

10kV JIYIXIA
PEIDIAN DIANXING SHIGU
FENXI JI YUFANG

10kV 及以下 配电典型事故分析及预防

丁荣 吴晓海 丁利恒 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

10kV 及以下 配电典型事故分析及预防

10kV JIYIXIA
PEIDIAN DIANXING SHIGU
FENXI JI YUFANG

丁荣 吴晓海 丁利恒 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍 10kV 及以下配电系统中的架空配电线路, 电力电缆线路, 开关站、配电室, 从基本要求、运行维护的要求、故障处理要求和故障案例分析及预防四个方面进行了详细介绍。

本书案例充足, 且每个案例都给出了详细的原因分析及事故对策, 具备极强的实用性。可供各供电公司和用电客户从事配电施工及运行维护工作的人员学习使用, 也可供电力建设的工程技术人员及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

10kV 及以下配电典型事故分析及预防/丁荣, 吴晓海, 丁利恒编. —北京: 中国电力出版社, 2018. 10
ISBN 978-7-5198-2316-0

I. ① 1… II. ① 丁…② 吴…③ 丁… III. ① 配电系统—安全事故—事故分析② 配电系统—安全事故—事故预防 IV. ① TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 179405 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: 张 涛 王蔓莉 (manli-wang@sgcc.com.cn)

责任校对: 黄 蓓 常燕昆

装帧设计: 赵丽媛

责任印制: 石 雷

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

版 次: 2018 年 10 月第一版

印 次: 2018 年 10 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 16 开本

印 张: 13

字 数: 304 千字

印 数: 0001—2000 册

定 价: 50.00 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

随着我国各行各业的迅猛发展和人民生活水平的不断提高，作为现代社会基础产业的电力工业也随之迅速发展。尤其是近几年国家加大了城乡电网的建设与改造力度，使配电网的建设与改造得到突飞猛进的发展，与此同时，对从事配电网工作的人员也提出了更高的要求。为了提高配电员工的岗位培训质量，提升员工处理事故的能力，作者根据自己多年从事配电工作的经验，编写了《10kV 及以下配电典型事故分析及预防》一书。书中收集了大量的架空配电线路、电缆、开关站配电室等各种类型配电事故案例，并从事故现象、事故原因分析到应采取的防范措施进行了详细的论述。目的就是提高从事配电运行和检修职工的业务素质，遇到类似事故能快速、准确、优质的予以处理，并防微杜渐采取防范措施，杜绝类似事故的发生，确保配电网的安全运行。

本书的主要特点是针对性、实用性和通俗性强，对设计单位和用电单位的电工和技术人员也有很大的参考价值。

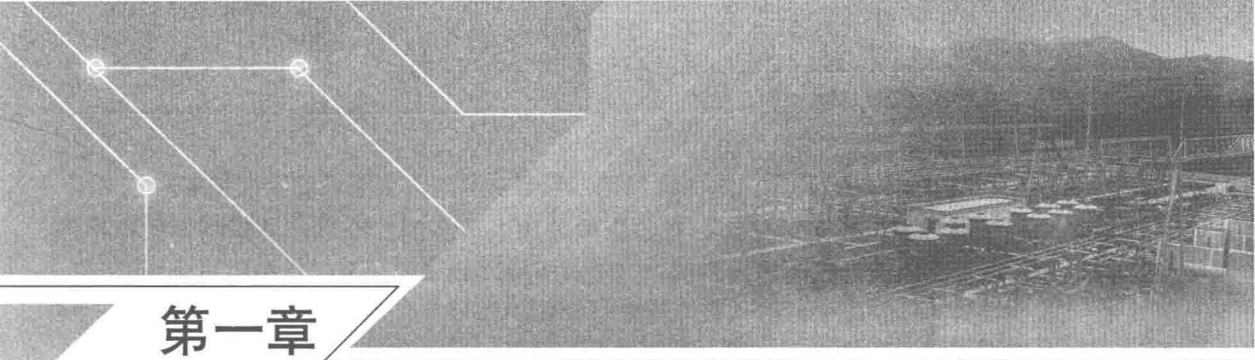
由于时间仓促和编写者水平所限，本书中不妥之处恳请广大读者提出宝贵意见和建议，不胜感谢！

编 者

2018.3.28

目录

前言	
第一章 架空配电线路	1
第一节 基本要求	1
第二节 运行维护	10
第三节 故障处理	16
第四节 事故案例分析及预防	29
第二章 电力电缆线路	111
第一节 基本要求	111
第二节 运行维护	112
第三节 故障处理	119
第四节 事故案例分析及预防	126
第三章 开关站、配电室	140
第一节 基本要求	140
第二节 运行维护	141
第三节 变压器事故案例分析及预防	143
第四节 开关柜、开关事故案例分析及预防	174
第五节 其他	191



