

# T/EPLA

团 体 标 准

T/EPLA JL24—2025

## 吉林省 66kV 架空输电线路设计导则

Design guidelines for 66kV overhead transmission lines in jilin province

2025 - 12 - 09 发布

2025 - 12 - 25 实施

发 布



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总体要求 .....	3
5 线路路径 .....	3
6 气象条件 .....	4
7 导线和地线 .....	5
8 绝缘子串和金具 .....	6
9 绝缘配合、防雷与接地 .....	6
10 杆塔 .....	7
11 基础 .....	9
12 对地距离及交叉跨越 .....	11
13 防舞设计 .....	12
14 “三跨”设计 .....	12
15 在线监测 .....	13
16 防鸟害装置 .....	14
17 附属设施 .....	15

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国网吉林省电力有限公司经济技术研究院提出。

本文件由吉林省电力行业协会归口。

本文件起草单位：国网吉林省电力有限公司经济技术研究院、国网吉林省电力有限公司建设分公司、国网吉林省电力有限公司长春供电公司、国网吉林省电力有限公司延边供电公司、国网吉林省电力有限公司信息通信公司、国网吉林省电力有限公司吉林供电公司、吉林省长春电力勘测设计院有限公司、长春电力设计有限公司、吉林市电力勘测设计有限公司、通化杰邦电力勘测设计有限公司、延边电力勘察设计有限责任公司。

本文件主要起草人：刘元琦、杜秋实、时雨、王静、崔贤成、路晓明、王鼎衡、孟繁波、吕长会、陈曦、李文强、孙威、任泽久、许鑫、姚忆雯、王鑫红、高雪峰、荆禹博、聂孝国、王瑶、丛犁、关潇卓、刘凯、袁守彬、高博、王鹏飞、陈思吉、贾松达、柳杨雨、林大为、于津、王冬、张宪超。

# 吉林省 66kV 架空输电线路设计导则

## 1 范围

本文件规定了吉林省66kV架空输电线路的总体要求。主要内容包括：线路路径、气象条件、导线和地线、绝缘子串和金具、绝缘配合、防雷与接地、杆塔、基础、对地距离及交叉跨越、防舞设计、“三跨”设计、在线监测、防鸟害装置及附属设施。

本文件适用于吉林地区新建66kV架空输电线路工程设计，对已建线路的改造项目，可参照本文件执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2694 输电线路铁塔制造技术条件
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50061 66kV及以下架空电力线路设计标准
- GB 50324 冻土工程地质勘察规范
- GB/T 50698 埋地钢质管道交流干扰防护技术标准
- DL/T 284 输电线路杆塔及电力金具用热浸镀锌螺栓与螺母
- DL/T 757 耐张线夹
- DL/T 1236 输电杆塔用地脚螺栓与螺母
- DL/T 5219 架空输电线路基础设计规程
- DL/T 5486 架空输电线路杆塔结构设计技术规程
- DL/T 5582 架空输电线路电气设计规程
- NB/T 11165 架空输电线路防舞设计规程
- JGJ 118 冻土地区建筑地基基础设计规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 架空输电线路 overhead transmission line

用绝缘元件和杆塔等支撑物将导线架设于地面上的电力线路。

[来源：DL/T 5582-2020, 2.1.1]

### 3.2 档距 span

两相邻杆塔导线悬挂点间的水平距离。

[来源：GB 50061-2010, 2.0.6]

### 3.3 耐张段 strain section

两耐张杆塔间的线路部分。

[来源：DL/T 5582-2020, 2.1.10]

### 3.4 对地距离 distance to ground

在规定条件下，单导线或分裂导线中心与地之间的最小距离。

[来源：DL/T 5582-2020, 2.1.18]

### 3.5 间隙 electrical clearance

线路任何带电部分与接地部分的最小距离。

[来源：DL/T 5582-2020, 2.1.17]

### 3.6 保护角 shielding angle

地线对导线的保护角指杆塔处，不考虑风偏，地线对水平面的垂线和地线与单导线或分裂导线最外侧子导线连线之间的夹角。

[来源：DL/T 5582-2020, 2.1.19]

### 3.7 相间间隔棒 spacer between phases

支撑在两相导线间，控制两相导线间距离的绝缘间隔棒。

[来源：DL/T 5582-2020, 2.1.15]

### 3.8 垂直距离 vertical distance

单导线或分裂导线中心与线路下方建筑物或其他设施垂直方向的投影距离。

[来源：DL/T 5582-2020, 2.1.16]

### 3.9 水平距离 horizontal distance

单导线或分裂导线中心（或杆塔外缘、或塔位）与线路侧方建筑物或其他设施水平方向的投影距离。

[来源：DL/T 5582-2020, 2.1.17]

### 3.10 净空距离 space distance

单导线或分裂导线中心与线路侧方建筑物或其他设施的空间距离。

[来源：DL/T 5582-2020, 2.1.18]

### 3.11 环境敏感区： environmental sensitive area

- a) 国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等；
- b) 除 a) 外的生态保护红线管控范围，永久基本农田、基本草原、自然公园（森林公园、地质公园、海洋公园等）、重要湿地、天然林，重点保护野生动物栖息地，重点保护野生植物生长繁殖地，重要水生生物的自然产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，天然渔场，水土流失重点预防区和重点治理区、沙化土地封禁保护区、封闭及半封闭海域。

### 3.12 输电线路重要区段： important sections of transmission lines

跨越重要输电线路、高速铁路、高速公路的跨越段架空线路；途经同一走廊，密集分布多回线路的局部区段，经专题研究后，确有必要的，可作为重要区段。

### 3.13 三跨 three span

跨越高速铁路、高速公路和重要输电通道的架空输电线路区段。

## 4 总体要求

- 4.1 设计单位必须准确掌握设计基础资料。设计基础资料如有变化，应重新取得新的资料，并对设计内容进行复核与修改。
- 4.2 工程技术方案复杂或对投资影响较大等情况应进行专项论述。
- 4.3 工程中需加以阐明而本文件未能涉及到的情况，应结合工程具体情况加以说明。
- 4.4 工程设计时，除满足本文件提到的内容，还应满足相关规程规范要求。

