

(第二版)

电力高处作业 防坠落技术

DIANLI GAOCHU ZUOYE
FANGZHUI LUO JISHU

李瑞 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

(第二版)

电力高处作业 防坠落技术

DIANLI GAOCHU ZUOYE
FANGZHUI LUO JISHU

李瑞 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

高处作业防坠落技术是保障高处作业人员人身安全的重要防线,是每一个高处作业人员应掌握的技术。为更好地帮助高处作业人员熟悉并掌握防坠落技术,本书编者结合目前最新的研究试验结果、培训时学员关注的热点和难点,对《电力高处作业防坠落技术》修订形成第二版。

本书共分五章,即高处作业概述、高处坠落事故案例分析、高处作业基本防护器材应用及检验要求、防坠落装置典型布置方案、高处跌落营救。

本书可作为与高处作业相关的设计人员、从事电站和输变电工程施工、安装、运行、检修、维护、调试等高处作业的人员,以及相关其他行业从事高处作业人员的技术参考书、岗位培训教材,也可供安全监察管理人员阅读和参考,同时也是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 / 李瑞编著. —2 版. —北京: 中国电力出版社, 2018.5

ISBN 978-7-5198-1883-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 060725 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 翟巧珍 (010-63412351)

责任校对: 太兴华

装帧设计: 张俊霞

责任印制: 邹树群

印 刷: 三河市百盛印装有限公司

版 次: 2008 年 10 月第一版 2018 年 5 月第二版

印 次: 2018 年 5 月北京第三次印刷

开 本: 880 毫米×1230 毫米 32 开本

印 张: 7.25

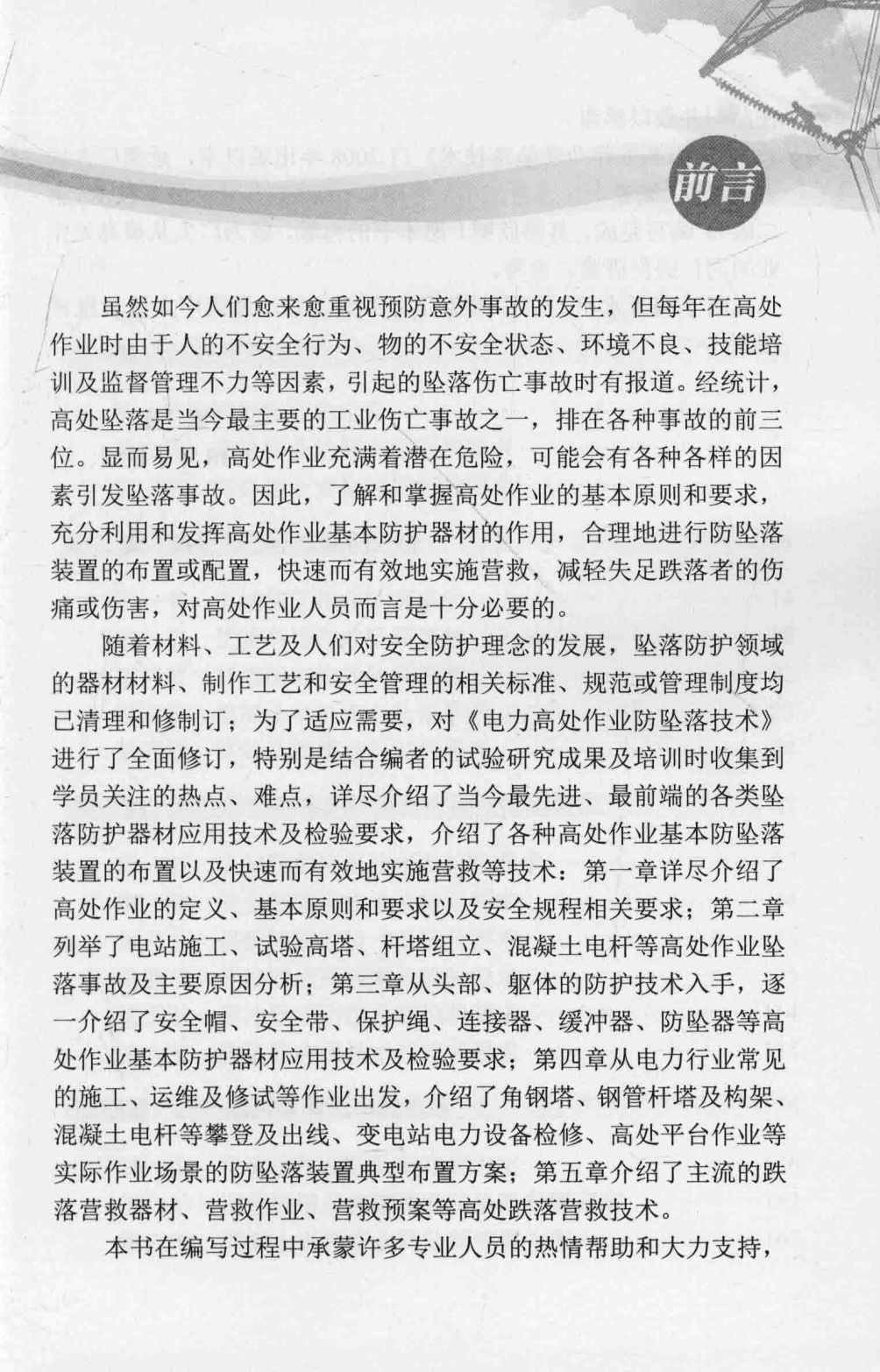
字 数: 205 千字

