

电网工程事业部

送电电气专业

主设人工作手册

中国电力工程顾问集团  
华北电力设计院工程有限公司

2013 年 7 月

批 準:

校 核:

編 写

## 目录

前言 .....	1
1 概述 .....	1
1.1 送电电气(通信保护)专业主设人基本要求 .....	1
1.2 送电电气(通信保护)专业主设人任职条件 .....	3
1.3 送电线路电气(通信保护)专业主设人职责 .....	3
2 设计阶段的划分及主要工作内容 .....	5
2.1 可行性研究工作内容及深度规定 .....	5
2.2 初步设计工作内容及深度规定 .....	7
2.3 施工图工作内容及深度规定 .....	14
2.4 竣工图工作内容及深度规定 .....	14
3、设计管理工作 .....	15
3.1 可行性研究阶段主设人工作流程 .....	15
3.2 初步设计阶段主设人工作流程 .....	19
3.3 施工图阶段主设人工作流程 .....	23
3.4 施工现场设计服务及管理工作 .....	30
3.5 竣工图阶段主设人工作流程 .....	40
3.6 设计回访及工程总结主设人工作流程 .....	41
4、主设人设计管理要点 .....	44
4.1 设计审核要点 .....	44
4.2 专业设计常见病、多发病 .....	44
4.3 设计质量管理 .....	49
4.4 设计进度管理 .....	49
5 工程投标 .....	50
5.1 概述 .....	50
5.2 招标文件 .....	50
5.3 投标文件的组成及深度 .....	51
附件 1 设计及校审要点 .....	56
附件 2 送电电气设计模板 .....	97
1 施工图专业设计计划模板 .....	97
2 施工图卷册任务书模板 .....	117
3 定位手册模板 .....	125
4 说明书模板 .....	144
5 概算配合资料模板 .....	161
6 施工招标量模板 .....	164
7 技术规范书模板 .....	172
8 气象条件模板 .....	172
9 杆塔负荷模板 .....	175
10 间隙圆模板 .....	178
11 瓶口校验计算模板 .....	181
12 交叉跨越电气距离校验计算模板 .....	183
13 耐张绝缘子串倒挂校验计算模板 .....	184

14 耐张塔挂板倾角、耐张绝缘子串倾角计算模板.....	186
15 直线塔摇摆角计算模板 .....	188
16 直流线路接地短路电流上升率计算模板.....	190
17 直流线路对电信线路电磁危险影响计算模板.....	194
18 直流线路对电信线路干扰影响计算模板.....	196
附件 3 主要规程及规范 .....	201

## 前言

本工作手册将中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司的相关管理文件、电力行业相关技术规定和设计管理经验结合在一起编制完成。旨在通过使用本手册，使具有一定送电电气专业基础知识，从事过相关卷册负责人的设计人员尽快而正确的掌握主设人工作流程，提高工作效率。明确主设人在工程设计中各阶段、各环节中的职责和主要工作内容，明确工程设计中校审环节应注意的内容；使担任过送电电气专业主设人的设计人员，进一步规范主设人工作流程，达到提高专业设计水平及管理能力的目的。

送电电气室主设人及工程设计人员在工程设计中应按照此手册执行。

## 1 概述

本手册主要内容包括主设人职责、工程各阶段设计工作内容及深度规定、设计管理、工程校审要点及常见病多发病、工程设计模板。

### 1.1 送电电气(通信保护)专业主设人基本要求

#### 1.1.1 概述

送电线路电气专业主设人是勘测设计项目/总承包项目中送电电气专业工作的直接组织者和管理者。在项目设计经理和室主任的双重领导下，组织完成本专业的生产任务，并对项目执行过程中本专业的质量、进度负责。

#### 1.1.2 质量管理

(1) 组织本专业人员收集项目基础资料，落实设计条件，明确专业工作范围，编制本专业工程设计计划。

(2) 组织本专业人员拟定设计方案，确定评审要点，落实关键技术问题，做好技术经济比较；对非常规的新方案、关键技术方案应由专业组组织讨论，必要时应按照公司评审程序申请评审并严格按照评审结论执行。重要的技术方案结论应通报项目经理。

(3) 监督保证本专业采用现行有效的标准、规范版本。

- (4) 从技术方面配合项目建设单位施工招标及装置性材料采购。
- (5) 参加项目相关专业的技术方案讨论。
- (6) 负责组织编制本专业设计说明书。
- (7) 严格执行质量体系文件，按质量保证程序的规定校审本专业的设计文件，向相关专业提出专业设计条件。
- (8) 负责对本专业设计接口条件的评审和落实，负责与其他专业的衔接和协调。对设计版次进行控制，保证提出的设计条件或设计成品是最新版次。保存发放的记录。
- (9) 监督控制设计各岗位及工地代表严格遵守设计变更程序。
- (10) 负责对本专业的设计成品、基础资料、计算书、文件、函电、设计条件、设计变更、设计总结等文件的整理和归档。参加编制设计完工报告，编写本专业的项目总结。
- (11) 督促本专业校审人员严格执行校审规定，掌握校审设计周期，督促卷册负责人认真填写校审记录。
- (12) 负责检查设计成品是否完整，组织设计成品(图纸、计算书等)的出版。
- (13) 在项目执行过程中，若出现较大的质量问题，要及时向专业室报告，并同时报告项目经理。

#### 1.1.3 进度管理

- (1) 根据项目工作范围和工作量进行设计周期估算，确认项目主进度计划中本专业的进度安排。
- (2) 按项目详细进度计划控制本专业作业进度、催促输入接口条件。
- (3) 当本专业详细工作进度出现偏离、或上游专业不能按计划提出接口条件、以及出现重大的内/外部变更，可能影响本专业重要进度控制点时，应及时书面报告项目经理，报告中应对具体的进度影响进行分析预测，提出纠正措施，如关键进度控制点的调整确已不可避免，应同时提交具体的调整计划并报项目经理批准。

#### 1.1.4 资源管理

- (1) 负责项目工作量和人工时投入的估算。
- (2) 在部室主任的协调下落实本专业人力配备(包括卷册负责人员和校审人员)。

(3) 在项目执行过程中，专业主设人负责对专业内部的人员进行协调和安排。

#### 1.1.5 文件管理

- (1) 严格执行公司制订的文件管理程序。
- (2) 负责设计输入/输出(包括接口条件)接收/发放的记录和管理工作，并保留完整的原件。
- (3) 负责管理和保存设计变更图纸、文件以及设计修改通知单和传真。
- (4) 负责本专业设计文件的整理归档工作。
- (5) 负责本专业的专业总结。
- (6) 项目完工后负责将全部资料整理归档。

#### 1.1.6 其他

- (1) 根据规定参加项目经理召开的各种会议。
- (2) 负责与相关专业的联络和协调工作。
- (3) 按规定承担设计校审工作。

### 1.2 送电电气(通信保护)专业主设人任职条件

500kV 送电工程电气专业的主设人应为一、二级设计师，500kV 以下的送电工程主设人应为三级及以上设计师。

当专业室委派不够以上规定条件，而技术水平可以满足要求的人员担任工程主设人时，应办理主设人报批手续。已担任过工程主设人，再委派其担任同类工程主设人时，可不再办理主设人报批手续。

### 1.3 送电线路电气(通信保护)专业主设人职责

- a) 主设人接受专业室、主管主工和设计经理的双重领导。在设计标准、技术方案、工作程序和设计质量等方面服从专业室的规定和主管主工指导；在项目任务范围、进度和费用等方面要服从设计经理的安排及领导。
- b) 认真执行公司的质量方针、质量目标和质量体系文件，确保在设计中有效运行。

- c) 组织本专业设计人员开展工作。
- d) 编制和下达本专业的设计计划和卷册任务书，估算设计人工时，落实设计进度，明确设计范围。
- e) 研究并提出专业技术方案，落实设计条件。
- f) 组织编写本专业设备、材料的招标技术文件，参加报价技术评定。
- g) 负责专业间组织接口协调，编制或校核技术接口技术条件。
- h) 参加施工现场设计交底，协助现场工代做好服务。
- i) 参加工程开工会、评审会、工程例会。
- j) 参加设计回访并编写本专业的工程总结和技术总结。
- k) 其它要求：当无法按进度要求完成应提前向室主任汇报。

保证所负责工程的设计图纸、专业配合资料、技术规范书及其它设计文件的出手质量。

对工程组其他设计人员的工作进行合理分配，对其它设计人员的工作进行指导、把关。

对于工程中遇到的疑点和难点技术问题，及时向主工汇报。对外沟通中遇到的问题及时向项目经理或室主任汇报。

熟悉工程电气专业设计原则和设计方案，了解通信保护专业主要设计方案。了解工程电气专业各项指标并具备指标分析能力。

## 2 设计阶段的划分及主要工作内容

### 2.1 可行性研究工作内容及深度规定

可行性研究是基本建设程序中为项目核准提供技术依据的一个重要阶段，输变电工程可行性研究须委托有资质的设计单位研究编制可行性研究报告，并委托有资质的咨询机构评审。

送电线路路径选择应重点解决线路路径的可行性问题，避免出现颠覆性因素。应选择2~3个可行的线路路径，并提出推荐路径方案。

#### 2.1.1 系统概况

2.1.1.1 简述近期电力网络结构，明确线路起迄点及中间落点的位置、输电容量、电压等级、回路数、导线截面及是否需要预留其它线路通道等。根据电网规划，线路路径要兼顾将来中间线路破口。从系统专业收集线路的输送容量。

2.1.1.2 说明变电站进出线位置、方向、与已建和拟建线路的相互关系。远近期过渡方案。绘制变电站出线规划图。

#### 2.1.2 线路路径方案

2.1.2.1 经室内选线、现场勘查、收集资料和协议情况，提出两个以上可比的路径方案。明确线路进出线位置、方向，与已有和拟建线路的相互关系，重点了解与现有线路的交叉关系。

##### 2.1.2.2 路径方案概述

包括各方案所经市、县名称，沿线自然条件（海拔高程、地形地貌）、水文气象条件（含河流，包括雷电活动，微气象条件）、地质条件（含矿产分布）、交通条件、城镇规划、重要设施（含军事设施）、自然保护区、环境特点和重要交叉跨越等。

##### 2.1.2.3 各方案对电信线路和无线电台站的影响分析。

2.1.2.4 各方案林木砍伐和拆迁简要情况及对环境影响的初步分析。对跨越树木的应取得林业部门关于树高的证明，跨越苗圃，经济林的应取得相关协议。

##### 2.1.2.5 同一方向线路，需对采用同塔双回路、多回路进行论述。

2.1.2.6 根据系统规划或走廊情况（高海拔、重冰区）论述采用紧凑型线路的可行性。

2.1.2.7 对比选方案进行技术经济比较，说明各方案路径长度、地形比例、曲折系数、房屋拆迁量、节能降耗效益等技术条件、主要材料耗量、投资差额等，并列表进行比较后提出推荐方案。

#### 2.1.2.8 推荐路径方案描述

(1) 对推荐路径方案作简要说明。

(2) 说明推荐路径方案与沿线主要部门原则协议情况，一般情况下可研阶段路径协议取到县级，对于路径特别紧张的地段，有可能会有颠覆路径的情况出现时，路径协议应取到乡（镇）一级。

2.1.2.9 必要时，各路径方案优化应采用高分辨率卫星遥感影像或航空影像，对路径走廊中的城镇、河流、森林、农田等进行数字化的表述。

### 2.1.3 工程设想

#### 2.1.3.1 推荐路径方案主要设计气象条件

(1) 设计最大风速情况。

(2) 设计覆冰情况，有无重冰区。

(3) 对特殊气象区需较详细调查、论证。

#### 2.1.3.2 线路导地线型式

(1) 根据系统要求的输送容量及沿线海拔、冰区划分、大气腐蚀等，推荐选定的导线型号。

(2) 根据导地线配合、地线热稳定、系统通信等要求，推荐地线型号。

(3) 列出推荐的导地线机械电气特性，防震、防舞措施。

#### 2.1.3.3 绝缘配置

确定绝缘配置原则，推荐选择绝缘子型式及片数，防污设计。

#### 2.1.3.4 线路主要杆塔和基础型式

(1) 结合工程特点，可应用计算机自动优化排位技术，进行全线杆塔塔型规划并提出杆塔主要型式。

(2) 结合工程特点和沿线主要地质情况，提出推荐的主要基础型式。

(3) 提出特殊气象区的杆塔型式论证情况。

2.1.3.5 结合工程特点进行工程量及造价分析。

## 2.2 初步设计工作内容及深度规定

### 2.2.1 总则

送电电气专业初步设计内容及深度应满足 Q / GDW 166-2007《国家电网公司输变电工程初步设计内容深度规定》(架空输电线路)的相关要求。

初步设计应遵守的规定和程序:

- (1) 设计文件应遵守国家及其有关部门颁发的设计文件编制和审批办法的规定。
- (2) 应执行国家规定的建设程序。批准或上报的可行性研究报告(含工程选线报告)和设计基础资料(包括发电厂、变电站所接入系统的审批文件)是初步设计的依据。
- (3) 设计文件应贯彻国家各项技术方针、政策及上级部门对工程建设的要求;应符合现行有关标准(规范)的规定;积极采用现行的通用设计和标准化设计以及通用造价。

初步设计内容深度的基本要求:

- (1) 设计文件齐全,计算准确,文字说明清楚,图纸清晰、正确。
- (2) 根据工程的具体情况,初步设计文件可分册出版。
- (3) 对设计中的重要技术问题,应进行多方案的技术经济比较(一般宜为2或3个方案),根据优选结果,提出推荐方案。
- (4) 当采用现行的标准化设计时,相应部分可适当简化。
- (5) 路径及其有关协议须落实;
- (6) 设计文件应包括主要设备及材料和工程投资分析。

### 2.2.2 初步设计文件应包括的内容

- (1) 说明书:包括设计总说明和图纸;
- (2) 主要设备材料清册;
- (3) 概算书;

- (4) 勘测报告(水文气象、岩土工程报告、土壤电阻率测试报告);
- (5) 工程有关专题报告。

### 2.2.3 初步设计说明书内容及深度要求

#### 2.2.3.1 总述:

- (1) 工程设计的主要依据
  - 1) 国家相关政策、法规和规章。
  - 2) 工程设计有关的规程、规范。
  - 3) 政府和上级有关部门批准、核准的工程文件。
  - 4) 可行性研究报告及评审文件。
  - 5) 设计中标通知书或委托文件。
  - 6) 城乡规划、建设用地、水土保持、环境保护、防震减灾、地质灾害、压覆矿产、文物保护及劳动安全卫生等相关依据。
  - 7) 文物保护及劳动安全卫生等相关依据。
- (2) 工程建设规模和设计范围
  - 1) 线路起落点、额定电压、输送功率、导线截面、线路长度和回路数(是否同杆并架)、中间落点及引接方式。
  - 2) 线路的本体设计及其影响范围内的电信线路和无线电台(站)的干扰与危险影响的保护设计、工程概算、以及运行维护的辅助设施和施工组织设计大纲等。
- (3) 建设单位、设计单位及建设期限
- (4) 电力系统简况
- (5) 主要技术经济特性
  - 1) 线路路径长度、曲折系数
  - 2) 沿线地形分布和交通概况

3) 主要技术经济指标表:包括但不限于单公里基数、耐张塔比例、导地线、塔材、基础混凝土、基钢、绝缘子、房屋拆迁及林木砍伐。同时还应包括本体投资和静态投资。

4) 指标分析: 包括但不限于单公里基数、耐张塔比例、塔材、基础混凝土、基钢。以上指标须与可研、限额设计指标进行对比分析, 必要时还需与同类工程施工图指标进行对比。

### 2.2.3.2 线路路径:

(1) 变电站(升压站、开关站)进出线布置变电站(升压站、开关站)进出线终端塔布置和方向; 与已有和拟建线路相互关系, 远近期过渡方案。

#### (2) 线路路径方案

(3) 各路径方案描述及特点, 包括线路走向、行政区、沿线海拔高程、地形、地质、水文、交通运输条件、林区、重冰地段、舞动情况、主要河流、城镇规划、其它重要设施及重要交叉跨越等。

(4) 各路径方案对电信线路和无线电台(站)的影响。

(5) 与沿线各主要单位协议情况。

(6) 线路特殊地段及采取的处理措施。

(7) 各路径方案技术经济比较和论证结果。

(8) 路径推荐方案简要说明, 包括行政区、地形比例、林区长度及重要交叉跨越等。

(9) 当采用三维数字模型新技术进行优化选线和杆塔规划时, 应加以说明。

### 2.2.3.3 气象条件

(1) 气象条件的选择

(2) 气象资料来源, 包括气象台(站)的名称, 周围环境, 与线路的相对距离、风速记录表、记录方式等。

(3) 根据气象资料经数理统计并换算为线路设计需要的最大风速计算值，结合所经地区荷载风压图和风压值换算的基本风速、沿线风灾调查资料以及所经地区已有线路运行经验，综合分析提出设计采用的最大风速值和区段划分，以及必要的稀有验算风速。

(4) 调查沿线冰凌情况，结合附近已有线路采用的设计覆冰值与运行经验，提出设计选用的覆冰值及需验算的稀有覆冰值和区段划分。

(5) 调查路径所经地区最高气温、最低气温、年平均气温、雷暴日数和土壤冻结深度。

(6) 应加强对沿线已建线路设计、运行情况的调查，并在初步设计文件中以单独章节对调查结果予以论述(风灾、冰灾、雷害等)。

#### (7) 设计采用的气象条件一览表

### 2.2.3.4 导线、地线选型及其防振和防舞措施

(1) 根据系统要求的输送容量确定导线截面，并结合工程特点，如高海拔、重冰区、大气腐蚀和电晕、无线电干扰、可听噪声等因素，选择技术上满足系统、输电、环境影响及施工、运行维护的导线方案，并经技术经济比较后确定导线型号及规格。采用分裂导线时需叙述导线分裂根数，分裂间距和排列方式。根据系统通信、导地线配合和地线热稳定要求等确定地线型号，如采用良导体地线时，应论证其必要性并进行技术经济比较，如采用 OPGW 光缆，应论证其选型及分流地线。

(2) 确定导线和地线的最大使用张力，平均运行张力及其防振措施。地线及光缆的接地方式论述及接地方式图。

(3) 列表给出导线和地线(含 OPGW 光缆)的机械电气特性。

(4) 防舞设计：收集舞动区分布图、冬季风向图、沿线已有线路运行资料等基础数据，根据《国家电网公司新建输电线路防舞设计要求》，进行舞动区划分，确定推荐

的防舞动措施。(关于防舞设计的相关文件和资料请在：“PW-送电工程-文档-电网公司公用文件-质量信息记录-电气-国网新建线路防舞要求”文件夹中查阅)

(5) 导地线换位及换相：根据变电站配合资料，改造工程还需收集已建线路设计资料及现场拍照核实，绘制导地线相序图并明确换位或倒相方式。如采用特殊塔型还应进行特殊说明。

#### 2.2.3.5 绝缘配合：

(1) 污区划分：参照《电力系统污区分级与外绝缘选择标准》的规定。

污区划分按沿线污染源、污湿特征、运行经验等调查及分析，结合最新污区分布图及污秽发展情况确定污秽等级及泄漏比距。

(2) 绝缘子选型

分析瓷、玻璃、棒式（合成、瓷棒）等绝缘子技术特点，结合运行经验和工程实际情 况，推荐绝缘子型式。

(3) 绝缘子片数选择

1) 工频电压要求的绝缘子片数：按泄漏比距法或污耐压法确定绝缘子片数。一般情况下按泄漏比距法，若有各污区绝缘子的等值附盐密度、附灰密度，并有长串绝缘子污秽试验成果等确切资料，宜按污耐压法。

2) 还需对操作过电压、雷电过电压要求的绝缘子片数进行校核。在覆冰严重的地区还应满足冰闪对绝缘子片数的要求。

3) 列表给出导地线绝缘子配置及绝缘子机械电气特性。

(4) 空气间隙

1) 提出各种运行工况下相应的空气间隙值。

2) 高海拔地区的空气间隙值按相关规定进行修正。

### 2.2.3.6 防雷和接地

(1) 调查沿线雷电活动情况和附近已有线路的雷击跳闸率。

(2) 根据防雷需要, 确定地线布置型式和保护角, 以及档距中央导线与地线间的最小距离。对雷电活动较多地区应采取相应措施。

(3) 必要时计算基本塔型的耐雷水平和雷击跳闸率。

(4) 杆塔接地装置型式与接地电阻要求。

(5) 高土壤电阻率地段采取的降阻措施。

(6) 线路经过直流接地极附近时, 要考虑接地极对铁塔、基础的影响。

2.2.3.7 绝缘子串和金具: 说明导线和地线的悬垂串、耐张串组装型式和特点; 提出各种工况下绝缘子串和金具的安全系数; 说明接续、防振等金具的型式及型号。分裂导线采用的间隔棒型式及布置方式。

2.2.3.8 导线对地和交叉跨越距离: 导线对地最小距离, 对各种交叉跨越物的最小距离, 提出成片林木跨越及走廊清理原则。

2.2.3.9 杆塔规划和荷载条件: 塔型选择, 包括导地线排列方式和塔头间隙等。提出直线塔及直线转角塔和耐张转角塔系列规划。列表提出杆塔规划成果及杆塔使用条件。

### 2.2.3.10 对电信线路和无线电台站的影响及其防护:

1) 根据系统部提出的《系统等值阻抗》配合资料, 视线路情况和计算不同, 交流线路计算出 5~10 年系统单相接地短路电流值, 远景年系统母线电流, 计算出电流的衰减过程即绘成曲线, 直流线路计算出短路电流变化率及单极短路电流。

2) 大地导电率是计算感应电动势的重要参数, 一般线路 20km 要有一个顺线路方向的测点, 如导电率数据 2 点之间相差 3~5 倍时, 应增加测点, 可以委托地质专业

实测或查导电率汇编。

3) 收集输电线路临近的通信线资料，主要是与输电线平行或斜接近的通信电缆。

4) 列出对沿线无线电台站的影响计算结果及其防护措施。

2.2.3.11 附件：与本工程有关的上级部门文件和批文，路径协议等。

#### 2.2.4 初步设计图纸

必备图纸如下：

- (1) 线路路径方案图
- (2) 变电站进出线规划图；
- (3) 导线换位或换相图；
- (4) 导地线张力弧垂表；
- (5) 绝缘子串及金具组装图(主要型式)；
- (6) 输电线路与电信线路接近位置平面图；
- (7) 相对位置图，单相接地短路电流曲线；
- (8) 主要新设计杆塔的间隙圆图；
- (9) 接地装置图。

另外，视具体情况还应增加拥挤地段平面图、重要交叉跨越图等对线路方案影响较大的图纸。

#### 2.2.5 材料清册

线路本体部分：导线、地线、绝缘子、间隔棒、金具、钢材(杆塔、基础、接地)、螺栓、混凝土等，通信保护所需材料。

主要设备材料表应包括名称、规格、数量等栏目，并说明是否包括运行维护工具和备品备件，以及是否计入设备材料损耗等。

#### 2.2.6 计算项目

初设阶段必须进行完整、详细计算的计算书如下所示(必须进行归档)：

- (1) 气象条件选择计算
- (2) 导地线张力弧垂表

### (3) 单相接地短路电流计算

初设阶段应进行计算的计算书如下所示(如根据工程情况不计算的话应在卷册任务书中明确原因):

- (1) 杆塔负荷计算
- (2) 防雷接地计算
- (3) 绝缘配合、绝缘地线计算
- (4) 换位计算
- (5) 跳线计算
- (6) 铁塔间隙圆
- (7) 对电信线路电磁危险影响及干扰影响计算
- (8) 单相接地短路电流计算(交流), 电流变化率计算; 单极接地短路电流计算(直流), 最大感应电势和对地电压计算, 屏蔽系数计算
- (9) 地面场强计算

## 2.3 施工图工作内容及深度规定

送电电气专业初步设计内容及深度参照 Q / GDW 166-2007《国家电网公司输变电工程施工图设计内容深度规定(架空输电线路)》的相关要求。

## 2.4 竣工图工作内容及深度规定

竣工图应按照《电力工程竣工图文件编制规定》和顾客要求进行编制, 主要要求包括:

- (1) 对于设计变更(变更设计)中修改的部分内容, 竣工图应准确反映。
- (2) 每个竣工图卷册中应增加一张竣工图修改说明, 说明相对于施工图修改部分及变更单号及变更内容。
- (3) 竣工图上应加盖竣工图专用章。

### 3、设计管理工作

#### 3.1 可行性研究阶段主设人工作流程

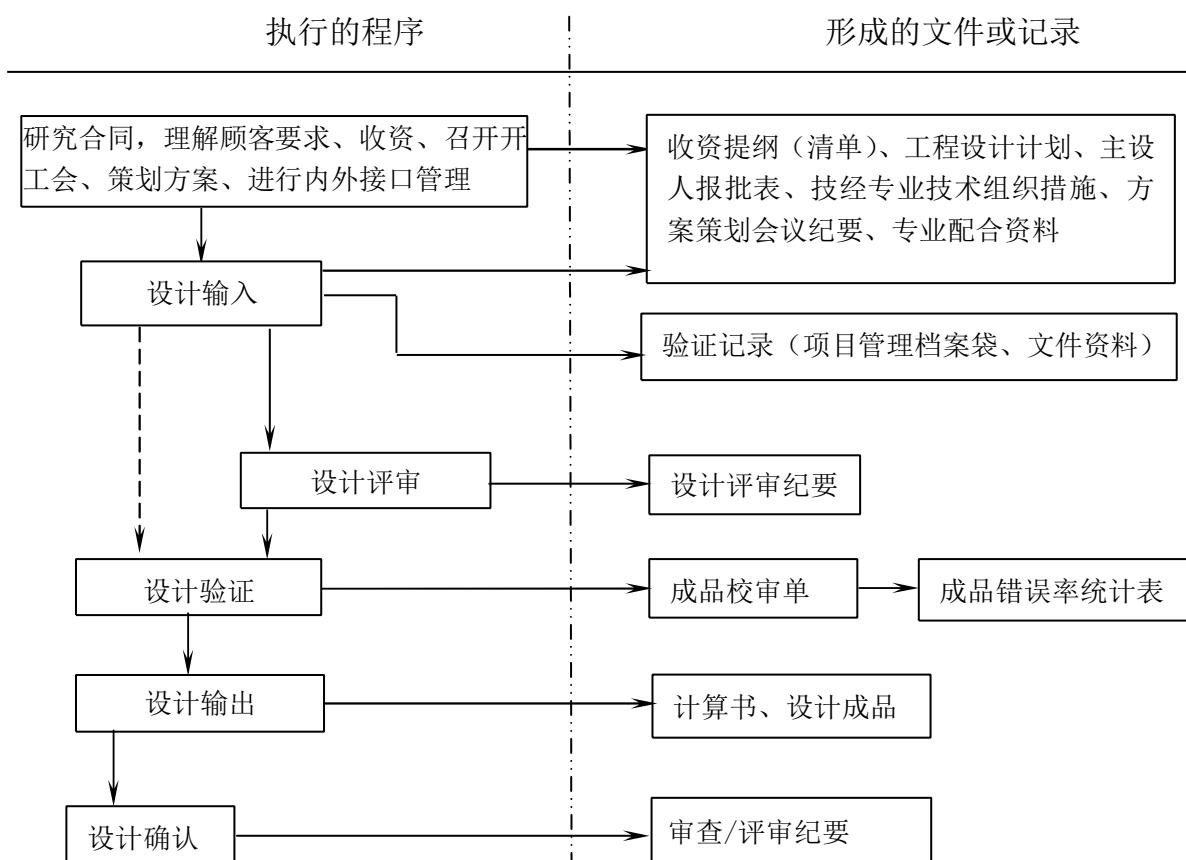


图 3-1 可研阶段设计控制流程图

##### 3.1.1 设计策划

- (1) 根据电网工程部下达的项目设计任务书和项目经理的初步安排，专业室选派好专业主设人，明确主管主工，安排好参加设计和校核人员。
- (2) 主设人根据专业室安排参加项目经理组织的开工会，领取项目经理编制的该工程可行性研究阶段《工程设计计划》，同时建立工程档案袋。
- (3) 配合测量专业人员，收集工程所需地形图(必要时还需收集卫片)，在地形图上画出初步路径方案。
- (4) 按照收资要点的要求，利用收资提纲模板完成本专业项目收资提纲提交主工和项目经理审核。

(5) 在根据项目特点和要求主设人完成初步设想及方案(工作范围、工作内容、工作重点、工作难点、专业设计原则、参考工程、参考信息、收资清单、互提资料科目和内容、进度保证措施、质量保证措施、成品清单、人员分工等)，参加由项目经理组织，主管总工、各专业室主任及相关专家参加的综合方案策划会，最终形成本项目设计方案，形成综合方案策划会议纪要。

如综合方案策划会无法满足送电电气专业深度要求，可由主工组织由副总工、主设人、设计人员（必要时可邀请专家或项目经理）参加的专业方案策划会并形成专业方案策划会议纪要。

专业方案策划由主设人填写，综合方案策划由项目经理或指定人员填写，由会议主持人签发，并应征得参加会议的有关领导的意见。该纪要报送项目设计经理、主管副总工程师，抄送本专业策划会议参加人员，作为项目设计实施依据。

### 3.1.2 可研外业

外业工作中，根据可研工作内容、深度要求及可研方案策划进行外业收资、协议工作和现场踏勘。外业过程中应及时向主设人、主任工程师和项目经理汇报现场工作及设计方案情况。

### 3.1.3 设计接口

可行性研究设计阶段主要工作围绕项目立项做准备，因此专业设计接口以影响项目立项的内容为主。

#### (1) 设计专业间接口

专业设计接口的职责划分应执行《电力勘测设计专业分工规定》。按照《电力勘测设计专业间联系配合规定》要求的内容进行专业提资，提资进度由设计总工程师在设计计划中明确。应以 PW 形式进行专业互提资料。

对以假定资料提出的专业配合资料，提资方应在资料首页上标识“假定”，并在资料中注明哪部分为不确定内容。对提出正式资料代替假定资料或提出新版专业配合资料时，提资专业应在资料中注明与上版资料不一致的地方。

可研阶段，送电电气提出或接收的专业配合资料主要包括：

表 3-1 可研阶段主要专业配合资料

序	资料名称	提交专业	接受专业
---	------	------	------

号			
1	系统配合资料	系统一次 系统通信	送电电气、通信 保护
3	杆塔估算	送电电气	送电结构
4	概算配合资料	送电电气	技经
5	变电站站址位置图	变电土建	送电电气
6	变电站出线布置图	变电电气	送电电气

## (2) 与外单位设计接口

在向外单位提资时，对于技术性资料应由主工审核，项目经理批准。对于正式资料应以华北电力设计院工程有限公司正式传真格式发送。

### 3.1.4 设计输入

#### (1) 设计输入的内容

对于送电电气专业，设计输入文件包括：

- a) 国际、国家/所在国、地方法规，行业标准，企业标准。对于送电电气专业除相关电力专业标准外，还包括与工程设计有关的其它行业标准或相关地方法规，如环保、军事、公路、铁路、民爆、石油天然气等。
- b) 环境影响评价报告、水土保持方案、防洪评估、压矿评估等评价报告。
- c) 设计依据文件资料（包括顾客提供的文件、资料）、勘测报告、专业配合资料等。
- d) 工程可研设计计划、方案策划会议纪要、收资大纲。

#### (2) 设计输入的控制

对于以上 a)，设计经理和主设人应在策划文件中明确。对于 b) 使用经政府主管部门批准的正式版本。对于 c) 项目经理和主设人应按照《工程设计依据资料的收集、使用规定》和《文件、记录控制程序》进行收集、验证、登记和管理。对于 d) 应按规定审批。