## 5 线路路径

### 5.1 路径选择

- 5.1.1 线路路径选择应综合考虑线路长度、地形地貌、地质、水文、冰区、风区、舞动区、微地形微气象、交通、林木、大型工矿企业、军事设施、地震地磁台站、油气管线和其他障碍设施，以及交叉跨越、施工、运维等因素，加强对沿线已建线路设计、运行情况的调查，进行多方案技术经济比较，宜避开不良地质地带、采动影响区、重冰区、导线易舞动区及影响安全运行的其他地区，做到安全可靠、环境友好、经济合理。路径选择宜避开军事设施、大型工矿企业等重要设施，并应符合城乡规划。当无法避让时应取得相关协议，并采取适当措施。
- 5.1.2 路径布局规划成果应与城乡总体规划相协调，宜纳入国土空间总体规划，根据地方规划、自然保护区、风景名胜区、生态红线等敏感区域，提出避让或穿越措施，必要时开展相关评估工作。
- 5.1.3 路径选择宜靠近现有国道、省道、县道及乡镇公路，充分利用已有交通条件，方便施工和运维。对于交通条件较好的路段，推广采用全过程机械化施工技术方案。
- 5.1.4 枢纽变电站的进出线、两回或多回路相邻线路应统一规划。当线路通过走廊狭窄且与其他重要线路平行走线时，应进行安全性和经济性比选，合理确定路径方案。
- 5.1.5 路径应减少与其他设施交叉，减少对铁路、高速公路和重要输电线路等的跨（钻）越次数，当与其他架空线路交叉时，其交叉点不宜选在被跨越线路的杆塔顶部。
- 5.1.6 选择线路路径时应加强舞动区域的勘测和调查，宜避免路径横穿风口、垭口等舞动微气象、微地形地带。线路通过平原开阔地带，宜减小线路走向与冬春季节主导风向夹角，一般宜小于 $45^{\circ}$ 。
- 5.1.7 线路工程应取得乡镇级、县级协议，跨区域线路工程宜取得市级或省级相关协议。
- 5.1.8 应收集线路沿线矿藏种类，矿权类型（探矿权、采矿权等），明确矿区范围。对于需穿越的矿产区域，应了解矿区范围、矿权人信息、开采方式、开采深度、开采厚度等信息，必要时进行安全、经济性评估；对于线路附近及经过的矿权区域应开展压矿评估。
- 5.1.9 线路穿越矿产区域，当矿产的开采不影响线路的安全可靠运行时，宜协商签订免责免赔协议；当矿产的开采影响线路的安全可靠运行时，可通过第三方开展专项评估，根据评估结果确定限制开采或关停矿区等措施，并根据评估结果经协商签订相关协议。
- 5.1.10 路径选择时，应尽量避开机场电磁环境保护区和净空保护区范围。当无法避让时，运输机场为以机场基准点为圆心，水平半径55km的空间区域，应取得机场管理部门协议，由民航地区管理局负责实施净空审核。涉及军民合用或军用机场时，设计方案应满足民用及军方的相关要求。
- 5.1.11 路径选择时，在开阔地区尽量避免穿越风电场。当无法避让时，线路穿越风电场应取得协议。
- 5.1.12 线路工程跨越主要河流、河道（包括河滩地、湖泊、水库、人工水道、行洪区、蓄洪区、滞洪区）等管理范围时，应根据实际情况明确是否需要开展沿线跨越河流、河道的防洪影响评价工作或航道通航条件影响评价工作，建设单位据此委托有资质的单位进行防洪评价或航道通航条件影响评价。

### 5.2 通道清理

5.2.1 房屋拆迁应根据当地民房特点，考虑房屋结构、类型、主辅房、阁楼、地下室、滴水檐及附属设施等具体情况，分区域制定处理原则；对于种植棚、养殖棚等设施宜按跨越设计。

5.2.2 输电线路经过成片林区时，应按照林区内主要树种自然生长高度优先采取高塔跨越方案；主要树种自然生长高度应在林业部门意见的基础上，结合沿线建设运行经验综合确定；对于个别生长环境条件较好，超过自然生长高度的主要树种，按实际高度加 3m 裕度进行高跨。当跨越困难时，应综合比较砍伐、修剪或更换树种等方案。

5.2.3 66kV 架空线路通过林区如需砍伐设计的，砍伐通道宜按照导线最大风偏情况考虑鼓型通道。同时考虑导线静止时，按照最小工频电压间隙校核树木倾倒时对导线的距离。

5.2.4 在路径开阔地区，线路与甲类火灾危险性的生产厂房、甲类物品库房、易燃易爆材料堆场以及可燃或易燃易爆液（气）体储罐的防火间距，应满足杆塔全高加 3m。

5.2.5 路径与油气井和煤层气井的安全距离不应小于 1.5 倍杆塔全高。

5.2.6 输电线路路径与石油、天然气管道的水平距离宜大于等于 20m；交叉点垂直净距大于等于 0.5m；线路接地体与管道大于等于 5m。

5.2.7 输电线路穿越风场时，线路与风力发电机组塔筒中心的距离宜大于轮毂高度与叶轮半径之和的 1.5 倍。对于路径受限区距离不能满足 1.5 倍风机高度的情况应及时与风电场对接征求意见，必要时做安全性评估。

5.2.8 应调查沿线的林木种类、分布、自然生长高度、现状生长高度、树径、砍伐赔偿标准等信息；还应调查线路通道内的二、三级公益林区、大型花卉苗圃、“风水”树、古树等重大林木障碍分布情况，并将调查结果写入设计说明书以及图纸的相应位置。

5.2.9 应调查规范要求的拆迁范围、电力线保护范围及环保评价范围内的房屋分布情况及当地拆迁补偿标准，并确定沿线需拆迁房屋的类型、数量及赔偿费用。房屋面积统计时应明确主房、辅房和辅助设施等，并取得县级以上人民政府出具的正式文件作为计费依据。

5.2.10 设计部门应在自然资源、林草、环保等部门调查收集线路附近的环境敏感区，落实其类别、级别、坐标范围、功能区划、政策法规等要求，并作为路径控制因素在说明书中分类叙述论证。