印 数: 6001—9000 册

定 价: 30.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换



前言

虽然如今人们愈来愈重视预防意外事故的发生,但每年在高空作业时由于人的不安全行为、物的不安全状态、环境不良、技能培训及监督管理不力等因素,引起的坠落伤亡事故时有发生。据统计,高空坠落是当今最主要的工业伤亡事故之一,排在各种事故的前三位。显而易见,高空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,了解和掌握高空作业的基本原则和要求,充分利用和发挥高空作业基本防护器材的作用,合理地进行防坠落装置的布置或配置,快速而有效地实施营救,减轻失足坠落者的伤痛或伤害,对高空作业人员而言是十分必要的。

随着材料、工艺及人们对安全防护理念的发展,坠落防护领域的器材材料、制作工艺和安全管理的相关标准、规范或管理制度均已清理和修制订;为了适应需要,对《电力高空作业防坠落技术》进行了全面修订,特别是结合编者的试验研究成果及培训时收集到学员关注的热点、难点,详尽介绍了当今最先进、最前端的各类坠落防护器材应用技术及检验要求,介绍了各种高空作业基本防坠落装置的布置以及快速而有效地实施营救等技术:第一章详尽介绍了高空作业的定义、基本原则和要求以及安全规程相关要求;第二章列举了电站施工、试验高塔、杆塔组立、混凝土电杆等高空作业坠落事故及主要原因分析;第三章从头部、躯体的防护技术入手,逐一介绍了安全帽、安全带、保护绳、连接器、缓冲器、防坠器等高空作业基本防护器材应用技术及检验要求;第四章从电力行业常见的施工、运维及修试等作业出发,介绍了角钢塔、钢管杆塔及构架、混凝土电杆等攀登及出线、变电站电力设备检修、高空平台作业等实际作业场景的防坠落装置典型布置方案;第五章介绍了主流的坠落营救器材、营救作业、营救预案等高空坠落营救技术。

本书在编写过程中承蒙许多专业人员的热情帮助和大力支持,

在此一并致以感谢。

《电力高处作业防坠落技术》自 2008 年出版以来，承蒙广大读者的喜爱，编者十分感谢。2018 年初《电力高处作业防坠落技术（第二版）》编写完成，甚感欣慰！愿本书的再版，能为广大从事高处作业的同仁提供借鉴、参考。

