垂直线为中心的 1.5m 半径范围内）的作业时，必须使用速差自控器。

(12) 高处作业人员使用绳梯或钢筋爬梯上下攀登时必须使用攀登自锁器。

(13) 高处作业地点、各层平台、走道及脚手架上不得堆放超过允许载荷的物件，施工用料应随用随吊。严禁在脚手架上使用临时物体（箱子、桶、板等）作为补充台架。

(14) 上下脚手架应走斜道或梯子，不得沿绳、沿脚手立杆或栏杆等攀爬。不得任意攀登高层构筑物。

(15) 高处作业人员应配带使用工具袋，较大的工具应系保险绳、固定在牢固的构件上，不准随便乱放，上下传递物件应用绳索拴牢传递，严禁上下抛掷。

(16) 高处作业人员不得坐在平台或孔洞的边缘，不得骑坐在栏杆上，不得躺在走道板上或安全网内休息；不得站在栏杆外作业或凭借栏杆起吊物件。

(17) 高处作业时，点焊的物件不得移动；切割的工件、边角余料等应放置在牢靠的地方或用铁丝扣牢并有防止坠落的措施。

(18) 高处作业区附近有带电体时，传递绳应使用干燥的麻绳或尼龙绳；严禁使用金属线。

(19) 在石棉瓦、油毡等轻型或简易结构的屋面上作业时，必须有防止坠落的可靠措施。

(20) 特殊高处作业的危险区应设围栏及“严禁靠近”的警告牌，危险区内严禁人员逗留或通行。

(21) 非有关施工人员不得攀登高处。登高参观的人员应由专人陪同，并严格遵守有关安全规定。

(22) 施工中应尽量减少立体交叉作业。必须交叉时，施工负责人应事先组织交叉作业各方，商定各方的施工范围及安全注意事项；各工序应密切配合，施工场地尽量错开，以减少干扰。无法错开的垂直交叉作业，层间必须搭设严密、牢固的防护隔离设施。

(23) 交叉作业场所的通道应保持畅通；有危险的出入口处应设围栏或悬挂警告牌。

(24) 隔离层、孔洞盖板、栏杆、安全网等安全防护设施严

禁任意拆除。必须拆除时，应征得原搭设单位的同意，在工作完毕后应立即恢复原状并经原搭设单位验收。严禁乱动非工作范围内的设备、机具及安全设施。

(25) 交叉施工时，工具、材料、边角余料等严禁上下抛掷，应用工具袋、箩筐或吊笼等吊运，严禁在吊物下方接料或逗留。

## 二、架空电力线路高处作业安全规程

(1) 高处作业人员应衣着灵便，衣袖、裤脚应扎紧，穿软底鞋，并正确佩戴个人防护用具。

(2) 上杆塔进行作业前，应先检查杆塔根部基础和拉线埋设是否牢固、强度是否足够。新立杆塔在杆基未完全牢固或做好临时拉线前，严禁攀登。遇有冲刷、起土、上拔或导地线、拉线松动的杆塔，应先培土加固，打好临时拉线或支好杆架后，再行登杆。

(3) 应选用合适的登高工具。登杆塔前，应检查登高工具和设施，如脚扣、升降板、安全带、梯子和脚钉、爬梯、防坠落装置等是否完整牢靠。禁止携带器材登杆或在杆塔上移位。

(4) 高处作业人员上下杆塔应沿脚钉或爬梯攀登，不得沿单根构件上爬或下滑，严禁利用绳索或拉线上下杆塔或顺杆下滑。

(5) 攀登无爬梯或无脚钉的钢筋混凝土电杆必须使用登杆工具，多人上下同一杆塔时应逐个进行。

(6) 高处作业应使用速差自控器或安全自锁器，高塔作业必须使用速差自控器及安全自锁器。

(7) 上横担进行工作前，应检查横担连接是否牢固和腐蚀情况，检查时安全带（绳）应系在主杆或牢固的构件上。

(8) 高处作业人员必须使用安全带，且宜使用全方位防冲击安全带，系安全带后应检查扣环是否扣牢。安全带和保护绳应分系在杆塔不同部位的牢固构件上，应防止安全带从杆顶脱出或被锋利物损坏，并不得低挂高用。施工过程中，应随时检



查安全带是否拴牢。

(9) 在杆塔高空作业时，应使用有后备绳的双保险安全带。220kV 及以上线路杆塔宜设置高空作业工作人员上下杆塔的防坠落安全保护装置。

(10) 高处作业人员在转移作业位置时不得失去保护，手扶的构件必须牢固，且不得失去后备保护绳的保护。在大间隔部位或杆塔头部水平转移时，应使用水平绳或增设临时扶手；垂直转移时应使用速差自控器或安全自锁器。

(11) 高处作业所用的工具和材料应放在工具袋内或用绳索绑牢，较大的工具应固定在牢固的构件上。

(12) 在高空作业现场，工作人员不得站在作业处的垂直下方，高处落物区不得有无关人员通行或逗留。在行人路口或人口密集区从事高处作业，工作点下方应设围栏或其他保护措施。

(13) 杆塔上下无法避免垂直交叉作业时，应做好防落物伤人的措施，作业时要相互照应，密切配合。

(14) 在气温低于零下 10℃ 时，不宜进行高处作业。确因工作需要时，作业人员应采取保暖措施，施工场所附近设置临时取暖休息所，取暖设施应符合防火规定，注意防火。高处连续工作时间不宜超过 1h。

(15) 在冰雪、霜冻、雨雾天气进行露天高处作业，应采取防滑措施。

(16) 在未做好安全措施的情况下，不准在不坚固的结构上（如彩钢板屋顶）进行工作。

(17) 梯子应坚固完整，梯子的支柱应能承受作业人员及所携带的工具、材料攀登时的总重量，硬质梯子的横档应嵌在支柱上，梯阶的距离不应大于 40cm，并在距梯顶 1m 处设限高标志。梯子不宜绑接使用。

(18) 在杆塔上水平使用梯子时，应使用特制的专用梯子。工作前应将梯子两端与固定物可靠连接，一般应由一人在梯子上工作。水平使用普通梯子应经过验算、检查合格。