5.2.11 线路若不可避免需穿越各类环境敏感区时，应根据相关法律法规和行政主管部门要求，开展专项评估或论证工作，取得主管部门批复意见。

### 5.3 档距设计

5.3.1 档距设计需要综合考虑线路路径、周边环境、气象条件以及具体工程需求，灵活选择合适的档距，重要区段应适当缩减档距，以确保线路的安全、稳定运行。

5.3.2 66kV 架空输电线路的耐张段长度不宜大于 5km。在高差或档距相差悬殊的山区或重冰区等运行条件较差的地段，耐张段长度应适当缩短。

5.3.3 山区线路在选择路径和定位时，应注意控制使用档距和相应的高差，避免出现杆塔两侧大小悬殊的档距，当无法避免时应采取相应的措施，提高安全度。

5.3.4 转角杆塔的位置应根据线路路径、耐张段长度、施工和运行维护条件等因素综合确定。直线杆塔的位置，应根据导线对地面距离、导线对被交叉物距离或控制档距确定。

5.3.5 线路路径位于 2 级及 3 级舞动区，宜适当缩小档距和耐张段长度。“三跨”线路跨越点宜避开 2 级及 3 级舞动区。

## 6 气象条件

6.1 66kV 架空线路的设计气象条件重现期为 30 年。

6.2 架空输电线路设计气象条件应根据沿线气象资料的数理统计结果及附近已有线路的运行经验确定，当沿线气象与典型气象区接近时，宜采用典型气象区所列数值。

6.3 基本风速应根据当地气象资料和运行经验确定，当无可靠资料时，可采用现行国家标准 GB 50009 E.6.3 全国基本风压分布图中的数值折算成 30 年一遇基本风速。基本风速不应低于 23.5m/s，并应符合下列规定：

- a) 山区架空电力线路当无可靠资料时，基本风速可按附近平地风速增加 10%，且不应低于 25m/s；
- b) 架空电力线路位于河岸、湖岸、山峰以及山谷口等容易产生强风的地带时，其基本风速应较附近一般地区适当增大；对易覆冰、风口、高差大的地段，宜缩短耐张段长度，杆塔使用条件应适当留有裕度；
- c) 架空电力线路通过市区或森林等地区时，两侧屏蔽物的平均高度大于杆塔高度的 2/3，其基本风速宜比当地基本风速减少 20%。

6.4 轻冰区导线覆冰设计厚度宜按 10mm 设计，中冰区宜按 15mm 设计，重冰区宜按 20mm 设计；地线设计冰厚应较导线设计冰厚增加 5mm。

6.5 应加强对沿线已建线路设计、运行情况的调查，设计时应考虑微地形和微气象条件、易舞动区等的影响。

6.6 常年荷载工况应采用年平均气温工况。

6.7 稀有气象条件可按历史上有记录的稀有大风及稀有覆冰资料选定。

6.8 设计用年平均气温，应按下列方法确定：

- a) 如地区年平均气温在 3℃~17℃之内，取与年平均气温值邻近的 5 的倍数；
- b) 如地区年平均气温小于 3℃和大于 17℃时，分别按年平均气温减少 3℃和 5℃后，取与此数邻近的 5 的倍数；
- c) 寒冷且易发生微风振动的地区，导地线平均运行应力的计算气温宜选用冬季平均气温；寒冷地区的其他地区，导地线平均运行应力的计算气温宜选用年平均最低气温。

6.9 安装工况气象条件应采用风速 10m/s，无冰，气温应采用-15℃。

## 7 导线和地线

7.1 导线选型应根据系统条件（经济输送容量、极限输送容量），初步确定线路导线截面和分裂型式，选择多种常用导线方案进行极限输送容量和机械性能校验，对满足技术要求的导线方案通过年费用最小法进行技术经济综合比较，最终确定技术经济最优方案。

7.2 导线方案的综合技术经济比选，应将钢芯高导电率铝绞线、铝合金芯高导电率铝绞线、中强度铝合金绞线等节能导线纳入，同等条件优先采用节能导线。利用原有杆塔增容的线路，宜采用节能导线、低弧垂导线。

7.3 导、地线平均运行张力的计算气温的选取应符合第 6.8 条 c 款的规定。同时还可降低导、地线允许平均运行张力上限，或适当加强相应的防振措施。

7.4 线路经过易发生导线舞动的地区时，应采取或预留防舞措施。

7.5 导线在弧垂最低点的设计安全系数不应小于 2.5，悬挂点的设计安全系数不应小于 2.25。地线张力的设计安全系数不应小于导线张力的设计安全系数。当线路途径地形为高山大岭、峻岭时，针对大档距大高差等问题，应对导线机械性能进行重点校验。

7.6 地线选型应满足不同电压等级最小截面要求，66kV 地线采用镀锌钢绞线时，在无冰区最小截面为 50mm<sup>2</sup>。

7.7 OPGW 光缆结构选型应考虑耐雷击性能，OPGW 宜选用全铝包钢结构，最外层铝包钢线单丝直径不应小于 2.8mm。

## 8 绝缘子串和金具

- 8.1 结合线路运行经验，轻、中冰区导线耐张串、悬垂串及跳线串一般采用复合绝缘子。
- 8.2 直接与导线相接触的金具宜采用节能金具。
- 8.3 导线悬垂串和导线耐张串按其标称破坏负荷可选用 70kN、120kN。其中跳线绝缘子按其标称破坏负荷选用 70kN。
- 8.4 架空线路 40° 以上转角塔的外侧跳线应使用双串绝缘子串，并加装重锤等防风偏措施；20° 以内的转角内外侧均应加装跳线绝缘子串（包括重锤）；可视需要采取必要的跳线防风偏措施。
- 8.5 耐张绝缘子串倒挂时，耐张线夹应采用在线夹尾部打渗水孔措施。
- 8.6 各类耐张线夹对导地线的握力，不应小于 DL/T 757 的相关规定。
- 8.7 与横担连接的第一个金具应转动灵活且受力合理，其强度应高于串内其他金具强度；当整串金具强度已经加强时，挂点金具不需再加强。
- 8.8 普通地线宜采用非预绞式悬垂线夹。如采用预绞式悬垂线夹时，应根据实际单侧悬垂角，合理选取单、双线夹型式。悬点应力与水平应力比值超过 1.1 的地线耐张串，应采用双预绞式耐张线夹。地线绝缘时宜使用双联绝缘子串。进线档构架侧地线金具串宜采用绝缘型式。
- 8.9 应根据工程所在地区、地形、气象条件等特点，合理选择防振锤型式。
- 8.10 宜避免在高速铁路、高速公路、重要输电线路的跨越档安装相间间隔棒、动力减振器等防舞装置，必须安装时，防舞装置与导线应有可靠连接，安装位置应避免被跨物的正上方。
- 8.11 与联塔金具配套的螺栓强度等级至少为 6.8 级。