限于编者水平，书中难免存有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2018 年于杭州

前言

第一章 高处作业概述 1

- 第一节 高处作业的定义 1
- 第二节 高处作业的基本原则和要求 4
- 第三节 高处作业安全规程相关要求 7

第二章 高处坠落事故案例分析 14

- 第一节 电站施工作业坠落事故 14
- 第二节 试验高塔作业坠落事故 18
- 第三节 杆塔组立作业坠落事故 22
- 第四节 混凝土电杆作业坠落事故 23
- 第五节 高处坠落事故引发的思考 24

第三章 高处作业基本防护器材应用及检验要求 27

- 第一节 头部防护应用技术及检验要求 27
- 第二节 安全带应用技术及检验要求 44
- 第三节 保护绳应用技术及检验要求 78
- 第四节 连接器应用技术及检验要求 95
- 第五节 缓冲器应用技术及检验要求 114
- 第六节 防坠器应用技术及检验要求 124

第四章 防坠落装置典型布置方案 156

- 第一节 角钢塔作业防坠落布置方案 156
- 第二节 钢管杆塔及构架作业防坠落布置方案 162
- 第三节 混凝土电杆作业防坠落布置方案 167

第四节	变电站检修作业防坠落布置方案	179
-----	----------------	-----

第五节	平台作业防坠落布置方案	200
-----	-------------	-----

第五章	高处坠落营救	205
------------	---------------	------------

第一节	营救器材简介	205
-----	--------	-----

第二节	营救作业	219
-----	------	-----

第三节	营救预案	223
-----	------	-----

第一章

高处作业概述

什么是高处作业?高处作业的基本原则和要求是什么?编者曾带着这几个问题去过许多地方、询问过许多从事高处作业的人员,大多数的答案促使我一个城市一个城市、一个工区一个工区努力深入安全作业的第一线更详尽地讲述下面的话题。

第一节 高处作业的定义

谈及高处作业,结合 GB/T 3608—2008《高处作业分级》的规定,首先应明确与高处作业相关的定义或术语。

一、高处作业

在距坠落高度基准面 2m 或 2m 以上有可能坠落的高处进行的作业均称为高处作业。

二、坠落高度基准面

通过可能坠落范围内最低处的水平面称为坠落高度基准面。

三、可能坠落范围

以作业位置为中心、可能坠落范围半径为半径划成的与水平面垂直的柱形空间称为可能坠落范围。

四、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），高处坠落事故案例和模拟试验的统计结果表明，可能坠落范围半径的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。

五、基础高度

以作业位置为中心、6m 为半径画出的垂直于水平面的柱形空间内的最低处与作业位置间的高度称为基础高度（一般以 h_b 表示）。

六、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_w 表示）。

不同基础高度的可能坠落范围半径见表 1-1。

表 1-1 不同基础高度的可能坠落范围半径 (m)

基础高度 h_b	$2 \leq h_b \leq 5$	$5 < h_b \leq 15$	$15 < h_b \leq 30$	$h_b > 30$
可能坠落范围半径 R	3	4	5	6

下面通过两个例题介绍如何进行作业高度 h_w 的计算。

【例 1-1】A 作业区与地面的垂直距离为 20m，B 作业区与地面的垂直距离为 8m，两作业位置垂直面最短水平距离为 3m，如图 1-1 所示，计算作业高度 h_w 。

解：A 作业区作业高度 h_{wA} 计算步骤如下：

（1）首先确定基础高度 h_{bA} 。按照基础高度 h_b 的定义，以 A 作业区右侧边缘为中心、6m 为半径、画出的垂直于水平面的柱形空间内的最低处与作业位置间的高度差——基础高度 h_{bA} 为 20m。

（2）确定可能坠落范围半径 R 。依据表 1-1，可能坠落范围半

径 R 为 5m。

(3) 计算作业高度 h_{wA} 。按照图 1-1 所示, 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 作业区的作业高度 h_{wA} 为 20m。