第一章

架空配电线路

第一节 基本要求

一、线路的基本要求

(一) 线路路径的基本要求

- (1) 架设线路的路径尽量选择捷径，地形不复杂，投资较少。
- (2) 应尽量少占农田，避开洼地、冲刷地带及易被车辆碰撞的地方。
- (3) 应尽量避开爆炸物、易燃物和可燃液（气）体的生产厂房、仓库、储罐等。
- (4) 应尽量把线路架设在公路、道路两侧，便于运输、施工和今后的运行维护。
- (5) 线路路径的选择既要照顾到当前的需要，又要考虑到今后的发展，并要满足城市规划和电网规划，要留有一定的裕度。

(二) 架空线路应避免架设的处所

- (1) 国家的纪念塔、碑及类似处所或规划之内。
- (2) 屋顶、庭院、林木丛生之地。
- (3) 山洪、水灾较多之处。
- (4) 生产、储存易燃、易爆物的厂房、库房等处所。
- (5) 生产腐蚀性气体、液体及污染严重之地。
- (6) 不易通过的山河、湖泊及基础不易稳固的地方。

(三) 架空线路电杆应避免的埋设处所

- (1) 妨碍交通的场所或妨碍交通信号视线的场所。
- (2) 铁路路基取土处及路基斜坡面。
- (3) 地下管道、暗渠、电力电缆、通信电缆及其他地下设施埋设之处。
- (4) 建筑物及地道出入口。
- (5) 车马通行频繁易受碰撞之处。
- (6) 临河岸及接近水渠之处。
- (7) 沙地、沼泽地及泉水池。

(四) 对架空线路的基本要求

- (1) 供电安全。要保证对用户可靠地、不间断地供电，就要保证线路架设的质量并加强

运行维修工作，防止发生事故。

(2) 电压质量。电压质量的好坏，直接影响着用电设备的安全和经济运行，供电电压 10kV 及以下高压供电和低压电力用户的电压变动范围为 $\pm 7\%$ ，低压照明用户为 $-10\% \sim +5\%$ 。

(3) 经济供电。送电过程中要尽量降低线路损耗。

二、架空线路电杆的高度和埋深

(1) 电杆高度应根据横担安装位置、电杆埋深、导线弧垂和导线对地面的垂直距离来确定，可用下列要求近似计算。

(2) 电杆的埋深应根据电杆的材料、高度、承力和当地的土质情况确定。一般 15m 以下电杆，埋深可按杆长的 $1/6$ 计算，但最少不得小于 1.5m，一般电杆埋深参考表 1-1。

表 1-1		电 杆 埋 设 深 度						
杆高 (m)	8	9	10	11	12	13	15	18
埋深 (m)	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.3	2.8

一般也可以按经验公式使用电杆长度的 $1/10+0.7\text{m}$ 进行计算，注意，当电杆长度 $\geq 15\text{m}$ 时，计算方法改为电杆长度的 $1/10+0.8\text{m}$ 进行计算。

三、高压架空线路电杆的要求

(一) 木杆

- (1) 杆身不应有腐朽，有腐朽的电杆在设计范围内应去掉腐朽部分，涂刷防腐油。
- (2) 不能使用通身木纹呈螺旋状扭曲的木杆。
- (3) 杆身弯曲，凡两端中心连接已超出杆外者不得使用，在受力大的地方，弯曲严重的木杆也不得使用。
- (4) 未裂穿的干缩缝允许深度，不得超过梢径 $1/3$ ，长度不得超过杆长的 $1/2$ 。
- (5) 木杆的外皮应全部剥干净。
- (6) 主杆梢径不得小于：10kV 及以下的线路为 160mm；农村架空线路为 140mm。
- (7) 木杆接腿梢径不应小于主杆根径的 85%，其最大弯曲不应超出接腿长度的 1%。

(二) 混凝土杆

- (1) 杆身的弯曲不得超过杆长的 $2/1000$ 。
- (2) 电杆横向裂纹宽度应不超过 0.1mm，裂纹长度不得超过 $1/3$ 电杆周长。
- (3) 电杆表面应平整光滑，内外壁均不得有流浆露筋等缺陷，杆顶必须有堵块。
- (4) 混凝土杆用的底盘、卡盘表面应无裂缝、剥落等缺陷，如因运输碰损，其碰损面积不得超过总面积的 2%（深度不大于 20mm）。

为了便于对电杆的监造与抽检应了解环形混凝土电杆的构造。

钢筋混凝土电杆按照制造工艺可以分为钢筋混凝土电杆、预应力电杆和部分预应力电杆三种。在 GB 4623—2014《环形混凝土电杆》中有明确的定义，即钢筋混凝土电杆（代号为 G）纵向受力钢筋为普通钢筋的混凝土电杆；预应力电杆（代号为 Y）是纵向受力钢筋为预应力钢筋的混凝土电杆，其抗裂检验系数允许值 $[\gamma_{cr}]=1.0$ ；部分预应力电杆（代号为