## 9 绝缘配合、防雷与接地

- 9.1 架空线路的绝缘配合，应使线路能在工频电压、操作过电压（内部过电压）、雷电过电压等各种条件下保证输变电系统安全可靠地运行。
- 9.2 绝缘配置应以最新版《吉林电力系统污区分布图》为基础，结合线路附近的污秽和发展情况，综合考虑环境污秽变化因素，选择合适的绝缘子类型和片数，并适当留有裕度。
- 9.3 线路设计时，c 级以下污区外绝缘按 c 级配置；c、d 级污区按照上限配置；e 级污区可按照实际情况配置，并适当留有裕度。
- 9.4 使用复合绝缘子时，复合绝缘子的爬电距离应满足相应污秽条件下工频（工作）电压的要求，复合绝缘子有效绝缘长度需满足雷电过电压和操作过电压的要求。
- 9.5 在海拔不超过 1000m 的地区，带电部分与杆塔构件（包括拉线、脚钉等）的最小间隙，在相应风偏条件下，工频电压工况下，不小于 0.2m；操作过电压工况下，不小于 0.5m；雷电过电压工况下，不小于 0.65m。
- 9.6 带电作业杆塔带电部分与接地部分的最小间隙为 0.7m，对操作人员需要停留工作的部位应增加 0.3m~0.5m。
- 9.7 线路带电部分与杆塔构件、拉线、脚钉的最小间隙在工况为雷电过电压时为 0.65m、在工况为内部过电压时为 0.5m，在工况为运行电压时为 0.2m。
- 9.8 杆塔上地线对边导线的保护角宜采用 20°~30°。山区单根地线的杆塔可采用 25°。杆塔上两根地线间的距离不应超过导线与地线间垂直距离的 5 倍。对多回路杆塔宜采用减少保护角等措施。
- 9.9 线路的防雷设计，应根据线路电压、负荷性质和系统运行方式，结合当地已有线路的运行经验，地区雷电活动的强弱、地形地貌特点及土壤电阻率高低等情况，在计算耐雷水平后，通过技术经济比较，采用合理的防雷方式。

9.10 电力线路与弱电线路交叉时，交叉档弱电线路的木质电杆应有防雷措施。

9.11 有地线的杆塔应接地。在雷雨季干燥时，每基杆塔不连接地线的工频接地电阻，不宜大于表 1 所列数值。土壤电阻率较低的地区，如杆塔的自然接地电阻不大于表 1 所列数值，可不装设人工接地体。对于土壤电阻率特别高，常规接地装置难以有效减低铁塔接地电阻时，可采取综合降阻措施。

表1 雷雨季干燥时每基杆塔不连地线的工频接地电阻

土壤电阻率 ( $\Omega \cdot m$ )	100 及以下	100 以上至 500	500 以上至 1000	1000 以上至 2000	2000 以上
工频接地电阻 ( $\Omega$ )	10	15	20	25	30
注 1: 如土壤电阻率超过 $2000 \Omega \cdot m$ , 接地电阻很难降到 $30 \Omega$ 时, 可采用 6~8 根总长不超过 500m 的放射形接地体或连续伸长接地体, 其接地电阻不受限制。					
注 2: 若杆塔处土壤电阻率大于 $1000 \Omega \cdot m$ , 且地闪密度处于 C1 及以上, 则接地电阻较设计规范宜降低 $5 \Omega$ 。					

9.12 通过耕地的线路，其接地体应埋设在耕作深度以下。位于居民区和水田的接地体应敷设成环形。

9.13 采用绝缘地线时，应限制地线上的电磁感应电压和电流，并选用可靠的放电间隙，以保证绝缘地线的安全运行。对绝缘地线长期通电的接地引线和接地装置，必须校验其热稳定和人身安全的防护措施。

## 10 杆塔

### 10.1 杆塔型式

10.1.1 市区架空电力线路宜采用多回路杆塔和不同电压等级线路共架的多回路杆塔。塔位占地受限时，宜采用钢管杆。

10.1.2 架空输电线路不同电压等级线路共架的多回路杆塔，应采用高电压在上、低电压在下的布置形式。山区架空电力线路宜采用全方位长短腿的铁塔。

10.1.3 使用悬垂绝缘子串的直线杆塔，其垂直线间距离不应小于 2.25m。

10.1.4 66kV 多回路杆塔，不同回路的导线间最小距离为 3.5m。

### 10.2 杆塔荷载

10.2.1 计算导线风荷载时，单、双回路按下相导线平均高度为基准高度，四回路杆塔上部回路的下相导线平均高度按下部回路的下相导线平均高度累加层高取值。计算地线风荷载时，地线平均高度按下相导线平均高度累加层高取值。

10.2.2 导地线覆冰风荷载增大系数，在无冰情况下取 1.0，在按有冰设计的情况下，10mm 冰区取 1.2，15mm 冰区取 1.3，20mm 冰区取 2.0。

10.2.3 66kV 杆塔构件覆冰风荷载增大系数，在无冰情况下取 1.0，在按有冰设计的各类情况下，10mm 冰区取 1.2，15mm 冰区取 1.6，20mm 冰区取 1.8。

10.2.4 计算导线张力时，同一回路的上、中相导线张力均与本回路下相导线张力相同。66kV 各塔型导线平均高度均取 10m。

10.2.5 直线型杆塔的安装荷载，提升导线、地线及其附件时的作用荷载包括提升导线、地线、绝缘子、金具等重力荷载和安装工人、工具的附加荷载，动力系数取 1.1，66kV 线路工程重力荷载按 2.0 倍计算，工程使用时按具体架设方式核算；耐张型杆塔的安装荷载。

10.2.6 导地线安装张力，66kV 应综合考虑导地线安装时的初伸长、过牵引、施工误差等因素，导线张力增加 15%，地线张力增加 10%。

### 10.3 杆塔材料

10.3.1 钢材材质 Q235 系列应满足 GB/T 700 表 2 相关要求, Q355、Q420 和 Q460 系列应满足 GB/T 1591 第 6 节技术要求, 大规格等边角钢应满足 Q/GDW 706 第 4 节条款相关要求。

10.3.2 结构用钢板的厚度和外形尺寸应符合 GB/T 709 3.1 条款的规定。热轧工字钢、槽钢、角钢、H 型钢和钢管等型材产品的规格、外形、重量和允许偏差应符合相关现行国家标准的规定。

10.3.3 钢管宜选用国家标准规定的常用规格无缝钢管和直缝焊管, 也可采用自行卷制或轧制的非标焊接钢管, 钢管构件采用 Q235、Q355、Q420 钢材, 规格满足 T/CEC 136 (已公开) 附录 A 要求。

10.3.4 M16、M20 连接螺栓采用 6.8 级热浸镀锌螺栓, M24 及以上规格采用 8.8 级热浸镀锌螺栓, 其材质、机械特性和尺寸应按照 DL/T 284 5.1 条款的要求, 选取材质及其特性相符的螺栓和螺母。

10.3.5 所有杆塔的钢材均应满足不低于 B 级钢的质量要求, 钢材应具有抗拉强度、断后伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证, 对焊接结构尚应具有碳当量的合格保证。