同理, B 作业区作业高度 h_{wB} 为 8m。

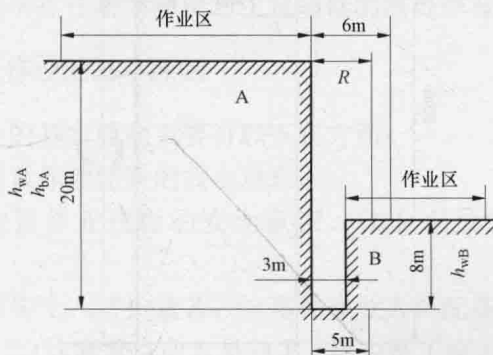


图 1-1 作业高度计算示意图一

[例 1-2] A 作业区与地面的垂直距离为 35m, B 作业区与地面的垂直距离为 28m, B 作业区水平长度为 12m, 两作业位置相邻且作业水平面高差相距为 7m, 如图 1-2 所示, 计算作业高度 h_w 。

解: A 作业区作业高度 h_{wA} 计算步骤如下:

(1) 首先确定基础高度 h_{bA} 。按照基础高度 h_b 的定义, 以 A 作业区右侧边缘为中心、6m 为半径、画出的垂直于水平面的柱形空间内的最低处与作业位置间的高度差——基础高度 h_{bA} 为 7m (A 作业区水平面与相邻的 B 作业区水平面高差)。

(2) 确定可能坠落范围半径 R 。依据表 1-1, 可能坠落范围半径 R 为 4m。

(3) 计算作业高度 h_{wA} 。按照图 1-2 所示, 作业人员从 A 作业区可能坠落至 B 作业区的坠落范围半径 R 为 4m, 未超越 B 作业面水平长度 12m。因此, 作业人员从 A 作业区不可能越过 B 作业区而坠落到地面, 故 A 作业区的作业高度 h_{wA} 为 7m。

同理，B 作业区作业高度 h_{wB} 为 28m。

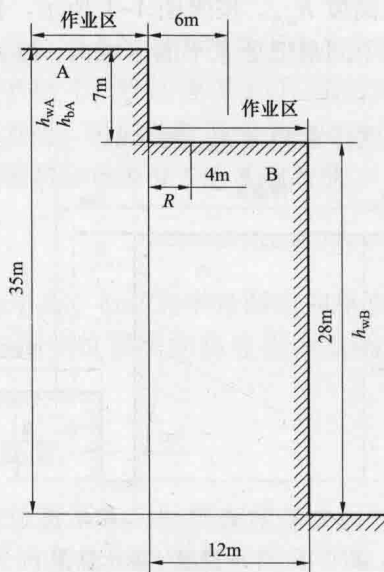


图 1-2 作业高度计算示意图二

第二节 高处作业的基本原则和要求

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

引发坠落的客观危险因素很多，主要有以下几方面：

(1) 高处作业现场出现阵风风力六级（风速 10.8m/s）以上的气象状况。

(2) 在 35℃ 及以上的高温环境中从事高处作业。

(3) 在 -10℃ 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，在电力建设、运维修试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有以下三方面：

(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“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，不论作业场所距离基准面的高低，不论器材、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

1. 限制活动范围

限制活动范围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，我们可通过一根安全带将作业人员与固定点（或水平安全绳）连接在一起，如图 1-3 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。

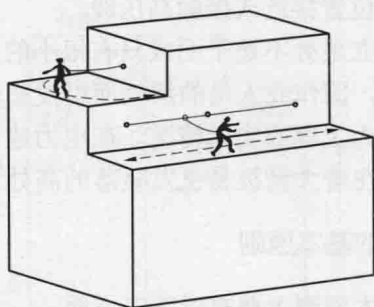


图 1-3 利用防护装置限制作业人员在高处作业时的活动范围示意图

2. 维持工作位置

维持工作位置是利用防护装置维持作业人员在高处作业时的作业位置，防止其下跌。在高空作业场所，我们可在作业平台上部利用固定悬挂点或临时悬挂柱或设置水平安全绳等装置，让作业人员通过一根安全带与上述装置连接，如图 1-4 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，避免可能发生的坠落。