BY) 是纵向受力钢筋为预应力钢筋与普通钢筋组合而成或全部为预应力钢筋的混凝土电杆, 其抗裂检验系数允许值 $[\gamma_{cr}] = 0.8$ 。

钢筋混凝土电杆的制造要经过钢筋加工和骨架成型、混凝土配置、离心成型、养护及脱模、质量检查等过程; 预应力电杆的制造要经过钢筋加工和骨架成型、混凝土配置、钢筋施加预应力、离心成型、养护及脱模、质量检查等过程; 部分预应力电杆除了钢筋施加部分预应力外, 其他过程与预应力电杆的制造过程相同。

对环形混凝土电杆构造的主要要求。

1. 拌制混凝土用水的要求

- (1) 水质应清洁, 水中不得混有油脂、糖类等杂质。
- (2) pH 值小于 4 的酸性水, 以及含硫酸盐按 SO_4^{2-} 计算超过水重 1% 的水都不得使用。
- (3) 混凝土中严禁掺入氯盐以及可溶性硫酸盐等有害物质。为达到高强、防腐和节约水泥的目的, 可以按规定掺入适合离心蒸养条件的外加剂。
- (4) 不得使用海水和盐湖水。

2. 钢筋的规格与配置要求

(1) 普通纵向受力钢筋宜采用热轧带肋钢筋, 其性能应符合 GB/T 1499.2—2007《钢筋混凝土用钢 第 2 部分: 热轧带肋钢筋》的规定。预应力纵向受力钢筋宜采用低松弛预应力混凝土用钢丝、钢绞线, 其性能应分别符合 GB/T 5223—2014《预应力混凝土用钢丝》、GB/T 5224—2014《预应力混凝土用钢绞线》的规定。架立钢筋宜采用热轧光圆钢筋、冷轧低碳钢丝, 其性能应分别符合 GB/T 1499.1—2008《钢筋混凝土用钢 第 1 部分: 热轧光圆钢筋》、JC/T 540—2006《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》的规定。螺旋筋宜采用冷拔低碳钢丝, 其性能应符合 JC/T 540 的规定。钢板圈和法兰盘宜采用 Q235B 钢, 其性能应符合 GB/700—2006《碳素结构钢》的规定, 如有特殊情况, 经试验验证可采用其他材质, 并应符合相应标准要求。

(2) 纵向受力钢筋应沿电杆环向均匀配置, 锥形杆不应少于 6 根, 等径杆不应少于 8 根。部分预应力电杆的纵向受力钢筋中若需配置普通钢筋时, 其根数不应少于 6 根, 并应均匀配置。纵向受力钢筋直径不应大于壁厚的 $2/5$ 。端面应平整, 不应有局部弯曲, 表面不应有油污。

(3) 预应力钢筋调直下料后, 其下料长度相对误差应不大于钢筋长度的 $1.5/10000$ 。

(4) 预应力钢筋锚头的强度不应低于材料标准强度的 98%。

(5) 预应力钢筋不应断筋。预应力钢筋的张拉强度及应力控制方法应符合 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》、GB 50204—2015《混凝土结构工程施工质量验收规范》的规定。

(6) 预应力钢筋不应有接头; 普通钢筋允许有接头, 其接头技术要求应符合 GB 50010、GB 50204 的规定。

(7) 纵向受力钢筋净距不宜小于 30mm, 锥形杆小头最小不宜小于 25mm。当配筋太密时, 可采取并筋布置, 并筋的技术要求应符合 GB 50010 的规定。

(8) 电杆在其全部长度范围内均应配置螺旋筋, 螺旋筋直径宜采用 2.5~6mm。当锥形杆的梢径大于或等于 190mm、小于 230mm 时, 螺旋筋直径不宜小于 3mm; 当锥形杆的梢径或等径杆直径大于或等于 230mm 时, 螺旋筋的直径不宜小于 4mm。螺旋筋间距在

距两端各 1.5m 内不宜大于 70mm, 其余不应大于 120mm。所有杆段的两端螺旋筋应密缠 3~5 圈。

(9) 除采用滚焊骨架外, 纵向受力钢筋内侧应设架立圈, 架立圈钢筋直径宜采用 5~10mm。当纵向受力钢筋直径大于 18mm 时, 架立圈直径不宜小于 8mm。架立圈间距对于钢筋混凝土电杆不宜大于 500mm; 对于预应力、部分预应力混凝土电杆不宜大于 1000mm。当采用滚焊骨架时不设架立圈。

(10) 骨架成型后, 纵向受力钢筋间距偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$; 螺旋筋间距偏差不应超过 $\pm 10\text{mm}$; 架立圈间距偏差不应超过 $\pm 20\text{mm}$, 垂直度偏差不应超过架立圈直径的 1/40。

1) 对梢径小于或等于 190mm 的锥形杆螺旋筋的直径采用 3.00mm。

2) 螺旋筋必须沿杆段全长布置在主筋外围, 对梢径小于或等于 150mm 的杆段, 螺距不大于 150mm; 梢径或等径杆的直径等于或大于 170mm 的杆段, 螺距不大于 100mm; 杆段无接头端螺旋筋应密绕 3~5 圈, 并且在端部 500mm 范围内螺距应控制在 50~60mm。