10.3.6 选用 M24、M30、M36、M42、M48、M56、M64、M72、M80、M90、M100 规格地脚螺栓, 性能等级满足 DL/T 1236 第 4 节条款要求。

### 10.4 杆塔结构

10.4.1 杆塔结构设计时, 应根据结构破坏可能产生的后果(危及人的生命、造成经济损失、对社会和环境产生的影响等)的严重性, 采用不同的安全等级。杆塔结构安全等级的划分应符合下列规定:

- a) 杆塔结构安全等级应按表 2 的要求采用。

表2 杆塔结构的安全等级

安全等级	破坏后果	杆塔结构类型
一级	很严重	大跨越杆塔和其他重要的杆塔
二级	严重	一般杆塔
三级	不严重	临时杆塔

- b) 结构重要性系数  $\gamma_0$  应按下列规定确定:

- 1) 对安全等级为一级的结构构件, 不应小于 1.1;
- 2) 对安全等级为二级的结构构件, 不应小于 1.0;
- 3) 对安全等级为三级的结构构件, 不应小于 0.9。

10.4.2 在长期荷载作用下, 杆塔的计算挠度应符合下列规定:

- a) 钢管杆的挠度不应大于杆全高的 8‰;
- b) 无拉线直线铁塔塔顶的挠度不应大于塔全高的 3‰;
- c) 耐张型塔塔顶的挠度不应大于塔全高的 7‰。

10.4.3 钢管杆杆段之间的连接可采用法兰、插接或焊接。

10.4.4 铁塔的造型设计和节点设计, 应传力清楚、外观顺畅、构造简洁。节点可采用准线与准线交会, 也可采用准线与角钢背交会的方式。受力材之间的夹角不应小于  $15^\circ$ 。

10.4.5 塔身斜材的承载力不应低于所支撑主材内力的 3%。

10.4.6 与水平面夹角不大于  $30^\circ$  且可能上人的杆塔构件应能承受人重荷载, 此时不应与其他荷载组合。

10.4.7 杆塔全塔所有螺栓应采取防松措施, 并按运行要求采取防卸措施。

10.4.8 主材接头每端不宜小于 6 个螺栓, 斜材对接接头每端不宜少于 4 个螺栓。

10.4.9 铁塔的下部距地面 8m 部分调整螺栓应采用防盗螺栓。

10.4.10 型钢结构中, 钢板厚度不宜小于 4mm, 角钢规格不宜小于等边角钢 L40×3。节点板的厚度不小于被连接材的肢厚, 当斜材长细比不大于 120 时, 节点板应加厚 1mm~2mm。

10.4.11 斜材宜直接与主材连接，必要时辅助材和次要受力材准线可错开一定距离。

10.4.12 受力构件连接螺栓直径不宜小于 16mm。当连接螺栓数量较多时宜按多排(二排或三排)布置，螺栓孔间距、边距和端距容许值规定。

10.4.13 Q235 钢材厚度 14mm 以上构件、Q355 钢材厚度 12mm 以上构件、Q420 钢材厚度 10mm 以上构件的制孔均应采用钻孔工艺。

10.4.14 构件接头连接宜采用双肢、双剪传力构造，仅采用外包角钢连接时，包角钢的宽度宜较被连接较小角钢的肢宽大一级；被连接构件规格相差较大时，可采用搭接形式。接头包角钢每端的连接螺栓主材不应少于 6 个，斜材不应少于 4 个。

10.4.15 自立式杆塔塔脚板厚度不宜小于 16mm，地脚螺栓垫板厚度不宜小于 12mm。

10.4.16 杆塔在设计时应基于施工的安全性和便利性设置相应的施工用孔或辅助结构，并进行承载力校验。

10.4.17 杆塔全部铁构件、螺栓、脚钉及插入基础的主材外露部分均应采取防腐措施。对于一般腐蚀环境，宜采用热(浸)镀锌防腐，镀锌层厚度应满足 GB/T 2694 的相关规定；重腐蚀环境宜采取增加镀锌层厚度或其他增强防腐措施。

## 10.5 防坠落装置

10.5.1 66kV 钢管杆塔、呼称高 30m 及以上的新建杆塔应装设杆塔作业防坠落装置。已安装护笼爬梯的杆塔部位可不装设防坠落装置。

10.5.2 杆塔作业防坠落装置宜采用单侧全程安装(包括杆塔垂直部分、曲臂、左右横担及地线支架)。钢管杆的横担应同时考虑方便作业人员高空行走、移动的扶手、脚蹬、水平护栏等防坠落装置。

## 11 基础

### 11.1 一般规定

11.1.1 地基基础设计前应对岩土工程勘察提出要求，岩土工程勘察报告应提供下列资料：

- a) 有无影响塔基稳定性的不良地质作用，并评价其危害程度；
- b) 地层结构及其均匀性，各岩土层的物理力学性质指标，以及对材料的腐蚀性；
- c) 地下水埋藏情况、类型、水位变化幅度及规律，以及对材料的腐蚀性；
- d) 抗震设防区划分场地类别，对饱和砂土及粉土进行液化判别；
- e) 设计要求相对应的地基承载力及变形计算参数；
- f) 对基础设计方案、施工及运维等应注意问题的建议。

11.1.2 基础的型式应根据线路沿线的地形、地质、材料来源、机械化施工条件和杆塔型式等因素综合确定。在有条件的情况下，应优先采用原状土基础、高低柱基础等有利于环境保护的基础型式。

11.1.3 地基基础设计应符合下列规定：

- a) 地基基础设计应保证基础结构的强度，并满足地基承载力计算的有关规定；
- b) 处于软弱地基的耐张转角塔、终端杆塔基础，应进行地基变形计算，控制地基变形在容许范围内。

11.1.4 对位于地震烈度 7 度及以上地区的杆塔基础，当场地为饱和砂土或饱和粉土时，均应考虑地基液化的可能性，并应采取必要的抗震措施。

11.1.5 当环境对基础腐蚀等级为弱及以上时，基础设计应采取适宜有效的防护措施。

11.1.6 除有特殊要求外，河滩上或内涝积水地区基础主柱顶面高程不应低于 5 年一遇洪涝水位高程。

11.1.7 在水中立塔的塔位，基础设计时，应计算洪水冲刷、流水动压力、漂浮物撞击、冻融期的壅冰堆积等作用，必要时可采取防护措施。

11.1.8 位于地下水位以下的基础重度和土体重度应按浮重度计算:混凝土基础的浮重度可取  $12\text{kN/m}^3$ ;钢筋混凝土基础的浮重度可取  $14\text{kN/m}^3$ ;土的浮重度可取  $8\text{kN/m}^3\sim 11\text{kN/m}^3$ 。