对于由外单位提供的资料，需要项目经理签字确认后方可作为项目设计依据资料。

本项目内部各个专业提供的资料需要经项目主设人验证后作为项目依据资料。

### 3.1.5 设计输出

主设人按照设计策划文件及公司《电力勘测设计专业间联系配合规定》

Q/NC5.4.8-2007 组织编制提资资料，按照设计流程提交各个相关专业。

### 3.1.6 设计产品的组织设计

(1) 在接收到相关专业资料后，主设人组织按照可行性研究内容深度要求的设计成品。

设计成品包括：

- 路径图
- 变电（换流）站出线规划图（如需要）
- 设计总说明书送电电气部分；
- 必要的计算书。

(2) 设计成品按照流程进行成品校审，设计人按照校审意见修改设计成品，校核人员、主设人、主任工程师分别填写成品校审单，设计人按照意见修改。

(3) 主设人将设计产品交项目经理。

### 3.1.7 设计评审

根据项目安排参加综合方案设计评审或专业设计评审。

### 3.1.8 设计验证

根据评审意见修改完善设计说明书及设计图纸。

### 3.1.9 出版

设计说明书及设计图纸提交设计经理汇总，出版，提交业主。

### 3.1.10 设计确认

根据设计经理安排，参加项目审查会。

### 3.1.11 设计归档

项目审查完毕后，一个月内进行项目归档。

## 3.2 初步设计阶段主设人工作流程

### 3.2.1 工作内容

《国家电网公司输变电工程初步设计内容深度规定》(架空输电线路) Q/GDW 166—2007

公司管理程序文件《设计、咨询控制程序》Q/HB 2-L2.15-2010

### 3.2.2 工作流程

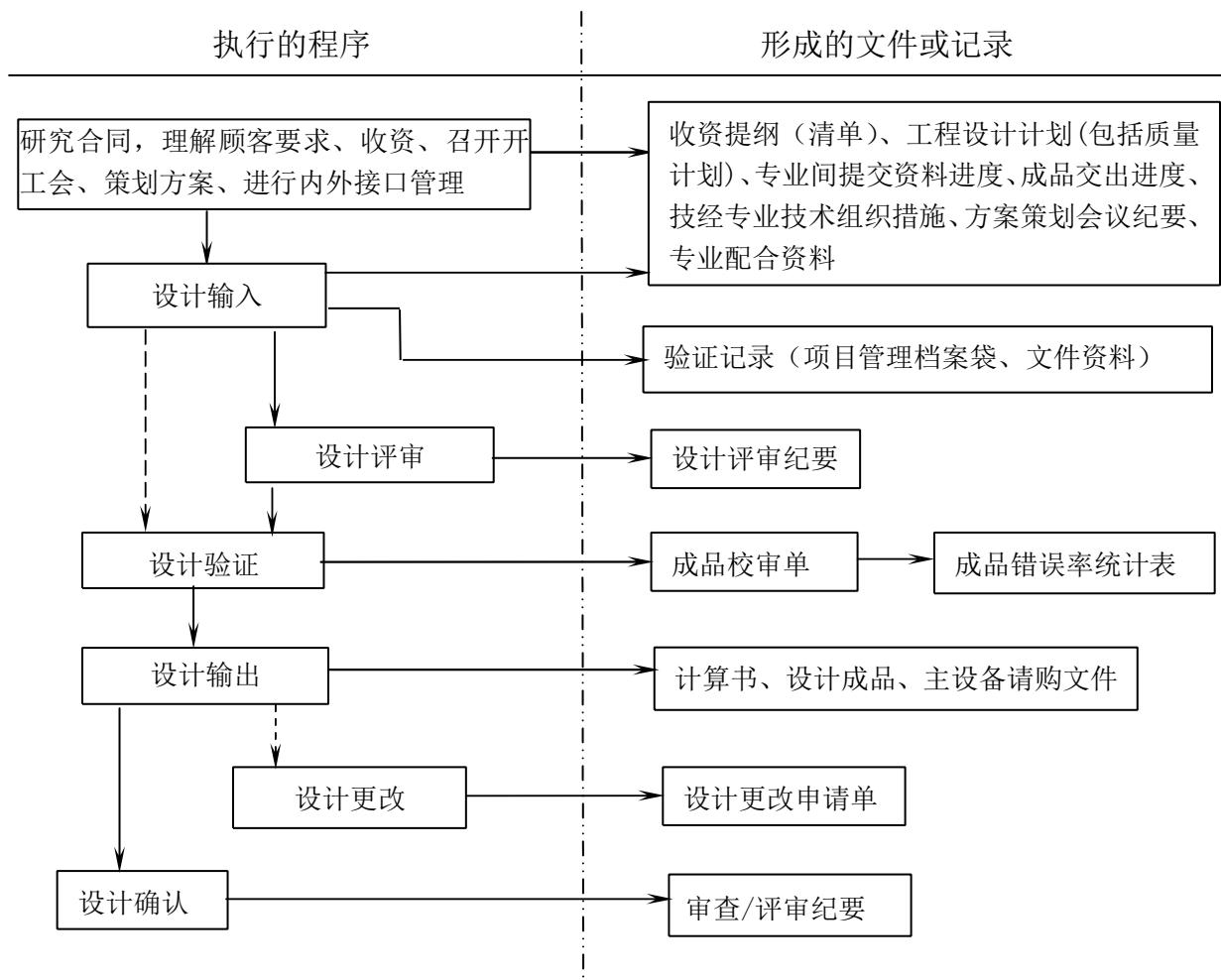


图 3-2 初步设计阶段设计控制流程图

### 3.2.3 设计策划

3.2.3.1 主设人根据专业室安排参加项目经理组织的开工会, 领取项目经理编制的该工程初步设计阶段《工程设计计划》。了解工程总体情况, 包括建设规模、设计内容、

设计依据等；了解上一设计阶段的路径及协议、环境影响评价报告、水土保持方案、防洪评估、压矿评估等评价报告；本工程可行性研究阶段审查意见等。主设人同时建立工程档案袋。

3.3.2 按照收资要点的要求，利用收资提纲模板将本专业项目收资提纲提交主任工程师和项目经理进行审核。

3.2.3.3 在根据项目特点和要求主设人完成设计方案的基础上，主设人参加由项目经理组织的综合方案策划，最终形成本项目设计方案，形成方案策划会议纪要。

如综合方案策划会无法满足送电电气专业深度要求，可由主工组织由副总工、主设人、设计人员（必要时可邀请专家或项目经理）参加的专业方案策划会并形成专业方案策划会议纪要。

专业方案策划由主设人填写，综合方案策划由项目经理或指定人员填写，由会议主持人签发，并应征得参加会议的有关领导的意见。该纪要报送项目设计经理、主管副总工程师，抄送本专业策划会议参加人员，作为项目设计实施依据。

### 3.2.4 初步设计外业

外业工作中，根据初步设计工作内容、深度要求及方案策划进行外业收资、协议工作和现场踏勘。外业过程中应及时向主设人、主任工程师和项目经理汇报现场工作及设计方案情况。

### 3.2.5 设计接口

初步设计阶段主要工作主要围绕项目技术方案开展，因此专业设计接口以确定影响设计方案的内容为主。

#### (1) 设计专业间接口

专业设计接口的职责划分应执行《电力勘测设计专业分工规定》。按照《电力勘测设计专业间联系配合规定》要求的内容进行专业提资，提资内容及进度由项目在设计计划中明确。应以 PW 形式进行专业互提资料。

对以假定资料提出的专业配合资料，提资方应在资料首页上标识“假定”，并在资料中注明哪部分为不确定内容。对提出正式资料代替假定资料或提出新版专业配合资料时，提资专业应在资料中注明与上版资料不一致的地方。

初步设计阶段，送电电气提出或接收的专业配合资料主要包括：

表 3-2 初设阶段主要专业配合资料

序号	资料名称	提交专业	接受专业
1	测量任务书	线路电气	勘测测量
3	测量资料	勘测测量	送电电气
4	杆塔规划及铁塔单线图(采用典设或已有塔型)	送电结构	送电电气
5	杆塔规划、间隙圆、负荷(新设计塔)	送电电气	送电结构
6	杆塔配置表(概算配合资料用)	送电电气	送电结构
7	概算配合资料	送电电气	技经
8	变电(换流)站出线平面布置图	变电电气	送电电气
9	变电(换流)站出线纵面图	变电电气	送电电气
10	系统配合资料	系统	送电电气(包括通信保护)

## (2) 与外单位设计接口

在向外单位提资时，对于技术性资料应由主工审核，项目经理批准。接收资料应由项目经理确认方可作为设计依据。对于正式资料应以华北电力设计院工程有限公司正式传真格式发送。

### 3.2.6 设计输入

#### 3.2.6.1 设计输入内容

除可研阶段取得的仍然有效的设计输入资料外，还包括：

- (1) 本项目可行性研究设计文件及审查意见。
- (2) 开工会议纪要、初步设计计划、方案策划会会议纪要、方案评审会会议纪要。
- (3) 相关专业提供设计依据资料。
- (4) 经过项目经理确认的外部资料。

#### 3.2.6.2 设计输入的控制

同本手册 3.1.4 部分

### 3.2.7 设计输出

#### 3.2.7.1 主设人按照设计策划文件及公司《电力勘测设计专业间联系配合规定》

Q/NC5.4.8-2007 组织编制提资资料，按照设计流程提交各个相关专业。资料提交的时间进度，按照项目经理编制的进度计划执行。送电电气专业初步设计阶段提供外专业资料项目，应符合《电力勘测设计专业间联系配合规定》Q/NC5.4.8-2007 的要求。

3.2.7.2 主设人组织按照初步设计内容深度要求的设计成品。设计成品包括：

- 初步设计说明书送电电气部分
- 初步设计附图
- 初步设计计算书
- 成品校审单

初步设计说明书、附图、计算书内容及深度要求见本手册第 2.2 部分。

### 3.2.8 设计评审

3.2.8.1 根据项目安排参加综合方案设计评审或专业设计评审。

3.2.8.2 设计评审应由设计经理组织，500kV 及以上工程一般由项目经理主持；主工、主设人、有关设计人应参加会议，必要时应邀请工程部主管经理、专家等参加评审；需要时，环保、勘测、技经人员应参加评审。

3.2.8.3 评审内容针对设计内容是否符合质量、环保、安全要求和技术、经济是否最优，提出解决或改进办法。评审结论应由项目经理组织统一编写“评审纪要”，由项目经理/主管总工签发。由主设人组织本专业实施，并跟踪落实。

### 3.2.9 设计验证

根据评审意见修改完善设计说明书及设计图纸。

### 3.2.10 出版

设计说明书需要提交项目经理批准，出版，提交业主。

### 3.2.11 设计确认

根据项目经理安排，参加项目审查会。

### 3.2.12 设计归档

项目审查完毕后，一个月内进行项目归档。

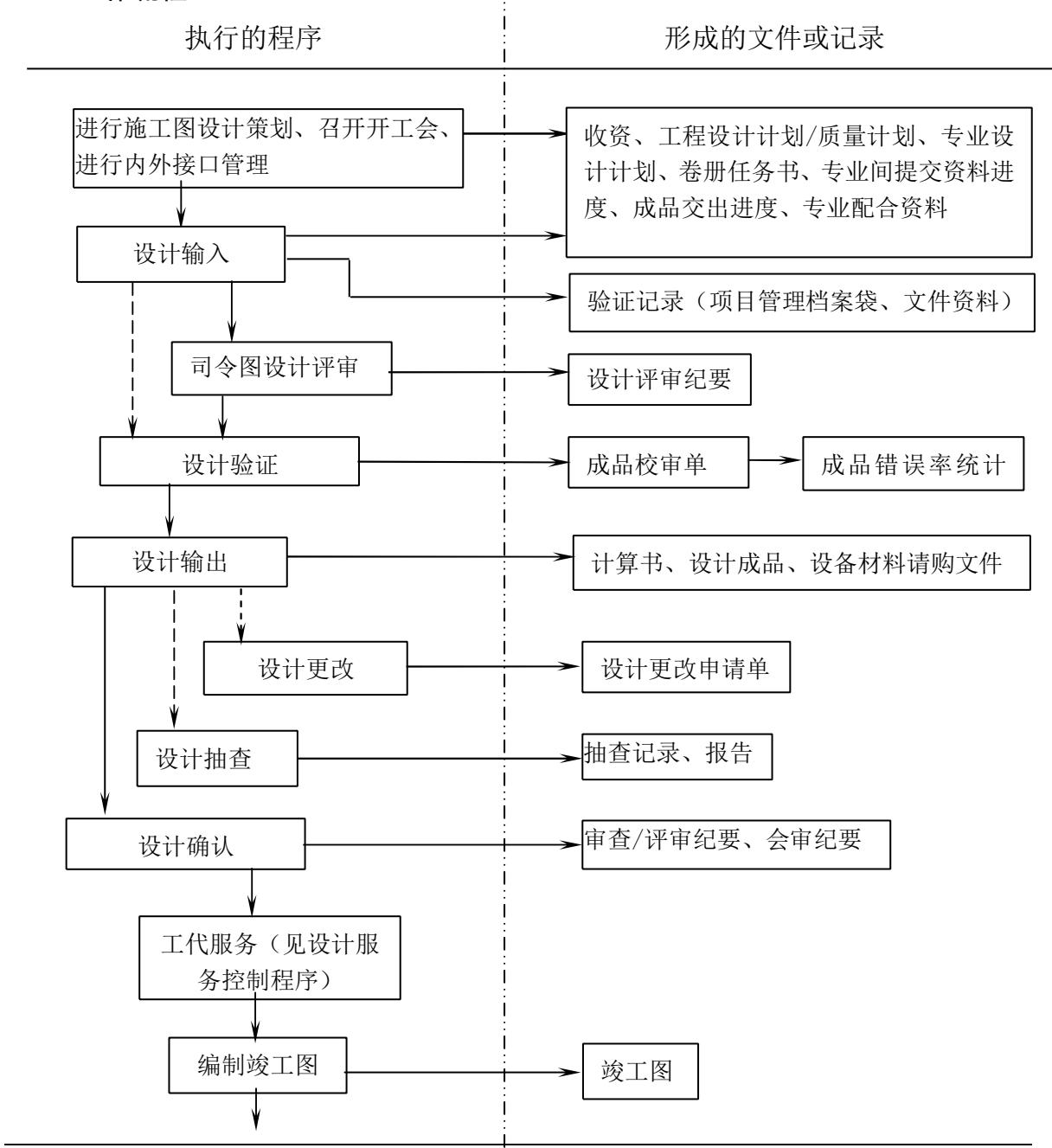
### 3.3 施工图阶段主设人工作流程

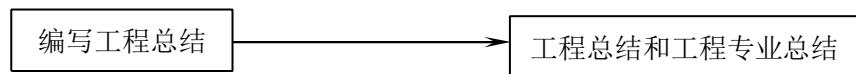
#### 3.3.1 工作内容

《国家电网公司输变电工程施工图设计内容深度规定(架空输电线路)》Q/GDW 381.4-2009。

公司管理程序文件《设计、咨询控制程序》Q/HB 2-L2.15-2010

#### 3.3.2 工作流程





注：“---”表示不是所有工程所有设计阶段都有的情况具体规定，见本程序相关条款。

图 3-3 施工图阶段设计控制流程图

### 3.3.3 设计策划

3.3.3.1 主设人及主任工程师参加设计经理主持召开的开工会。听取设计经理介绍工程情况，布置设计任务，宣讲设计计划；结合项目特点提出本专业设计问题，由项目经理解答。

3.3.3.2 主设人负责编制施工图阶段“专业设计计划”，该计划由主任工程师批准后发布实施。

3.3.3.3 “专业设计计划”的编写内容

参照项目经理编制的《施工图设计计划》编写。对计划中未列入的以下项目应进行补充：

(1) 设计依据文件和主要标准：

送电电气专业采用但计划中未列入的标准，同时应写明文件编号、名称、发文单位和时间。

(2) 初步设计路径协议汇编及遗留的问题。提出需要补充或完善的路径协议。

(3) 初设评审纪要中确定的路径及协议、气象条件、导地线型号及参数、污区划分、绝缘配置、空气间隙（包括海拔修正）、金具串型式、防雷接地方案。

(4) 本工程采用的塔型及规划。

### 3.3.4 外业终勘定位

#### 3.3.4.1 定位手册

在外业终勘定位前应编制定位手册送电电气部分，定位手册作为外业定位时的设计依据应保证所有资料和数据准确无误。定位手册需要经过校核及主任工程师审核后下发到设计人员手中。特别需要注意在定位手册中应根据质量体系文件要求加入外业环境及职业健康方面的要求。定位手册具体内容及要求见附件 1。

### 3.3.5 设计接口

施工图设计阶段主要工作是，因此专业设计接口以满足设计要求的内容为主。

### 3.3.5.1 与项目业主的接口

与项目业主之间的文件及资料交接均需通过项目经理并经过项目经理确认。

### 3.3.5.2 设计专业间接口

专业设计接口的职责划分应执行《电力勘测设计专业分工规定》。按照《电力勘测设计专业间联系配合规定》要求的内容进行专业提资，提资内容及进度由项目在设计计划中明确。应以 PW 形式进行专业互提资料。

对以假定资料提出的专业配合资料，提资方应在资料首页上标识“假定”，并在资料中注明哪部分为不确定内容。对提出正式资料代替假定资料或提出新版专业配合资料时，提资专业应在资料中注明与上版资料不一致的地方。

初步设计阶段，送电电气提出或接收的专业配合资料主要包括：

表 3-3 施工图阶段主要专业配合资料

序号	资料名称	提交专业	接受专业
1	测量任务书	线路电气	勘测测量
3	测量资料	勘测测量	送电电气
4	杆塔规划及铁塔单线图(采用典设或已有塔型)	送电结构	送电电气
5	杆塔规划、间隙圆、负荷(新设计塔)	送电电气	送电结构
6	杆塔明细表(至少包括塔号、塔型呼高、塔位高程)	送电电气	送电结构
7	杆塔降基面(至少包括塔号、塔型呼高、降基面)	送电结构	送电电气
8	分歧塔基础分坑示意图(注明横担和分坑角度)	送电电气	送电结构
9	挂点配合资料(已有塔型)	送电结构	送电电气
	挂点配合资料(新塔型)	送电电气	送电结构
10	耐张塔挂板倾角(如采用 GD 挂板可不提)	送电电气	送电结构
11	变电(换流)站出线平面布置图	变电电气	送电电气
12	变电(换流)站出线纵面图	变电电气	送电电气

注：以上配合资料如与初设阶段相同需重新提供或经提出专业确认。

### 3.3.5.3 技术规范书及技术协议

对设备材料厂家设计及接口控制应执行《设备材料厂家设计接口控制规定》。

#### (1) 技术规范书的编制

设备材料招标书/技术规范书分级管理。

A 级：重要设备，如：发电厂、输电线路、变电站等项目中由多个专业共同制定供货原则的主体设备，如锅炉、汽轮机、发电机、空冷岛等。

B 级：成套设备，如：发电厂、输电线路、变电站等项目中的包括二个以上专业共同制定供货原则的设备材料，如制氢站等。

C 级：一般设备材料，如：发电厂、输电线路、变电站等项目中的单一专业设备。

除个别在线监测装备需与系统通信专业配合，属于 B 级计算书外，其它送电电气专业负责编制的技术规范书均属于 C 级规范书。

送电电气设备材料包括如下内容：

- a) 导地线；
- b) 导地线绝缘子；
- c) 金具；
- d) 光缆；
- e) 在线监测装备；

B 级设备材料招标书由设计人编写，各专业主设人校核，主工审核，设计经理批准；其他设备材料由设计人编写，主设人校核，主工批准审核。设备材料招标书/技术规范书校审责任见表 3-4。

表 3-4 设备材料招标书/技术规范书校审责任表

序号	主要校审内容	主设人	主任工程师	设计经理	主管总工
1	符合国家法令、法规、工程建设标准强制性条文有关规程、规定。	√	√	√	√
2	符合专业有关规程、规定。	√	√		
3	原始设计条件、供货范围、接口分界正确、清楚，符合公司规定。	√	√	√	√
4	符合合同要求和上一设计阶段设计确认意见或结论性意见。	√	√	√	
5	符合本设计阶段设计评审意见和业已确定的原则。	√	√	√	
6	编排组织有条理，主次分明，重点突出，叙述简练。	√	√		
7	内容叙述及数据等与图纸和计算书相符。	√	√		
8	技术资料交付要求齐全、明确、合理。				
9	字迹清晰，文字通顺，用词确切，标点符号及计量单位使用正确，编写格式符合公司规定。	√	√		

## (2) 技术协议的签订及管理

技术协议由设计方、顾客/总承包项目部和设备、材料厂家根据设备材料招标书/技术规范书、澄清文件和设备、材料厂家的投标书编制完成。主设人负责对技术协议签定。

在签订合同过程中，作为合同附件的技术协议若对原设备招标书/技术规范书招标书中的重要技术参数和要求发生变化时，B 级设备技术协议应告知设计经理，并得到同意后才能签署；C 级设备技术协议应告知专业主任工程师，并得到同意后才能签署。

技术协议签署完成后，各方代表及设计各专业参加人员在签署页签字，同时根据业主要求进行小签。

## (3) 设计依据资料的验证

当业主/总承包项目部委托我公司/勘测设计工程部对设备、材料厂家的设计文件进行验证或确认时，对应**B** 级设备的设计文件由主任工程师对其设计成品组织验证；对应**C** 级设备的设计文件由相应专业的主设人对其设计成品组织验证。

设计验证由主设人进行，验证主要采用校审（与设计输入进行核对、与已证实的类似设计进行比较、核算、变换方法进行计算）等方法，验证设备、材料厂家设计成品是否满足设计输入和分工、接口的要求。验证应填写“成品校审单”，设计经理将验证意见汇总，并书面通知业主/总承包项目部、厂家，由厂家设计人员应按校审意见逐项返工修改；在厂家修改后，我公司的主体专业和相关专业应进行再确认，确认无误后，根据业主要求在其设备、材料厂家设计图纸上签字或盖我公司的“咨询章”（见《勘测、设计产品标识、防护和交付控制程序》）。

当设备材料厂家的设计文件作为我公司的设计输入资料时，应对设计接口及资料进行验证（设备、材料厂家设计范围内的设计图纸、计算等的质量和安全由设备、材料厂家负责，验证人同上），发现问题应向厂家提出，要求其修改。如业主/总承包项目部另有委托进行设计确认，按照具体要求进行验证。

**主设人应将签署完毕的技术协议进行拷贝归档，如不能及时取得应通知厂家提供并跟踪。应依据签署生效的技术协议进行设计。**

### 3.3.6 设计输入

本项目初步设计审查/咨询意见。

相关专业提供设计依据资料。

设备厂家提供的设计资料。

### 3.3.7 设计输出

3.3.7.1 施工图设计阶段提供外专业资料项目见本章节表 3。

3.3.7.2 施工图设计内容及深度要求见本手册 2.3 部分。

### 3.3.8 设计评审

设计评审由项目经理统一安排。

公司、各个工程部根据需要适时开展施工图抽查工作，该工作按照公司相关流程进行，主设人配合完成。

### 3.3.9 设计验证

3.3.9.1 设计验证应按照计划进度的安排，主要采用校审（与设计输入进行核对、与已证实的类似设计进行比较、核算、变换方法进行计算）等方法，验证设计成品是否符合设计输入的要求；设计内容是否完整、正确、经济、合理、安全可靠、节能环保。

对设计成品（包括活用图、套用图）应进行自校，自校完成后按照设计计划流转全校人进行校核，校审批应填写“成品校审单”，按《成品质量要求及评定规定》如实判定错误性质，统计错误数量。

设计人员应按校审意见逐项返工修改，并在成品校审单上标识修改情况和签字。

在设计人员修改后，校审人员应进行校对，确认无误后在成品上签署。

对设计成品应按照规定的校审环节和经批准人签署后，方可作为交付顾客的正式设计产品。若顾客急需图纸，而设计内容没有最终确定或没有按照规定完成各项校审、会签和批准，这样的图纸不能用于正式施工。

### 3.3.10 出版

一般施工图卷册在按照质量体系文件要求审批完成后，由项目经理统一安排出版。

### 3.3.11 设计归档

施工图卷册完成后，按照项目合同提交项目业主，纸介质施工图卷册及电子版按照公司规定归档。

### 3.4 施工现场设计服务及管理工作

#### 3.4.1 施工现场服务流程

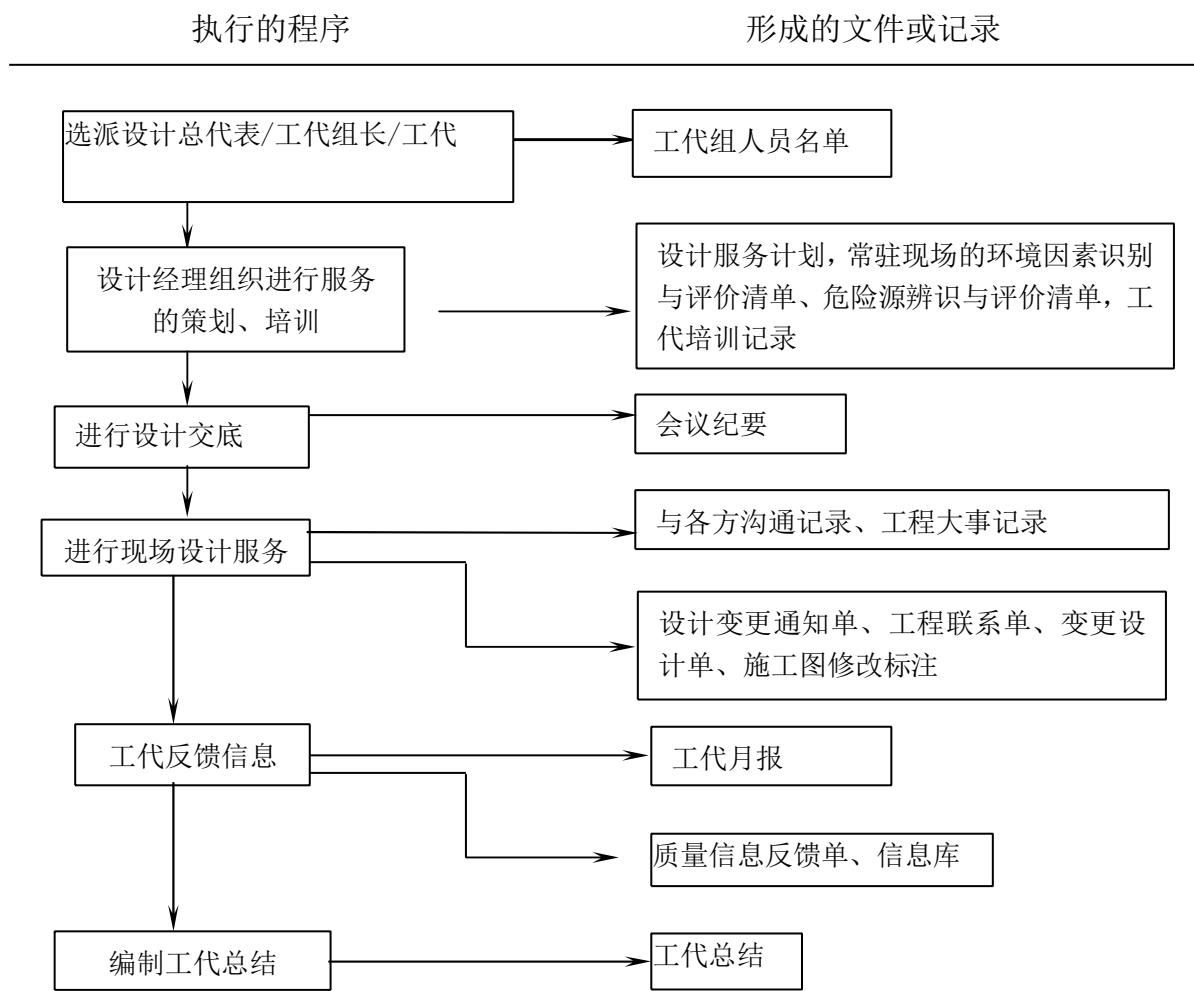


图 3-4 施工现场服务流程图

#### 3.4.2 设计服务策划

##### 3.4.2.1 一般要求

- 1) 项目设计经理负责施工现场设计服务的策划和领导;
- 2) 设计经理应根据业主/总承包方的要求、施工需要, 组织、安排工代进驻施工现场。

##### 3.4.2.2 设计服务人员安排

- 1) 设计经理应在施工图启动或适当时, 要求各专业室提出本工程工代名单, 一般安排主设人或参加并熟悉本项目的设计人员担任工地代表。

- 2) 工代人选由室主任结合全室工程项目情况推荐。
- 3) 设计经理应以书面形式将工代组长及工代组人员名单,由设计经理批准签署后,报送业主项目部。
- 4) 工代进驻施工现场的时间应与业主项目经理商定,服从施工现场需要。

#### 3.4.2.3 现场设计服务计划的编制

对发电工程需设置常驻施工现场工代服务组的项目,在现场服务开始时,工代组长配合设计经理编制本项目的施工现场设计服务计划。

#### 3.4.3 设计服务管理

3.4.3.1 工代受项目经理、工代组长和本专业室的双重领导;工代组长应负责对工代的施工现场管理。

设计经理应在工代赴施工现场之前,向工代介绍现场情况、工代服务的内容以及现场的工作和生活环境,提出工作和安全要求。

工代赴施工现场之前,本专业主设人应向工代全面介绍工程设计情况和设计遗留问题,包括假定资料未闭合的问题。各专业室应安排一定时间让工代熟悉本专业工程图纸、计算书和原始资料,了解专业之间的接口,提前发现设计问题。在设计服务中,专业主任工程师、主设人应对工代工作给予专业技术支持。

专业室需要调换工代人员时,需事先征得设计经理同意,并由设计经理书面通知并批准签署后,报送业主项目部。工程需要时应等到继任者到达现场,并交接完工作后方可离开。

3.4.3.2 工代组长除应做好本专业工代工作外,还应协调专业之间的关系,督促和检查各专业工代贯彻执行本规定,并代表公司参加现场各种综合会议,与业主、施工、监理和调试单位共同处理综合性技术问题。

3.4.3.3 工代到达现场,工代组长/设计总代表应记录考勤。工代离开现场时,应征得工代组长的同意,在工程验收、调试等关键阶段需得到现场主管部门领导人的准许、并妥善处理好工作后方可离开。工代组长离开现场时,应征得设计经理同意,并得到现场主管部门领导人的准许,而且要向指定的负责人交待好工作后方可离开。

#### 3.4.4 工代设计服务标准

3.4.4.1 工代思想认识要求:充分认识到工代的现场服务工作无论对于本公司承担

的勘测设计项目还是总承包项目都是整个建设过程的重要环节，是为业主及相关参建方技术服务的重要体现，是本公司对工程建设进一步履行质量保证职责，控制工程造价的重要途径。

3.4.4.2 工代服务态度要求：积极、热情、周到、及时地为业主及参建各方服务。对业主方提出的问题不能推诿，要急工程所急，积极、主动解决，即使不是设计的问题也应协助解决。在不违背法规、强制性标准、投资控制的前提下，尽可能满足业主要求。要尊重现场领导和参建各方人员，和谐沟通，与业主方、施工、调试、监理等单位建立融洽的关系，努力维护公司声誉。

3.4.4.3 工代技术要求：充分掌握设计原则，理解设计意图，在熟悉设计图纸的基础上，应具备：向业主、施工和监理单位进行技术交底的能力，解释设计意图的能力，指出施工图中要注意的技术问题的能力；并能对设计问题，进行正确、及时、妥善地处理、解决。

3.4.4.4 工代处理问题要求：及时了解施工进度，对即将施工的图纸事先进行检查，发现问题应认真做好施工图的修改，力争将图纸上的差错消灭在施工之前；对现场有关单位提出的意见和建议，要认真及时地进行研究、处理；掌握重要设备到货情况，负责对设计接口确认，核对其与设计的符合性。

工代应深入现场了解工程建设中设计文件的执行情况和施工质量状况，发现不符合设计要求，降低标准，降低质量等行为，应主动提出纠正意见，必要时可以书面通知业主方、施工单位、监理。

3.4.4.5 工代组的各专业工代之间要团结协作，相互协助，遇事不推不拖，对任何问题都应先接下来，再转给相关专业进行处理。

3.4.4.6 准备工作要求：认真接受工代培训，明确工代的任务、职责、工作要求和方法，熟悉有关的规章制度。

工代应在赴现场的时候，将需用的规程、规范、报表、资料、图纸和工具等物品一并带往现场。

### 3.4.5 工代设计服务主要工作内容

#### 3.4.5.1 设计交底

在施工前，由建设方或监理组织设计交底。由主设人或该交底图纸的卷册负责人向业主方、施工和监理单位进行设计交底。主要是介绍设计原则、解释设计意图，强

调施工中应注意的问题，设计交底应形成设计交底纪要。

在施工准备中，主设人或工代参加由建设方或监理组织的图纸会审，对各参建方提出的问题、要求进行解释、答复，并配合建设方或监理单位形成图纸会审纪要。

### 3.4.5.2 施工现场设计变更

1) 工代在现场发现设计问题时，应以“设计变更通知单”（见表 3-5、表 3-6）的方式通知业主方、施工和监理单位，“设计变更通知单”应由该专业的主设人和工代提出。对工代提出的重要设计变更（A 级图的设计变更），应经主设人同意，主设人应在“设计单位”栏内工代签署的后面签署。