3) 架立圈间距不宜大于 1m, 杆段无接头端应设置两个架立圈, 并将架立圈与主筋扎结牢固。

3. 混凝土配置要求

(1) 宜采用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥, 性能应分别符合 GB 175—2007《普通硅酸盐水泥》、GB 748—2005《抗硫酸盐硅酸盐水泥》的规定。钢筋混凝土电杆用混凝土强度等级不应低于 C_{40} ; 预应力电杆、部分预应力电杆用混凝土强度等级不应低于 C_{50} 。混凝土的配合比应通过试验确定, 混凝土坍落度宜控制在 4~6cm。

(2) 配料前应检查计量装置及原材料, 符合要求后方可使用。

(3) 配料应严格按规定的配合比进行, 水、水泥不得超过称量误差 1%; 砂、石的称量误差不得超过 3%。

(4) 应随气候的变化测定砂、石的含水率, 及时调整用水量。

4. 养护及脱模的要求

(1) 混凝土采用低压饱和蒸汽养护时, 升、降温速度每小时不得超过 40°C 。混凝土若超过恒温温度, 硅酸盐水泥及普通硅酸盐水泥不高于 80°C , 矿渣硅酸盐水泥不高于 95°C 。

(2) 电杆脱模时混凝土强度不得低于设计标号的 70%。

(3) 严格控制养护时间, 并设专人养护。定时检查气量及温度, 严禁提前脱模。

(4) 脱模时严禁摔、敲打钢模和杆段。

(5) 预应力钢筋宜采用整体放松应力工艺, 对以冷拔碳钢筋为主筋的电杆可以单根放松, 但应对称切割。

(6) 脱模后应找出预埋件, 打通预留孔, 切除伸出端的预应力钢筋头。切除后应涂防腐涂料。

(7) 电杆脱模后宜在水池内浸泡 2~3 天, 以对其进行养护, 并应注意加强后期洒水养护和管理, 避免骤冷或曝晒。

(8) 电杆出厂前, 锥形杆梢端或等径杆上端应用混凝土或砂浆封实。

钢筋混凝土电杆外观质量要求见表 1-2。

表 1-2 钢筋混凝土电杆外观质量要求

序号	项目		项目类别	质量要求
1	表面裂缝		A	预应力混凝土电杆和部分预应力电杆不应有环向和纵向裂缝。钢筋混凝土电杆不应有纵向裂缝，环向裂缝不应大于 0.05mm
2	漏浆	模边合缝处	A	模边合缝处不应漏浆。但如漏浆深度不大于 10mm、每处漏浆长度不大于 300mm、累计长度不大于杆长的 10%、对称漏浆的搭接长度不大于 100mm 时，允许修补
		钢板圈（或法兰盘）与杆身结合面	A	钢板圈（或法兰盘）与杆身结合面不应漏浆。但如漏浆深度不大于 10mm、环向累计长度不大于 1/4 电杆周长、纵向长度不大于 15mm 时，允许修补
3	局部碰伤		B	局部不应碰伤，但如碰伤深度不大于 10mm、每处面积不大于 50cm ² 时，允许修补
4	内、外表面露筋		A	不允许
5	内表面混凝土塌落		A	不允许
6	蜂窝		A	不允许
7	麻面、粘皮		B	不应有麻面或粘皮。但如每米长度内麻面或粘皮总面积不大于相同长度外表面积的 5% 时，允许修补
8	接头钢板圈坡口至混凝土断面距离		B	钢板圈坡口至混凝土端面距离应大于钢板厚度的 1.5 倍且不小于 20mm

注 表面裂缝中不计龟纹和水纹。

钢筋混凝土电杆外观质量、尺寸、保护层厚度的检验工具与检验方法见表 1-3。

表 1-3 钢筋混凝土电杆外观质量、尺寸、保护层厚度的检验工具与检验方法

序号	检验项目	检验方法	量具分度值 (mm)
1	裂缝宽度	用≥20 倍读数放大镜测量，精确度至 0.01mm	0.01
2	漏浆缝长度	用钢卷尺测量，精确至 1mm	1
3	漏浆缝深度	用游标卡尺测量，精确至 1mm	0.10
4	碰伤长度	用钢卷尺或钢直尺测量，精确至 1mm	1
5	碰伤深度	用游标卡尺测量，精确至 1mm	0.10
6	内、外表面漏筋	观察	—
7	内表面混凝土塌落	观察	—
8	蜂窝	观察	—
9	麻面、粘皮	用钢卷尺或钢直尺测量，精确至 1mm	1
10	钢板圈焊口距离	用钢直尺测量，精确至 1mm	1
11	杆长	用钢卷尺测量，精确至 1mm	1
12	壁厚	用钢直尺或卡尺在同一断面互相垂直的两直径上测量四处壁厚，取其最大值和最小值，精确至 1mm	0.5
13	外径	用钢直尺或卡尺在同一断面测量互相垂直的两直径，取其平均值，精确至 1mm	1