## 11.2 基础材料

11.2.1 采用的混凝土强度等级应符合下列规定:

- a) 素混凝土结构构件的混凝土强度等级不应低于 C20,钢筋混凝土结构构件的混凝土强度等级不应低于 C25;
- b) 采用 500MPa 及以上等级钢筋的钢筋混凝土结构构件,混凝土强度等级不应低于 C30。

## 11.3 构件构造要求

11.3.1 构件中受力钢筋的保护层厚度不应小于钢筋的公称直径。钢筋的混凝土保护层最小厚度且应符合规定的数值。

11.3.2 柱的截面尺寸不宜小于 400mm。

11.3.3 基础底板的厚度应符合下列要求:

- a) 浇制基础的底板厚度不小于 200mm;
- b) 预制基础的底板厚度不小于 100mm。

11.3.4 基础底板中的纵向受拉钢筋直径不应小于 12mm,间距不应大于 200mm,也不应小于 100mm。

11.3.5 承受拉力的地脚螺栓,直径不应小于 22mm,间距不宜小于地脚螺栓直径的 4 倍。

## 11.4 基础防腐

11.4.1 基础防腐设计应遵循预防为主和防护结合的原则,根据地基腐蚀性及相关环境条件等,因地制宜选择防腐措施。

11.4.2 微腐蚀环境可按正常环境进行基础设计。

11.4.3 腐蚀环境下基础选型应符合下列规定:

- a) 岩石锚杆基础、螺旋锚基础不宜用于中、强腐蚀环境;
- b) 强腐蚀环境下桩基础宜优先选用预制钢筋混凝土桩,可选用预应力钢筋混凝土管桩,当采取有效防腐措施时,也可选用灌注桩。

11.4.4 腐蚀环境下基础材料应符合下列规定:

- a) 素混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C25;
- b) 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级应符合:弱腐蚀环境不小于 C30,中腐蚀环境不小于 C35,强腐蚀环境不小于 C40,地下水位较高的中、强腐蚀地区扩展基础采用玻璃钢模板防护措施时混凝土强度等级可降低一级;
- c) 灌注桩混凝土结构的混凝土强度等级应符合:弱、中腐蚀环境不小于 C35,强腐蚀环境不小于 C50。强腐蚀地区灌注桩的混凝土强度等级可根据试验结果适当降低;基础混凝土最大胶凝材料用量不宜超过  $500\text{kg/m}^3$ ;
- d) 螺旋锚基础、装配式基础的金属构件及连接螺栓宜采用热浸镀锌防腐,埋入土中的部分可适当加大直径或厚度作为腐蚀裕量,也可采取其他涂层防护、阴极保护等防腐措施。

11.4.5 腐蚀环境下基础钢筋的混凝土保护层厚度应符合下列规定:

- a) 弱、中腐蚀环境下灌注桩基础钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 55mm;强腐蚀环境下灌注桩基础钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 65mm;
- b) 其他基础除锚杆外,基础钢筋的混凝土保护层厚度应不小于 50mm。

11.4.6 基础混凝土外加剂的选用应符合下列规定:

- a) 以氯盐为主的强腐蚀环境,可采用钢筋阻锈剂;

- b) 以硫酸盐为主的腐蚀环境，可选用减水剂、密实剂、抗硫酸盐添加剂；
- c) 对存在冻融循环的腐蚀环境，宜配合采用高效引气剂。

11.4.7 开挖类基础和桩基承台应设置垫层，垫层可根据腐蚀环境和地下水条件采用素混凝土、砂卵石或其他耐腐蚀材料，垫层厚度不应小于 100mm。

11.4.8 受力钢筋直径不应小于 12mm，强腐蚀环境下受力钢筋直径不应小于 16mm。

11.4.9 中等至强腐蚀环境下混凝土结构中的钢筋，应与埋置在混凝土中并部分暴露在外的紧固件、定位件等铁件隔离。

11.4.10 当桩的表面有防腐蚀涂层时，桩的竖向极限承载力宜通过试验确定；确定承载力时，亦可不计入涂层范围内的桩侧阻力。

## 11.5 冻土地区设计

11.5.1 冻土的分类和冻胀、融沉性分级应按 GB 50324 第 3 节的规定执行。

11.5.2 冻土地区输电线路塔位应选择在地势较高、地下水位较低、排水条件好的地点，避开易引起冻胀的不良地段，并应遵循以下原则进行选址：

- a) 优先采用避让不良冻土地段的原则，尽可能避开冻胀丘、冰锥、融冻泥流、融冻滑塌等不良冻土现象发育地段及高山基岩裸露区寒冻风化强烈发育的地带；
- b) 线路通过山区地段时，塔位应选择干燥、向阳的缓坡上部地带；通过河谷地段时，塔位应选择高阶地、稳定或基本稳定的多年冻土地带。

11.5.3 季节冻土地区基础埋深应符合下列规定：

- a) 对弱冻胀、冻胀地基土，基础埋置深度不宜小于设计冻深；
- b) 对强冻胀土、特强冻胀土，基础宜埋置在设计冻深以下不小于 0.5m 处，设计冻深  $Z_d$  应按 JGJ 118 的规定确定。

11.5.4 地基土冻胀等级较高、排水不畅的基础，宜采用散水坡减小地表水在塔位汇集和渗透，避免冻胀作用加剧。

## 12 对地距离及交叉跨越

12.1 导线对地面、建筑物、树木、铁路、道路、河流、管道、索道及各种架空线路的距离，应根据导线运行温度 40℃（若导线按允许温度 80℃设计时，导线运行温度取 50℃）情况或覆冰无风情况求得的最大弧垂计算垂直距离，根据最大风情况或覆冰情况求得的最大风偏进行风偏校验。

12.2 导线与地面的垂直距离，在最大计算弧垂情况下不应小于：居民区，7m；非居民区，6m；交通困难地区，5m。导线与山坡、峭壁的最小净空距离不应小于：步行可以到达的山坡，5m；步行不能到达的山坡、峭壁，3m。