注 1：“设计变更通知单”（表 3-5）适用于业主/总承包方未要求设计院完成施工图决算；

注 2：对设计变更单，当业主/总承包方有规定格式时，应满足业主/总承包方的要求。

2) 当不需要工代常驻现场时，对发现的设计问题，主设人/工代应及时提出设计变更，并用扫描、电子文件网上传递等方式传递到现场。

表 3-5:

## 华北电力设计院工程有限公司

## 工程\_\_\_\_\_专业设计变更（变更设计）通知单

编号： 提出日期 年 月 日

卷册名称		图号	
变更性质(在□上打√)	1) 设计质量问题 2) 专业配合问题 3) 设计改进 4) 设备资料变化或材料代用 5) 其他外部原因引起的设计变更		

变更内容：

相关专业会签：

变更费用估算：

技经代表：

签名及日期	设计单位	设计监理	施工监理	业主/总承包方	施工安装单位

注 1：增加投资 5~10 万元（不含 10 万元）时设计经理审批签署；

注 2：增加投资 10~50 万元（不含 50 万元）时公司主管总经理审批签署。

表 3-6:

华北电力设计院工程有限公司  
工程\_\_\_\_\_专业设计变更（变更设计）通知单

编号：\_\_\_\_\_ 提出日期 年 月 日

卷册名称				图号	
变更性质(在□上打√)	1)设计质量问题	2)专业配合问题	3)设计改进	4)设备资料变化或材料代用	5)其他外部原因引起的设计变更

变更内容：

相关专业会签：

签名及日期	设计单位	设计监理	施工监理	业主/总包方	施工安装单位

3) 对本公司承担的勘测设计项目，涉及下列设计内容变更时，其审批权限如下：  
(当业主有规定时，应执行业主的规定)

- a) 凡增加投资超过 50 万元(含 50 万元)的单项设计变更，应经公司主管副总经理批准；若与上级主管单位批复有重大原则变更时，需报原批准单位审批后方可实施；
- b) 凡增加投资 10~50 万元(不含 50 万元)的单项设计变更，应向设计经理请示，并报公司主管总经理审批；
- c) 凡增加投资 5~10 万元(不含 10 万元)的单项设计变更，应向各专业主工请示，并报设计经理审批。

对业主/总承包方没有委托我公司做施工图决算的项目，对设计变更的费用一方面需要现场工代做初步估算，估算增加投资超出上述标准时，应按规定审批。对我公司承担的工程总承包项目中设计变更的费用控制，总承包项目部进行监控。

4) 对于需要改变项目核准批复、初步设计等前期审查意见、支持性文件所确定的原则、范围、方案或规模、主要设备规范的，必须在收到业主的委托书和业主取得原工程审批单位审定意见后，才能完成变更设计。

5) 概预算主编人应根据业主/总承包方的委托或要求，对设计变更引起的投资变化进行费用核算，填写变更单，并签署（见表 5-1）。

6) 工代在现场因设计原因进行修改和补充设计图纸时，一般情况采用“设计变更通知单”（见表 5-1 或表 5-2），当业主有要求时应按其要求执行；但同一工程中“设计变更通知单”的格式应该统一；若业主/总承包方要求在设计方签字处盖公司公章时，应按公司用章规定，经工程部领导批准领用“勘测设计章”。

设计变更引起其他专业设计修改时，还应提交专业间配合资料；对设计变更的内容应参照公司的《电力设计图纸会签规定》，请相关专业会签。

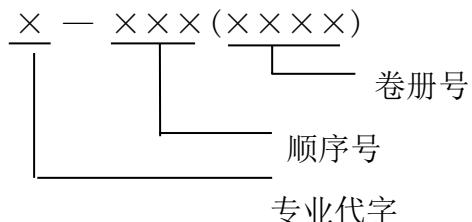
7) 工代在填写“设计变更通知单”中的“变更性质”一栏时，应针对设计变更的具体性质准确地在相应的方格中打“√”。

变更内容应表述清楚：涉及图纸修改的，应注明修改图纸的图号；变更增减的工程量或设备、材料规格、数量应计算准确，必要时应附图。

一份“设计变更通知单”一般应针对一个卷册的内容进行变更。

8) 对不能直接绘在“设计变更通知单”中的图，需另外附图时，应编附图图号；图号应与该“设计变更通知单”的编号一致，并在编号后注明“附图 1、2、…”。

9) “设计变更通知单”应按下列要求统一编号：



如原图修改过多，或整个卷册有较大的变更需重新出图时，编号办法应执行公司颁发的《成品编号规定》。

送电电气设计变更通知单编号举例如下所示(工程号: W300-S424S, 第 5 号变更, 第 3 卷第 1 册):

W300-S424S-D-05(A0301)

10) 因“设计变更通知单”的变更内容所涉及的范围不同，份数也不尽相同。除工代必须自留一份外，送业主/总承包方、施工单位、设计监理/施工监理、城建档案馆等单位的份数，由设计经理与有关单位协商确定。

“设计变更通知单”由工代在准备自留的一份上盖“工代专用章”(样式见《勘测、设计产品标识、防护和交付控制程序》)后，先送给业主/总承包方，由其负责找各方签字后发给使用单位，并返还盖“工代专用章”的一份给工代。工代应对送出及返回的“设计变更通知单”进行登记、保存和归档。

11) 业主/总承包方、施工单位要求修改或变更设计的，应由要求修改或变更的单位填写“工程联系单”或“变更设计单”(可用表 5-1 格式)等。有关专业工代应对“工程联系单”或“变更设计单”进行认真的研究和必要的复核，对正确、合理的要求且在工代职权范围内的工代可签字认可，待各单位签署意见后，留存一份，并进行登记和归档。

12) 工代对发现不符合设计要求，降低标准，降低质量等行为，应主动提出纠正意见，必要时书面通知业主/总承包方、施工、监理单位，同时向设计经理汇报。对施工质量问题的处理，由施工单位负责填写“工程联系单”。

13) 对本公司承担的总承包项目的设计变更费用控制等，应执行公司颁发的相关规定。

14) “设计变更通知单”中的设计变更内容，工代应及时记录在工代专用的施工图上。

15) 在工程建设过程中，各专业工代应注意收集工程设计技术质量信息和设备、材料质量信息，定期向本专业室反馈。

### 3.4.5.3 现场情况汇报、问题请示及处理

1) 工代组长/设计总代表和各专业工代，应在当月的月底前向设计经理和专业室提交工代月报（见表 3-7）的电子版文件，以邮件方式主送设计经理，抄送专业室、本专业主设人。

注：本月没有设计服务工作内容的工代，可不写工代月报。

2) 对工代请示的专业技术问题，由主工、主设人协助处理；综合性问题由设计经理组织处理；并将处理意见及时用电话或传真的方式给予工代答复；工代应保存电话记录或传真文稿。需要时设计经理、相关专业的主任工程师/主设人应赴现场处理问题。

在施工调试、试运行的关键时刻，项目经理/相关专业主设人应视调试需要及时到现场进行设计服务。

工程设计主管总工应对施工现场设计服务进行必要的技术指导，应参与重大问题的研究处理。

3) 在工程建设中发生设计重大质量事故时，工代应于 24 小时内采用电话或传真的方式向设计经理（对总承包项目，还应报项目经理）报告，设计经理、各专业室在接到工代的报告后应及时组织相关专业主设人、主工，进行调查研究分析，并按公司颁发的《事故及事件调查、报告、处理程序》处理。

### 3.4.5.4 参加施工质量验收

1) 有关专业的工代应按照业主规定的要求，参加单位工程、分部工程质量验收，提出验收意见，在质量验收记录中签字。

2) 工代对需要参加验收的重要的隐蔽(如地下、水下等)工程的施工情况，应积极配合施工主管部门加强监察，作好必要的施工情况记录。

### 3.4.5.5 迎接质量监督检查

1) 设计经理应按照业主/总承包方的安排和《电力建设工程质量监督检查典型大纲》对阶段性检查的要求，在质监站阶段性检查之前，对《强制性条文》执行情况和工程实体质量及技术文件、资料进行自查、预监检。

表 3-7:

## 华北电力设计院工程有限公司

## \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 专业工代月报

工程名称				日期		
工 代			工代组长			
当月发生设计变更份数	份	当月设计变更起止编号				
本专业的主要施工和施工进度情况:						
当月主要设计变更情况汇报:						
业主、施工单位、监理对设计的意见和建议:						
本月设计变更性质统计	序号	变更性质	数量	序号	变更性质	数量
	1	不符合设计依据文件、资料或应用资料错误		7	活用套用图纸错误	
	2	不符合规程、规范、规定		8	设计漏项	
	3	设计不合理		9	专业配合及接口	
	4	设计深度不够		1 0	设计改进	
	5	计算错误、数量统计错误或标注错误		1 1	设备资料变化或材料代用	
	6	选择设备、材料错误		1 2	其他外部原因引起的变更	
注 1: 此表一式 2 份, 每月月底前, 分别交设计项目经理和专业室。						
注 2: 设计依据文件、资料包括设计合同、上级审批文件、业主提供的资料、设计策划和评审文件、专业配合资料、勘测报告等。						

2) 在质监站检查组的检查之前，项目经理应组织编写迎检汇报材料，报告的主要内容为：工程设计概况和技术特点，设计指导思想和工作原则，设计质量控制措施；设计技术支持和工代现场服务的情况；发生的重大设计变更和处理结果；对工程质量与设计规定符合性的评估；遗留设计问题和处理计划等。

3) 在质监站检查组的检查之后，项目经理应按照检查组的意见组织整改，以满足项目质检验收要求。

#### 3.4.5.5 工代总结

工代总结应包括下列主要内容：

1) 工代经验教训小结（工艺专业包括设备试运的经验，各专业今后应注意的问题与建议）；

2) 工代在施工前事先发现的主要问题小结；

3) 设计变更分类统计表；

4) 卷册设计变更内容登记表；

5) 工程联系单的分类统计；

6) 图纸会审意见的统计；

7) 其他与设计相关的内容统计（如洽商等）；

工代总结由主任工程师审核、项目经理审批签署。

#### 3.4.5.6 文件控制

1) 各专业工代应建立项目管理档案袋，对工代服务阶段个人经手的文件、资料、设计变更、变更设计、工程联系、洽商通知单等妥善保管。

2) 各专业工代应在设计服务结束后，将工程施工中形成的文件、记录、总结，按公司的《电力勘测设计科技文件材料归档管理规定》要求及时整理归档。

### 3.5 竣工图阶段主设人工作流程

#### 3.5.1 竣工图设计策划

项目经理对竣工图的编制应制定计划，按照《电力工程竣工图文件编制规定》和顾客要求，确定编制范围和计划安排，经设计部门主管经理批准后，下达至各专业。

### 3.5.2 竣工图工作的实施

竣工图一般应由主设人或工地代表负责编制。对没有更改的施工图采用活用的方式；对修改的施工图或增加的图纸，应对其内容是否符合“设计变更通知单”、“工程联系单”和设计更改文件等，由主设人校核，主工审定批准。若顾客有其他要求应满足顾客要求。

## 3.6 设计回访及工程总结主设人工作流程

### 3.6.1 一般要求

设计回访的时机一般安排在工程投产后半年至一年时间内进行，也可以根据项目及市场需要随时安排设计回访。设计回访的主要目的是通过与业主、施工、运行等单位进行回访座谈，了解顾客意见和建议，了解设计中存在的问题，提高项目及专业设计水平和设计质量。

设计回访的主要任务是听取业主、施工单位、监理、运行单位对工程设计的意见，深入了解工程施工、运行中设计非常好的地方和存在的问题、缺陷。对工程施工、运行中存在的设计问题，专业应以积极的态度进行原因分析，研究对策及落实措施；并填写回访记录。

### 3.6.2 设计回访工作流程

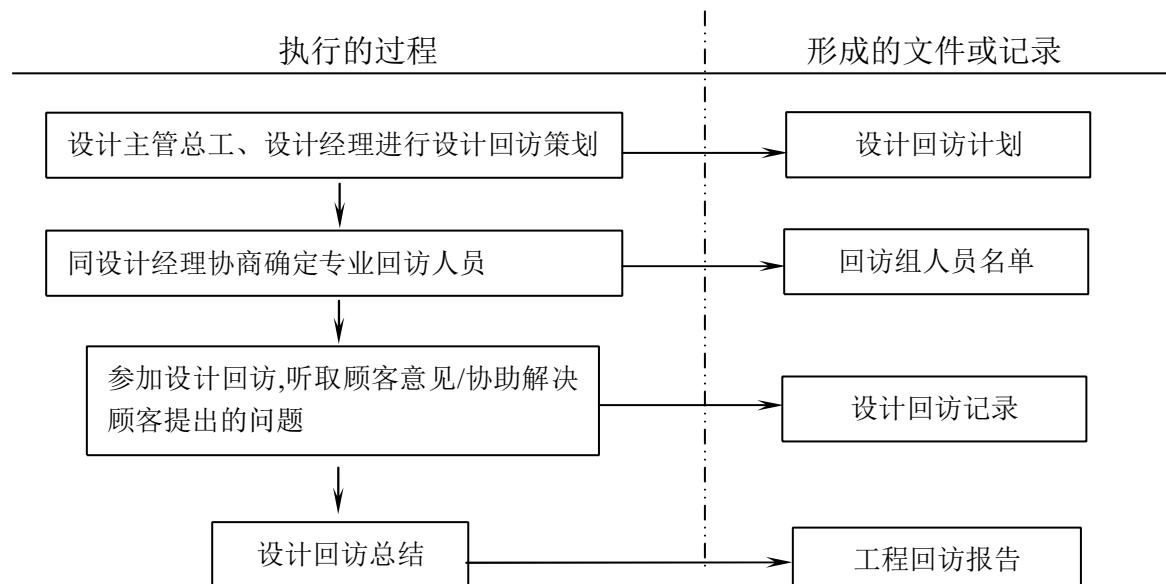


图 3-5 设计回访流程

### 3.6.3 设计回访的准备工作

3.6.3.1 工程设计回访由设计经理组织，主管总工主持，必要时公司领导参加。回访组由主管总工、主工、主设人、工代和技术质量及安健环管理部有关人员组成。

3.6.3.2 工程设计回访前设计经理应与被回访的单位商定回访日期，并请被回访的单位准备对设计的意见和需要解决的问题。

3.6.3.3 化学专业人员和回访时间确定后，参加回访人员应提前和回访业主对口专业人员联系，沟通回访目的和现场主要问题，回访人员可以同主设人及专业室主任提前策划协商问题处理意见，避免回访现场被动。

### 3.6.4 设计回访的主要内容

3.6.4.1 参加设计回访大会，设计院、业主、施工单位、监理等参加，按照会议议程完成会议内容。

3.6.4.2 按照回访分组安排，与业主、施工、运行等单位专业人员进行回访座谈，参观现场，了解顾客意见和建议，了解设计中存在的问题。

3.6.4.3 对回访座谈中提出的问题，与有关单位逐项落实，分析原因，提出对策，其中属设计本身的问题，应与业主和施工单位研究出可行的解决方案，并确定完成日期；属设计原则变更、规范规程改变，设备材料质量方面的问题，应请有关单位研究解决。

### 3.6.5 设计回访总结

3.6.5.1 现场回访结束后，项目经理应及时组织各专业按设计分工填写设计回访记录（见表 3-8）和起草专业回访报告，由项目经理汇总各专业回访报告和回访记录形成工程设计回访报告。工程回访报告编制完成后应由主管总工审批，出版下发，并应归档。

3.6.5.2 设计回访报告内容应包括：

- 1) 工程名称、回访时间、回访组成员及各专业负责人名单；
- 2) 工程规模；
- 3) 投运至回访期间内的主要运行指标；
- 4) 业主和其他相关方对工程设计的评价；
- 5) 存在问题及解决方法。

### 3.6.6 设计回访结果的应用

设计回访报告出版后，发至各专业室和主设人，并进行归档。专业室在质量会上应对工程回访搜集的技术、质量信息进行宣讲和交流，使全体专业人员了解问题，避免以后发生。

表 3-8：中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司设计回访记录

工程名称		负责人		回访日期	
参 加 人					
参 加 专业					
设计回访对策表					
序号	存 在 问 题	原 因 分 析	对 策 措 施	负责完 成人	完成时 间

## 4、主设人设计管理要点

### 4.1 设计审核要点

设计审核要点主要用于校核人和主任工程师在校审设计文件时所应重点关注的内容。具体内容见附件 1。

### 4.2 专业设计常见病、多发病

依据《国家电网公司输变电工程质量通病防治工作要求及技术措施》（基建质量〔2010〕19号）及工程设计中经常出现或容易发生的设计质量问题。其中，字体加粗项为《国家电网公司输变电工程质量通病防治工作要求及技术措施》中要求项目。

#### 4.2.1 路径

路径经过的规划区、开发区、林区、矿区、汇洪区和重要跨越（如：河流、铁路、重要公路、通讯线路、文物及风景区等）必须取得当地政府及主管部门的许可协议。

为防止工程中出现经过规划区、开发区、林区、矿区及重要跨越协议遗漏的情况，在工程前期协议收资工作中，协议人员应与电气主设人紧密配合，对于线路路径的调整及时进行反馈。另外，电气主设人及主任工程师对路径协议文内容进行仔细检查，对于前期未能取得的难点协议由电气主设人专门催办，并将协议进度及困难及时向业主汇报。如果协议取得非常困难，经业主同意与当地供电部门协调配合催办协议。

另外，在工程可研、初设阶段，利用航片、海拉瓦系统和 GPS 对路径方案进行了选择和优化，尽量避免线路经过敏感地区。

施工图阶段，在初设审批方案的基础上对局部不良地质段进一步进行优化，对于已取得的一些重要协议又进行了复核，确保路径协议万无一失。

在工程各个阶段，电气主设人作为路径协议负责人和责任人应对路径协议进行全程跟踪。

#### 4.2.2 气象条件

在可研、初设阶段，除对线路沿线各气象台站气象要素进行收资外，还应针对已

建线路进行收资，收资内容包括已建线路的设计气象条件及运行情况。

为进行防舞校核，在气象收资工作中还应同时收集冬季主导风向风玫瑰图，相关资料可从公司水文气象专业或气象部门收集。

#### 4.2.3 绝缘配合

在划定污秽等级时，应采用当地最新污区图。

在配置盘式绝缘子片数、复合绝缘子长度及空气间隙时，应进行高海拔修正。

#### 4.2.4 防雷接地

在确定铁塔地线头高度及地线光缆的安全系数时，应校验导地线间距是否满足相关规程要求。

根据华北电网有限公司规定，华北网公司工程接地电阻山区需满足  $15\Omega$ ，平地满足  $7\Omega$ 。工程接地装置设计中应注意。

以往工程中多次出现接地装置安装时接地板与塔材碰撞的问题，因此在设计接地装置时应与结构专业配合。

#### 4.2.5 交叉跨越

**重要跨越的杆（塔）位置的选择，应满足被跨越物所属行业的相关规定。**

在路径选择时，对于加油站等易燃易爆设施应满足规程规范相关要求。对于炸药库、化学品仓库等，还需要根据相关行业规定，调查其设计储量确定与线路之间的安全距离。

#### 4.2.6 关于变电站（或发电厂）进出线档各专业设计人员的配合

此问题在老线路改造工程中，设计人员最常见、也是最容易遗漏的，通常会给工程建设带来很严重的问题。变电站（或发电厂）进出线档的架线施工往往在工程末期进行，改造前的 220kV 线路导线大多为 LGJ-150—LGJQ-400 范围内，有每相单根或双根的，由于电力系统不断增容的需要，一般改造后线路导线截面比改造前的要大，或增加分裂根数（如，单根改为双分裂、双分裂改为四分裂），同时，变电站设备短路电流也在不断提高，根据地线热稳定要求选择的地线型号不断加大。如果厂站内部设备同期改造，线路和变电（或发电）各专业在进出线的配合一般不会存在问题，但仅在单纯的线路扩容改造时很容易发生彼此相互配合不到位的情况，以下就工程实际谈

谈送电和变电（或发电）专业配合上常发生的问题，以供广大设计人员参考：



• **问题 1：**原有变电站（或发电厂）之间多数为载波通信方式（即架构横梁上悬挂有载波器），220kV 线路进线档内有 2 相或 3 相引下线与 PT 或避雷器相连（一般为“两挂一座”），500kV 线路 3 相均有引下线，同时架构两侧各相还有跳线。当线路和变电站（或发电厂）不同期改造时，随新线路架设的 OPGW 仅作为预留光纤通道，原有架构的荷载能否满足新线路，这就要求对原有架构及基础进行复核，除新的导地线负荷外，尚需要考虑载波器的重量和引下线等重量。由于仅是线路改造，加上送电专业设计人员如果忘记提请变电（或发电）专业进行复核，这个中间肯定就会有问题。实际工程中，在送电前期变电（或发电）专业设计人员才发现，架构强度无法满足要求，以至造成工程必须采取适当补救措施，方能送电，但这也给设计单位也带来一定的不利影响。

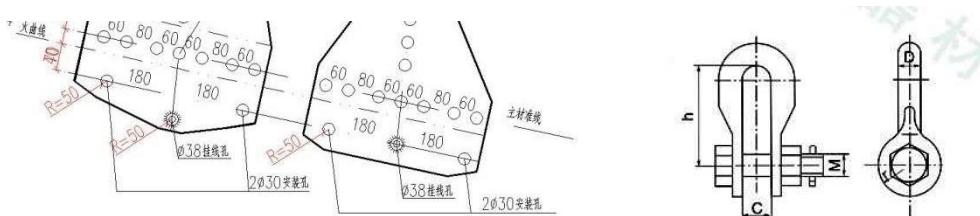
• **问题 2：**一般改造后线路导线截面比改造前的要大，或增加分裂根数，如：单根改为双分裂、双分裂改为四分裂，线路的改造也有单回路改双回路的，这就同时要求变电站（或发电厂）内部也应有相应配套更换设备的工作，如：原引下线长度不足、型号的变化，需要更换引下线、跳线以及其子导线间的并沟线夹等等。在“问题 1”中，送电和变电（或发电）专业彼此的校核工作有时尚能做到，但站内的更换设备工作却通常被设计人员所遗忘（应当补充在线路设计中），以至工程快送电时，当进出线档

导地线已经挂好，此时现场施工单位才发现，站外线路改造后，站（厂）内部分设备却连接不上了，需要重新采购设备，设计、施工、监理、甲方等诸多参建单位也因线路和变电的专业之分，均有各自不同的管理部门，短时间内造成一定的混乱，势必给按期送电带来不小的影响。

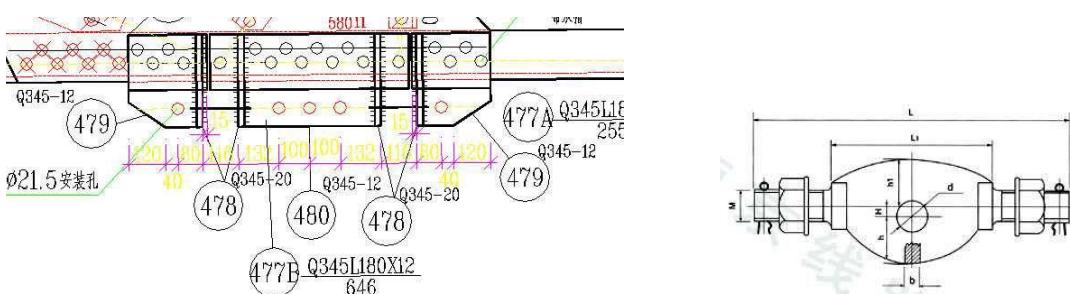
- **问题 3：**核实进线档内引下线间的距离。当旧线路为单回路，多数改造线路时多为双回路，此时由于导线排列方式的改变，会影响引下线间的距离，因此也需要提醒变电（或发电）专业设计人员对引下线进行复核。
- **问题 4：**部分老的变电站母线排列方式有带旁路的，送电专业人员在设计出站第一基终端塔时，需要考虑对旁母横梁上人操作时的安全距离。

为避免上述问题，各级设计人员应进一步加强内部各专业间的衔接，端正为甲方服务的思想态度，在日益更新的市场中不断提高自己的设计水平，就可避免或减少问题的发生，杜绝浪费，提高效益。

#### 4.2.7 关于铁塔挂点电气和结构专业设计人员的配合



耐张塔导线挂板——过去常用方式



耐张塔导线挂板——现在常用方式

**问题 1：挂点的孔边距**——设计人员常忽视，在铁塔设计的线路转角范围内，尤其是在

最大角度时，无论上述哪两种加工方式，第一个金具在最大角度时与塔上挂板是否匹配，采用的耳轴挂板靠近塔的端部与塔是否匹配，能否满足灵活转动的要求。

**问题 2：**目前铁塔种类较多，工程上铁塔选型不能完全单一个模块，个别还有单位设计的铁塔，铁塔挂点需要逐一核实。

**问题 3：**与直线塔联结的第一个金具螺栓长度的检查。铁塔一般难以改动，螺栓长度一般也是标准制件，但考虑螺母、垫圈、塔上厚度，校核螺杆长度是否满足要求。

**问题 4：**在线路改造工程常遇到，利用老耐张塔挂线情况，当新建铁塔较高，致使老耐张塔挂板需要变化的情况，如一般挂板向下活曲，而改造后需要修改向上。如不修改，造成与塔联结的第一个金具与原挂板碰撞。

**问题 5：**在以往铁塔应用中，不是所有直线塔都能够挂 2 个独立的悬垂串，个别是单挂点。

#### 4.2.8 关于金具串的设计

- (1) 金具联结处应避免“点”、“线”接触。看似简单却难做到。
- (2) 当使用大盘径绝缘子时，通过图解发现均压环支撑杆与伞裙距离过近。提醒设计人员，当使用大盘径绝缘子时一定要注意均压环的尺寸。
- (3) 大盘径绝缘子尚应考虑其槽深问题，安装碗头挂板后，与二联板之间距离不一定满足，尤其是考虑线路角度后，必要时增加一个金具以延长距离，满足与二联板不碰撞。

#### 4.2.9 关于导线相序设计

- (1) 导线换位立体图应由起点至终点连贯表述，且应与平面换位示意图出版在一张图面上。
- (2) 在变电所出线布置图中，应表示出终端塔导线相序情况（尤其是双回路塔），与变电专业汇签图纸内容。

#### 4.2.10 关于导、地线张力放松

导线和良导体地线控制张力可能出现在最大使用张力和年平均运行张力两种条件；当张力表受平均运行张力控制时，放松张力要将平均运行张力，不能单一的只将最大使用张力放松。

#### 4.2.11 各文件的一致性

设计文件有图纸和说明书，图文并茂综合描述设计方案和设备选型，讲述应该是  
一致的，设计人员常独立的设计，图纸设备选型和说明书不一致。

#### 4.2.12 加强对输入文件的校对

(1) 对勘测资料提供的资料，现场设计人员应注意核查，加强与测量人员的现场配合，  
避免现场资料的漏、缺、错，给工程造成不必要的损失，以及给单位和个人造成的负  
面影响。

(2) 加强注意发、变电等专业提供资料的时效性，及时跟踪资料的变化，及时调整线  
路相关内容。经常出现变电所和线路初步设计时间一致，但施工图阶段，出现线路设  
计超前、变电所设计滞后的情况，而变电所细微的变化有可能造成线路调整。

### 4.3 设计质量管理

送电电气室设计活动应严格招行本公司质量体系文件，特别应注意：

- (1) 主设人在工程启动时建立档案袋，工程过程文件及接口文件及时收集归  
档。
- (2) 校审单作为过程记录文件，必须在项目经理服务室进行记录，记录后进行  
归档。
- (3) 作为设计调整概算的最后机会应重视初步设计收口工作，加强和设总的配  
合。

### 4.4 设计进度管理

设计进度必须依据有效的项目经理设计计划手册执行，如因特殊原因无法按预定  
日期完成任务时，应提前通知室主任。

## 5 工程投标

### 5.1 概述

工程投标阶段工程投标的工要求同初步设计阶段的工作内容及深度基本相同，本节仅对特殊部分进行说明。

投标工作主要的特点是：时间紧、任务重、需求高。要求在有限的时间内完成标书规定的设计内容，并对工程设计思路及设计创新进行详细的阐述。

### 5.2 招标文件

招标文件是工程投标的主要设计依据，一般招标文件由标书、答疑、补遗文件组成，标书是统一发放的文件，答疑和补遗是对标书中论述不详细部分的补充解释。

标书一般由三部分组成：第一册通用部分、第二册专用部分、第三册技术部分，三部分主要内容如下：

第一册 通用部分

**第一章 投标人须知**

第二章 评标办法（综合评估法）

第三章 合同通用条款及格式

第四章 投标文件格式

**第二册 专用部分**

第五章 招标公告

第六章 投标人须知资料表

第七章 评标办法资料表

第八章 合同专用条款

第九章 投标文件格式资料表

**第三册 技术部分**

第十章 工程规范、技术条件及图纸（变电工程）

第十一章 工程规范、技术条件及图纸（线路工程）

投标参见人应仔细阅读标书，对于标书中相应的规定应仔细推敲，建议由项目经理组织召开各专业的讨论。

答疑和补遗文件是投标过程当中随时由招标方根据各个投标单位的疑问进行的补充解释，主设人要仔细的阅读答疑和补遗文件，根据文件中的要求来完善标书。

### 5.3 投标文件的组成及深度

投标文件一般由以下文件组成：

**第一卷 开标文件**

**第二卷 商务部分**

第1册 商务资格证明文件

第2册 勘察设计费报价及计算书

**第三卷 技术部分**

第1册 技术方案说明

第2册 专题报告

电气专业主设人主要负责第三卷的编制工作，并配合商务人员编制第一卷和第二卷。

#### 5.3.1 技术方案说明及附图

技术方案说明及附图是对投标设计技术方面的说明，汇集了投标文件所有的技术问题，以哈密-郑州±800 千伏特高压直流输电工程一般线路工程为例，一般情况由以下内容组成：

第一章 投标技术方案响应表

第二章 设计优化及创新

1 路径优化

2 极间距优化

3 绝缘配置优化

4 鼠笼式刚性跳线的应用

5 杆塔规划的创新

6 大规格角钢的应用

- 7 高强地脚螺栓的应用
- 8 掘挖基础的深化研究
- 9 多回高压线路同走廊电磁环境研究
- 10 一回或多回特高压直流线路对埋地管线电磁影响

### 第三章 技术方案描述

- 1 总论
- 2 路径方案选择及优化
- 3 设计气象条件的选取
- 4 导线
- 5 绝缘配合、金具及防雷接地
- 6 导线对地及交叉跨越距离
- 7 杆塔规划及型式
- 8 杆塔结构设计
- 9 基础型式选择
- 10 环境及综合效益

### 第四章 采用新技术、新工艺、新设备的建议

- 1 积极采用新型材料
- 2 积极采用新型技术方案
- 3 深入开展设计优化

### 第五章 贯彻全寿命周期管理的措施、方案

- 1 全寿命周期管理的定义
- 2 特高压交流输电线路工程全寿命周期管理的目标
- 3 特高压输电线路工程全寿命周期管理的关键
- 4 本工程全寿命周期管理设计措施与建议
- 5 小结

### 第六章 工程现场协调经验和能力

- 1 综合协调能力
- 2 工程协调措施
- 3 丰富的特高压工程协调经验

#### 4 工程项目所在地的协调经验

#### 5 设计团队能力

### 第七章 设计进度安排及技术服务保障措施

#### 1 设计进度保障措施

#### 2 技术服务措施

### 第八章 设计团队技术人员情况介绍

其中“第二章设计优化及创新”是根据工程的特点和投标优化的具体内容编写，每个投标工程均有所不同，“第三章技术方案描述”的内容和深度要求同初步设计阶段。

#### 5.3.2 专题报告

专题报告是对某一技术问题深入详细的论述报告，每个投标工程根据工程的技术特点确定相应的专题，根据近期的投标情况总结，一般情况下招标文件规定必须有的专题及论述的主要内容如下：