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。

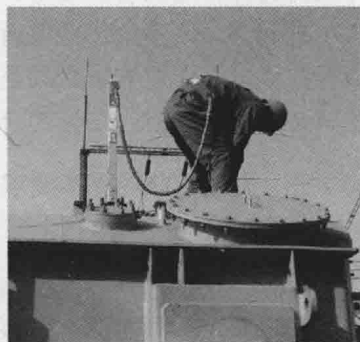
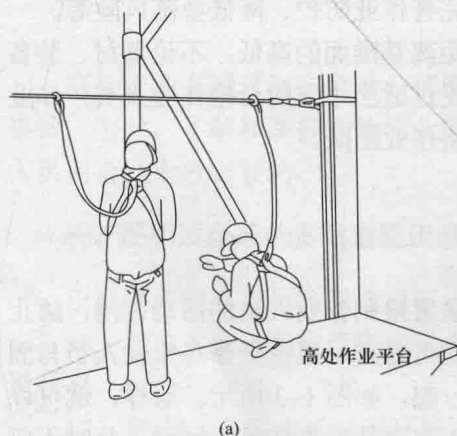


图 1-4 利用防护装置维持作业人员在高处作业时的作业位置示意图

(a) 高处作业平台；(b) 变压器顶部

3. 保护活动过程

保护活动过程是利用防护装备保护作业人员在高处作业时的活动过程，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，为保护自己防止发生坠落，必须使用可使作业过程腾出双手工作的防坠落装置，如图 1-5 所示。

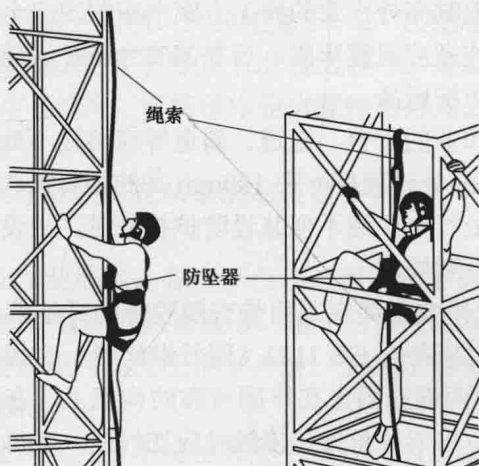


图 1-5 利用防护装置保护作业人员在高处作业时的活动过程示意图

第三节 高处作业安全规程相关要求

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—2014《电力建设安全工作规程 第 1 部分：火力发电》、DL 5009.2—2013《电力建设安全工作规程 第 2 部分：电力线路》、DL 5009.3—2013《电力建设安全工作规程 第 3 部分：变电站》、Q/GDW 1799.1—2013《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》和 Q/GDW 1799.2—2013《国家电网公司电力安全工作规程（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

依据电力行业发电厂与变电站安全工作规程,对高处作业规定了以下要求:

(1) 在编制施工组织设计及施工方案时,应尽量减少高处作业。技术人员编制高处作业的施工方案中应制定安全技术措施。

(2) 高处作业应设置牢固、可靠的安全防护设施;作业人员应正确使用劳动防护用品。

(3) 高处作业的平台、走道、斜道等应装设不低于 1.2m 高的护栏(0.5~0.6m 处设腰杆)和 180mm 高的挡脚板或设防护立网。

(4) 当高处行走区域不便装设防护栏杆时,应设置手扶水平安全绳,且符合下列规定:

1) 手扶水平安全绳宜采用带有塑胶套的纤维芯 6×37+1 钢丝绳,其技术性能应符合 GB 1102《圆股钢丝绳》的规定。

2) 钢丝绳两端应固定在牢固可靠的构架上,在构架上缠绕不得少于两圈,与构架棱角处相接触时应加衬垫。宜每隔 5m 设牢固支撑点,中间不应有接头。

3) 钢丝绳端部固定和连接应使用绳夹,绳夹数量不应少于 3 个,绳夹应同向排列;钢丝绳夹座应在受力绳头的一边,每两个钢丝绳绳夹的间距不应小于钢丝绳直径的 6 倍;末端绳夹与中间绳夹之间应设置安全观察弯,末端绳夹与绳头末端应留有不小于 200mm 的安全距离。