续表

序号	检验项目	检验方法	量具分度值 (mm)
14	保护层厚度	用深度游标卡尺测量 3 个点，每个断面测一点； (1) 锥形杆第 1 点在 B 支座处（根部法兰式锥形杆在距法兰底部 0.6m 处）；第 2 点在距梢端 0.6m 处；第 3 点在前面两点中间的任一点，精确至 1mm。 (2) 等径杆 1 点在中部；另两点在两端支座处，精确至 1mm	0.10
15	弯曲度	将拉线紧靠电杆的两端部，用钢直尺测量其弯曲度的最大距离，精确至 1mm	0.5
16	端部倾斜	用 90°角度尺及 150mm 长钢直尺测量，应考虑锥度的影响，精确至 1mm	0.5
17	预留孔直径及位置	用钢卷尺或钢直尺测量，精确至 1mm	0.5
18	钢板圈外径	用钢卷尺或卡尺测量，精确至 1mm	0.5
19	钢板圈、法兰盘厚度	用游标卡尺测量，精确至 0.1mm	0.02
20	钢板圈或法兰盘轴线与杆段轴线偏差	用吊锤及钢直尺测量，精确至 1mm	0.5

锥形电杆规格及质量参数见表 1-4。

表 1-4 锥形电杆规格及质量参数（摘自 GB 396—1994）

梢径 (mm)	根径 (mm)	长度 (m)	壁厚 (mm)	质量 (kg)
150	257	8	35	392
150	257	8	40	590
150	270	9	35	480
150	283	10	35	600
190	323	10	35	650
190	323	10	50	860
190	337	11	35	750
190	337	11	50	980
190	350	12	50	1100
190	363	13	40	1120
190	363	13	50	1225
190	390	15	40	1250
190	390	15	50	1500

钢筋混凝土锥形杆开裂检验弯矩表见表 1-5。

表 1-5 钢筋混凝土锥形杆开裂检验弯矩表 (kN·m)

标准荷载 (kN) 杆长 (m)		梢径 (mm)											
		φ150						φ190					
		开裂检验荷载 P(kN)											
		B 1. 25	C 1. 50	D 1. 75	E 2. 00	F 2. 25	G 2. 50	G 2. 50	I 3. 00	J 3. 50	K 4. 00	L 5. 00	M 6. 00
6	5. 94	7. 13	8. 31	9. 50	10. 69								
7	6. 94	8. 32	9. 71	11. 10	12. 49								
8	8. 06	9. 68	11. 29	12. 90	14. 51	16. 13	16. 13	19. 35					
9	9. 06	10. 82	12. 69	14. 50	16. 31	18. 13	18. 13	21. 75	25. 38	29. 00	36. 25		
10	12. 08	14. 09	14. 09	16. 10	18. 11	20. 13	20. 13	24. 15	28. 18	32. 20	40. 25	48. 30	
11						22. 13	22. 13	26. 55	30. 98	35. 40	44. 25	53. 10	
12						24. 38	24. 38	29. 25	34. 13	39. 00	48. 75	58. 50	
13								31. 65	36. 93	42. 20	52. 75	63. 30	
15								36. 75	42. 88	49. 00	61. 25	73. 50	
18									53. 38	61. 00	76. 25	91. 50	

注 B、C、D…，是不同开裂检验荷载的代号。

本表所列开裂检验弯矩 (M_k) 为用悬臂式试验时，取梢端至荷载点距离 (L_3) 为 0.25m、在开裂检验荷载作用下假定支持点 (L_2) 断面处的弯矩。电杆实际设计使用时，应根据工程需要确定梢端至荷载点距离和支持点高度，并按相应计算弯矩进行检验。

根据电杆的埋置方式，其埋置深度应通过计算确定，并采取有效加固措施。

预应力混凝土锥形杆开裂检验弯矩表见表 1-6。

表 1-6 预应力混凝土锥形杆开裂检验弯矩表 (kN·m)

标准荷载 (kN) 杆长 (m)		梢径 (mm)									
		φ150					φ190				
		开裂检验荷载 P(kN)									
		B 1.25	C 1.50	C1 1.65	D 1.75	E 2.00	F 2.25	G 2.50	I 3.00	J 3.50	K 4.00
6	5.94	7.13	7.84	8.31	9.50	10.69					
7	6.94	8.32	9.16	9.71	11.10	12.49					
8	8.06	9.68	10.64	11.29	12.90	14.51	16.13	19.35			
9	9.06	10.82	11.96	12.69	14.50	16.31	18.13	21.75	25.38	29.00	
10	12.08	14.09	13.28	14.09	16.10	18.11	20.13	24.15	28.18	32.20	
11							22.13	26.55	30.98	35.40	
12							24.38	29.25	34.13	39.00	
13								31.65	36.93	42.20	
15								36.75	42.88	49.00	
18									53.38	61.00	