##### **专题 1：路径优化专题研究**

包括但不限于以下内容：

1. 路径优化的原则；
2. 路径优化具体方案应与招标路径进行技术经济比较，说明经济效益和社会效益，填写招标路径基本方案和路径优化方案的“工程概况及主要技术经济指标表”，并提供优化方案与基本方案的主要技术经济指标对比表（格式参照“工程概况及主要技术经济指标表”）；
3. 说明本标段各种路径协议的办理程序，以表明投标人在本标段的协调能力；
4. 论述继承可研成果、完善路径协议所采取的设计控制措施。

##### **专题 2：气象条件专题研究**

包括但不限于以下内容：

1. 设计风速的论证；
2. 冰区划分的论证；
3. 微地形、微气象区的论证；
4. 导线舞动易发区的论证
5. 其他问题的论证

**专题 3：导地线选型专题研究**

包括但不限于以下内容：

1. 导地线选择原则；
2. 全寿命周期内的导线技术经济比较；
3. 新型导线应用分析；
4. 本工程推荐的导地线型式。

**专题 4：杆塔规划及经济档距研究**

包括但不限于以下内容：

1. 主要杆塔型式选择与分析；
2. 杆塔规划方法；
3. 杆塔优化排位；
4. 杆塔规划成果；
5. 经济档距、经济塔高分析。

**专题 5：基础型式选择和优化及环保措施研究**

包括但不限于以下内容：

1. 沿线地形、地质条件及基础受力特点分析；
2. 基础型式选择和优化的基本原则；
3. 推荐的基础型式；
4. 特殊地基处理措施及新型基础方案研究；
5. 环保措施分析。

**专题 6：杆塔结构设计优化**

包括但不限于以下内容：

1. 杆塔结构布置方案优化分析；
2. 杆塔节点构造设计方案及优化；
3. 杆塔选材设计研究
4. 杆塔结构型式推荐方案。
5. 推荐塔型单基指标及典型塔单基指标合理性分析。

**专题 7：主要技术经济指标分析及造价控制**

包括但不限于以下内容：

1. 杆塔钢材、基础钢材、混凝土及土石方（基坑、基面、接地）工程量单公里指标及其合理性分析；
2. 集中林区跨越长度，林木砍伐量；
3. 通道清理工程量统计分析；
4. 杆塔单公里基数及悬垂、耐张转角塔所占比例统计分析；
5. 投标基本方案与优化方案的技术经济比较；
6. 工程（本体）造价合理性分析；
7. 控制造价措施。

根据工程的具体情况不同，可以补充一些对于工程的优化设计有意义的新专题。

## 附件 1 设计及校审要点

### 1. 路径

路径选择宜采用卫片、航片、全数字摄影测量系统和红外测量等新技术；在地质条件复杂地区，必要时宜采用地质遥感技术；综合考虑线路长度、地形地貌、地质、冰区、交通、施工、运行及地方规划等因素，进行多方案技术经济比较，做到安全可靠、环境友好、经济合理。

路径选择应避开军事设施、大型工矿企业及重要设施等，符合城镇规划。宜避开不良地质地带和采动影响区，当无法避让时，应采取必要的措施；宜避开重冰区、易舞动区及影响安全运行的其他地区；宜避开原始森林、自然保护区和风景名胜区。

### 2. 协议

一般情况下，可研阶段中应收集以下主要路径协议：

(1) 规划部门：收集与路径有关的规划区范围，避免线路路径与城乡规划产生矛盾。

(2) 矿产管理部门：收集与路径有关的矿产资源分布及开采情况；明确矿产资源开发所处阶段（包括预查、普查、详查、探矿权和采矿权）；了解采空区位置及范围。

(3) 林业管理部门：了解林场分布、树种及自然生长高度；自然保护区范围；成片保护林分布位置及范围。

(4) 水利管理局：了解现有及规划水利设施，跨越主要河流时对方是否有其它特殊要求；了解湿地保护区分布位置及范围。

(5) 文物管理部门：了解线路附近已有文物保护单位及地下文物资源分布情况；明确文物勘察费用。

(6) 军事单位：收集线路附近军用机场、雷达站、收发信台、国防工程等军事设施相关资料，避免路径与军事设施产生矛盾。

(7) 旅游管理部门：了解所辖范围内风景区、旅游区范围、规划情况及避让范围。

(8)其它：调查民航机场、铁路、高速公路、输油（气）管线、炸药库（或易燃易爆设施）、地震（磁）台、高压线等对路径走向或工程投资有影响的设施分布及规划情况，在路径选择及工程投资估算中予以考虑。

(9)需要时取得政府部门协议。

在初步设计阶段，除落实以上路径协议外，还应取得乡镇协议。如有必要，相关规划或政府部门还应在路径图路径图或航片（卫片）上盖章确认。

### 3. 输入资料

输入资料必须保证为有效资料，即经过提出单位或部门的书面确认。特别是对于对工程方案影响较大的输入资料，如变电出线平面图、系统配合资料、技术规范书等。

### 4. 间隙圆及负荷

#### 4.1 间隙圆

- (1) 应标注工程名称、设计阶段、工程编号；
- (2) 标注使用塔型名称；
- (3) 标注主要气象条件：最低气温、平均气温、最大风速、最大覆冰；
- (4) 标注导线型号；
- (5) 标注海拔高度；
- (6) 标注绝缘子串控制尺寸；
- (7) 标注大风、操作、大气、带电风偏角及间隙值。

#### 4.2 杆塔负荷

- (1) 核实杆塔设计条件：LH、LV、LO、塔型数据、串数据；
- (2) 核实气象条件；
- (3) 核实导地线参数、安全系数；
- (4) 核实本负荷表适用范围。

### 5. 杆塔估算

A 根据地形图、航片、卫片等逐个耐张段进行杆塔估算。

B 控制整个工程的单公里铁塔基数、平均档距、平均耐张段长度。

C 控制单公里耗钢量，若比定额多或者少应由相应的解释，如线路长度、耐张塔比例、跨越林区、重要交叉跨越（高速铁路、铁路、高速公路、110kV 以上等级的电力线等）。

D 特殊交叉跨越的特殊跨越塔的估算。

E 耐张塔所占比例（路径复杂、需要独立耐张段情况）。

F 不同气象区铁塔（主要是不同风速、不同覆冰厚度）。

G 单双回路铁塔。

H 破口线路破口点铁塔、变电站的终端塔、换位塔等的估列。

## 6. 概算配合资料

A 工程概况中铁塔的使用数量和杆塔估算对应。

B 线路长度、地形划分和气象区的情况和杆塔估算对应。

C 导地线型号、污区划分同绝缘子串种类相对应。

D 金具串数量同铁塔数量形式相对应，应计算重要交叉跨越等需要挂双串的数量。

E 绝缘子数量同金具串数量对应，

F 防震锤、间隔棒、数量同线路长度、铁塔数量对应。

G 导线数量同线路长度对应，并考虑一定的弧垂、跳线的量。

H 普通地线和 OPGW 数量同线路长度对应，普通地线考虑弧垂，OPGW 考虑引入接头盒的长度。

I 接地工程量同铁塔数量、地形划分相对应。

J 特别事项列全由于工程特殊情况产生的费用，包含电力、通讯线路的拆改，一般树木、经济树木的砍伐及在林中立塔量，楼房、平房、采石场、蔬菜大棚、养殖场等的房屋拆迁，特殊的赔偿费用如防洪评估、压矿评估等，线路走廊内拆除机井、迁坟等数量。

K 路径协议中相关部门需要的赔偿等费用。

## 7. 材料清册

材料清册主要是对线路工程所涉及的导线、铁塔、绝缘子、金具及接地装置等材料量进行统计。在初步设计和施工图阶段不同阶段，其计算目的各不相同，在初步设计阶段主要用于投资估算及造价分析，而在施工图阶段主要用于材料统计便于业主订货。

因此在对于初步设计阶段材料清册的校审应以国网的《设计限额》标准为依据进行校核，出入较大的地方应有详细的指标分析及原因说明。设备材料表可分为材料编制说明和主要设备材料表两部分。材料编制说明包括：线路概况，线路电压等级、回路数、长度、导地线型号、分裂根数、气象条件、地形划分、海拔高度范围、污区划分、绝缘配置情况、重要交叉跨越统计、金具串统计、铁塔和基础形式、接地装置形式等。主要设备材料表则包括（a）导线、铁塔、金具串、绝缘子、耐张及悬垂线夹、间隔棒防震锤、重锤、接地装置等数量统计；（b）房屋拆迁、树木砍伐、电力线及通信线改造等其它可能发生的费用统计。

施工图阶段主要设备材料表要便于订货需，因此比初步设计阶段的材料表应更加细化，要注意以下几点：

- (a) 导地线重量要注意考虑施工损耗、高差及跳线引起的线长增加；
- (b) 光缆盘长要考虑有接头盒塔身高度的因素；
- (c) 绝缘子及金具数量按实际发生量分别统计，其损耗量要按国网标准考虑。

## 8. 施工招标量

编制施工招标量时主要包括以下内容：

工程名称、起止点、电压等级、回路数、全线路长度、本标段长度及区间、导地线型号。

基本路径走向、铁塔基数（直耐各基数）、途经县市名称、交通条件、各地形比例、气象条件、防污设计及绝缘子串形式。

交叉跨越统计量、拆迁统计量、树木跨越及砍伐统计量、接地统计量、电力线通信线拆改统计量。

相关图纸：路径图、绝缘子金具串组装图、接地图。

## 9. 定位手册

- (1) 工程概况说明应包含以下内容：

工程名称、编号，线路起止点，路径概述，地形划分、行政区划及主要交叉跨越情况等内容。

两端变电站进出线及线路换位情况

设计气象条件

导、地线型号及安全系数

污区划分和空气间隙

绝缘子金具串型及配置原则

杆塔型式及使用条件

(2) 终勘工作内容及主要原则应包含以下内容

选线工作内容及主要原则

定位原则和注意事项

定位裕度及 K 值选择

导线对地及交叉跨越物的距离

林木砍伐原则

房屋拆迁原则和注意事项

与电力线路、通信线和地下线路的交叉跨越

微地形微气象区（如果有）

重点校核内容

接地装置的选配

导、地线防振锤配置原则

间隔棒安装原则

导、地线接头

线路前进方向及定位编号

(3) 职业健康安全管理与环境管理应以最新发布的公司《质量、环境、职业健康管理体系文件》为依据，执行电网工程部最新发布的“危险源辨识与风险评价办法”、“环境因素识别评价办法”、“送电线路外业安全须知”及“送电线路外业环境保护须知”。

(4) 需进行直线塔水平档距折算及计算导线悬点应力曲线以方便现场定位。

附件 A

**送电线路（电气专业）杆塔定位现场记录表**

工程现场定位记录 记录人：

年 月 日

塔位点:	塔型呼称高:	基面:	
地形情况或简图:		交叉跨越及处理（后侧）:	
		交叉跨越及处理（前侧）:	
危险点描述、开方量估算:			
地质情况及接地:			
备注:			
注意:		第      页	
<ol style="list-style-type: none"><li>1、地形描述应详细，画出塔位及附近草图，说明塔位可移动情况。</li><li>2、危险点描述栏应记录风偏点位置、开方及弃土对附近环境影响情况等。</li><li>3、交叉跨越栏应记录主要交叉跨越物及拆迁范围、采石场、规划区等情况。</li></ol>			

4、现场应了解每档内的房屋跨越、树木砍伐或高跨设计等情况，并作好记录。

5、应作好局部污源的调查，如公路、砖窑、厂矿等零星污源点。

附件 B 导线张力弧垂表

附件 C 地线张力弧垂表

附件 D 直线塔水平档距折算结果及塔重

附件 E 悬点张力曲线

附件 F 对测量专业要求

## 10. 技术规范书

技术规范书应按照国网公司统一版本进行填写，考虑到其版本会进行更新，在填写技术规范书时应与项目经理、主工或室主任索取最新版技术规范书模板。

技术规范书作为正式提交设计文件应经过校核和主任工程师的校审方可提出。

因国网公司材料采购目录并非包括全部类型材料，因此在确定可研和初步设计所采用的装置性材料时应与最新版材料采购目录进行核对，以避免出现选取的材料在施工图阶段无法采购。特别是对于不同负荷等级的导线绝缘子应特别注意。

## 11. 塔位图、明细表及交叉跨越表

- (1) 杆塔使用条件确认
- (2) 直线杆塔塔头间隙计算及校核
- (3) 绝缘子串强度计算及校核
- (4) 导地线悬点应力计算及校核
- (5) 导地线悬垂角计算及校核
- (6) 耐张串倒挂计算及校核
- (7) 导地线上拔计算及校核
- (8) 交叉跨越间距计算及校核
- (9) 对风偏点距离计算及校核
- (10) 耐张塔跳线对地距离计算及校核
- (11) 导线的相间距离, 导、地线的线间距离计算及校核
- (12) 孤立档张力弧垂计算及对铁塔使用条件、交叉跨越距离的校核。

## 12. 砍伐及拆迁卷册

新建线路走廊交叉跨越物较多，走廊清理工作耗时、费力、且占用工程资金越来

越大的比例，为配合工程各参建单位，设计单位需要出具单独的“走廊清理卷册”，明确对线下跨越物的处理意见，合理整理出线路走廊需要清理的项目及其数量。

线路走廊清理一般有树木砍伐、房屋拆迁、低压线改造、水井的处理和地下管线的改造，近几年农用设施如蔬菜大棚、大面积葡萄园由于线路静电感应问题引发系列纷争，需要在设计阶段加以考虑。“走廊清理卷册”应明确和需要注意以下内容：

(1) 在勘测阶段，对设计输入资料的要求：

a. 走廊内各种树木均应标示树木品种、现有高度、行间株距，片林应明确树种范围，独树和零星散树也应标注在图纸上。

b. 对线路走廊内房屋应出具“房屋拆迁图”，图中注明房屋性质（含单位名称、对办公、住宅、仓库、简易建筑等进行区分）、建筑主要使用的原材料、房屋间数、建筑面积、院子、堆料场、工作操作场地等，按工程建设单位要求，是否需要在图中注明户主姓名。

(2) 在“走廊清理卷册”中，应按《110~750kV 架空输电线路设计规范》和各工程初步设计审核意见，明确走廊清理设计原则，同时尚应考虑地方对环境保护的特殊要求。

a. 明确各种树木自然生长高度，逐档附“平面图”并给出树木砍伐明细和数量，需要跨越的树木应注明范围，包括对独树和零星散树的处理意见。累计全线树木砍伐，苗圃以“亩”计，其他成树以“棵”计。

b. 塔基砍伐树木，应明确设计统计塔基砍伐占地大小，并附塔位处现场照片。设计与概算考虑塔基占地面积(含施工场地)应取一致：220kV 双、单回路塔均按 20m\*30m (宽 20m\*顺线长 30m)，500kV 双、单回路塔均按 30m\*40m 占地面积统计树木砍伐量。如果耐张塔比例较大，可按直线、耐张分别统计，根据工程实际情况，比较铁塔根开确定。

(3) 220kV 及以上线路，对需要改造的 380V 或 10kV 等低压线路，应注意在勘测阶段加大测量范围，提出改造方案和改线长度，必要时能够提出改线路径。

(4) 对大面积蔬菜大棚和葡萄园，一般存在金属物（如铁丝）对地绝缘情况，由于线路产生的静电感应问题引发系列纷争，需要在今后设计文件中交代需要接地处理。

(5) 在农村，线路沿线线下机井较多，机井洗井时需要搭架，一般 10 米高左右，

因此，综合考虑线路造价和对洗井架的电气距离问题，由于“洗井”与线路电气安全距离不足而需要关停，设计文件中“废除机井”、“拆除机井”用词均不妥当，运行单位、施工单位对“拆除或废除才”理解为“填埋机井”，这个费用很高。设计概算中因机井问题仅考虑少量补偿费用。

设计用词：“机井” — “作废”，设计解释：线下机井只要不存在洗井搭架行为或洗井操作高度限制 10m 以下，机井仍可控制使用。对机井如果距离不足，对井的所属人“限制洗井”行为，有约定的“协议废除机井”方式是可行的。

(6). 明确走廊清理时的施工注意事项。

(7). 设计不提供施工、运输通道砍树量，由经技统筹考虑。

(8). 图例

塔号

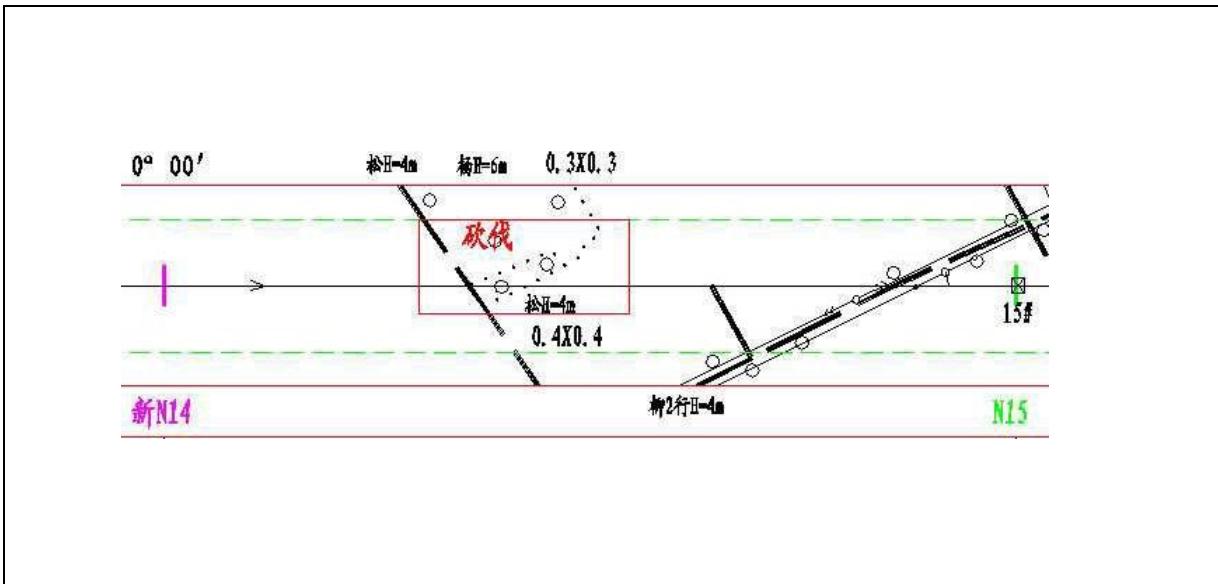
塔基树木砍伐

N7



树种            树高            株距            砍伐数量

杆塔号	树种	顺线长度 (m)	树高(m)	株距	数量(棵)	处理意见
新 N14-N15	松苗		H=4		0.8 亩	砍伐
	杨苗		H=6		2.6 亩	砍伐
	行柳		H=4			跨越



### 13. 机电施工图

#### (1). 张力弧垂及架线弧垂系数

具体参见电气专业计算——张力弧垂设计及校审要点。

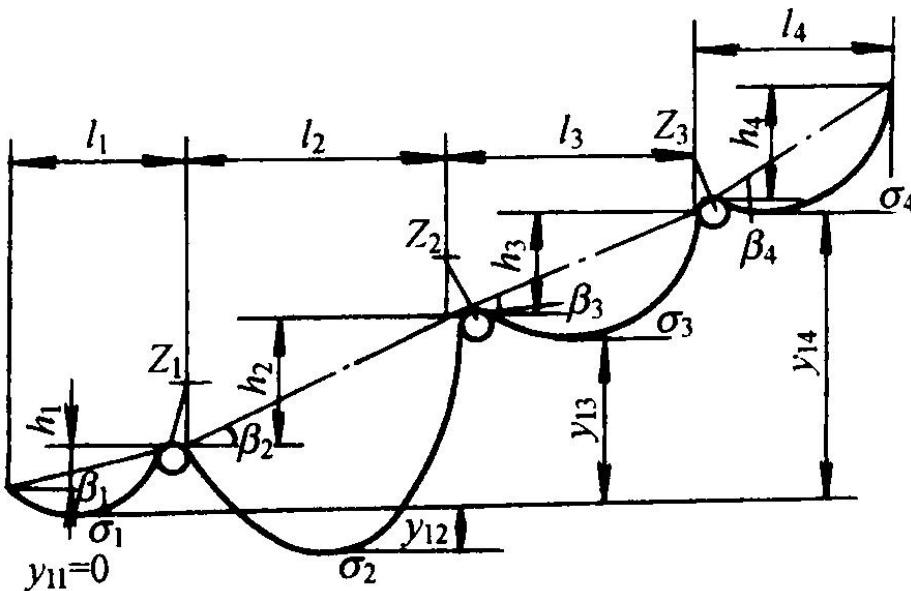
#### (2). 孤立档架线弧垂

具体参见电气专业计算——孤立档设计及校审要点。

#### (3). 连续上下山的导地线架线弧垂及线夹安装距离调整

架线施工时，首先是将导线和地线悬挂在滑车中，待架线弧垂观测完毕后，再移设到悬垂线夹内。当电线挂于滑车中时，滑车两侧出口的电线张力必定保持相等，否则电线就要在滑车中滑动直至张力相等。因此，耐张段中档距及悬挂点高度全相同时，则滑轮两侧的水平张力均相等而滑轮处于垂直位置，这种情况下要将电线从滑轮中移设到悬垂线夹内时，只需在电线接触滑轮中心点处装置悬垂线夹，悬垂绝缘子串就能保持垂直悬挂，并表明各档水平张力一致。

但若耐张段内档距或悬挂点高度不相等，特别是线路经过山区连续数档上山或下山，各杆塔导地线悬挂点的高度彼此悬殊。此时电线在滑车中虽两侧张力相等，但由于两侧的电线悬垂角不一样而使其水平张力不同（滑车产生偏斜）。主要是因为电线最低点较低的档中水平张力较设计值小，弧垂较设计值大；最低点较高的档中水平张力较设计值大，弧垂较设计值小。架线观测弧垂时应按电线在滑车中的弧垂值观测，待安装悬垂线夹时，按计算出的调正距离安装，这样才能使电线安装完毕后，各档水平应力相同，且弧垂与设计一致。



连续上下山电线在滑轮中的示意图

计算连续上下山观测弧垂的调正及悬垂线夹安装位置程序原始数据填写内容格式如下。

线号，气象区号，放松系数，耐张段内总塔数，规律档距  
塔号，里程，挂线点高程

使用此计算程序时，应注意以下几点需填写准确：

- 导地线线号、气象区号标示清楚，使用程序在建立工程参数信息时，会输入工程中使用的导地线型号参数及气象区，并对其进行编号排序。计算连续上下山时应注意参与计算的导地线、气象区编号应与建立工程参数信息时的编号一致。
- 导地线放松系数。由于山区地形影响，部分塔位之间高差较大，导致杆塔导地线悬挂点应力过大（直线塔 1.1 倍，耐张塔 1.05 倍），故需对其所在的耐张段的最大使用张力安全系数在原有基础上进行放松，放松系数则为标准段最大使用张力安全系数与放松后的安全系数的比值。
- 其他

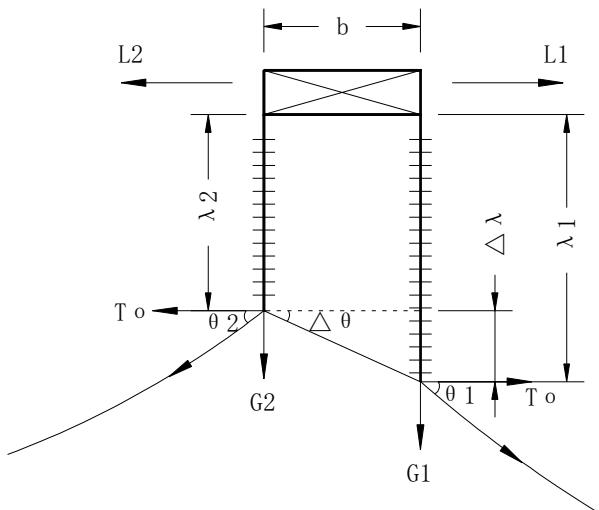
里程，塔位所处里程；

挂线点高程为杆塔导地线挂点高程（导线为塔位高程+降基面+呼高-金具串长度，地线为塔位高程+降基面+呼高+地线支架高-金具串长度）。

#### (4). 悬垂绝缘子串双串调长

对于悬垂串需进行双串调长的主要原因是由于耐张段内相邻直线塔档距或悬挂点高度不相等，特别是线路经过山区由于相邻杆塔悬挂点的导线高度彼此悬殊，两侧

的电线悬垂角差异较大，如仍按两串等长设计，则将导致两串受力不均。此时需对串长进行调整。



悬垂串双串调长示意图

双串调长原理：

$$G_1 = nT_0(\tan \theta_1 - \tan \Delta \theta)$$

$$G_2 = nT_0(\tan \theta_2 + \tan \Delta \theta)$$

当  $G_1 = G_2$  时，双串受力均匀。

绝缘子串调节长度：

$\Rightarrow$

注： $T_0$  为年平均工况张力， $n$  为导线分裂根数，

$G_n$ =年平均工况导线重力比载

$\Delta \lambda > 0$

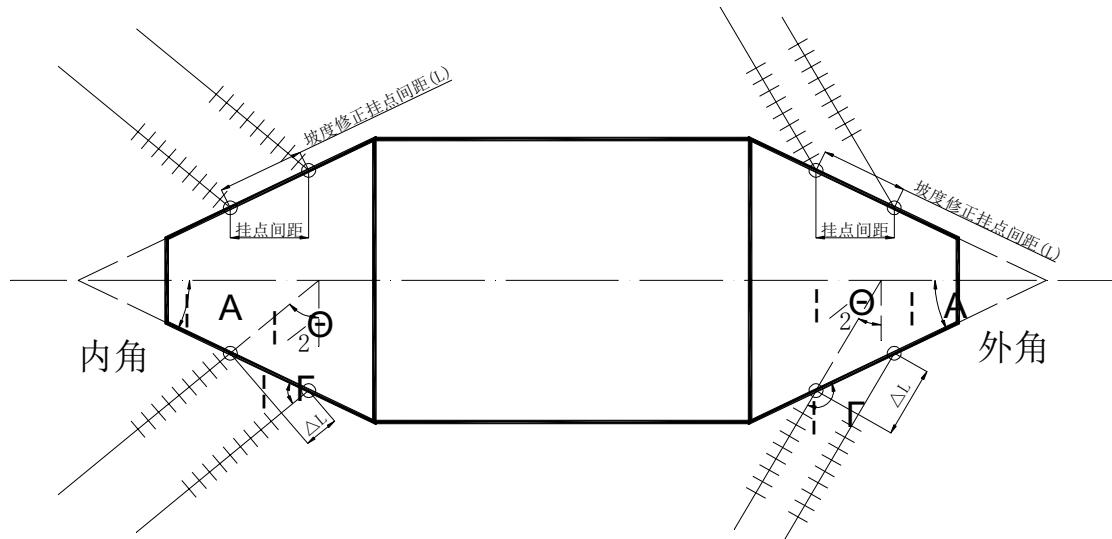
$\Delta \lambda < 0$

当  $\Delta \lambda > 0$  则表示 L1 侧需加长， $\Delta \lambda < 0$  则表示 L2 侧需加长。

#### (5). 耐张绝缘子串多联补偿距离调整

对于多挂点并联耐张串，由于转角度数的影响需对其中单联长度用金具进行补

偿。下图为耐张塔横担带拔梢时耐张串长调节示意图。



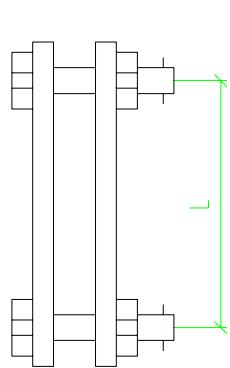
$$\text{内角侧: } \gamma = \alpha + \pi/2 - \theta/2,$$

$$\Delta L = L * \cos \gamma = L * \cos(\pi/2 + \alpha - \theta/2)$$

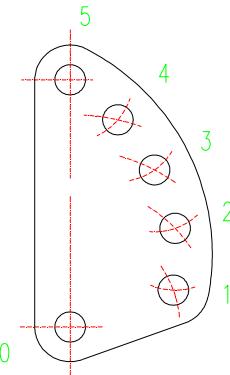
$$\text{外角侧: } \gamma = \alpha + \pi/2 + \theta/2,$$

$$\Delta L = L * \cos(\pi - \gamma) = L * \cos(\pi/2 - \alpha - \theta/2)$$

按照计算得出的调长计算结果，设计时一般采用平行挂板和 DB 调整板组合的方式进行调长。



平行挂板



DB 调整版

注意事项:

- a. 设计时应以多联耐张串的内角肢长度为基准，外肢调整值需通过选用不同 DB 调整板孔位和不同长度的平行挂板长度取得，内肢平行挂板及调整板不变。
- b. 不同型式的耐张塔其挂点间距各不一致，计算时需根据铁塔结构图确定准确的挂点间距。

#### (6). 金具串组装图

送电线上用的绝缘子金具串，由于杆塔结构、绝缘子型式、导线型号、每相导线的根数及电压等级不同，将有很多不同的组装形式。但归纳起来可分为悬垂组装及耐张组装两大类型。金具串不论是悬垂还是耐张都是由几个分支组成，整个组装称为“串”，其中分支称为“联”。金具与绝缘子组装时，需考虑的主要问题是绝缘子形式和联数的确定；绝缘子本身的组装形式；绝缘子串与杆塔的连接形式；绝缘子串与导线的连接等。此外，金具零件的机械强度，金具零件间的尺寸配合方向等都要选择正确，检查无误。

#### a. 绝缘子及金具机械强度的确定

根据国标 GB 50545-2010《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》规定，绝缘子和金具机械强度的安全系数，应符合如下的规定。

##### 1) 绝缘子机械强度安全系数

情况	最大使用荷载		常年荷载	验算	断线	断联
	盘式绝缘子	棒型绝缘子				
安全系数	2.7	3.0	4.0	1.5	1.8	1.5

注：常年荷载是指年平均气温条件下绝缘子所承受的荷载。验算荷载是验算条件下绝缘子所承受的荷载。断线的气象条件是无风、有冰、-5℃，断联的气象条件是无风、无冰、-5℃。

双联及多联绝缘子串应验算断一联后的机械强度，其荷载及安全系数按断联情况考虑。

绝缘子机械强度的安全系数 KI 应按下式计算：

$$KI = TR/T$$

式中：TR——绝缘子的额定机械破坏负荷（kN）；

T——分别取绝缘子承受的最大使用荷载、断线、断联、验算荷载或常年荷载（kN）。

##### 2) 金具机械强度安全系数

最大使用荷载情况不应小于 2.5；断线、断联、验算情况不应小于 1.5。

#### b. 金具串型式

绝缘子金具串的配置应由工程中正常工况出现的最大荷载控制，不应由事故工况控制，充分考虑串型配置的经济性，且结合绝缘试验成果，以求达到串型配置的安全性和经济合理性的统一。

因此在研究串型设计时，需综合考虑不同串型对线路走廊宽度、风偏、绝缘强度影响、塔高、塔重和串型自身经济性等因素，结合铁塔荷载、绝缘子场强分布计算成

果及施工、运行反馈意见，确定本工程的绝缘子串型。

### 1) 悬垂串

从搜集到的国内外资料来看，直线塔所用串型主要以 I 型串与 V 型串为主。在国内常规工程中以 I 型串使用较多，但随着电压等级的升高，尤其作为直流线路工程，绝缘子串长度有了较大增幅，因此工程设计中也开始逐步普及采用 V 型绝缘子串。

采用 V 型串组装的优势在于限制绝缘子串摇摆，以减小塔头尺寸及减小线路走廊宽度。但采用 V 型串后其导线横担比 I 型串塔导线横担要长，故设计时需从对走廊宽度及塔重的影响、对铁塔呼高及风偏的影响、拆迁范围、树木砍伐范围等全面进行经济技术比较，以最终确定绝缘子串型式。

V 型绝缘子串与塔的连接方式，应能保证在断线时平行线路方向灵活转动。在导线最大风偏时，应能避免绝缘子串过度受压松弛，以防绝缘子脱落或受压损坏。

“V”型串夹角的取值对铁塔塔头的设计有重大影响，其控制的好坏直接影响到工程本体造价和线路拆迁范围，对此我们进行了专项的研究，以期选择适合的夹角，保证设计的合理性。“V”型串的夹角与常规“I”串比较，具有有效长度短，限值绝缘子串在塔窗风偏摇摆，从而合理布置铁塔塔头，减小走廊宽度的优点。“V”型串的夹角过大，会造成绝缘子串负荷及塔窗相应增大；夹角过小，单支绝缘子串受压严重，会造成绝缘子串断联，如果要避免此种情况，将严重限制铁塔的使用条件。故绝缘子串是否受压松弛，取决于 V 形绝缘子串的夹角。