12.3 导线与建筑物之间的最小垂直距离为 5m，边导线与建筑物之间的最小净空距离为 4m，边导线与建筑物之间的最小水平距离（无风）为 2m。

12.4 输电线路经过经济作物林、集中林区、公园、绿化区、防护林带时，宜采用加高杆塔跨越不砍通道的方案。当跨越时，导线与树木（考虑自然生长高度）之间的垂直距离不小于 4m；导线与树木（考虑自然生长高度）之间的净空距离，在最大计算风偏情况下，不小于 3.5m。不满足距离要求的树木应砍伐，砍伐的范围还应按照最小工频电压间隙校验导线静止时树木倾倒过程对导线的距离。

12.5 输电线路通过果树、经济作物林或城市灌木林不应砍伐出通道。导线与果树、经济作物、城市绿化灌木以及街道行道树之间的垂直距离，不应小于 3m。

12.6 输电线路与铁路、道路、河流、管道、索道及各种架空线路交叉或接近，应符合 GB 50061 第 12 节条款要求。

### 13 防舞设计

13.1 架空输电线路防舞设计应根据吉林地区最新颁布的舞动区域分布图，结合工程特点，因地制宜地选择安全可靠、经济适用的防舞技术方案。

13.2 在1级及以上舞动区，对于输电线路走向与冬春季节主导风向夹角大于 $45^\circ$ 的区段、大于500m档距段、经过山谷、垭口等微地形、微气象区及临近水库、湖泊等水域附近的线路档段，应考虑防舞设计。

13.3 在1级舞动区，应在跳线金具设计、螺栓防松、预留或加装防舞装置等方面采取措施。在2级和3级舞动区，应在导线、绝缘子、金具设计，杆塔加强，螺栓防松，加装防舞装置等方面采取综合措施。

13.4 在2级和3级舞动区，一般线路联接金具的安全系数不宜小于2.75。

13.5 在2级和3级舞动区，耐张绝缘子串采用双联及以上串型时，宜采用水平方式布置。

13.6 在1级及以上舞动区的“三跨”区段连接金具应选用耐磨型材料，并采用磨损率较低的连接方式。

13.7 在1级及以上舞动区，防护金具紧固件配套螺栓应采用双螺母防松。

13.8 在2级和3级舞动区，当校验重要交叉跨越段耐张杆塔横担部位螺栓孔壁挤压强度时，杆件内力宜计入1.15~1.25的增大系数。

13.9 在1级及以上舞动区，耐张塔横担与塔身连接处，宜采取构造措施，提高节点平面外刚度。耐张塔导线横担上平面和地线支架下平面的腹杆应布置成稳定的支撑体系。钢管塔节点宜采用法兰连接或U型、C型、十字、槽型等插板连接；特殊节点可采用球节点。杆塔螺栓直径不宜小于16mm，螺栓级别不宜低于6.8级。

13.10 在2级和3级舞动区，横担受力材的螺栓数量不宜少于2个；耐张塔导地线挂点、横担与塔身连接处等重要节点的螺栓数量宜比计算值增加1~2个。

13.11 在1级舞动区，耐张塔、紧邻耐张塔的直线塔，重要交叉跨越段杆塔，应全塔采用双螺母防松螺栓；2级及以上舞动区杆塔应全塔采用双螺母防松螺栓。

13.12 在2级及以上舞动区，杆塔与基础的连接宜采用地脚螺栓型式，不宜采用装配式基础，地脚螺栓与塔脚板地螺孔之间的空隙宜用水泥砂浆填充密实。

13.13 防舞装置在输电线路相导线垂直或三角排列时宜采用相间间隔棒。

- a) 相间间隔棒不宜安装在同一断面内，相邻相间间隔棒应错开安装；
- b) 为便于安装，宜采用间距可调节绞式或环式连接金具；
- c) 相间间隔棒安装位置±10m内的子导线间隔棒应移至相间间隔棒同一位置安装。

### 14 “三跨”设计

14.1 线路路径选择时，宜减少“三跨”数量，且不宜连续跨越。

14.2 “三跨”线路与高铁交叉角不宜小于 $45^\circ$ ，困难情况下不应小于 $30^\circ$ ，且不应在铁路车站出站信号机以内跨越；与高速公路交叉角一般不应小于 $45^\circ$ ；与重要输电通道交叉角不宜小于 $30^\circ$ 。“三跨”应尽量避免出现大档距和大高差的情况，跨越塔两侧档距之比不宜超过2:1。

14.3 “三跨”线路跨越点宜避开2级及3级舞动区，无法避开时以舞动区域分布图为依据，结合附近舞动发展情况，宜适当提高防舞设防水平。

14.4 “三跨”跨越档安装相间间隔棒等防舞装置时，安装投影位置应控制在高速铁路路基外10m、高速公路护栏外。

14.5 “三跨”应采用独立耐张段跨越，杆塔结构重要性系数应不低于1.1；当跨越重要输电通道时，跨越线路设计标准应不低于被跨越线路。

14.6 “三跨”线路的悬垂绝缘子串应采用独立双串设计，对于山区高差大、连续上下山的线路可采用单挂点双联，耐张绝缘子应采用双联及以上结构形式，单联强度应满足正常运行状态下受力要求，“三跨”地线悬垂应采用独立双串设计，耐张串连接金具强度应提高一个等级。

14.7 “三跨”区段宜选用预绞式防振锤，风振严重区、易舞动区“三跨”的导地线应选用耐磨型连接金具。

14.8 “三跨”地线宜采用铝包钢绞线，光缆宜选用全铝包钢结构的 OPGW 光缆。

14.9 “三跨”区段，耐张段内导地线不应有接头。

14.10 在舞动区内，输电线路走向与冬季主导风向夹角大于  $45^\circ$  的区段，线路跨越主干铁路、高速公路等重要跨越物时，应采用独立耐张段跨越方式，跨越物两侧的杆塔宜采用直线塔。

14.11 设计应根据气象、地形、地质、施工和运行等条件，合理确定独立耐张段跨越方式。独立耐张段一般采用“耐-直-直-耐”、“耐-直-耐”、“耐-直-直-直-耐”或“耐-耐”方式，推荐采用“耐-直-直-耐”式。

14.12 66kV 输电线路至高速铁路承力索、接触线或铁路施工机械最小垂直距离为 3m。杆塔边缘至轨道（公路）中心的最小水平距离应为杆（塔）高加 3.1m，无法满足要求时可适当减小，但不得小于 30m。

## 15 在线监测

15.1 位于微地形微气象区段，已根据环境条件及现场运行经验，开展相应的气象、微风振动、风偏或覆冰等在线监测。根据需要安装的在线监测装置每回线路宜安装 1 套，同塔多回线路可共用一套。