注 B、C、D…，是不同开裂检验荷载的代号。

本表所列开裂检验弯矩 (M_k) 为用悬臂式试验时，取梢端至荷载点距离 (L_3) 为

0.25m、在开裂检验荷载作用下假定支持点 (L_2) 断面处的弯矩。电杆实际设计使用时,应根据工程需要确定梢端至荷载点距离和支持点高度,并按相应计算弯矩进行检验。

根据电杆的埋置方式,其埋置深度应通过计算确定,并采取有效加固措施。

部分预应力混凝土锥形杆开裂检验弯矩表见表 1-7。

表 1-7 部分预应力混凝土锥形杆开裂检验弯矩表 (kN·m)

标准荷载 (kN)		梢径 (mm)									
		φ150					φ190				
		开裂检验荷载 P(kN)									
		C 1.50	D 1.75	E 2.00	F 2.25	G 2.50	G 2.50	I 3.00	J 3.50	K 4.00	L 5.00
杆长 (m)											
6	7.13	8.31	9.50	10.69	11.88						
7	8.32	9.71	11.10	12.49	13.88						
8	9.68	11.29	12.90	14.51	16.13	16.13	19.35				
9	10.82	12.69	14.50	16.31	18.13	18.13	21.75	25.38	29.00	36.25	
10	14.09	14.09	16.10	18.11	20.13	20.13	24.15	28.18	32.20	40.25	48.30
11						22.13	26.55	30.98	35.40	44.25	53.10
12							29.25	34.13	39.00	48.75	58.50
13							31.65	36.93	42.20	52.75	63.30
15							36.75	42.88	49.00	61.25	73.50
18										76.25	91.50
21.00										91.25	109.50

注 B、C、D…, 是不同开裂检验荷载的代号。

本表所列开裂检验弯矩 (M_k) 为用悬臂式试验时,取梢端至荷载点距离 (L_3) 为 0.25m、在开裂检验荷载作用下假定支持点 (L_2) 断面处的弯矩。电杆实际设计使用时,应根据工程需要确定梢端至荷载点距离和支持点高度,并按相应计算弯矩进行检验。

根据电杆的埋置方式,其埋置深度应通过计算确定,并采取有效加固措施。

(三) 钢管电杆

钢管电杆简称钢杆,集中了钢筋混凝土电杆及铁塔的种种优点,并具有生产周期短、占地面积小、能承受较大的应力、杆型美观的特点。适用于城市受路径影响无法安装拉线以及道路狭窄,需要多回路架设导线的地方。钢管杆的不足是造价高、制造工艺复杂,因此选用时必须进行技术经济比较。

架空配电线路用钢杆较多使用的是 Q235、16Mn 或 ASTMA-572 钢材制造。按外形可以分为圆形、椭圆形、六边形、十二边形以及多边形等,10kV 配电线路钢杆大量使用的是圆形和十二边形整根钢杆。钢管杆的斜率:直线杆一般是 1/75~1/70;30°转角杆一般为 1/65;60°转角杆一般为 1/45;90°转角杆一般为 1/35。钢管杆按基础形式可以分为法兰式和管桩式。

四、架空线路装设拉线的要求

(1) 拉线在木杆上固定时,应在木杆上加护杆铁板,以防止木杆受到损伤。但拉线面积为 25mm^2 钢绞线或 5 股以下镀锌铁线时,可不加护杆铁板。

(2) 用钢绞线作拉线应在电杆上先绕一圈,用卡钉钉牢。拉线截面为 50mm^2 以下,可用镀锌铁线缠绕; 50mm^2 以上应用钢线卡子固定,若用 8 号铁线制作拉线,应把各股平铺在电杆上用卡钉钉牢,再用 10 号铁线或自身缠绕固定。

(3) 拉线在混凝土杆上固定时,应使用拉线抱箍,抱箍的机械强度要满足拉线的拉力要求,且螺栓直径不小于 16mm 。

(4) 拉线在电杆上固定应尽量靠近横担,但木制直线杆的两侧人字拉线(防风拉线)应固定在横担以下的 1m 处,以防雷击闪络。

(5) 拉线底把应做在不易被车碰撞的地方,若受地形限制,应埋设桩。拉线在易受洪水冲刷的地区,应增设必要的防护设施。

(6) 配电线路木杆上拉线应装设拉紧绝缘子,要求绝缘子距地面不小于 2.5m ;混凝土电杆的拉线,一般不装拉线绝缘子,但拉线从导线之间穿过时应装设拉线绝缘子。

(7) 拉线与带电体的最小净空距离: $3\sim 10\text{kV}$ 为 0.2m ;低压线路为 0.05m 。

(8) 线路沿道路架设分支或转角杆,在线路转向的反方向,因受道路或其他障碍物的限制不能做一般拉线时,可架设水平拉线。拉线对地面的垂直距离应不小于 6m ,在人行道及不能通车的小巷应保持 4m 以上。水平拉线的埋深不小于 1m ,并向外倾斜 $10^\circ\sim 20^\circ$,拉线截面积为 11 股或用 GJ-50 及以上的钢绞线时,拉线应装设底盘。