I 串直线塔

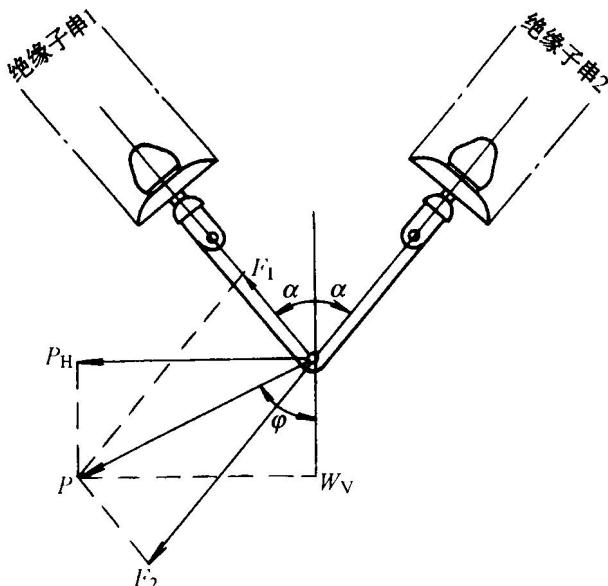
V 串直线塔

悬垂绝缘子串综合受力计算：

式中：P为绝缘子串综合荷载； $p_{\text{串}}$ 为绝缘子串风荷载； $p_h$ 为导线水平荷载； $G_{\text{串}}$ 为绝缘子串重荷载； $G_v$ 为导线自重荷载。

上述公式为通用的悬垂绝缘子串综合荷载计算公式，但作为V型绝缘子串受力计算时，少数情况下当一侧单肢绝缘子串受压，而另一侧单肢绝缘子串所受荷载将大于整串综合荷载，故需特殊计算。

而决定绝缘子串是否受压松弛，取决于V形绝缘子串的夹角与风偏角之间的关系。



V型绝缘子串受力分析图

V型绝缘子串受力分析计算：

$$\left. \begin{aligned} P &= \sqrt{P_h^2 + W_v^2} \\ F_1 &= \frac{\sin(\varphi + \alpha)}{\sin 2\alpha} P \\ F_2 &= \frac{\cos(\varphi + \alpha)}{\sin 2\alpha} P \end{aligned} \right\}$$

式中 P-----最大风时导线的综合荷载，N；

$P_h$ -----导线最大风荷载， $P_h = l_h W_4$ ，N；

$W_v$ -----导线自重荷载， $W_v = l_v W_1$ ，N；

$F_1$ -----P 力在绝缘子串 1 上的分力, N;

$F_2$ -----P 力在绝缘子串 2 上的分力, N;

$l_H$ 、 $l_V$ -----导线的水平和垂直档距, m;

$W_1$ 、 $W_4$ -----导线的单位长度自重荷载和最大风荷载, N/m;

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{P_H}{W_V}, (\text{°});$$

$\alpha$  -----V 形绝缘子串夹角之半, (°)。

当  $\varphi$  与  $\alpha$  成一定关系时, 作用在两绝缘子串上的分力  $F_1$  和  $F_2$  的数值, 以表示绝缘子串受拉或受压的情况。

### V 形绝缘子串受力分析

$\varphi$  与  $\alpha$  的关系

$$F_1 =$$

$$F_2 =$$

绝缘子串受力情况

$$\varphi = 0$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 2\alpha} P$$

两个绝缘子串均受拉

绝缘子串 1 不受力,

$$\varphi = \alpha$$

$$0$$

$$P$$

绝缘子串 2 受全部综合

负载 P

$$\varphi > \alpha$$

绝缘子串 1 受压, 绝

缘子串 2 受拉

国标GB 50545-2010《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》规定输电线路悬垂 V 串两肢之间夹角的一半可比最大风偏角小  $5^\circ \sim 10^\circ$ , 或通过试验确定。

## 2) 耐张串设计

设计思路:

在正常运行情况下, 各联绝缘子的张力分配相等, 并满足规定的安全系数。

在断线或断联情况下, 保持线路的正常运行, 且剩余联能够承受冲击荷载而不至于破坏; 同时剩余联的张力尽可能相同或满足规定的安全系数。

当导线产生跳跃或舞动等动态情况时, 各连接点(含铁塔上的连接点)应耐磨损

和耐疲劳。

由于导线或绝缘子的长度存在误差或有变化时，对各联张力分配产生的差异有调整或自恢复的可能性。

根据负荷要求，特高压线路耐张串要采用多联绝缘子。从挂线点可靠度的角度考虑，绝缘子串各联分别固定在杆塔上是最为可靠的，且绝缘子串自身结构简单，还能降低串本身的造价，但是势必会造成塔材重量的增加，具体的设计型式将在下文进行比较。绝缘子串联间距是随着线路转角的角度而变化，因此耐张串的联间距应考虑耐张塔上出现最大可能的转角时，不同联相互接近的绝缘子之间要保证足够的距离，以免在它们之间发生局部放电和碰撞的可能。基于这样的考虑，根据铁塔的转角度数及电气距离的要求，设计时要考虑多联绝缘子串的联间距离，且在多联绝缘子串靠近杆塔的一侧，应当加入联结金具调节，保证联间距离在安全值以上。

对于多分裂导线，为避免耐张绝缘子串某一联折断而造成一根或几根导线脱落，在设计时应考虑在靠近导线侧将各联绝缘子串相互连接到一起，采用专门设计的星型联板，其分肢数与一相内的子导线数相同，起到导线和绝缘子串间的过渡，此种型式在紧凑型六分裂导线线路及特高压线路中有成功的设计、运行经验。

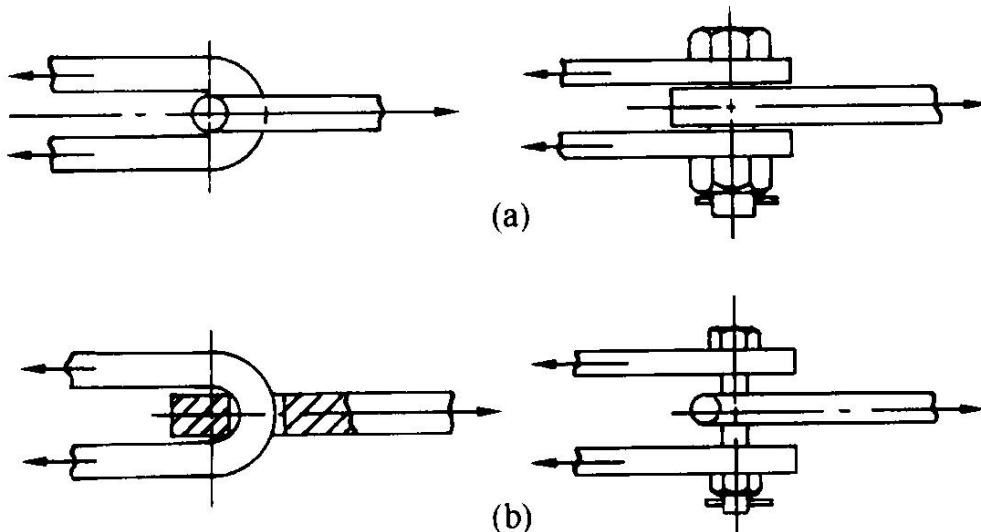
便于施工安装及架线作业。便于运行维护作业。

耐张串荷载的选择应按如下方式进行考虑，并应能满足不同工况条件要求：

综合荷载 = 分裂根数×不同工况下导线张力×悬点张力增大系数×相应工况安全系数

#### c. 金具零件链接接触点的选择

在金具零件的互相连接时，应尽量避免点接触，以防止应力集中。两零件间若采用螺栓连接，还应避免因开档过大而使螺栓受到不必要的弯矩。下图列举了几种正确与错误的连接方式，供选用时参考。



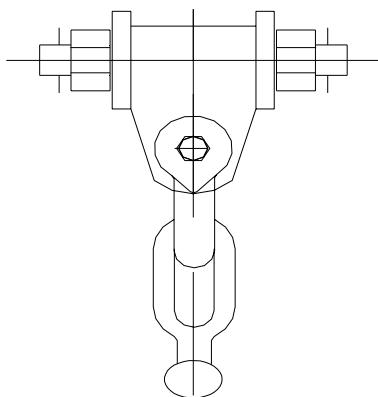
金具零件连接接触点 (a)正确连接; (b)错误连接

#### d. 联塔金具型式

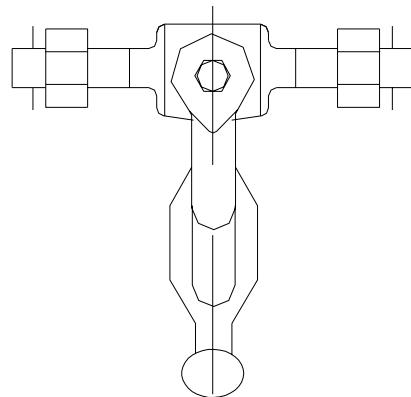
联塔金具是将悬垂或耐张绝缘子串连接到铁塔横担上的一个金具，是决定送电线路安全运行的重要因素。除要求有足够的机械强度以外，更需要它能灵活地转动、耐磨损等。由于绝缘子串需要在两个正交的方向上运动，因此要求联塔金具能在两个正交的方向上灵活转动。

国标GB 50545-2010《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》6.0.7条规定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。

目前国内超高压输电线路新建工程中采用了GD挂点金具和耳轴挂板，可保证各个方向转动灵活，经工程实际检验，采用GD挂点金具和耳轴挂板避免了UB挂板、U型挂环等金具受力不合理的连接组合，提高了线路运行安全性。其中GD型挂点金具缩小了两个方向转动点之间的距离，从而大大提高了连塔金具的可靠性，但缺点是它需要在加工和组装铁塔时就要将它们安装好，使铁塔横担结构变得较为复杂，螺栓和本体连为一体，安装制造不方便。具体的形式如下图所示：



耳轴挂板连接方式



GD 挂板连接方式

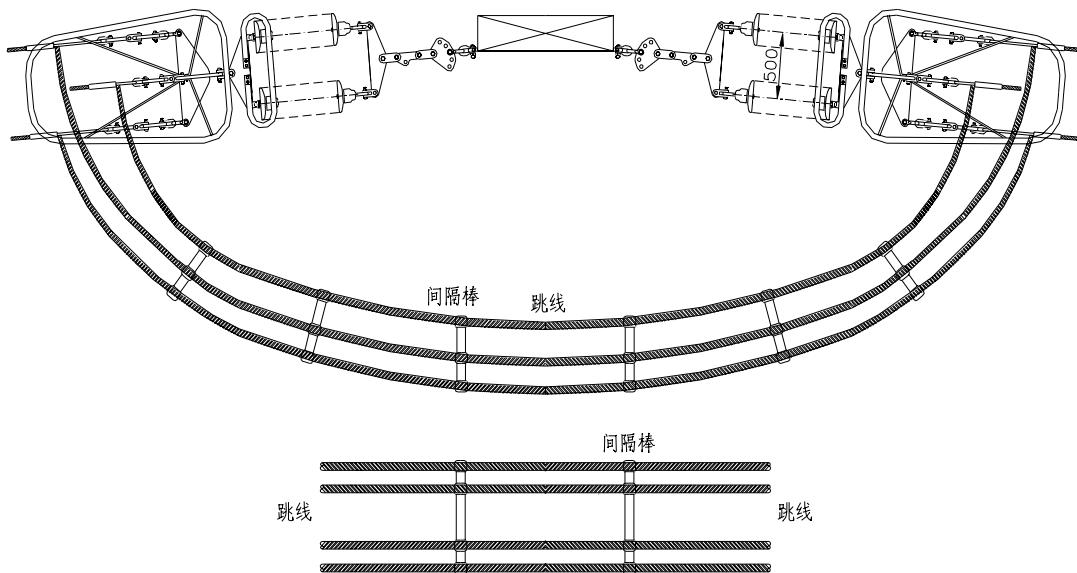
综上所述，从简化挂点设计的角度考虑，在以后新建工程中推荐 GD 挂点金具和耳轴挂板作为联塔金具。

#### (7). 耐张塔跳线施工安装图

减少跳线弧垂及其风偏偏移值是缩小耐张塔尺寸的有效方法。而跳线弧垂及偏移主要决定于采用的跳线或固定跳线的方式，国内外曾作过大量研究试验工作，采取了多种耐张塔引流方式，从水平跳线到弓形跳线、从软跳线到刚性跳线、从一般耐张塔跳线到三柱耐张塔跳线等，而使用最多的为软跳线及刚性跳线。现阶段，国内常规 500kV 及以下的线路基本采用软跳线型式，750kV 及特高压工程基本采用刚型跳线型式，刚性跳线主要为鼠笼式刚性跳线和铝管式刚性跳线。现就跳线风偏及跳线弧垂、线长及控制张力的计算方法介绍如下。

##### 普通软跳线

普通软跳线示意图如下：



普通软跳线示意图 (1)



普通软跳线照片

目前，国内在送电线路设计中普通软跳线风偏角按下式计算：

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{P_4}{P_1} \quad (1-1)$$

式中：P4 — 跳线单位长度风荷载（N /m）

P1 — 跳线单位长度自荷载（N /m）

计算 P4 时，不考虑风速不均匀系数。

工程中按照计算的跳线风偏角，考虑各种工况下（雷电过电压、操作过电压、工频过电压）的电气间隙要求以及耐张绝缘子串长度、悬垂角、摇摆角、线路水平转角等，确定出跳线弧垂及线长。

为了减少跳线风偏对线间距离的影响，工程中广泛采用加装 1~2 串跳线绝缘子串及加装重锤片等方式以增加跳线的垂直荷重，从而减少跳线的风偏角度。跳线通过跳线绝缘子串绕接至两侧导线，将跳线段分为两档或三档。此时，确定铁塔尺寸，应首先计算出各种工况下跳线绝缘子串风偏角及其位移量，然后按照电气间隙要求，考虑各种因素，采用作图法或解析法求出各跳线档合理的弧垂、线长及张力。

跳线绝缘子串风偏角计算公式为：

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{n * T * \sin K + P_0 / 2 + n * P_4 * l / 2}{G_0 / 2 + G_z + n * P_1 * (l / 2 + T * \sin \beta / P_1)}$$

(1-2)

式中: T — 跳线张力 (N)

P4 — 跳线单位长度风荷载 (N /m)

P1 — 跳线单位长度自荷载 (N /m)

P0 — 跳线绝缘子串风荷载 (N)

G0 — 跳线绝缘子串垂直荷载 (N)

GZ — 重锤垂直荷载 (N)

l — 跳线档距 (m)

K — 跳线与垂直横担直线间的夹角 (° )

β — 跳线高差角 (° )

n — 导线分列根数

各档跳线张力与弧垂按斜抛物线公式计算为:

$$T = \frac{P_6 * l^2}{8 * f * \cos\beta} \quad \text{或} \quad T = \sqrt{\frac{P_6^2 * l^3 \cos\beta}{24 * (L - l / \cos\beta)}}$$
(1-3)

式中: P6 — 跳线单位长度综合荷载 (N /m)

f — 跳线弧垂 (m)

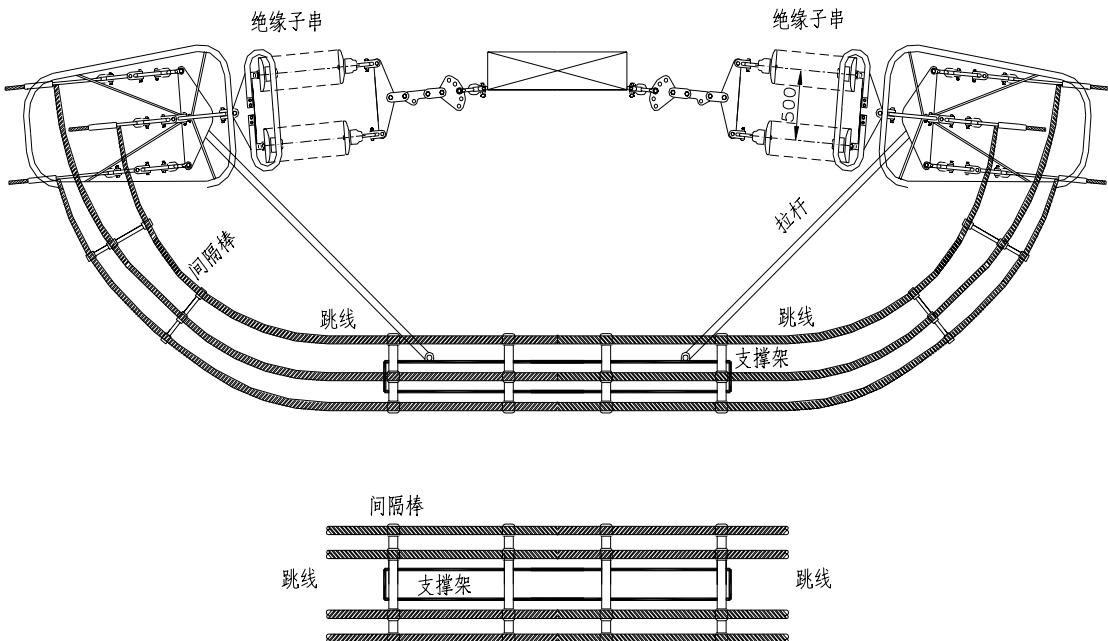
l — 跳线档距 (m)

L — 跳线线长 (m)

β — 跳线高差角 (° )

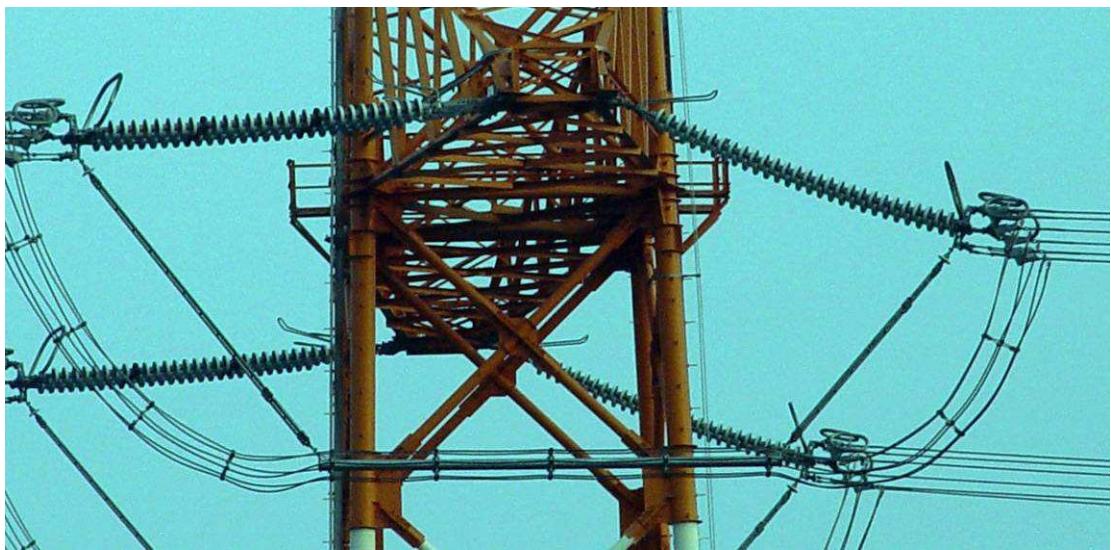
笼式刚性跳线

笼式刚性跳线示意图如下:



笼式刚性跳线示意图

笼式刚性跳线与普通软跳线相比，在跳线下侧（三档绕跳中段）增加了一个跳线支撑装置，将跳线固定于支撑架上，支撑架通过拉杆或跳线绝缘子串连接至耐张绝缘子串或铁塔上，增加了跳线刚性、减小了跳线弧垂。支撑架上按需要可加重锤片（见笼式刚性跳线照片 1、2）。



笼式刚性跳线照片 1



笼式刚性跳线照片 2

笼式刚性跳线及跳线绝缘子串偏角计算应计及跳线支撑架影响。

直跳跳线风偏角按下式计算：

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{n * P_4 * l + P_c}{n * P_1 * l + G_c + G_z} \quad (1-4)$$

式中：P4 — 跳线单位长度风荷载（N /m）

P1 — 跳线单位长度自荷载（N /m）

l — 跳线档距（m）

PC — 支撑架风荷载（N）

GC — 支撑架垂直荷载（N）

GZ — 重锤垂直荷载（N）

n — 导线分列根数

笼式刚性跳线当直跳间隙不满足要求或为了减小塔头尺寸，一般采用两组跳线绝缘子串将跳线段分三档，两跳线绝缘子串间的跳线采用支撑架固定，其风偏角计算公式为：

绕引跳线绝缘子串风偏角计算公式为：

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{n * T * \sin K + P_c / 2 + P_0 / 2 + n * P_4 * (l / 2 + l_0 / 2)}{G_0 / 2 + G_z + G_c / 2 + n * P_1 * (l_0 / 2 + l / 2 + T * \sin \beta / P_1)} \quad (1-5)$$

式中：T — 靠耐张串一侧跳线档张力 (N)

P4 — 跳线单位长度风荷载 (N/m)

P1 — 跳线单位长度自荷载 (N/m)

P0 — 跳线绝缘子串风荷载 (N)

G0 — 跳线绝缘子串垂直荷载 (N)

PC — 支撑架风荷载 (N)

GC — 支撑架垂直荷载 (N)

GZ — 重锤垂直荷载 (N)

l — 靠耐张串一侧跳线档档距 (m)

l0 — 两跳串间跳线档距 (m)

K — 跳线与垂直横担直线间的夹角 (°)

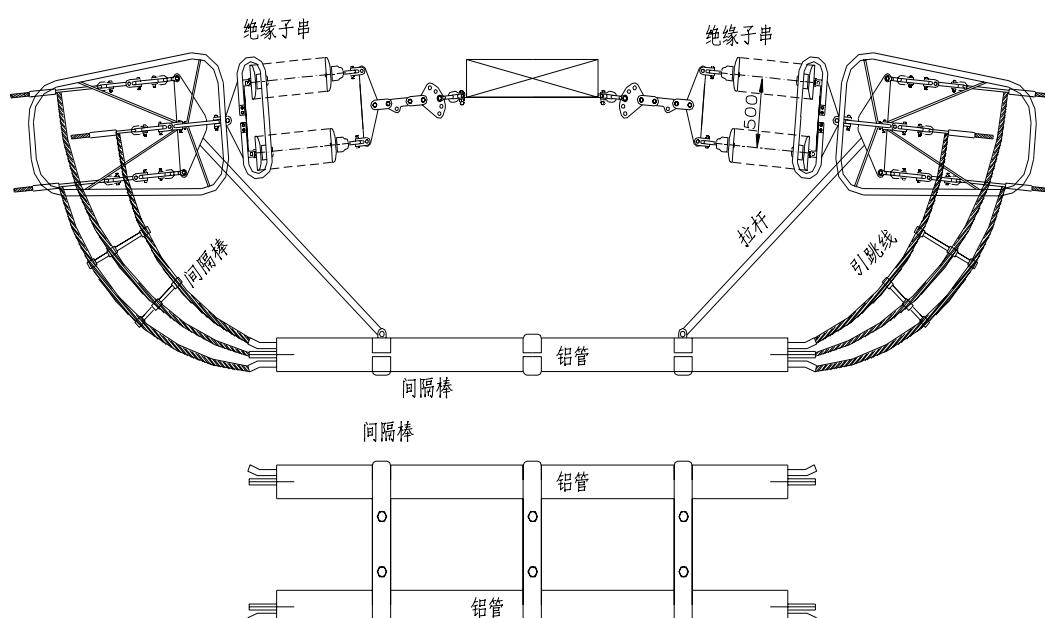
β — 跳线高差角 (°)

n — 导线分列根数

两侧跳线档张力与弧垂计算同公式 (1-3)。

### 铝管式刚性跳线

铝管式刚性跳线示意图如下：



铝管式刚性跳线示意图 (3)

铝管式刚性跳线与笼式刚性跳线相比，是将跳线下侧（三档绕跳中段）一段普通软跳线用两根铝管替代，铝管通过拉杆或跳线绝缘子串连接至耐张绝缘子串或铁塔上，铝管既导流又起支撑作用（见铝管式刚性跳线照片 1、2）。



铝管式刚性跳线照片 1



### 铝管式刚性跳线照片 2

铝管式刚性跳直跳跳线风偏角按下式计算：

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{n * P_4 * l + P_l}{n * P_1 * l + G_l + G_z} \quad (1-6)$$

式中：P4 — 跳线单位长度风荷载（N/m）

P1 — 跳线单位长度自荷载（N/m）

l — 跳线档距（m）

PL — 铝管风荷载（N）

GL — 铝管垂直荷载（N）

GZ — 重锤垂直荷载（N）

n — 导线分列根数

铝管式刚性跳线当直跳间隙不满足要求或为了减小塔头尺寸，一般采用两组跳线绝缘子串将跳线段分三档，两跳线绝缘子串间段为铝管，根据需要调整铝管长度，并可加装重锤片。

绕引跳线绝缘子串风偏角计算公式为：

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{n * T * \sin K + P_l / 2 + P_0 / 2 + n * P_4 * l / 2}{G_0 / 2 + G_z + G_l / 2 + n * P_1 * (l / 2 + T * \sin \beta / P_1)} \quad (1-7)$$

式中：T — 靠耐张串一侧跳线档张力（N）

P4 — 跳线单位长度风荷载（N/m）

P1 — 跳线单位长度自荷载（N/m）

P0 — 跳线绝缘子串风荷载（N）

G0 — 跳线绝缘子串垂直荷载（N）

PL — 铝管风荷载（N）

GL — 铝管垂直荷载（N）

GZ — 重锤垂直荷载（N）

l — 靠耐张串一侧跳线档距（m）

K — 跳线与铝管水平夹角（°）

β — 跳线高差角（°）

n — 导线分列根数

两侧跳线档张力与弧垂计算同公式（1-3）。

注意事项：

跳线安装弧垂表应至少包含跳线弧垂、跳线线长，用于刚性跳线时还应标明对应的刚性跳线长度及刚性跳线端部软跳线的平弧垂。软跳线放线张力可不在跳线弧垂安装表中标注，在满足间隙的同时软跳线张力不可过大。

应注意软跳线跳线与刚性跳线的联结自然，适当留有小弧垂，受力均匀。刚性跳线引流线要自然流畅美观，支撑装置应能承受严重覆冰荷载的考验，不致弯曲变形受损。

应对施工单位告知跳线弧垂施工误差范围，以及跳线带电部分在控制工况下和无风静止情况下对塔身的最小净空距离。

#### (8) 杆塔接地装置施工图

送电线路的杆塔接地装置主要是为了导泄雷电流入地，以保持线路有一定的耐雷水平。具体设计要求及标准可参见国标 GB 50545-2010《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》7.0.16 和《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）P136。

### 14. 光缆

(1) 送电线上架设光缆及光缆芯数，要求来源：我院系统通信室。

(2) 光纤通道：变电所通信机房光端机-站内引入缆--线路上光缆--站内引入缆--变电所通信机房光端机，其中，电网工程部负责范围：变电所（或发电厂）架构（含接头盒）-线路上的光缆-变电所（或发电厂）（含接头盒）架构段 OPGW 的架设、铁塔与 OPGW 悬挂金具的连接、OPGW 光纤的接续、防振锤、接头盒及余缆架的布置及安装设计工作。

(3) OPGW 既要满足通信的要求，同时也要满足输电线路架空地线电气及机械性能的要求。

OPGW 设计安全系数不应小于 3.0，并且导线与光缆在档距中央的距离不应小于  $0.012L+1$  m (L 为档距，单位为 m)。同时还要尽量减小与另一根分流线弧垂的差距。OPGW 弧垂尽量比分流线略大些。

(4) 系统短路电流：华北地区 OPGW 选型经验是短路电流随变电所设备选择而确定，220kV 和 500kV 线路 OPGW 地线热稳定时间分别为 0.3S 和 0.25S。

(5) OPGW 选型依据目前国网公司集中采购标准样本。

(6) OPGW 光缆盘长不宜过长，一般 4-5km 左右，最大盘长控制在 6km 以下。需

要在直线塔接续时，采用耐张悬挂方式。

(7)对在运行线路上增设光缆，首先应大体了解原线路已投入运行的时间，原线路杆塔设计情况。架设新光缆不应超过原线路铁塔设计强度，电气设计人员应与结构专业室配合，共同论证在已运行线路上架设光缆的可行性以及光缆型式是 OPGW 还是 ADSS，OPGW 光缆根据热稳定效验和机械强度要求选型时注意其强度及荷载应尽量与原线路匹配，必要时提负荷验算铁塔进行补强。

## 15. 电气专业计算

### 15.1 气象条件

#### 15.1.1 气象资料来源

(1) 线路沿线气象台站收集的资料。

科室目前存档的气象资料大都来自中央气象台，但是气象资料统计年限长短不一，部分省市的气象资料较老，工程实际使用时应及时补充更新。主要收集的气象资料为：最大风速、风仪高度、最高温度、最低温度、年平均温度、年雷暴日数。

最大风速必须为历年连续自计 10 分钟时距平均最大风速，简称 10 分钟自计最大风速。每年的最大风速都应有对应的风仪高度，如果没有对应的风仪高度，则该年的最大风速没有参考意义。

最高温度和最低温度分别指年极端最高气温和年极端最低气温。

收资表见下表。

气象台站名称：		海拔高度(m)：				
纬度：		经度：				
年代	最大风速	风仪高度	最高温度	最低温度	年平均温度	年雷暴日
1991						
1992						
1993						
...						