15.2 位于重覆冰区且发生过覆冰事故的区域以及缺乏覆冰资料的易覆冰区域，宜开展覆冰监测。

15.3 位于 2 级及以上舞动区且线路走向与冬春季主导风向夹角大于  $45^\circ$  的区段，且附近线路发生过舞动事故时，宜在相应区段开展舞动监测；位于 2 级及以上舞动区的其他区段，必要时可开展舞动监测。根据需要安装的舞动监测装置每回线路宜安装 1 套，同塔多回线路可共用一套。

15.4 跨越高速铁路区段，应开展视频监控并配置分布式故障检测装置，其中故障检测范围应覆盖跨越高速铁路区段。跨越高速公路和重要输电通道区段，一般开展图像检测，有特殊要求时开展视频监控，监测范围应覆盖重要输电通道区段。

- a) 跨越高速铁路区段，配置视频监控装置 1 套；接触型或非接触型分布式故障检测装置每回线路、每 30km 配置 2 套；
- b) 跨高速公路和重要输电通道区段，配置图像或视频监控装置 1 套。

15.5 大跨越区段应对线路通道隐患或本体开展监测，监测线路本体缺陷时应开展图像监测，监测通道隐患时应开展视频监控。有需要安装的监测装置均安装 1 套。

15.6 位于无法避开的地质灾害隐患点和地质灾害易发区，宜开展杆塔倾斜监测及地质灾害监测。

- a) 杆塔倾斜监测装置，每 5km 安装 1 套；
- b) 地质灾害监测装置宜安装于塔脚附近的上坡，宜每处安装 1 套。

15.7 位于四级山火风险区段，宜开展防山火监测；位于三级山火风险区段，可开展防山火监测。防山火监测装置宜每 5km 配置一套。

15.8 位于多雷区[地闪密度超过  $2.78$  次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  但不超过  $7.98$  次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  或平均年雷暴日超过 40d 但不超过 90d 的地区]、强雷区[地闪密度超过  $7.98$  次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  或平均年雷暴日超过 90d 的地区]的输电线路或输电线路区段，宜配置分布式故障检测装置。分布式故障检测装置每 30km 宜配置 1 套。

15.9 位于大风区的区段，可开展分布式故障检测；在缺乏风速资料的区域，可开展气象监测。

- a) 分布式故障检测装置每 30km 宜配置 2 套；

- b) 气象监测装置平原地区不低于 1 套/9km、微地形微气象区不低于 1 套/3km、大高差大档距的历史监测盲区不低于 1 套/1km。

## 16 防鸟害装置

### 16.1 一般要求

- 16.1.1 防鸟害装置的配置应依据鸟害故障风险分布图、所属的鸟害风险等级，坚持因地制宜的原则，可单一或组合使用。
- 16.1.2 防害装置应不影响输电线路安全运行，现场装拆方便，安装牢固，防鸟害效果好。
- 16.1.3 防鸟害装置应能长期耐受紫外线、雨、雪、冰、风、温度变化等外部环境和短时恶劣天气的考验，并通过相关材料、电气和机械性能试验。
- 16.1.4 防鸟害装置安装一般不应在杆塔横担上重新打孔。
- 16.1.5 鸟害多发区线路应及时安装防鸟装置，如防鸟刺、防鸟挡板、悬垂串第一片绝缘子采用大盘径绝缘子、复合绝缘子横担侧采用防鸟型均压环等。

### 16.2 防鸟刺

- 16.2.1 防鸟刺安装应采用专用夹具，专用夹具使用 4.8 级 M12×40、M16×40 热镀锌螺栓连接紧固，紧固螺栓应采取可靠的防松措施，并可顺利拆除。
- 16.2.2 防鸟刺安装应根据防鸟刺的长度和安装位置合理调整间距。直刺防鸟刺安装完成后应完全打开，打开扇面角度不小于 150°，打开后相邻防鸟刺针刺之间间隙不大于 10cm，鼓型弹簧针刺打开后呈球状，能够有效防止鸟类进入防护范围。
- 16.2.3 对箱梁式结构横担，应在横担上下平面均安装防鸟刺。在导线横担上加装防鸟刺前，应校核防鸟刺与上方导线间的电气距离。
- 16.2.4 地线支架结合杆塔型式可安装防鸟刺。
- 16.2.5 防鸟刺的支数应满足防护范围的要求，具体数量应依据防鸟刺规格和防护范围确定，应完全覆盖横担防护半径。

### 16.3 防鸟绝缘包覆

- 16.3.1 导线端金具均应包覆。
- 16.3.2 导线包覆长度为 1.2~1.3m，护臂厚度 4mm，耐张杆塔引流线要求全部覆盖。
- 16.3.3 绝缘包覆应密封良好，密封口方向朝下。

### 16.4 防鸟拉线

- 16.4.1 防鸟拉线适合安装在杆塔中相横担上平面上方，每基杆塔安装 2~3 根防鸟拉线。
- 16.4.2 防鸟拉线两端通过夹具固定在地线支架的主材上，拉线距离中横担上平面最高点的距离为 30cm~50cm，拉线张力适度。

### 16.5 防鸟盒子

- 16.5.1 防鸟盒的安装应紧靠导线挂点，安装后应能有效封堵绝缘子挂点周边横担内的空间，防鸟盒安装完成后与塔材接触面的空隙不应过大并满足相应电压等级要求的保护范围。
- 16.5.2 防鸟盒安装应采用专用夹具，专用夹具使用 4.8 级 M16×40 热镀锌螺栓连接紧固，紧固螺栓应采取可靠的防松措施。

### 16.6 防鸟挡板

16.6.1 防鸟挡板安装在绝缘子串上方的横担处，应采用专用夹具，专用夹具使用 4.8 级 M16×40 热镀锌螺栓连接紧固，紧固螺栓应采取可靠的防松措施。

16.6.2 防鸟挡板固定或连接方式应综合考虑防风、防冰和防积水等要求。安装后，挡板的导线正上方侧应略高，与水平面成  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$  倾斜角，防止积水，并且应满足停电、带电检修时不影响操作。

16.6.3 防鸟挡板的尺寸应满足相应电压等级要求的保护范围，挡板宽度应每侧超出横担宽度 5cm。

## 17 附属设施

17.1 所有杆塔均应标明线路的名称、代号和杆塔号。

17.2 所有耐张型杆塔、分支杆塔和换位杆塔前后各一基杆塔上，均应有明显的相位标志。

17.3 在多回路杆塔上或同一走廊内的平行线路的杆塔上，均应标明每一线路的名称和代号。

17.4 对航路有影响的新建输电线路，应装设航空障碍标志。

17.5 杆塔上固定标志的尺寸、颜色和内容应符合运行部门的规定。