(9) 拉线装设长度计算为

$$L = kB$$

式中 L ——拉线装设长度 (m);

B ——拉距 (m);

k ——系数,见表 1-8。

表 1-8

对不同距离比的系数

距离比	2	1.5	1.25	1	0.72	0.66	0.5	0.33	0.25
系数 k	1	1.2	1.3	1.4	1.7	1.8	2.2	3.2	4.1

五、架空线路导线在档距内的连接要求

(1) 在一个档距内每根导线允许有一个接头或三个补修管,其间距离不小于 15m ,导线接头中补修管距导线固定点,直线杆不小于 0.5m ,耐张杆不小于 1m 。

(2) 在下列交叉跨越内不能有接头。

- 1) 跨越铁路;
- 2) 跨越公路和城市主要道路;
- 3) 跨越通信线路;
- 4) 特殊大档距和跨越主要通航河流。

(3) 不同金属、不同规格、不同绞向的导线,不得在一个耐张段内连接,只允许用专用

连接器在杆塔跳线上连接。

六、架空线路导线在绝缘子上固定的要求

(一) 导线在针式绝缘子上固定

(1) 直线杆上的导线应固定在绝缘子转角外侧绑线的槽内。1kV 及以下线路可固定在绝缘子侧面绑线的槽内。

(2) 30° 以下转角杆上的导线，应固定在绝缘子转角外侧绑线的槽内。

(3) 轻型承力杆上，导线在绝缘子上固定处不应出角度，两侧导线应按绝缘子外侧取直，中间导线应按面向电源侧时右侧绝缘子取直。

(4) 1kV 及以下线路的导线，在绝缘子固定应绑扎成单十字，1kV 以上的绑成双十字。

(二) 导线在蝶式绝缘子上固定

(1) 铜线在绝缘子上固定时，其绑扎长度：导线截面为 35mm^2 及以下的绑扎为 150mm；截面为 $50\sim 95\text{mm}^2$ 的绑扎为 200mm。

(2) 固定铝线的绑扎长度：导线截面为 50mm^2 及以下的绑扎为 150mm；截面为 70mm^2 的绑扎为 200mm。

(三) 导线在悬式绝缘子上的固定

(1) 直线杆上用悬式线夹固定。

(2) 耐张、转角、终端、换位等杆上，使用耐张线夹固定。

(3) 交叉跨越的两端直线杆上，不应采用释放线夹固定。

(4) 导线在绝缘子上（耐张杆）的固定：铜线截面为 50mm^2 ，铝线截面为 35mm^2 以上使用螺栓形耐张线夹，铝线截面为 50mm^2 以下允许绑扎在心形环上。绑线截面为 $16\sim 25\text{mm}^2$ 的铜线长为 120mm，铝线长为 180mm；截面为 $35\sim 50\text{mm}^2$ 的铜线长为 15mm，铝线长为 25mm。

(四) 铝线在绝缘子上的固定

除满足以上要求外，还应符合下列要求：

(1) 铝导线与绝缘子和金具接触处容易磨损，应在接触部位缠绕铝带。

(2) 铝带缠绕方向应与外股导线方向一致。

(3) 铝带缠绕长度，在针式绝缘子上固定时，应超出绑扎部分 30mm；在蝶式绝缘子上固定时，应超出接触部分；在悬式绝缘子上固定时，两端露出线夹 $20\sim 30\text{mm}$ ；当采用护线条时可不缠绕铝带。

(4) 截面为 95mm^2 及以上的铝线，应采用悬式绝缘子固定。

第二节 运 行 维 护

一、电力架空线路的巡视检查

(一) 运行前的检查

(1) 线路有无杆号、相色等标志，影响安全运行的问题是否全部解决。

(2) 线路上的临时接地线和障碍物是否全部拆除。

- (3) 线路上是否有人进行登杆作业，在安全距离内的一切作业是否全部停止。
- (4) 线路继电保护和自动装置是否调试完好，是否具备投入运行条件。
- (5) 对线路进行一次仔细的全部巡视，确认具备试运行条件后，才能闭合送电。

(二) 运行中巡视检查周期的制定

根据架空线路的电压、季节等特点及周围环境来确定巡视检查的周期。10kV 架空线路市区内的线路每月一次；郊区线路每季度不少于一次，若遇自然灾害或发生故障等特殊情况，应临时增加巡视检查次数。架空线路巡视周期表见表 1-9。

表 1-9 架空线路巡视周期表

名称	周期	备注
定期巡视	至少每月一次	根据线路环境、设备情况及季节性变化，必要时可加次数
特殊性 & 夜间巡视	特殊性巡视：不予规定 夜间巡视：每半年一次	由领导决定
故障性巡视	不予规定	根据领导决定
监察性巡视 (1) 维修队的人员负责各段线路的巡视	一年至少两次	应在雷雨季节或高峰负荷前以及其他必要的时间进行
(2) 领导对其进行抽查	一年至少一次	