(2) 附近已建成线路设计资料以及运行经验。

当线路附近没有可供参考的气象台站资料，可以参考附近已建成线路的运行经验，但须明确该线路的电压等级，气象资料统计计算的重现期，设计风速的基本高度等信息。

### 15.1.2 气象条件计算

#### (1) 基本风速

根据气象台站收集的资料计算基本风速常用的数理统计方法为极值 I 型分布法(耿贝尔法)。

##### 1) 风仪高度的订正。

根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》GB50545-2010 (以下简称《规程》) 4.0.2 之规定：“确定基本风速时，应按当地气象台、站 10min 时距平均的年最大风速为样本，并宜采用极值 I 型分布作为概率模型，统计风速的高度应符合下列规定：110kV~750kV 输电线路统计风速应取离地面 10m。各级电压大跨越统计风速应取离历年大风季节平均最低水位 10m。”

在统计计算前，各气象台(站) 最大风速的原始风仪高度不同，同一台站不同年代的仪高亦不一致，且异于《规程》的规定，故应将各气象站的历年最大风风速订正为距地 10m 高处的风速。风仪高度订正采用《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2001) 的指数公式：

$$V_{10} = V_H \left( \frac{10}{Z_H} \right)^{\alpha}$$

式中： $V_{10}$  距地 10m 高处的风速 m/s

$Z_H$  观测仪器距地面高度 m

$V_H$  仪器观测风速值 m/s

$\alpha$  与地面粗糙度有关的系数，B 类地区  $\alpha = 0.16$

##### 2) 采用 I 型概率分布(Gumbel)对样本进行概率推算，其公式如下：

$$V_m = \bar{V}(\phi C_v + 1)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(K_i - 1)^2}{n-1}}$$

$$K_i = \frac{V_i}{\bar{V}}$$

$$\phi = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \{0.57722 + \ln[-\ln(1-P)]\}$$

式中： $V_m$  需求频率风速 m/s

$\bar{V}$  历年大风平均值 m/s

$C_v$  离差系数

$V_i$  每年最大风速 m/s

P 重现期, 例: 50 年一遇  $P=0.02$ , 100 年一遇  $P=0.1$

n 统计风速的总次数

$\Phi$  离均系数

根据《规程》4.0.1 之规定:“基本风速、设计冰厚重现期应符合下列规定: 750kV、500kV 输电线路及其大跨越重现期应取 50 年。110~330kV 输电线路及其大跨越重现期应取 30 年”。

气象台站一般位于县城内, 由于受建筑物阻挡, 所测风速有时不能完全反应线路经过地区的实际风速。根据《规程》4.0.3 之规定:“山区输电线路宜采用统计分析和对比观测等方法, 由邻近地区气象台、站的气象资料推算山区的基本风速, 并结合实际运行经验确定, 当无可靠资料时, 宜将附近平原地区的统计值提高 10%”。

### 3) 根据基本风压推算基本风速

《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)中有重现期为 10 年、50 年和 100 年的全国风压表和全国风压图。依据公式计算出相应重现期内的风速。

$$P_0 = \frac{V_0^2}{1600}$$

式中:  $P_0$  为基本风压 kN/m<sup>2</sup>

$V_0$  为相应重现期内的风速 m/s

### 4) 参考附近已建成线路设计和运行资料。

在气象台站数理统计风速和基本风压推算的基本风速基础上, 参考附近已建成线路的设计风速, 进行分析判断, 得出工程所需的设计基本风速。根据《规程》4.0.4 条之规定:“110kV~330kV 输电线路的基本风速不宜低于 23.5m/s; 500kV~750kV 输电线路的基本风速不宜低于 27 m/s。”

## (2) 其他工况风速

根据《规程》4.0.3 之规定:“山区输电线路宜采用统计分析和对比观测等方法, 由邻近地区气象台、站的气象资料推算山区的基本风速, 并结合实际运行经验确定, 当无可靠资料时, 宜将附近平原地区的统计值提高 10%”。

### 1) 覆冰工况风速

一般情况下覆冰同时风速 10m/s，当有可靠资料表明需加大风速时可取为 15m/s。

## 2) 安装工况风速

根据《规程》4.0.11 之规定：“安装工况风速应采用 10m/s。”

## 3) 雷电过电压风速

根据《规程》4.0.12 之规定：“雷电过电压工况的气温宜采用 15℃，当基本风速折算到导线平均高度处其值大于等于 35m/s 时雷电过电压工况的风速取 15m/s，否则取 10m/s。”

## 4) 操作过电压风速

根据《规程》4.0.13 之规定：“操作过电压工况的气温可采用年平均气温，风速取基本风速折算到导线平均高度处值的 50%，但不宜低于 15m/s，且无冰。”

## 5) 带电作业工况风速

根据《规程》4.0.14 之规定：“带电作业工况的风速可采用 10m/s，气温可采用 15℃，且无冰”。

## (3) 气温和雷暴日数

最高气温和最低气温统计计算原理和基本风速统计计算方法相同，都是采用 I 型概率分布(Gumbel)对样本进行概率推算。年平均气温和年雷暴日数采用平均值法计算。

### 1) 最高气温

一般取 40℃。

### 2) 最低气温

根据统计计算结果，在 -5℃、-10℃、-20℃、-40℃ 中就近选取。

### 3) 年平均气温

根据《规程》4.0.10 之规定：“当地区年平均气温在 3~17℃ 之内，取与年平均气温值邻近的 5 的倍数值；当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 的倍数值。”

### 4) 大风工况气温

一般取 -5℃ 或 10℃。

### 5) 覆冰工况气温

一般取 -5℃。

### 6) 安装工况气温

根据《规程》4.0.11之规定：“安装工况风速应采用10m/s，无冰，并宜按下列要求采用同时气温：最低气温为-40℃的地区，宜采用-15℃；最低气温为-20℃的地区，宜采用-10℃；最低气温为-10℃的地区，宜采用-5℃；最低气温为-5℃的地区，宜采用0℃。”

#### 7) 操作工况气温

可采用年平均气温。

#### 8) 雷电过电压工况气温

一般取15℃。

#### 9) 带电作业工况气温

根据《规程》4.0.14之规定：“带电作业工况的风速可采用10m/s，气温可采用15℃，且无冰”。

#### (4) 覆冰厚度

根据《规程》4.0.1之规定：“基本风速、设计冰厚重现期应符合下列规定：750kV、500kV输电线路及其大跨越重现期应取50年。110~330kV输电线路及其大跨越重现期应取30年。”

由于目前气象台、站有覆冰观测资料累积不多，采用统计分析的方法获得的覆冰厚度不能作为工程设计的依据，因此需要调查附近已建成线路的设计覆冰厚度和实际运行情况。

根据《规程》4.0.5之规定：“轻冰区宜按无冰、5mm、10mm设计，中冰区宜按15mm、20mm设计，重冰区宜按20mm、30mm、40mm、50mm等设计，必要时还宜按稀有覆冰条件进行验算。”

根据《规程》4.0.6之规定：“地线设计冰厚，除无冰区外，应较导线增加5mm。”此处所说的是地线设计冰厚较导线增加5mm，仅针对验算铁塔地线支架，对于校验导地线间距仍采用和导线相同的冰厚。

#### (5) 典型气象区

根据《规程》4.0.1条之规定：“设计气象条件应根据沿线气象资料的数理统计结果和附近已有线路的运行经验确定，当沿线的气象与规范附录A典型气象区接近时，宜采用典型气象区所列数值。”典型气象区见下表：

气 象 区		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
大	最 高					+40				

气 温 度 ℃	最 低	-5	-10	-10	-20	-10	-20	-40	-20	-20	
	覆 冰	-5									
	基 本 风 速	+10	+10	-5	-5	+10	-5	-5	-5	-5	
	安 装	0	0	-5	-10	-5	-10	-15	-10	-10	
	雷 电 过 电 压	+15									
	操 作 过 电 压、 年 平 均 气 温	+20	+15	+15	+10	+15	+10	-5	+10	+10	
风 速 m/s	基 本 风 速	31.5	27	23.5	23.5	27	23.5	27	27	27	
	覆 冰	10*								15	
	安 装	10									
	雷 电 过 电 压	15	10								
	操 作 过 电 压	$0.5 \times$ 基本风速折算至导线平均高度处的风速(不低于 15m/s)									
覆冰厚度 (mm)		0	5	5	5	10	10	10	15	20	
冰的密度 (g/cm <sup>3</sup> )		0.9									
注: * 一般情况下覆冰同时风速10m/s, 当有可靠资料表明需加大风速时可取为15m/s。											

## 15.2 负荷及间隙圆

同本附件第 4 章。

## 15.3 张力弧垂

### 15.3.1 张力弧垂计算

工程中为了方便使用和指导施工, 需要绘制张力弧垂表和架线弧垂系数表。

科室目前使用程序自动生成张力弧垂表和架线弧垂系数表, 下面将介绍连续档张力弧垂计算程序使用方法。

### 15.3.2 程序说明

连续档张力弧垂计算程序是以 Excel 为载体的, 由三个主要文件组成, 分别为“CSTension1.04.d11、导线参数.xls、连续档张力弧垂计算 v1.11.xls”或“连续档张力弧垂计算 v1.11.xls”(xls 版本用于 Excel2007, xls 版本用于 Excel2003)。程序使用时应注意以下几点:

- 1) 以上三个文件必须放在同一个文件夹下, 并且文件夹的名称不能包含空格, 如常用的“桌面”文件夹——“Documents and Settings”。
- 2) 允许 Excel 执行宏。Office2003 用户请在菜单“工具--宏--安全性”下将宏安全性设为“中”。Office2007 用户请在“Excel 选项--信任中心--信任中心设置--宏设置”下将宏的安全性设为“启用所有宏”。

#### (1) 填写导线参数

在“导线参数.xls”中输入电线参数, “导线参数.xls”中有 4 个工作表, 分

别为“钢芯铝绞线”、“铝包钢芯铝绞线”、“铝包钢绞线”和“钢绞线”。填写导线参数时应注意：

- 1) 不要修改“导线参数.xls”文件名称。
- 2) 不要更改这4个工作表的名称，也不要新增加或删除工作表。
- 3) 不要添加行或删除行。
- 4) 导线参数可以填在以上4个工作表中的任意一个表中，程序会依次搜索这4个工作表。

## (2) 填写计算参数

“连续档张力弧垂计算 v1.11.xls”中为了避免错误地修改计算公式，设定蓝色和绿色的单元格是允许编辑的单元格，其他单元格不可编辑。见下图：

电线牌号	LGJ-400/35	生成张力弧垂表	生成弧垂系数表									
综合截面( $\text{mm}^2$ )	425.24											
外径( $\text{mm}$ )	26.82											
单位质量( $\text{kg/m}$ )	1.349											
弹性模量( $\text{N/mm}^2$ )	65000											
温度系数( $1/^\circ\text{C}$ )	0.0000205											
试验保证拉断力( $\text{N}$ )	98700											
最大使用张力系数	2.5											
平均运行张力系数	4											
降温度数( $^\circ\text{C}$ )	25											
		重力加速度 冰的比重( $\text{g/cm}^3$ ) 电线无冰体型系数 电线覆冰体型系数 风速基准高度( $\text{m}$ ) 导地线基准高度( $\text{m}$ ) 地面粗糙系数	9.80665 0.9 1.1 1.2 10 20 0.16									
			初次使用注意： 1、启用宏。 2、启用工作簿连接的自动更新。 3、“编辑连接”的“启动对象”选择本工作簿。 4、“.xls”文件和“.d1l”文件放在同一目录。 5、不能放在名称包含空格的文件夹中。 6、Office2003用户须安装“Microsoft Office 公式自动插入项”。									
序号	气象名称	气温( $^\circ\text{C}$ )	基本风速( $\text{m/s}$ )	换算风速( $\text{m/s}$ )	荷载不均匀系数	间隙不均匀系数	风荷载增大系数	冰厚( $\text{mm}$ )	比载( $\text{N/m}$ )			
1	最低气温	-20		0	1	1	1	27	13.22917	0	13.22917	0
2	平均气温	10		0	1	1	1		13.22917	0	13.22917	0
3	最大风速	-5		30.1668	0.75	0.61	1		13.22917	12.5849	18.25899	10.23572
4	最大覆冰	-5		10	1	1	1.1		17.84064	3.03765	17.90027	3.03765
5	安装情况	-10		10	1	1	1		13.22917	1.843875	13.35705	1.843875
6	操作情况	10		15.08338	1	1	1		13.22917	4.194968	13.87835	4.194968
7	大气有风	15		10	1	1	1		13.22917	1.843875	13.35705	1.843875
8	大气无风	15		0	1	1	1		13.22917	0	13.22917	0
9	最高气温	40		0	1	1	1		13.22917	0	13.22917	0
10	最高线温	70		0	1	1	1		0	13.22917	0	13.22917

### 1) 安全系数取值

根据《规程》5.0.7之规定：“导、地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、光纤复合架空地线(OPGW)的设计安全系数，宜大于导线的设计安全系数。”

根据《规程》5.0.13之规定：不论档距大小，平均运行张力上限取25%时，可采用防振锤(阻尼线)或另加护线条。

工程实际使用中，对于导线，最大使用张力安全系数一般取2.5，平均运行张力安全系数一般取4。对于地线，其安全系数应大于导线设计安全系数。

### 2) 降温度数取值

根据《规程》5.0.15之规定：对于钢芯铝绞线，降温度数见下表：

铝钢截面比	塑性伸长	降温值 (°C)
4. 29~4. 38	$3 \times 10^{-4}$	15
5. 05~6. 16	$3 \times 10^{-4} \sim 4 \times 10^{-4}$	15~20
7. 71~7. 91	$4 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4}$	20~25
11. 34~14. 46	$5 \times 10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4}$	25(或根据试验数据确定)

工程应用中，铝包钢绞线降温值一般取 15°C，钢绞线降温值一般取 10°C。

### 3) 气象条件取值

程序中设定了 9 个常见的工况，分别为“最低气温”、“平均气温”、“最大风速”、“最大覆冰”、“安装情况”、“操作情况”、“大气有风”、“大气无风”和“最高气温”。第 10 个工况是自定义工况。9 个工况气温、风速、和覆冰取值参见“附件 1 设计及校审要点——(16) 电气专业计算——a. 气象统计”。

参数输入后，程序会计算出各规律档距下，各工况的张力，见下图。用户可以根据需要输入应的各工况张力。表中红色单元格表示某规律档距下，该工况张力达到控制张力。

序号	气象名称	张力/弧垂	规律档距 (m)																						
			100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320
1	最低气	张力 (N)	39480	39251	38832	38391	37931	37458	36974	36493	35990	35498	35010	34520	34030	33604	33163	32739	32331	31942	31573	31222	30890	30577	30264
2	平均气	张力 (N)	24526	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675
3	最大风	张力 (N)	33176	33347	33272	33397	33423	32448	32473	33497	33520	33543	33561	33586	33607	33626	33644	33662	33679	33695	33710	33725	33739	33752	33768
4	最大覆	张力 (N)	33063	33216	33222	33228	33234	33241	33247	33252	33258	33264	33269	33274	33279	33284	33289	33293	33297	33301	33304	33308	33311	33314	33317
5	安装情	张力 (N)	47593	47280	46760	46205	45620	45007	44371	43714	43041	42357	41666	40972	40280	39595	38919	38257	37613	36989	36387	35809	35257	34720	34186
6	操作情	张力 (N)	24796	24973	25013	25053	25092	25130	25166	25202	25235	25267	25298	25327	25354	25380	25404	25428	25449	25470	25489	25507	25525	25541	25557
7	大气有	张力 (N)	23436	23672	22778	22880	22980	23076	23167	23255	23338	23418	23492	23563	23630	23693	23752	23808	23861	23910	23957	24000	24042	24081	24119
8	大气无风	张力 (N)	23379	23608	22705	22800	22892	22981	23066	23147	23224	23297	23366	23432	23494	23552	23607	23658	23707	23753	23796	23836	23874	23910	23948
	弧垂 (m)		0.74	0.89	1.05	1.23	1.42	1.62	1.84	2.06	2.31	2.56	2.83	3.11	3.41	3.71	4.03	4.37	4.72	5.08	5.45	5.82	6.23	6.65	7.07
9	最高气温	张力 (N)	14194	14802	15303	15773	16214	16629	17018	17384	17728	18052	18358	18645	18916	19172	19413	19641	19856	20059	20252	20434	20606	20769	20931
	弧垂 (m)		1.17	1.35	1.56	1.77	2	2.24	2.49	2.75	3.02	3.21	3.46	3.91	4.22	4.56	4.91	5.26	5.62	6.01	6.4	6.81	7.22	7.65	8.08
10	最高线温	张力 (N)	9504	10184	10799	11281	11933	12456	12954	13426	13875	14201	14707	15094	15462	15812	16146	16464	16767	17056	17321	17594	17845	18085	18326
	弧垂 (m)		1.74	1.96	2.21	2.46	2.72	2.99	3.27	3.56	3.86	4.17	4.5	4.83	5.18	5.53	5.9	6.28	6.67	7.07	7.48	7.9	8.34	8.79	9.16

序号	气象名称	张力/弧垂	规律档距 (m)																							
			400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630
1	最低气	张力 (N)	28476	28208	28149	28000	27860	27727	27603	27485	27374	27269	27170	27077	26988	26904	26824	26749	26677	26609	26544	26482	26424	26368	26315	
2	平均气	张力 (N)	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	24675	
3	最大风	张力 (N)	33044	33051	33859	33866	33873	33879	33885	33891	33897	33902	33907	33912	33916	33921	33925	33929	33933	33937	33940	33944	33947	33950	33953	
4	最大覆	张力 (N)	33337	33338	33340	33342	33344	33345	33347	33348	33349	33351	33352	33353	33354	33355	33356	33357	33358	33359	33360	33361	33361	33362	33363	
5	安装情	张力 (N)	31130	30840	30568	30312	30072	29846	29634	29425	29247	29070	28903	28746	28597	28457	28324	28199	28080	27967	27860	27759	27663	27571	27478	
6	操作情	张力 (N)	25651	25660	25668	25677	25684	25692	25699	25705	25712	25718	25723	25729	25734	25739	25744	25748	25753	25757	25761	25764	25768	25771	25774	
7	大气有	张力 (N)	24245	24367	24388	24407	24426	24444	24461	24477	24492	24506	24520	24533	24546	24558	24569	24580	24590	24600	24610	24619	24627	24636	24643	
8	大气无风	张力 (N)	24154	24174	24193	24211	24228	24244	24260	24275	24289	24302	24314	24327	24338	24349	24359	24369	24379	24388	24397	24405	24413	24421	24429	
	弧垂 (m)		10.95	11.5	12.06	12.63	13.21	13.81	14.42	15.05	15.69	16.34	17	17.68	18.37	19.08	19.8	20.53	21.27	22.03	22.8	23.59	24.39	25.2	26.12	
9	最高气温	张力 (N)	21997	22094	22097	22185	22270	22350	22427	22500	22570	22636	22700	22762	22820	22876	22930	22981	23031	23078	23123	23167	23209	23249	23286	
10	最高线温	张力 (N)	19818	19972	20119	20260	20395	20525	20650	20769	20884	20994	21100	21202	21299	21393	21494	21571	21655	21736	21813	21888	21960	22030	22107	
	弧垂 (m)		13.35	12.92	14.5	15.09	15.7	16.31	16.94	17.59	18.24	18.91	19.59	20.29	20.99	21.71	22.44	23.19	23.95	24.72	25.5	26.3	27.11	27.92		

与其对应的架线弧垂系数表见下表：

		架线弧垂系数表 $F_1=10000G_1/8T$																					
序号	规律档距 (m)	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310
1	-10 °C架线弧垂系数	.3476	.3499	.3538	.3581	.3628	.3677	.3731	.3787	.3847	.3910	.3976	.4044	.4115	.4187	.4261	.4335	.4411	.4487	.4562	.4637	.4711	.4784
2	-5 °C架线弧垂系数	.3687	.3711	.3733	.3798	.3847	.3899	.3955	.4013	.4075	.4139	.4206	.4275	.4345	.4417	.4490	.4563	.4636	.4709	.4780	.4851	.4920	.4988
3	0 °C架线弧垂系数	.3923	.3947	.3991	.4039	.4090	.4144	.4201	.4261	.4324	.4389	.4455	.4523	.4592	.4662	.4732	.4802	.4871	.4939	.5006	.5071	.5135	.5197
4	5 °C架线弧垂系数	.4189	.4213	.4258	.4307	.4360	.4415	.4472	.4533	.4595	.4658	.4723	.4789	.4855	.4921	.4986	.5051	.5115	.5177	.5238	.5296	.5353	.5408
5	10 °C架线弧垂系数	.4489	.4512	.4558	.4607	.4660	.4714	.4771	.4829	.4889	.4950	.5011	.5072	.5133	.5193	.5252	.5310	.5367	.5422	.5475	.5526	.5575	.5622
6	15 °C架线弧垂系数	.4830	.4849	.4895	.4943	.4993	.5045	.5098	.5152	.5207	.5262	.5317	.5371	.5425	.5477	.5528	.5578	.5625	.5671	.5716	.5758	.5799	.5837
7	20 °C架线弧垂系数	.5218	.5231	.5273	.5317	.5362	.5408	.5455	.5502	.5549	.5595	.5641	.5686	.5729	.5772	.5812	.5852	.5889	.5925	.5960	.5993	.6024	.6053
8	25 °C架线弧垂系数	.5660	.5664	.5698	.5734	.5770	.5806	.5842	.5878	.5913	.5948	.5981	.6014	.6045	.6075	.6104	.6131	.6158	.6183	.6206	.6229	.6250	.6270
9	30 °C架线弧垂系数	.6165	.6152	.6173	.6195	.6216	.6237	.6258	.6279	.6298	.6317	.6336	.6353	.6370	.6386	.6401	.6415	.6429	.6442	.6454	.6465	.6476	.6486
10	35 °C架线弧垂系数	.6740	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702
11	40 °C架线弧垂系数	.7389	.7314	.7283	.7253	.7224	.7196	.7169	.7144	.7120	.7098	.7077	.7057	.7039	.7021	.7005	.6990	.6975	.6962	.6949	.6938	.6927	.6916
12	45 °C架线弧垂系数	.8116	.7990	.7915	.7845	.7778	.7716	.7657	.7602	.7551	.7503	.7459	.7418	.7379	.7343	.7309	.7278	.7249	.7222	.7196	.7172	.7150	.7129
13	50 °C架线弧垂系数	.8916	.8723	.8593	.8471	.8359	.8256	.8160	.8072	.7990	.7915	.7845	.7780	.7721	.7665	.7614	.7566	.7522	.7490	.7442	.7405	.7372	.7340

		架线弧垂系数表 $F_1=10000G_1/8T$																					
序号	规律档距 (m)	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
1	-10 °C架线弧垂系数	.5347	.5398	.5447	.5494	.5539	.5581	.5622	.5660	.5697	.5733	.5766	.5798	.5829	.5858	.5886	.5912	.5938	.5962	.5985	.6007	.6028	.6049
2	-5 °C架线弧垂系数	.5501	.5547	.5590	.5632	.5672	.5710	.5746	.5780	.5813	.5844	.5874	.5902	.5929	.5955	.5979	.6003	.6025	.6047	.6067	.6087	.6106	.6124
3	0 °C架线弧垂系数	.5654	.5695	.5733	.5769	.5804	.5837	.5869	.5899	.5927	.5955	.5980	.6005	.6029	.6051	.6073	.6093	.6112	.6131	.6149	.6166	.6182	.6198
4	5 °C架线弧垂系数	.5807	.5842	.5875	.5906	.5936	.5964	.5991	.6017	.6041	.6064	.6086	.6107	.6127	.6146	.6163	.6182	.6199	.6215	.6230	.6244	.6258	.6272
5	10 °C架线弧垂系数	.5959	.5988	.6015	.6041	.6066	.6090	.6112	.6133	.6154	.6173	.6191	.6209	.6225	.6241	.6256	.6271	.6284	.6298	.6310	.6322	.6334	.6345
6	15 °C架线弧垂系数	.6110	.6132	.6155	.6176	.6195	.6214	.6232	.6249	.6265	.6280	.6295	.6309	.6322	.6335	.6347	.6358	.6369	.6380	.6399	.6408	.6417	.6428
7	20 °C架线弧垂系数	.6260	.6277	.6293	.6309	.6324	.6338	.6351	.6364	.6376	.6387	.6398	.6408	.6418	.6428	.6437	.6445	.6453	.6461	.6469	.6476	.6483	.6489
8	25 °C架线弧垂系数	.6408	.6420	.6431	.6441	.6451	.6460	.6469	.6477	.6485	.6493	.6500	.6507	.6514	.6520	.6531	.6537	.6542	.6547	.6552	.6556	.6561	.6561
9	30 °C架线弧垂系数	.6556	.6561	.6567	.6572	.6577	.6582	.6586	.6590	.6594	.6598	.6601	.6608	.6611	.6617	.6620	.6622	.6625	.6627	.6629	.6631	.6633	.6631
10	35 °C架线弧垂系数	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702	.6702
11	40 °C架线弧垂系数	.6846	.6841	.6835	.6830	.6825	.6821	.6816	.6812	.6808	.6805	.6801	.6798	.6795	.6791	.6789	.6786	.6783	.6781	.6778	.6776	.6774	.6771
12	45 °C架线弧垂系数	.6990	.6978	.6968	.6957	.6948	.6939	.6930	.6922	.6914	.6907	.6900	.6893	.6886	.6875	.6869	.6864	.6859	.6849	.6845	.6841	.6837	.6831
13	50 °C架线弧垂系数	.7132	.7115	.7099	.7083	.7069	.7055	.7043	.7030	.7019	.7008	.6997	.6987	.6978	.6969	.6960	.6952	.6944	.6936	.6929	.6922	.6916	.6910

### 3) 生成张力弧垂表和架线弧垂系数表

点击“生成张力弧垂表”和“生成架线弧垂系数表”，在程序目录下会生成“JXHC.SCR”和“ZLHC.SCR”。在Autocad中新建一个空白文件，将这两个文件拖入绘图区，即生成张力弧垂表和架线弧垂系数表。

### (3) 其他张力弧垂计算

工程中常用的张力弧垂计算有电线弧垂计算、档内线长计算、悬点应力计算等，详见《大手册》P179表3-3-1。表中的公式分为平抛物线公式、斜抛物线公式和悬链线公式。悬链线公式最精确，但是计算较繁琐，工程常采用平抛物线公式和斜抛物线公式进行计算。当高差系数 $h/l > 0.1$ ，应采用斜抛物线公式，反之可采用平抛物线公式。

## 15.4 孤立档

“非均布载荷的孤立档”是指该档两侧用耐张塔与其他档隔开且电线上附加有集中荷载（如耐张绝缘子串，“T”接引下线，上人检修等）的档距。

由于孤立档内的电线上附加了集中的或不均匀分布的荷载，对电线的应力、弧垂、线长等计算产生影响（不同于均布荷载），特别在档距较小，耐张串的均布单位荷载远大于电线单位荷载时，其影响更甚，若用一般的均布荷载计算法，所产生的应力弧垂计算误差将达到不能容许的程度，故对这种档距应逐档分别计算或校验。

孤立档电线弧垂计算原理及方法详见《电力工程高压送电线路设计手册（第二版）》第三章第三节。

现将利用《送电电气计算程序》进行孤立档计算的方法说明如下：

### 1、输入数据

始端塔号，末端塔号，档距，悬点高差，电线编号，气象区号，悬点张力(N)，过牵引张力，过牵引长度，耐张串长，无冰串重，有冰串重，线放松值，安装降温

JG, IIN1, 114, 5.84, 1, 1, 14725, 14725, 0.2, 7.29, 7150, 8270, 1, 25  
JG, IIN1, 114, 10.34, 3, 1, 9800, 9800, 0.15, 0, 0, 0, 1, 15

### 2、输出

安装示意图		电线观测弧垂 (m)												电线竣工弧垂 (m)											
		F1												F2											
安装气温 (°C)		-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40		
JG-IIN1	导线	3.25	3.30	3.35	3.41	3.46	3.51	3.56	3.60	3.65	3.70	3.75	2.96	3.01	3.06	3.10	3.15	3.19	3.24	3.28	3.32	3.36	3.41		
	地线	2.48	2.55	2.61	2.68	2.74	2.81	2.87	2.93	2.99	3.05	3.11	2.48	2.55	2.61	2.68	2.74	2.81	2.87	2.93	2.99	3.05	3.11		

### 3、计算相关说明

1) 悬点张力及过牵引张力为对于一般孤立档为导线最大使用张力的1.05倍，对于

进线档为架构允许最大张力;

- 2) 过牵引长度为了便于施工,一般取导线0.2m、地线0.15m。如需要缩小电线弧垂,可适当减少该长度,但需满足施工要求。
- 3) 计算结果中的弧垂值均已考虑了电线初伸长的影响,施工架线时以所测气温直接在本表中查出对应弧垂即可。

## 15.5 摆摆角

揆摆角计算公式:

$$\text{atan} \left[ \frac{\frac{P_0}{2} + n \cdot \frac{G4j}{2} \cdot Lh + 2 \cdot n \cdot Tj \cdot \sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right)}{\left(\frac{G0}{2}\right) + n \cdot G1 \cdot Lh + n \cdot Ti \cdot \alpha + ZS + FZS} \right]$$

式中:

$P_0$ ——悬垂绝缘子串风压, N;

$G_0$ ——悬垂绝缘子串重力, N;

$G_1$ ——导线自重力, N;

$G_4$ ——相当于工频电压、操作电压及雷电过电压风速下的导线风荷载, N/m;

$T_i$ ——相当于工频电压、操作电压及雷电过电压风速下的导线张力, N;

$Lh$ ——悬垂绝缘子串风偏角计算用杆塔水平档距;

$\alpha$ ——塔位高差系数;

$ZS$ ——重锤, N;

$FZS$ ——防振锤, N;

$n$ ——导线分裂根数;

$\theta$ ——铁塔横担兼角;

### 计算及审核要点

- (1)  $P_0$ 和 $G_4$ 应计及风速高度变化影响,并注意,不同电压等级风速基准高度不同。
- (2) 铁塔横担兼角应考虑线路自身兼角和前后铁塔横担长度不一致造成的综合角度;
- (3) 当揆摆角不满足时,一般情况下,可采取调整塔位、添加重锤、加挂双串、升高铁塔、换塔型,个别时也可采用增加防振锤数量的办法,可做多方案技术比较,选择经济

型。

(4) 对耐张塔、档距较小相邻的直线塔应考虑带电间隙，不足时可将耐张塔位移，或采取上述第3条措施。

(5) 换位塔因塔上变换导线相位，造成3相导线悬垂串兼角，定位时两侧档距不宜过大和相差悬殊，铁塔横向位移，应考虑前后铁塔横担长度，使换位塔3相导线悬垂串兼角尽量平均减小。

(6) 其他条件下造成导线张力的放松，应校核直线塔间隙。

(7) 输电线路（含紧凑型线路）悬垂V串两肢之间夹角的一半可比最大风偏角小 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。

(8) 电气与结构专业设计人员应共同配合，确定塔窗准确尺寸、脚钉位置和尺寸。

(9) 山区线路注意地线摇摆角不够的问题。

## 附件 2 送电电气设计模板

### 1 施工图专业设计计划模板

XXXX 工程

电气专业  
设计计划

主工:

主设人:

华北电力设计院工程有限公司

201X 年 XX 月

## 目录:

- 1、工程名称和编号
- 2、设计依据文件和主要标准
- 3、设计规模和范围
- 4、设计主要依据资料
- 5、主要设计原则
- 6、工程管理目标
- 7、控制措施
- 8、职业健康安全管理与环境管理
- 9、设计文件编制要求
- 10、综合设计进度

## 1. 工程名称和编号

1.1 工程名称：XXX

简称：XXX

(设计文件及图纸上均用工程简称，送出版的小白卡片使用全称)

1.2 工程编号：XXX

## 2 设计依据文件和主要标准

### 2.1 依据文件

2.1.1 XXX 线路工程初设文件

2.1.2 XXX 线路工程初设评审纪要（草稿）。

2.1.3 设计合同

### 1.2 主要设计标准、规程规范

1.2.1 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》 GB50545-2010

1.2.2 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》 DL/T620-1997

1.2.3 《电信线路遭受强电线路影响的允许值》 GB6830-86

1.2.4 《输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计程序》 DL/T5033-2006

1.2.5 《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》 DL/T5154-2002

1.2.6 《建筑结构荷载规范》 GB50009-2001

1.2.7 《架空送电线路基础设计技术规定》 DL/T5219-2005

1.2.8 《高压交流架空送电线无线电干扰限值》 GB15707-1995

1.2.9 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》 (GB50169-2006)

1.2.10 《110~500kV 架空电力线路施工及验收规范》 GB50233-2005

### 2.3 遵循的主要法律、法规

中华人民共和国土地法；

中华人民共和国环境保护法；

中华人民共和国文物法；

中华人民共和国自然保护区管理条例；

公路、高速公路管理条例等地方性法规。

## 3. 设计规模和范围

### 3.1 设计规模

主要介绍线路长度，采用的架设方式（单回、双回）等。

### 3.2 设计范围

#### 3.2.1 XXX 线路的本体设计

#### 3.2.2 线路单相接地短路引起的对邻近通信线电磁危险影响和干扰影响的保护设计

#### 3.2.3 工程预算书的编制

### 4. 设计主要依据资料

1) 系统设计资料

2) 沿线各气象台站资料

3) 污区图

4) 工程勘测、地质、水文资料

5) 沿线各单位收资资料

6) 两端变电站出线架构布置、相序允许拉力资料

### 5. 主要设计原则

#### 5.1 总的设计原则

1) 应正确处理国家与地方、工业与农业、近期与远期的关系，努力提高工程项目的社会效益和经济效益；

2) 应严格执行国家、行业、地方环境保护及安全生产的法律法规和技术、管理标准；严格执行环境影响评价报告、安全评价报告、水土保持方案报告、水资源论证报告及批复意见等提出的各项措施和建议。

3) 应积极推广应用新技术，努力提高工程设计技术水平。

4) 严格执行初步设计和初设审核纪要确定的各项技术原则。

#### 5.2 本工程主要设计原则

##### 5.2.1 路径方案

按初步设计审定的路径进行终勘选线，对拆迁、砍伐赔偿费用高的地方要做细致工作。

还没有取得同意本线路路径文件的沿线相关单位（军事设施、各级政府部门（包括规划、土地管理、水利、交通、文物、乡镇等）要继续落实协议。

具体工作方法和内容：

1) 利用航片优化路径

## 2) 现场定位

### 5.2.2 气象条件

按初设及初设审核意见确定的设计气象条件进行施工图设计。

### 5.2.3 导地线选型

按初设及初设审核意见确定的型号进行施工图设计。

### 5.2.4 绝缘设计

按初设及初设审核意见确定的型号进行施工图设计。

### 5.2.5 金具组装

金具组装图应参考《国家电网公司输变电工程通用设计》的金具分册。

### 5.2.6 铁塔

按初设及初设审核意见审定的塔型进行施工图设计。

### 5.2.7 铁塔基础

本工程基础型式应依据沿线地质、水文报告，吸取以往工程基础设计、施工的成功经验，筛选优化，减少砼和钢材用量；按初设及初设审核意见审定的基础形式进行施工图设计。

### 5.2.8 概算

根据电气、结构两专业提供的概算配合资料，依据国家有关规定和政策编制概算，其中铁塔征地费；树木砍伐赔偿标准；房屋拆迁标准；青苗赔偿等费用应进行收资，并应征得建设单位的意见确定。