4) 钢丝绳固定高度应为 1.1~1.4m,钢丝绳固定后弧垂不得超过 30mm。

5) 手扶水平安全绳应作为高处作业人员行走时使用。钢丝绳应无损伤、腐蚀和断股,固定应牢固,弯折绳头不得反复使用。

(5) 高处作业区周围的临边、孔洞、沟道等应设盖板、安全网或防护栏杆。应设置安全标志,夜间还应设红灯示警。

(6) 在夜间或光线不足的地方进行高处作业,应设足够的照明。

(7) 在气温低于 -10°C 进行露天高处作业时，施工场所附近宜设取暖休息室，并采取防火措施。

(8) 遇六级及以上大风或暴雨、雷电、冰雹、大雪、大雾、沙尘暴等恶劣天气时，应停止露天高处作业。

(9) 高处作业应系好安全带，安全带的安全绳应挂在上方的牢固可靠处，并应采用高挂低用的方式。禁止挂在移动或不牢固的物件上〔如隔离开关（刀闸）支持绝缘子、CVT 绝缘子、母线支柱绝缘子、避雷器支柱绝缘子等〕。在作业过程中，高处作业人员应随时检查安全带是否拴牢，在转移作业位置时不得失去保护。高处作业应设安全监护人。

(10) 高处作业人员在从事活动范围较大的作业时，应使用速差自控器。

(11) 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且不得阻塞通道，施工用料应随用随吊。

(12) 高处作业人员应配带工具袋，工具应系安全绳；传递物品时，严禁抛掷。

(13) 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。

(14) 高处作业时，点焊的物件不得移动；切割的工件、边角余料等有可能坠落的物件，应放置在安全处或固定牢固。高处电焊作业或其他有火花、熔融源等的场所使用的安全带或安全绳应有隔热防磨套等措施防止安全绳（带）损坏。

(15) 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。

(16) 应根据物体可能坠落的范围设定危险区域。危险区域应设围栏及“严禁靠近”的警示牌，严禁人员逗留或通行。

(17) 高处作业过程中需与配合、指挥人员沟通时，应确定联系信号或配备通信装置，专人管理。

(18) 悬空作业应使用吊篮、单人吊具或搭设操作平台，且应设置独立悬挂的安全绳、使用攀登自锁器，安全绳应拴挂牢固，索

具、吊具、操作平台、安全绳应经验收合格后方可使用。

(19) 上下脚手架应走上下通道或梯子，不得沿脚手杆或栏杆等攀爬。不得任意攀登高层建（构）筑物。

(20) 高处作业时应及时清除积水、霜、雪、冰，必要时应采取可靠的防滑措施。

(21) 非有关作业人员不得攀登高处，登高参观人员应有专人陪同，并严格按有关安全规定执行。

(22) 在屋面上作业时，应有防止坠落的可靠措施。

(23) 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，应使用安全带或采取其他可靠的安全措施。安全带和专作固定安全带的绳索在使用前应进行外观检查，并定期进行试验，不合格的不准使用。高处作业使用的脚手架应经验收合格后方可使用。

(24) 施工中应尽量减少立体交叉作业。无法避免交叉作业时，应事先组织交叉作业各方，明确各自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，层间应搭设严密、牢固的防护隔离设施。

(25) 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并悬挂安全标志。

(26) 隔离层、孔洞盖板、栏杆、安全网等安全防护设施不得任意拆除。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。不应乱动非工作范围内的设备、机具及安全设施。

(27) 交叉施工时，工具、材料、边角余料等不得上下抛掷。不得在吊物下方接料或停留。

二、电力线路高处作业安全规程

依据电力行业电力线路安全工作规程，对高处作业规定了以下要求：

(1) 凡参加高处作业的人员，应每年进行一次体检。高处作业人员应衣着灵便，穿软底防滑鞋，并正确佩戴个人防护用具。