(三) 巡视检查的种类

(1) 定期性巡视。定期性巡视是线路运行人员主要日常工作之一，通过定期性巡视能及时了解和掌握线路各部分的运行情况和沿线周围的状况。

(2) 特殊性巡视。在导线结冰、大雪、大雾、冰雹、河水泛滥和解冻、沿线起火、地震、狂风暴雨之后，对线路全线或某几段，某些部件进行详细查看，以发现线路设备发生的变形或遭受的损坏。

(3) 故障性巡视。为查明线路的接地、跳闸等原因，找出故障地点及情况，无论是否重合良好，都要在事故跳闸或发现有接地故障后，立即进行巡视检查，并注意下列事项：

- 1) 巡视时要仔细进行检查，不应中断或遗漏杆塔。
- 2) 夜间巡视时应特别注意导线落地，对线路交叉跨越处应持手电查看清楚后再通过。
- 3) 巡视时若发现断线，不论停电与否，都应视为有电。在未取得联系与采取安全措施之前，不得接触导线或登上杆塔。
- 4) 巡视检查后，无论是否发现故障，都要及时上报。
- 5) 在故障巡视检查中，对一切可能造成故障的物件或可疑物品都应收集带回，作为事故分析的依据。

(4) 夜间巡视。检查线路导线连接处、绝缘子、柱上开关套管和跌落熔丝等的异常情况。

(5) 监察性巡视。由主管领导或技术负责人进行。目的是了解线路及设备状况，并检查、指导运行人员的工作。

(6) 预防性检查。用专用工具或仪器对绝缘子、导线连接器、导线接头、线夹连接部分进行专门的检查试验。

(7) 登杆检查。为了检查杆塔上部各部件连接、腐朽、断裂及瓷瓶裂纹、闪络等情况，带电检查时应注意与带电设备的安全距离。

(四) 巡视检查项目

1. 沿线巡视

- (1) 沿线有无易燃、易爆物品和强腐蚀性物体，若有应及时下达搬移通知。
- (2) 在线路附近新建的化工厂、水泥厂、道路、管道工程、林带和倒下足以损伤导线的天线、树木、烟囱和建筑脚手架等。
- (3) 检查在线路下或防护区内的违章跨越、违章建筑、柴草堆或可能被风刮起的草席、塑料布、锡箔纸等。
- (4) 有无威胁线路安全的施工工程（如爆破、开挖取土等）。
- (5) 检查线路防护区树木，树木对导线的安全距离是否符合规定。
- (6) 线路附近有无射击、放风筝、抛扔杂物、飘洒金属和在杆塔、拉线上拴牲畜等情况。
- (7) 查明沿线污秽情况。
- (8) 其他异常现象，如洪水期巡视检修用的道路及桥梁情况、线路设备情况及威胁线路安全运行等的情况。

2. 杆塔巡视

- (1) 杆塔有无倾斜、弯曲，各部位有无变形、外力损坏；钢筋混凝土杆有无裂纹、酥松、混凝土脱落，焊接处有无开裂、锈蚀；木杆有无劈裂、腐朽、烧焦，绑桩有无松动。
- (2) 杆塔基础有无下沉、有无严重的裂缝，周围土壤有无挖掘、被冲刷、沉陷等现象；寒冷地区电杆有无冻鼓现象。
- (3) 杆塔各部位的螺栓有无松动或脱落，金具及钢部件有无严重的锈蚀和磨损等现象。
- (4) 杆塔位置是否合适，有无被撞的可能，保护设施是否完好，路名及杆号相位标志是否清晰齐全。
- (5) 杆塔有无被水冲、水淹的可能，防洪设施有无损坏。
- (6) 杆塔周围有无杂草和蔓藤类植物附生，杆塔有无鸟巢、鸟洞及杂物。
- (7) 接地引下线是否完好，接地线的并沟连接线夹是否紧固。

3. 导线巡视

- (1) 导线上有无铁丝等悬挂物、导线有无断股、损伤、腐蚀、闪络烧伤等现象。
- (2) 导线接头连接是否完好，有无过热而变色现象，不同规格型号的导线连接应在弓子线处连接，跨越档内不准有接头。
- (3) 线路交叉时，导线间跨越距离及导线对地距离是否符合规定；在交叉跨越处，电压高的电力线应位于电压低的电力线上方；电力线位于弱电线路上方，其距离和交叉角应符合规定。

- (4) 气温变化时弧垂的变化是否正常，三相弧垂是否一致，有无过紧、过松现象。
- (5) 弓子线有无损伤、断股、歪扭，与杆塔、横担及其他引线间的距离是否符合规定。
- (6) 线夹、护线条、铝带、防振锤、间隔棒等有无异常现象。

4. 绝缘子巡视

- (1) 绝缘子有无裂纹、破损、闪络放电痕迹、烧伤等现象，表面脏污是否严重。
- (2) 针式绝缘子有否歪斜，铁脚、铁帽有无锈蚀、松动、弯曲现象。