### 5.2.9 编制文件要求

- 1) 施工图总说明书中增加专门章节，针对线路参数、环评、水保要求和技术方案进行描述，为工程投产、环评、水保验收做好技术文件准备。
- 2) 将工程量差表（施工图和招标量，其余项空白）作为施工图说明的一个章节。
- 3) 各专业编制强条执行情况表，作为施工图说明的一个章节。
- 4) 破口工程施工说明书应重点介绍导线相序布置情况，并附现场调查照片。
- 5) 重点交叉跨越设计方案（铁路、高速公路、河流）应单独说明并出跨越图，标注跨越里程，图纸归在总说明书中，以便办理跨越协议。
- 6) 施工图总说明书中应重点说明可研中变电站出线的设计方案，包括出线方案的落实情况，与 220kV 出线的关系及交叉位置的预留等内容。

7) 根据最近工程的实施情况，冬季施工时，合成绝缘子第一片伞裙根部易遭受鸟啄，因此，在签订合成绝缘子技术协议时应采用防鸟害性措施。本工程悬垂串应选用防鸟害型合成绝缘子，耐张串选用瓷质绝缘子。

8) 施工说明书应单独章节交代拆旧工程，并在说明书中交代华北电网的拆旧部分不再新建工程招标工程量中。

9) 变电站进出线架构侧地线连接点必须采用绝缘措施，并采用良导体实现可靠接地。

## 6. 工程管理目标

### 1) 主要技术经济指标控制目标

施工图设计本体指标不超过下表指标：

序号	名 称	指 标
1	线路长度(km)	
2	铁塔基数	
3	铁塔钢材(t)	
4	基础混凝土(m <sup>3</sup> )	
5	基础钢材(t)	

### 2) 质量目标：

交付产品合格率：100%；

图纸差错：1) 原则性差错：0个/标张；

2) 技术性差错：0个/标张；

3) 一般性差错：≤1个/标张。

合同履约率：100%；

顾客满意：顾客满意率达到98%。

3) 环境目标：线路的电磁环境、电场强调、无线电干扰水平满足国标和环境影响评价报告批复意见的要求。

4) 职业健康安全目标：设计过程中不发生重特大事故；重伤、死亡事故率为零。

5) 创优目标：华北电网公司优质工程

## 7. 控制措施

设计全过程必需按公司2009版质量、环境、职业健康安全管理体系的程序文件、作业文件进行，设计过程要认真实施以下控制措施：

## 7.1 关键技术、薄弱环节控制

### 7.1.1 关键技术

铁塔计算要执行新标准。

### 7.1.2 薄弱环节控制

#### 7.1.2.1 专业互提资料接口控制

#### 7.1.2.2 落实线路沿线协议

## 7.2 创优的具体措施和实施办法

- 1) 严格执行质量管理体系和程序文件，全面贯彻质量体系标准，实现勘测设计的全过程质量控制，确保质量管理体系有效实施。
- 2) 充分利用专家支撑系统进行设计方案论证及施工图检查。
- 3) 由主管院长负责，落实好各级人员组织管理职责。
- 4) 加强方案论证，认真听取设计监理、施工监理等其他各参建方的意见和建议，搞好设计方案的优化。
- 5) 加强信息反馈，克服工程设计中存在的不足，及时处理施工中出现的问题。
- 6) 竭诚服务，认真听取顾客意见，认真做好现场服务。

### 7.3 其他措施

专业主工要加强质量的过程控制，同时加强校核人员的技术水平，确保设计原则的贯彻执行。

## 8 职业健康安全管理与环境管理

### 8.1 危险源辨识与风险评价表

序号	危险源辨识											风险评价				是否为重要风险	风险等级	重要风险控制方式或方法	
	活动名称			危险源	时态		状态		可导致的事故或危害	直接判断法	D=LEC 判断法								
	过去	现在	将来		正常	异常	紧急	可能性 L			频繁程度 E	产生后果 C	危险性值 D						
公共部分																			
1	乘坐或驾驶公司汽车			汽车故障	√				交通事故、人员伤亡		3	6	15	270	是	2	对车辆要定期维修、保养；加强对职工、司机的交通安全教育；执行应急预案。		
2				违章驾驶	√					√					是	3	加强对职工、司机的交通安全教育；严格执行交通法规；执行应急预案。		
3				通过路况不良、积水或有塌方危险的路段或夜间行驶	√				交通事故、人员伤亡						是	2			
4	出差乘坐汽车、火车、飞机			交通工具故障或意外情况	√				交通事故、人员伤亡		3	6	7	126	是	3	加强对职工的交通安全教育；提醒职工认真阅读各种交通工具的安全规定，并严格遵守；依据要求购买有关保险。		

序号	危险源辨识										风险评价				是否为重要风险	风险等级	重要风险控制方式或方法		
	活动名称			危险源	时态			状态		可导致的事故或危害	直接判断法	D=LEC 判断法							
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常	异常			可能性 L	频繁程度 E	产生后果 C	危险性值 D				
5	现场踏勘	现场办公	现场生活	烟蒂、烟灰遇可燃物品	√				√	火灾，人员伤亡	√					是	2	不随意丢烟蒂、弹烟灰，强化防火意识，在线路踏勘住宿地配置消防器材；严格执行施工现场的安全规定及相关火灾应急预案。	
6				遭遇火灾		√			√	人员伤亡、财产损失		1	1	15	15	否	5		
7				饮食不卫生或有毒	√		√			人员中毒患病		3	6	7	126	是	3	要求员工选择有卫生资质的餐馆就餐。	
8	现场服务			人员受到机械碰撞	√		√			身体伤害		3	6	7	126	是	3	加强安全培训，严格遵守公司现场安全及施工单位的有关规定。进入现场要穿戴劳动防护用品。	
9				施工现场高空坠物	√		√			人员伤亡		1	6	15	90	是	3		
10				踩踏朝天钉	√		√			扎伤脚		3	6	7	126	是	3		
11				未穿绝缘鞋进入带电区	√		√			人员触电		1	6	15	90	是	3		
12				过分接近电焊	√		√			眼睛灼伤		3	3	1	9	否	5		

序号	危险源辨识										风险评价				是否为重要风险	风险等级	重要风险控制方式或方法		
	活动名称			危险源	时态			状态		可导致的事故或危害	直接判断法	D=LEC 判断法							
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常	异常			可能性 L	频繁程度 E	产生后果 C	危险性值 D				
	13			光源															
13				在未设护栏的坑、洞、沿边工作		√		√		摔伤		3	3	7	63	否	4		
送电现场踏勘部分																			
14	野外踏勘			在坑、沟、崖边行走		√			√	人员摔伤		3	6	7	126	是	3	要求人员尽量避开危险区，携带绳索。	
15				在无人区或深山野林中行走		√			√	走失		3	6	4	72	是	3	强调紧跟队伍，随时清点人员。	
16				夜间在野外		√			√	走失		3	6	4	72	是	3	在天黑前收工，夜间不得到野外。	
17				雷雨天遇雷击		√			√	人身伤害		3	6	7	126	是	3	要求雷雨天不进行现场踏勘。	
18				遇大风扬尘		√		√		影响视线，伤害眼睛，损伤肺		3	3	2	18	否	5		
19				山洪爆发，涉水过河，溺水		√			√	人身伤害		3	6	7	126	是	3	雨天不进行山区踏勘；山区踏勘中遇雨，尽快回撤；培训救护常识，事发时执行应急预案。	
20				毒蛇、毒蜂咬伤		√		√		人员中毒死亡		3	6	7	126	是	3	进行防护常识培	

序号	危险源辨识										风险评价				是否为重要风险	风险等级	重要风险控制方式或方法		
	活动名称			危险源	时态			状态		可导致的事故或危害	直接判断法	D=LEC 判断法							
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常	异常			可能性 L	频繁程度 E	产生后果 C	危险性值 D				
																	训，配带药品，及时就医，执行应急预案。		
21	野外踏勘			狗及野生动物咬伤	√		√			人员染病死亡		3	6	7	126	是	3	进行防护常识培训，及时就医，注射狂犬疫苗。	
22				气温寒冷	√		√			冻伤		3	6	3	54	否	4		
23				天气炎热	√		√			中暑		3	6	2	36	否	5		
24	野外攀爬			遇雨雪、山陡、路滑	√		√			人员摔伤		3	6	7	126	是	3	要求人员穿防滑鞋。	
25	进入发电厂的开关场、变电站进行踏勘			触电	√		√			电击/电伤	√					是	3	请厂方派人监护，工作人员听从指挥，并佩戴劳动防护用品	
26			用电	用电过载或电线短路	√		√			引发火灾，人员伤亡	√					是	3	专人负责安全	

序号	危险源辨识										风险评价				是否为重要风险	风险等级	重要风险控制方式或方法		
	活动名称			危险源	时态			状态		可导致的事故或危害	直接判断法	D=LEC 判断法							
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常	异常			可能性 L	频繁程度 E	产生后果 C	危险性值 D				
27	吸烟			烟蒂或烟灰遇可燃物		√			√		√				是	3	检查, 进行安全培训, 设置灭火器材, 执行火灾应急预案。		

## 8.2 环境因素识别评价表

序号	环境因素识别								环境因素评价							是否是重要环境因素	重要环境因素控制方式或方法		
	活动名称			环境因素	时态		状态		环境影响	直接判断法	多因子(abc)评价法								
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常	异常		影响范围	影响程度	发生频率	影响持续时间	社区关注程度	改变的容易程度	改变需资源投入		
公共部分																			
1	外出办公			尾气排放超标		√			√		污染空气	√						是	按规定检测, 维修, 达标
2	驾车			电瓶丢弃		√			√		污染土壤	√						是	交给指定的回收单位
送电踏勘作业部分																			

序号	环境因素识别									环境因素评价						是否是重要环境因素	重要环境因素控制方式或方法		
	活动名称			环境因素	时态		状态		环境影响	直接判断法	多因子(abc)评价法								
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常			影响范围	影响程度	发生频率	影响持续时间	社区关注程度	改变的容易程度	改变需资源投入		
3	在林区、灌木区吸烟、用火			排放烟尘		√		√			污染空气		c	c	c	c	c		
4				引发火灾排放浓烟		√			√		污染空气	√						是	木区严禁吸烟；严格控制用火；遇火灾执行应急预案。
5				引发火灾燃烧植被		√			√		破坏森林、植被	√						是	
6	线路勘测路径清障			树木砍伐		√		√			破坏植被		b	b	b	b	b	是	采取措施，减少砍伐量
7	进入草原农田等踩踏及车辆碾压			踩踏、碾压草地、青苗		√		√			破坏植被、破坏农田		b	b	b	b	b	是	采取措施，减少砍伐量和减少碾压区
8	野外作业			随意丢弃、废弃		√		√			污染水体		b	b	b	c	b	是	集中回收，尽量垃圾分类

序号	环境因素识别										环境因素评价							是否是重要环境因素	重要环境因素控制方式或方法
	活动名称			环境因素	时态		状态			环境影响	直接判断法	多因子(abc)评价法							
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常	异常			影响范围	影响程度	发生频率	影响持续时间	社区关注程度	改变的容易程度	改变需资源投入	
	9			污染物						或土壤									
9				噪声排放		√		√		影响居民		c	c	c	c	c	c		
变电选址、施工现场部分																			
10	选址 现场、施工 现场吸烟、 用火	吸烟 用火		排放烟尘		√		√		污染空气		c	c	c	c	c	c		
11				引发火灾排放浓烟		√				污染空气	√							是	在工作现场(含工代服务现场)、禁烟区严禁吸烟;严格控制用火;遇火灾执行应急预案。
12				引发火灾燃烧植被		√				破坏森林、植被	√							是	
13	进入草原 农田等踩踏及 车辆碾压			踩踏、碾压草地、青苗		√		√		破坏植被、破坏农田		b	b	b	c	b	b	是	采取措施,减少踩踏碾压区
14		使用办公	使用生活	随意丢弃、废弃						污染水体		b	b	b	c	b	b	是	集中投放,尽量垃圾分类。

序号	环境因素识别									环境因素评价						是否是重要环境因素	重要环境因素控制方式或方法	
	活动名称			环境因素	时态		状态			环境影响	多因子(abc)评价法							
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常	异常		直接判断法	影响范围	影响程度	发生频率	影响持续时间	社区关注程度	改变的容易程度	改变需资源投入
		用品	垃圾	污染物						或土壤								

注：对建设项目的环境因素在项目设计和环境影响评价中进行识别。

### 8.3 送电线路外业安全须知

#### 8.3.1 职责

- 电网公司总经理为部门安全管理第一责任人，负责部门安全生产的管理、资源的配置和人员的教育培训。
- 各项目经理、安全组成员为项目安全主要责任人，负责送电设计外业工作的安全、资源配置和人员培训，并承担相应的责任。
- 各专业主设人(分段主设人)为送电外业安全生产责任人，负责外业现场的安全和各项管理制度、防范措施的贯彻执行，并承担相应的责任。

#### 8.3.2 安全管理要求

- 外业人员必须文明生产、遵章守制，不得擅离职守，严禁冒险作业；
- 外业出队前和工作中严禁饮酒；
- 患有职业禁忌症的人员不得从事外业工作；
- 雷、雨及六级以上大风天气，不宜从事野外作业；
- 山区作业时，应事先查明情况，不得盲目作业，防止自然灾害的发生；
- 林区及一切禁止烟火的地区作业时，必须按当地规定采取安全防火措施；
- 在疫区、流行病多发季节和医疗条件较差的工地，应按规定采取预防措施，医务人员应定期赴工地检查，外业队应配备常用药品；
- 深山、林区、沼泽区、水域不得单人外出和进入；
- 外业所带车辆在下现场之前，要进行必要的安全检查和维护。每天出发前和归来后，要对车辆进行检查，不得让病车上路；
- 汽车驾驶员必须严格执行交通安全的有关规定，确保车辆的安全运行；
- 外业现场工作期间未经批准上岗的驾驶员不得驾车下现场和跑长途；
- 外业所带设备必须严格保管，确保设备的安全和完好；
- 夜间作业时，应有良好的照明，照明条件不充分应停止工作。

### 8.4 送电线路外业环境保护须知

#### 8.4.1 职责

- 电网部、勘测部主任为部门环境管理第一责任人，负责部门环境的管理、资源的配置和人员的教育培训。
- 各项目经理、质量组成员为项目环境主要责任人，负责送电设计外业工作的环境管理、资源配置和人员培训，并承担相应的责任。
- 各专业主设人(分段主设人)为送电外业环境责任人，负责外业现场的环境管理和各项管理

制度、防范措施的贯彻执行，并承担相应的责任。

#### 8.4.2 外业环境管理要求

- 外业工作过程中尽可能减少对林木植被的破坏；
- 在野外就餐后，须将方便食品的包装统一收集带回驻地分类处理，不可随意丢弃；
- 设备使用电池不得随意丢弃，须统一回收处理；
- 外业工作中注意节约各种资源，包括电力、油气、水资源、纸张等。

### 9. 设计文件编制要求

#### 9.1 设计文件卷册划分

序号	卷册目录	卷册号
1	总说明书及附图	-A0001
2	金具组装图	-D0101
3	导地线安装图	-D0102
4	塔位图	-D0201
5	明细表及交叉跨越表	-D0301
6	通信保护设计	-D0401
7	OPGW 光缆设计	-D0501
8	树木清理和拆迁统计	-D0601
9	走廊情况说明	-D0701
10	直线塔结构图	-T0101
11	转角塔结构图	-T0102
12	终端塔结构图	-T0103
13	铁塔基础施工图	-T0104

图纸文件编写分工见下表：

序号	施设文件编写内容	编写专业
1	总说明书及附图卷册汇总	线路电气主设人
2	总说明书及附图卷册目录	线路电气主设人
3	总说明书电气部分	线路电气主设人

4	总说明书结构部分	线路结构主设人
5	总说明书通信保护部分	线路通信保护主设人
6	电气部分图纸	线路电气、通信保护主设人
7	结构部分图纸	线路结构主设人
8	预算书	线路技经主设人

9.2 行间距为 1.5 倍。说明书、图纸全部采用计算机编制，交出成品应为一套书面文件和一套电子文件。

### 9.3 所有电子文件文件格式要求：

说明书为 word 格式文件、概算书为 excel 格式文件，图纸为 CAD 格式文件，并统一在 PW 平台上操作和保存.

## 10. 综合设计进度

- (1) 工程启动会
- (2) 外业终勘定位:
- (3) 提出施工招标量
- (4) 交出开工图:
- (5) 初设预收口资料
- (6) 提出装材技术规范书
- (7) 全部文件室交出:
- (8) 出版时间:
- (9) 院交出时间:

## 卷册进度要求

序号	卷册目录	交出日期
*1	设备材料订货清册	

序号	卷册目录	交出日期
*2	设备材料订货技术条件	
*3	初步设计评审后收口技术文件	
*4	初步设计评审后概算	
*5	施工招标量清单	
*6	线路分段说明及全息图	
*7	线路走廊内障碍物明细表	
1	总说明书及附图	
2	金具组装图	
3	导地线安装图	
4	塔位图	
5	明细表及交叉跨越表	
6	通信保护设计	
7	OPGW 光缆设计	
8	树木清理和拆迁统计	
9	走廊情况说明	
10	直线塔结构图	
11	转角塔结构图	
12	终端塔结构图	
13	铁塔基础施工图	

**专业提资进度表**

序号	资料名称	提交单位	接受单位	提交计划日期	备注
1	测量任务书	电气、结构	勘测		书面资料，要签字齐全
2	现场定位中间资料	电气	结构		
3	降基面中间资料	结构	电气		
4	勘测报告及任务书要求的图纸	勘测测量	线路电气		电子版及书面资料，要签字齐全

序号	资料名称	提交单位	接受单位	提交计划日期	备注
7	塔位明细表	电气	结构		书面资料，要签字齐全
8	铁塔负荷	电气	结构		书面资料，要签字齐全
9	挂板倾角	电气	结构		书面资料，要签字齐全
10	终勘后路径图	线路电气	线路结构、通保		电子版文件，必要时出图
11	挂点配合				结构、电气当面共同核对；结构 约电气。
设计项目经理：					

## 2 施工图卷册任务书模板

**华北电力设计院工程有限公司**  
**施工图卷册设计任务书**

工程名称		卷册负责人	
卷册名称	总说明书及附图	参加人员	
卷册检索号	-A0101	开工日期	年 月
定额(估工)工日		计划交室日期	年 月

**主要设计原则及设计输入：**

1. 送电电气专业设计计划;
2. 初步设计文件;
3. 初步设计审核纪要。

**设计内容及接口：**

图纸主要包括:

序号	图纸名称	级别	常用比例
1	总说明书	A	
2	路径图	A	1:5 万
3	导线相序示意图	B	
4	地线运行方式图	B	
5	单相接地短路电流曲线	B	
6	相对位置图	B	1:1000
7	铁塔一览图	A	1:1000
8	全线基础型式图	A	

**提交资料内容及日期：**

无。

**质量信息反馈及注意事项：**

1. 核实变电站进出线、单双变换和换位塔处的相序连接，确保全线相序正确。
2. 严格按院质量体系作业文件的要求。
3. 严格按“送电电气专业设计计划”的要求。

签署栏	主工:	主设人:
-----	-----	------

注 1: 本表随任务下达,由主设人填写,主工审签。

注 2: 注意事项包括本卷册特定的初始条件、上级、顾客及相关方要求、设计原则、技术经济指标、采用的同类工程信息等。

**注 3：定额工日包括校审工日，所占百分比见定额。**

## 华北电力设计院工程有限公司

### 施工图卷册设计任务书

工程名称		卷册负责人	
卷册名称	金具组装图	参加人员	
卷册检索号	-D0101	开工日期	年 月
定额(估工)工日		计划交室日期	年 月

#### **主要设计原则及设计输入：**

1. 送电电气专业设计计划；
2. 初步设计文件；
3. 初步设计审核纪要。

#### **设计内容及接口：**

图纸主要包括：

序号	图纸名称	级别	常用比例
1	导线耐张绝缘子串组装图	C	
2	导线悬垂绝缘子串组装图	C	
3	跳线绝缘子串组装图	C	
4	地线耐张串组装图	C	
5	地线悬垂串组装图	C	
6	防振锤安装距离示意图	C	
7	跳线间隔棒安装位置示意图	C	
8	铁塔接地装置施工图	C	

#### **提交资料内容及日期：**

序号	资料名称	接收专业	提交日期
1	铁塔挂点配合	线路结构	
2	架构挂点配合	变电土建	
3	挂板倾角	线路结构	

#### **质量信息反馈及注意事项：**

1. 绝缘子串组装图应参考《国家电网公司输变电工程通用设计》金具分册。
2. 注意校验绝缘子串强度。
3. 架构用耐张串须绝缘并可靠接地。
4. 使用双联双线夹悬垂串时应进行双串调长计算。
5. 严格按院质量体系作业文件的要求。
6. 严格按“送电电气专业设计计划”的要求。

签署栏	主工：	主设人：
-----	-----	------

注 1：本表随任务下达，由主设人填写，主工审签。

注 2：注意事项包括本卷册特定的初始条件、上级、顾客及相关方要求、设计原则、技术经济指标、采用的同类工程信息等。

注 3：定额工日包括校审工日，所占百分比见定额。

## 华北电力设计院工程有限公司 施工图卷册设计任务书

工程名称		卷册负责人	
卷册名称	导地线安装图	参加人员	
卷册检索号	-D0102	开工日期	年 月
定额(估工)工日		计划交室日期	年 月

### 主要设计原则及设计输入：

1. 送电电气专业设计计划；
2. 初步设计文件；
3. 初步设计审核纪要。

### 设计内容及接口：

图纸主要包括：

序号	图纸名称	级别	常用比例
1	导线张力弧垂表	B	
2	导线架线弧垂系数表	C	
3	地线张力弧垂表	B	
4	地线架线弧垂系数表	C	
5	孤立档架线弧垂表	C	
6	导线架线弧垂及线夹安装距离调整表	C	
7	地线架线弧垂及线夹安装距离调整表	C	
8	耐张塔绝缘子串补偿距离表	C	
9	跳线弧垂安装表	C	

### 提交资料内容及日期：

无

### 质量信息反馈及注意事项：

1. 注意进行导地线配合计算和地线与光缆配合计算。
2. 严格按院质量体系作业文件的要求。
3. 严格按“送电电气专业设计计划”的要求。

签署栏	主工：	主设人：
-----	-----	------

注 1：本表随任务下达，由主设人填写，主工审签。

注 2：注意事项包括本卷册特定的初始条件、上级、顾客及相关方要求、设计原则、技术经济指标、采用的同类工程信息等。

注 3：定额工日包括校审工日，所占百分比见定额。

## 华北电力设计院工程有限公司 施工图卷册设计任务书

工程名称		卷册负责人	
卷册名称	塔位图	参加人员	
卷册检索号	-D0201	开工日期	年 月
定额(估工)工日		计划交室日期	年 月

### 主要设计原则及设计输入：

1. 送电电气专业设计计划；
2. 初步设计文件；
3. 初步设计审核纪要。

### 设计内容及接口：

图纸主要包括：

序号	图纸名称	级别	常用比例
1	塔位图	B	

### 提交资料内容及日期：

无

### 质量信息反馈及注意事项：

1. 严格按院质量体系作业文件的要求。
2. 严格按“送电电气专业设计计划”的要求。

签署栏	主工:	主设人:
注 1: 本表随任务下达,由主设人填写,主工审签。		
注 2: 注意事项包括本卷册特定的初始条件、上级、顾客及相关方要求、设计原则、技术经济指标、采用的同类工程信息等。		
注 3: 定额工日包括校审工日,所占百分比见定额。		

## 华北电力设计院工程有限公司 施工图卷册设计任务书

工程名称		卷册负责人	
卷册名称	明细表及交叉跨越表	参加人员	
卷册检索号	-D0301	开工日期	年 月
定额(估工)工日		计划交室日期	年 月

**主要设计原则及设计输入 :**

1. 送电电气专业设计计划;
2. 初步设计文件;
3. 初步设计审核纪要。

**设计内容及接口 :**

图纸主要包括:

序号	图纸名称	级别	常用比例
1	塔位明细表	B	
2	交叉跨越表	C	

**提交资料内容及日期 :**

无

**质量信息反馈及注意事项 :**

1. 严格按院质量体系作业文件的要求。
2. 严格按“送电电气专业设计计划”的要求。

签署栏	主工:	主设人:
注 1: 本表随任务下达,由主设人填写,主工审签。		
注 2: 注意事项包括本卷册特定的初始条件、上级、顾客及相关方要求、设计原则、技术经济指标、采用的同类工程信息等。		
注 3: 定额工日包括校审工日,所占百分比见定额。		

## 华北电力设计院工程有限公司 施工图卷册设计任务书

工程名称		卷册负责人	
卷册名称	OPGW 光缆设计	参加人员	
卷册检索号	-D0501	开工日期	年 月
定额(估工)工日		计划交室日期	年 月

**主要设计原则及设计输入 :**

1. 送电电气专业设计计划;
2. 初步设计文件;
3. 初步设计审核纪要。

**设计内容及接口 :**

图纸主要包括:

序号	图纸名称	级别	常用比例
1	OPGW 施工说明书	B	
2	OPGW 施工明细表	B	
3	OPGW 张力弧垂表	B	
4	OPGW 架线弧垂系数表	C	
5	OPGW 孤立档架线弧垂表	C	
6	OPGW 架线弧垂及线夹安装距离调整表	C	
7	OPGW 耐张串组装图	C	
8	OPGW 悬垂串组装图	C	
9	OPGW 防振锤安装图	C	
10	OPGW 接头盒	C	
11	OPGW 引下卡具	C	
12	OPGW 余栏架	C	

**提交资料内容及日期 :**

无

**质量信息反馈及注意事项 :**

1. 架构用耐张串、引下卡具、余栏架、接头盒应采用绝缘型。
2. 严格按照院质量体系作业文件的要求。
3. 严格按“送电电气专业设计计划”的要求。

签署栏	主工:	主设人:
注 1: 本表随任务下达,由主设人填写,主工审签。 注 2: 注意事项包括本卷册特定的初始条件、上级、顾客及相关方要求、设计原则、技术经济指标、采用的同类工程信息等。 注 3: 定额工日包括校审工日,所占百分比见定额。		

## 华北电力设计院工程有限公司 施工图卷册设计任务书

工程名称		卷册负责人	
卷册名称	树木清理和拆迁统计	参加人员	
卷册检索号	-D0601	开工日期	年 月
定额(估工)工日		计划交室日期	年 月

**主要设计原则及设计输入 :**

1. 送电电气专业设计计划;
2. 初步设计文件;
3. 初步设计审核纪要。

**设计内容及接口 :**

图纸主要包括:

序号	图纸名称	级别	常用比例
1	树木清理统计表	B	
2	拆迁图	C	

**提交资料内容及日期 :**

无

**质量信息反馈及注意事项 :**

1. 严格按院质量体系作业文件的要求。
2. 严格按“送电电气专业设计计划”的要求。

签署栏	主工:	主设人:
注 1: 本表随任务下达,由主设人填写,主工审签。 注 2: 注意事项包括本卷册特定的初始条件、上级、顾客及相关方要求、设计原则、技术经济指标、采用的同类工程信息等。 注 3: 定额工日包括校审工日,所占百分比见定额。		

## 华北电力设计院工程有限公司 施工图卷册设计任务书

工程名称		卷册负责人													
卷册名称	走廊情况说明	参加人员													
卷册检索号	-D0701	开工日期	年 月												
定额(估工)工日		计划交室日期	年 月												
<b>主要设计原则及设计输入 :</b> 1. 送电电气专业设计计划; 2. 初步设计文件; 3. 初步设计审核纪要。															
<b>设计内容及接口 :</b> 图纸主要包括: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">序号</th> <th style="width: 40%;">图纸名称</th> <th style="width: 10%;">级别</th> <th style="width: 40%;">常用比例</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>线路走廊障碍物总说明</td> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>塔位路径图</td> <td>B</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				序号	图纸名称	级别	常用比例	1	线路走廊障碍物总说明	B		2	塔位路径图	B	
序号	图纸名称	级别	常用比例												
1	线路走廊障碍物总说明	B													
2	塔位路径图	B													
<b>提交资料内容及日期 :</b> 无															
<b>质量信息反馈及注意事项 :</b> 1. 严格按院质量体系作业文件的要求。 2. 严格按“送电电气专业设计计划”的要求。															

签署栏	主工:	主设人:
<p>注 1: 本表随任务下达, 由主设人填写, 主工审签。</p> <p>注 2: 注意事项包括本卷册特定的初始条件、上级、顾客及相关方要求、设计原则、技术经济指标、采用的同类工程信息等。</p> <p>注 3: 定额工日包括校审工日, 所占百分比见定额。</p>		

### 3 定位手册模板

10-WXXX-SXXXS

# 工程 施工图设计 定位手册

华北电力设计院工程有限公司

XXXX 年 X 月

批           准  :

审           核  :

校           核  :

设           计  :

# 目 录

- 1 工程概况
  - 1.1 路径
  - 1.2 设计气象条件
  - 1.3 导、地线型号及安全系数
  - 1.4 污区划分和空气间隙
    - 1.4.1 污区划分
    - 1.4.2 空气间隙
  - 1.5 绝缘子金具串型
    - 1.5.1 绝缘子金具串选配原则
    - 1.5.2 串型配置
    - 1.5.3 绝缘子金具串选配表
  - 1.6 杆塔型式及使用条件
    - 1.6.1 杆塔型式
    - 1.6.2 杆塔使用条件
- 2 终勘工作内容及主要原则
  - 2.1 选线工作内容及主要原则
  - 2.2 定位原则和注意事项
- 3 职业健康安全管理与环境管理
  - 3.1 危险源辨识与风险评价表
  - 3.2 环境因素识别评价表
  - 3.3 送电线路外业安全须知
    - 3.3.1 职责
    - 3.3.2 安全管理要求
  - 3.4 送电线路外业环境保护须知
    - 3.4.1 职责
    - 3.4.2 外业环境管理要求

## 附件

附件 A : 送电线路(电气专业)杆塔定位现场记录表

附件 B : 导线张力弧垂表

附件 C : 地线张力弧垂表

附件 D : 直线塔水平档距折算结果及塔重

附件 E : 悬点应力曲线

附件 F : 对测量专业要求

## 1 工程概况

线路起止点：

工程名称：

工程编号：

### 1.1 路径

路径概述

#### 1.1.1 线路沿线通过的行政区

#### 1.1.2 线路沿线地形划分

#### 1.1.3 本段线路主要交叉跨越

### 1.2 两端变电站进出线及线路换位情况

### 1.3 设计气象条件

### 1.4 导、地线型号及安全系数

#### 1.4.1 导线型号及安全系数

#### 1.4.2 地线型号、运行方式及安全系数

### 1.5 污区划分和空气间隙

#### 1.5.1 污区划分及绝缘配置

#### 1.5.2 空气间隙

### 1.6 绝缘子金具串型

#### 1.6.1 绝缘子金具串安全系数

#### 1.6.2 串型配置

#### 1.6.3 绝缘子串定位用串长(如果需要)

### 1.7 杆塔型式及使用条件

### 1.7.1 杆塔型式

### 1.7.2 杆塔使用条件

## 2 终勘工作内容及主要原则

### 2.1 选线工作内容及主要原则

### 2.2 定位原则和注意事项

#### 2.2.1 定位裕度及 K 值选择

#### 2.2.2 导线对地及交叉跨越物的距离

#### 2.2.3 林木砍伐原则

#### 2.2.4 房屋拆迁原则和注意事项

#### 2.2.5 与电力线路、通信线和地下线路的交叉跨越

#### 2.2.6 微地形微气象区(如果有)

#### 2.2.7 重点校核内容

序号	重点校核内容
1	杆塔使用条件
2	直线杆塔及小转角塔摇摆角
3	绝缘子串强度校核
4	导地线悬点应力校核
5	导地线悬垂角校核
6	耐张串倒挂校验
7	导地线上拔
8	交叉跨越间距

9	风偏点校验
10	耐张塔跳线对地距离校验
11	导线的相间距离,导、地线的线间距离

## 2.2.8 接地装置的选配

## 2.2.9 导、地线防振锤配置

## 2.2.10 间隔棒安装距离和数量

## 2.2.11 导、地线接头

## 2.2.12 线路前进方向及定位编号

## 2.2.13 与结构专业的配合

## 2.2.14 定位其他注意事项

- (1)边线宽度的选取
- (2)在定线、定位中尽量避免风偏开方，对于需开风偏处，可考虑通过改线解决。
- (3)对耐张塔设置在高边坡地点，应注意跳线串对地距离，并提醒测量人员每基转角均应测量并绘制跳线风偏图。
- (4)跨越地下电缆时，塔位接地装置外缘应距电缆 50m 以上。
- (5)当线路与弱电线路或电力线交叉时，应注意实际危险点并非线路中相与被跨线路中相的交点，要特别注意边导线的测量。同时跨越档距较大时，应注意校验被跨电力线地线风偏后对线路导线的距离。
- (6)线路在与电力线交叉或平行时，应考虑电力线在发生断线或倒杆时，不危及本线路杆塔(包括拉线)的安全。
- (7)跨越公路时，塔脚基础边缘离公路边沟外缘的间距为：高速公路不小于 50m，国道不小于 20m，离省道不小于 15m，离县道及乡村公路不小于 10m。如相关协议中对公路或铁路提出距离要求的，也应尽量满足协议要求。
- (8).....

### 3 职业健康安全管理与环境管理

#### 3.1 危险源辨识与风险评价表

序号	危险源辨识											风险评价				是否为重要风险	风险等级	重要风险控制方式或方法	
	活动名称			危险源	时态		状态		可导致的事故或危害	直接判断法	D=LEC 判断法								
	过去	现在	将来		正常	异常	紧急	可能性 L			频繁程度 E	产生后果 C	危险性值 D						
公共部分																			
1	乘坐或驾驶公司汽车			汽车故障	√			√	交通事故、人员伤亡		3	6	15	270	是	2	对车辆要定期维修、保养；加强对职工、司机的交通安全教育；执行应急预案。		
2				违章驾驶	√			√		√					是	3	加强对职工、司机的交通安全教育；严格执行交通法规；执行应急预案。		
3				通过路况不良、积水或有塌方危险的路段或夜间行驶	√			√	交通事故、人员伤亡						是	2	加强对职工的交通安全教育；提醒职工认真阅读各种交通工具的安全规定，并严格遵守；依据要求购买有关保险。		
4	出差乘坐汽车、火车、飞机			交通工具故障或意外情况	√			√	交通事故、人员伤亡		3	6	7	126	是	3	加强对职工的交通安全教育；提醒职工认真阅读各种交通工具的安全规定，并严格遵守；依据要求购买有关保险。		

序号	危险源辨识											风险评价				是否为重要风险	风险等级	重要风险控制方式或方法	
	活动名称			危险源	时态		状态		可导致的事故或危害	直接判断法	D=LEC 判断法								
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常			可能性 L	频繁程度 E	产生后果 C	危险性值 D					
5	现场踏勘	现场办公	现场生活	烟蒂、烟灰遇可燃物品	√				火灾，人员伤亡	√					是	2	不随意丢烟蒂、弹烟灰，强化防火意识，在线路踏勘住宿地配置消防器材；严格执行施工现场的安全规定及相关火灾应急预案。		
6				遭遇火灾		√			人员伤亡、财产损失		1	1	15	15	否	5			
7				饮食不卫生或有毒	√	√	√		人员中毒患病		3	6	7	126	是	3	要求员工选择有卫生资质的餐馆就餐。		
8	现场服务			人员受到机械碰撞	√	√	√		身体伤害		3	6	7	126	是	3	加强安全培训，严格遵守公司现场安全及施工单位的有关规定。进入现场要穿戴劳动防护用品。		
9				施工现场高空坠物	√	√	√		人员伤亡		1	6	15	90	是	3			
10				踩踏朝天钉	√	√	√		扎伤脚		3	6	7	126	是	3			
11				未穿绝缘鞋进入带电区	√	√	√		人员触电		1	6	15	90	是	3			
12				过分接近电焊光源	√	√	√		眼睛灼伤		3	3	1	9	否	5			
13				在未设护栏的	√	√	√		摔伤		3	3	7	63	否	4			

序号	危险源辨识											风险评价				是否为重要风险	风险等级	重要风险控制方式或方法	
	活动名称			危险源	时态		状态		可导致的事故或危害	直接判断法	D=LEC 判断法								
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常			可能性 L	频繁程度 E	产生后果 C	危险性值 D					
				坑、洞、沿边工作															
<b>送电现场踏勘部分</b>																			
14	野外踏勘			在坑、沟、崖边行走	√			√	人员摔伤		3	6	7	126	是	3	要求人员尽量避开危险区，携带绳索。		
15				在无人区或深山野林中行走	√			√	走失		3	6	4	72	是	3	强调紧跟队伍，随时清点人员。		
16				夜间在野外	√			√	走失		3	6	4	72	是	3	在天黑前收工，夜间不得到野外。		
17				雷雨天遇雷击	√			√	人身伤害		3	6	7	126	是	3	要求雷雨天不进行现场踏勘。		
18				遇大风扬尘	√		√		影响视线，伤害眼睛，损伤肺		3	3	2	18	否	5			
19				山洪爆发，涉水过河，溺水	√			√	人身伤害		3	6	7	126	是	3	雨天不进行山区踏勘；山区踏勘中遇雨，尽快回撤；培训救护常识，事发时执行应急预案。		
20				毒蛇、毒蜂咬伤	√		√		人员中毒死亡		3	6	7	126	是	3	进行防护常识培训，配带药品，及时就医，执行应急预案。		
21	野外			狗及野生动物咬	√		√		人员染病死亡		3	6	7	126	是	3	进行防护常识培		

序号	危险源辨识											风险评价				是否为重要风险	风险等级	重要风险控制方式或方法	
	活动名称			危险源	时态		状态		可导致的事故或危害	直接判断法	D=LEC 判断法								
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常			可能性 L	频繁程度 E	产生后果 C	危险性值 D					
	踏勘			伤													训，及时就医，注射狂犬疫苗。		
22				气温寒冷	√		√		冻伤		3	6	3	54	否	4			
23				天气炎热	√		√		中暑		3	6	2	36	否	5			
24	野外攀爬			遇雨雪、山陡、路滑	√		√		人员摔伤		3	6	7	126	是	3	要求人员穿防滑鞋。		
25	进入发电厂的开关场、变电站进行踏勘			触电	√		√		电击/电伤	√					是	3	请厂方派人监护，工作人员听从指挥，并佩戴劳动防护用品		
26			用电	用电过载或电线短路	√		√		引发火灾，人员伤亡	√					是	3	专人负责安全检查，进行安全培训，设置灭火器材，执行火灾应急预案。		
27	吸烟			烟蒂或烟灰遇可燃物	√		√			√					是	3			

### 3.2 环境因素识别评价表

序号	环境因素识别										环境因素评价							是否是重要环境因素 控制方式或方法	
	活动名称			环境因素	时态		状态		环境影响	多因子(abc)评价法									
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常		直接判断法	影响范围	影响程度	发生频率	影响持续时间	社区关注程度	改变的容易程度	改变需资源投入		
公共部分																			
1	外出办公驾车			尾气排放超标		√			√	污染空气	√							是 按规定检测，维修，达标	
2				电瓶丢弃		√			√	污染土壤	√							是 交给指定的回收单位	
送电踏勘作业部分																			
3	在林区、灌木区吸烟、用火			排放烟尘		√		√		污染空气		c	c	c	c	c	c		
4				引发火灾排放浓烟		√			√	污染空气	√							是 木区严禁吸烟；严格控制用火；遇火灾执行应急预案。	
5				引发火灾燃烧植被		√			√	破坏森林、植被	√							是	
6	线路勘测路径清障			树木砍伐		√		√		破坏植被		b	b	b	c	b	b	是 采取措施，减少砍伐量	
7	进入			踩踏、碾		√		√		破坏		b	b	b	c	b	b	是 采取措施，减少砍伐量和	

序号	环境因素识别										环境因素评价						是否是重要环境因素	重要环境因素控制方式或方法	
	活动名称			环境因素	时态		状态		环境影响	直接判断法	多因子(abc)评价法								
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常			影响范围	影响程度	发生频率	影响持续时间	社区关注程度	改变的容易程度	改变需资源投入		
	草原农田等踩踏及车辆碾压			压草地、青苗							植被、破坏农田							减少碾压区	
8	野外作业			随意丢弃、废弃污染物		√		√			污染水体或土壤		b	b	b	c	b	是	集中回收，尽量垃圾分类
9				噪声排放		√		√			影响居民		c	c	c	c	c		
变电选址、施工现场部分																			
10	选址现场、施工吸烟、用火	吸烟用火		排放烟尘		√		√			污染空气		c	c	c	c	c		
11				引发火灾排放浓烟		√				√	污染空气	√						是	在工作现场(含工代服务现场)、禁烟区严禁吸烟；严格执行用火；遇火灾执行应急预案。
12				引发火灾燃烧植被		√				√	破坏森林、植被	√						是	
13	进入草原			踩踏、碾压草地、		√		√			破坏植		b	b	b	c	b	是	采取措施，减少踩踏碾压区

序号	环境因素识别									环境因素评价						是否是重要环境因素	重要环境因素控制方式或方法		
	活动名称			环境因素	时态		状态			环境影响	多因子(abc)评价法								
	外业现场	办公区	生活区		过去	现在	将来	正常	异常		直接判断法	影响范围	影响程度	发生频率	影响持续时间	社区关注程度	改变的容易程度	改变需资源投入	
	农田等踩踏及车辆碾压			青苗						被、破坏农田									
14		使用办公用品	使用生活垃圾	随意丢弃、废弃污染物						污染水体或土壤		b	b	b	c	b	b	是	集中投放，尽量垃圾分类。

注：对建设项目的环境因素在项目设计和环境影响评价中进行识别。

### 3.3 送电线路外业安全须知

#### 3.3.1 职责

- 电网公司总经理为部门安全管理第一责任人，负责部门安全生产的管理、资源的配置和人员的教育培训。
- 各项目经理、安全组成员为项目安全主要责任人，负责送电设计外业工作的安全、资源配置和人员培训，并承担相应的责任。
- 各专业主设人(分段主设人)为送电外业安全生产责任人，负责外业现场的安全和各项管理制度、防范措施的贯彻执行，并承担相应的责任。

#### 3.3.2 安全管理要求

- 外业人员必须文明生产、遵章守制，不得擅离职守，严禁冒险作业；
- 外业出队前和工作中严禁饮酒；
- 患有职业禁忌症的人员不得从事外业工作；
- 雷、雨及六级以上大风天气，不宜从事野外作业；
- 山区作业时，应事先查明情况，不得盲目作业，防止自然灾害的发生；
- 林区及一切禁止烟火的地区作业时，必须按当地规定采取安全防火措施；
- 在疫区、流行病多发季节和医疗条件较差的工地，应按规定采取预防措施，医务人员应定期赴工地检查，外业队应配备常用药品；
- 深山、林区、沼泽区、水域不得单人外出和进入；
- 外业所带车辆在下现场之前，要进行必要的安全检查和维护。每天出发前和归来后，要对车辆进行检查，不得让病车上路；
- 汽车驾驶员必须严格执行交通安全的有关规定，确保车辆的安全运行；
- 外业现场工作期间未经批准上岗的驾驶员不得驾车下现场和跑长途；
- 外业所带设备必须严格保管，确保设备的安全和完好；
- 夜间作业时，应有良好的照明，照明条件不充分应停止工作。

### 3.4 送电线路外业环境保护须知

#### 3.4.1 职责

- 电网部、勘测部主任为部门环境管理第一责任人，负责部门环境的管理、资源的配置和人员的教育培训。
- 各项目经理、质量组成员为项目环境主要责任人，负责送电设计外业工作的环境管理、资源配置和人员培训，并承担相应的责任。
- 各专业主设人(分段主设人)为送电外业环境责任人，负责外业现场的环境管理和各项

管理制度、防范措施的贯彻执行，并承担相应的责任。

### 3.4.2 外业环境管理要求

- 外业工作过程中尽可能减少对林木植被的破坏；
- 在野外就餐后，须将方便食品的包装统一收集带回驻地分类处理，不可随意丢弃；
- 设备使用电池不得随意丢弃，须统一回收处理；
- 外业工作中注意节约各种资源，包括电力、油气、水资源、纸张等。

附件 A

**送电线路（电气专业）杆塔定位现场记录表**

工程现场定位记录 记录人：_____ 年 月 日		
塔位点：	塔型呼称高：	基面：
地形情况或简图：		交叉跨越及处理（后侧）：
		交叉跨越及处理（前侧）：
危险点描述、开方量估算：		
地质情况及接地：		
备注：		
注意：		第 页
<ol style="list-style-type: none"><li>1、地形描述应详细，画出塔位及附近草图，说明塔位可移动情况。</li><li>2、危险点描述栏应记录风偏点位置、开方及弃土对附近环境影响情况等。</li><li>3、交叉跨越栏应记录主要交叉跨越物及拆迁范围、采石场、规划区等情况。</li><li>4、现场应了解每档内的房屋跨越、树木砍伐或高跨设计等情况，并作好记录。</li><li>5、应作好局部污源的调查，如公路、砖窑、厂矿等零星污源点。</li></ol>		

附件 B 导线张力弧垂表

附件 C 地线张力弧垂表

附件 D 直线塔水平档距折算结果及塔重

附件 E 悬点张力曲线

附件 F 对测量专业要求

## 4 说明书模板

图 号
XXX-A0001-01

# XXX 工程

## 施工图设计

### 总说明书

华北电力设计院工程有限公司

201X 年 XX 月 北京

批              准:

审              核:

校              核:

设              计:

## 卷册目录

序号	卷册名称	图 号
1	总说明书及附图	-A0001
2	金具组装图	-D0101
3	导地线安装图	-D0102
4	塔位图	-D0201
5	明细表及交叉跨越表	-D0301
6	通信线保护设计	-D0401
7	OPGW 光缆设计	-D0501
8	树木清理和拆迁统计	-D0601
9	走廊情况说明	-D0701
10	直线塔结构图	-T0101
11	转角塔结构图	-T0102
12	终端塔结构图	-T0103
13	全线基础施工图	-T0201

## 说明书目录

- 1 总论
  - 1.1 设计依据
  - 1.2 工程名称和工程编号
  - 1.3 设计规模和范围
  - 1.4 设计依据的主要规程、规范
  - 1.5 主要经济技术指标
- 2 线路路径
  - 2.1 路径概况
  - 2.2 交叉跨越情况
  - 2.3 进出线布置
- 3 气象条件
- 4 导线和地线
  - 4.1 导线
  - 4.2 地线
- 5 绝缘设计
  - 5.1 绝缘配置
  - 5.2 绝缘子机械强度安全系数
  - 5.3 塔头空气间隙
- 6 金具组装
  - 6.1 金具安全系数
  - 6.2 金具组装
  - 6.3 间隔棒
- 7 防雷保护和接地设计
  - 7.1 线路经过地区雷电活动情况
  - 7.2 防雷措施
  - 7.3 接地设计
- 8 导线对地及交叉跨越距离
  - 8.1 对地距离
  - 8.2 对建筑物距离
  - 8.3 跨越树木距离
  - 8.4 与弱电线路交叉角
  - 8.5 交叉跨越距离
- 9 铁塔设计
  - 9.1 塔型
  - 9.2 铁塔荷载
  - 9.3 铁塔材料
  - 9.4 其他技术条件
- 10 基础设计
  - 10.1 基础型式
  - 10.2 基础材料
- 11 通信保护设计
- 12 环评水保
  - 12.1 线路参数
  - 12.2 环评水保要求
  - 12.3 环评水保措施
- 13 施工注意事项
  - 13.1 验收标准
  - 13.2 电气部分

13.3 结构部分  
附录:协议文

## 1 总论

### 1.1 设计依据

- 1.1.1 XXX 线路工程初设文件；
- 1.1.2 XX 线路工程初设评审纪要。
- 1.1.3 设计合同

### 1.2 工程名称和工程编号

- 1.2.1 工程名称：XXX 线路工程

- 1.2.2 工程编号：XXX

### 1.3 设计规模和范围

- 1.3.1 从 XXX 至 XXX 止，XXX 线路。
- 1.3.2 由线路单相接地短路引起的对邻近通信线电磁危险影响和干扰影响的保护设计。
- 1.3.3 工程预算书的编制。

### 1.4 设计依据的主要规程、规范

- 1.4.1 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》GB50545-2010
- 1.4.2 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T620-1997
- 1.4.3 《电信线路遭受强电线路影响的允许值》GB6830-86
- 1.4.4 《输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计程序》DL/T5033-2006
- 1.4.5 《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》DL/T5154-2002
- 1.4.6 《建筑结构荷载规范》GB50009-2001
- 1.4.7 《架空送电线路基础设计技术规定》DL/T5219-2005
- 1.4.8 《高压交流架空送电线无线电干扰限值》GB15707-1995
- 1.4.9 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》(GB50169-2006)
- 1.4.10 《110~500kV 架空电力线路施工及验收规范》GB50233-2005
- 1.4.11 国网公司反措有关内容
- 1.4.12 有关国家标准强制性条款

### 1.5 主要经济技术指标

- 1.5.1 电压等级：

- 1.5.2 线路回路数：

- 1.5.3 线路全长：

- 1.5.4 地形划分：

- 1.5.5 线路所经地区：

- 1.5.6 导线和地线：

- 1.5.7 导线换位：

- 1.5.8 铁塔基数：

## 1.5.9 施工图与招标量量差表

序号	项目名称		单位	施工招标	施工图	工程变更	竣工图	工程差量
1	线路长度		km					
2	单回路		km					
3	双回路		km					
4	铁塔基数		基					
5	耐张基数		基					
7	直线基数		基					
8	地形		km					
9	导线		t					
10	地线		t					
11	普通绝缘子		片					
12	合成绝缘子		支					
13	耐张串		串					
14	直线串		串					
15	跳线串		串					
16	地线串		串					
17	光缆金具		串					

序号	项目名称		单位	施工招标	施工图	工程变更	竣工图	工程差量
18	导线防振锤		个					
	地线防振锤		个					
19	间隔棒		个					
20	重锤		片					
21	接头盒		个					
22	交叉跨越		次					
23	接地量	接地圆钢	t					
		土石方量	m <sup>3</sup>					
24	铁塔钢材		t					
25	基础混凝土		m <sup>3</sup>					
26	基础钢材		m <sup>3</sup>					

注：不含损耗

## 1.5.10 拆旧工程量

## 1.5.10.1 电气部分拆除材料量

新建段

拆除项目			
导线			
导线悬垂绝缘子串			
导线绝缘子			
地线			
地线悬垂串			
地线绝缘子			
地线防振锤			
接地装置			
...			

## 1.5.10.2 结构部分拆除材料量

拆除项目			
铁塔			
塔材			
基础			
基钢			

注：基础拆除至地面以下 1.0m。

## 2 线路路径

### 2.1 路径概况

### 2.2 交叉跨越情况

### 2.3 进出线布置

#### 2.3.1 可研阶段变电站出线方案

#### 2.3.2 施工图阶段变电站出线方案

### 2.4 路径收资情况

本工程全线位于 XXX 境内,为避免本线路与沿线有关单位现有设施及规划设施发生矛盾, 我们对线路经过的 XX 个有关单位进行了收资和征求意见, 有关单位的收资及协议情况详见下表:

收资单位	收资单位意见	是否回文
人民政府		
建设局		
国土资源局		
人民武装部		
林业局		
文化局		
公安局		
水务局		
乡镇政府		

### 3 气象条件

根据本工程初步设计审查意见，本工程全线 X 个气象区：

气象名称	气象要素		
	气温(°C)	风速 (m/s)	覆冰 (mm)
最低气温			
平均气温			
基本风速			
最大覆冰			
最高气温			
安装情况			
大气无风			
大气有风			
操作情况			
雷暴日数			

### 4 导线和地线

#### 4.1 导 线

##### 4.1.1 导线型号

根据初步设计审查意见，本工程采用 XX 导线，每相 XX 分裂，分裂间距 XXm，XX

根子导线呈正方形布置,加装间隔棒。

#### 4.1.2 导线的物理特性

导线型号	
铝股数/每股直径(根/mm)	
钢股数/每股直径(根/mm)	
铝截面/钢截面(mm <sup>2</sup> )	
综合截面(mm <sup>2</sup> )	
外径(mm)	
单位质量(kg/m)	
计算拉断力(kN)	
最大使用张力(kN)	
弹性模量(kN/mm <sup>2</sup> )	
线膨胀系数(1/°C)	

注：试验保证拉断力不小于计算拉断力的 95%。

#### 4.1.3 导线最大使用张力、年平均运行张力和安全系数

#### 4.1.4 导线的塑性伸长

#### 4.1.5 导线的防振

#### 4.1.6 导线相序及换位

## 4.2 地 线

#### 4.2.1 地线选型

#### 4.2.2 地线运行方式

#### 4.2.3 地线物理特性

地线型号		
钢股/每股直径 mm		
铝截面		
总截面 mm <sup>2</sup>		
外径 mm		
单位重量 kg/km		
保证拉断力 kN		

破断拉力 kN		
弹性模数 kN/mm <sup>2</sup>		
线膨胀系数 1/°C E-6		
直流电阻 20°C Ω/km		
短路电流允许值 kA (40°C~200°C, 0.25s)		

4.2.4 地线的安全系数

4.2.5 地线的初伸长处理

4.2.6 地线的防振

## 5 绝缘设计

### 5.1 绝缘配置

根据初步设计审查意见，本工程全线属于 XX 级污区，绝缘配置如下：

绝缘子串	绝缘子型号	每片绝缘子几何爬电距离(mm)	污区等级	每串绝缘子片数或支数(片)	爬电比距(cm/kV)
直线塔悬垂串					
耐张塔跳线串					
耐张塔耐张串					

### 5.2 绝缘子机械强度安全系数

按《110~750kV 架空输电线路设计规范》GB50545-2010，并结合以往工程的设计经验，本工程绝缘子机械强度安全系数不小于下表所列数值。

绝缘子型式	绝缘子机械强度安全系数			
	常年荷载	最大使用荷载	断线	断联
瓷质绝缘子				
合成绝缘子				

### 5.3 塔头空气间隙

根据初步设计审查意见，带电部分与铁塔构件间的空气间隙，在相应风偏条件下，不应小于下表要求值：

海拔高度 (m)	
工频电压空气间隙 (m)	

操作过电压空气间隙 (m)	
大气过电压空气间隙 (m)	
带电检修空气间隙 (m)	
带电检修人体活动范围 (m)	

## 6 金具组装

### 6.1 金具安全系数

根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》GB50545-2010 的规定，金具强度的安全系数不应小于下表所列数值：

情 况	安全系数
最大使用荷载情况	
断线、断联情况	

本工程主要参考 1997 年《电力金具产品样本》和《国家电网公司输变电工程通用设计～500kV 输电线路金具分册》上所列金具。

### 6.2 金具组装

#### 6.2.1 导线用金具组串

线路导线绝缘子串使用情况如下表：

序号	串代号	绝缘子	挂点金具	备注
1				
2				

#### 6.2.2 地线用金具组串

地线串使用情况

序号	串代号	绝缘子	挂点金具	备注
1				
2				

### 6.3 间隔棒

#### 6.3.1 间隔棒型号

### 6.3.2 间隔棒安装

### 6.3.3 跳线间隔棒安装

## 7 防雷保护和接地设计

### 7.1 防雷措施

### 7.2 接地设计

## 8 导线对地及交叉跨越距离

### 8.1 对地距离

#### 8.1.1 垂直距离

#### 8.1.2 净空距离

### 8.2 对建筑物距离

### 8.3 跨越树木距离

#### 8.3.1 垂直距离

#### 8.3.2 风偏距离

#### 8.3.3 树木自然生长高度

### 8.4 与弱电线路交叉角

本线路与弱电线路交叉时，其交叉角不小于下表所列数值：

弱电线等级	I	II	III
交叉角(度)			

### 8.5 交叉跨越距离

#### 8.5.1 垂直距离

#### 8.5.2 水平距离

## 9 铁塔设计

### 9.1 塔型

### 9.2 铁塔计算

### 9.3 铁塔荷载

### 9.4 铁塔抗震验算

### 9.5 铁塔材料及连接

### 9.6 防腐措施

### 9.7 登塔措施

**10 基础设计****10.1 基础型式****10.2 基础材料****11 通信保护****11.1 概述****11.2 设计原则****11.3 设计依据**

11.3.1 相对位置图

11.3.2 大地导电率

11.3.3 单相接地短路电流曲线

**11.4 地线屏蔽系数****11.5 危险影响和干扰影响计算****11.6 结论****12 环评水保****12.1 线路参数**

12.1.1 线路长度

12.1.2 导、地线

线 别	型 号
导线	
地线	

导线参数

导线型号	
铝股数/每股直径(根/mm)	
钢股数/每股直径(根/mm)	
铝截面/钢截面(mm <sup>2</sup> )	
综合截面(mm <sup>2</sup> )	
外径(mm)	
单位质量(kg/m)	
计算拉断力(kN)	

最大使用张力(kN)	
弹性模量(kN/mm <sup>2</sup> )	
线膨胀系数(1/°C)	

地线参数

地线型号		
钢股/每股直径 mm		
铝截面		
总截面 mm <sup>2</sup>		
外径 mm		
单位重量 kg/km		
保证拉断力 kN		
破断拉力 kN		
弹性模数 kN/mm <sup>2</sup>		
线膨胀系数 1/°C E-6		
直流电阻 20°C Ω/km		
短路电流允许值 kA (40°C~200°C, 0.25s)		

### 12.1.3 地线运行方式

### 12.1.4 导线换位及换相

### 12.1.5 主要铁塔形式

## 12.2 环评水保要求

## 12.3 环评水保措施

### 12.3.1 电气部分采取的措施

### 12.3.2 结构部分采取的措施

## 13 施工注意事项

### 13.1 验收标准

本工程的施工及验收标准，除按本工程施工图设计文件的要求外，还应遵守以下主要技术标准和规定：

《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》 GB50545-2010

《110-500kV 架空送电线路施工及验收规程》 GB50233-2005

《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》 DL/T 5154-2002

### 13.2 电气部分

### 13.3 结构部分

附录:协议文

## 5 概算配合资料模板

### \*\*\*kV输电工程

#### 线路概算配合资料 电气部分

\*\*\*\*\*. \*\*. \*\*

## 工程概况

说明：

- 1、工程起止点：起于\*\*，止于\*\*。
- 2、电压等级：\*\*\*kV。
- 3、路径长度：单回路\*\*km，双回路\*\*km。
- 4、地形划分：高山、山地、丘陵、平地、泥沼。
- 5、铁塔基数：耐张塔\*\*基，直线塔\*\*基，合计\*\*基。
- 6、气象区：风速\*\*m/s(10m高)，导线覆冰\*\*mm，地线覆冰\*\*mm。
- 7、污秽等级：II级污区\*\*km, III级\*\*km, IV级\*\*km。（若有单回、双回、四回等应分开说明）
- 8、导线：\*×\*\*\*线。
- 9、地线：OPGW和普通地线的型号
- 10、绝缘：悬垂、跳线、耐张串采用的绝缘子形式（合成、盘型）
  
- 11、行政区：线路经过的县级行政区

## 电气应特别说明事项

- (1)、拆改\*\*kV电力线\*\*km; 通信线\*\*km。
- (2)、跨越\*\*林\*\*km, 林中立塔\*\*基; 跨越\*\* (经济林如苹果、桃、枣、栗子等) \*\*km, 林中立塔\*\*基;
- (3)、\*\*树砍伐\*\*\*棵。
- (4)、估列文物勘探费。
- (5)、主要拆迁量: 养牛场\*\*处, 房屋\*\*m<sup>2</sup>, 牛舍\*\*m<sup>2</sup>, 院子\*\*m<sup>2</sup>;  
养鸡场\*\*处, 房屋\*\*m<sup>2</sup>, 鸡舍\*\*m<sup>2</sup>, 院子\*\*m<sup>2</sup>。  
(根据工程实际情况计列)  
**楼房\*\*户, \*\*m<sup>2</sup>。平房\*\*户, \*\*m<sup>2</sup>。**
- (6)、跨越大棚区\*\*km, 大棚区内立塔\*\*基, 拆除大棚\*\*座 (\*\*长\*\*\*宽\*\*\*高)。
- (7)、穿越\*矿 (普查区、开采区、探矿区等) \*\*km, 估列地矿评估费。
- (8)、迁坟\*\*座。
- (9)、拆除机井\*\*口。
- (10)、估列地震安全性评价费。
- (11)、\*\*河防洪评估费用。

**金具串数量统计表**

电-5

金具串型号	单位	计算式	合计	备注
DX-1(合成)	串	127基*6串+24基*6串 [双串]	906	
TX-1(合成)	串	28基*6串	168	
DN-1(瓷)	串	28基*12串+4架构*3串	348	
BN150-1	串	19基*2串+2架构*1串+2架构*2串	44	接地
BX150-1	串	87基*1串	87	接地
BN150-2	串	9基*2串	18	绝缘
BX150-2	串	40基*1串	40	绝缘

根据杆塔估算计列, 有相应的计算式

**缘子数量统计表**

电-3

绝缘子代号	单位	计算式	合计	单重(kg)
XWP-420(205, 550)	片	348串*35片*2联	24360	耐张
FXBW4-500/300	支	906串*1支	906	悬垂
FXBW4-500/100	支	168串*1支	168	跳线
XDP-70C	片	40串*2片	80	地线悬垂
XDP-70CN	片	18串*2片	36	地线耐张

根据金具穿数量计列, 有相应的计算式  
防震锤, 间隔棒数量统计表

电-4

金具名称及型号	单位	计算式	合计	备注
导线防震锤: 预绞丝式	个	40个/km*59km	2360	JL/LB20A-630/45
地线防振锤: 预绞丝式	个	11个/km*59km	649	JLB40-150
导线间隔棒:	个	104个/km*59个	6136	JL/LB20A-630/45
跳线间隔棒:	个	28基*30个	840	JL/LB20A-630/45
跳线重锤: ZCQ-22	片	168串*14片	2352	每片重锤22kg
导线重锤: ZC-18	片	200串*14片	2800	每片重锤20kg

根据线路长度、铁塔数量计列, 有相应的计算式

导线、地线架设工程量统计表

电-6

线别	型号	计算公式	合计	单价(元)
导线	JL/LB20A-630/45	2.0072t/km*(59km*4根*3相*2回*1.01[弧垂]+30基*0.72km/基)	2913.97t	
地线	JLB40-150	(59km*1.01[弧垂]+0.2km[进线档]*4根)*0.6967t/km	42.07t	

根据线路长度计列，有相应的计算式（估算弧垂、跳线）

光缆架设工程量统计表

电-6

线别	型号	计算公式	合计	单价(元)
光缆	OPGW-1	0.834t/km*1.05*13km	11.38t	36芯粗
光缆	OPGW-2	0.682t/km*1.05*46km	32.94t	36芯细
OPGW耐张串	串	28基*2串+2架构*1串	58	
OPGW悬垂串	串	127基*1串	127	
接头盒	个		20	
余缆架	个		20	
引下卡具	个	20基×45个	900	
OPGW防振锤	个	12个/km×59km	708	

根据线路长度和杆塔估算计列，有相应的计算式（估算弧垂、引入接头盒）

土路	2*80次				
铁路	京唐港铁路2*1次，迁曹铁路2*1次				
电力线220kV	2*4次				
电力线110kV	2*4次				
电力线35kV	2*10次				
电力线10kV	2*30次				
低压线或弱电线	2*50次				
河流 河宽:	300m以内	500m以内	800m以内	1000m以上	
孟新干渠	2*2次				
青龙河	2*1次				
溯源河	2*1次				
第二泄洪道	2*1次				
青河	2*1次				
长河	2*1次				
老米河	2*1次				
大钊渠	2*1次				

工程实际情况计列，同杆塔估算对应

接地安装工程量统计表

电-8

材料名称	单位	TF1型	TF3型	TF5型	TF10型	TF20型	合计
		34	80	30	11		
接地圆钢(直径12mm)	kg	60.4	70.4	125	213.1	479.5	24061
扁钢	kg						0
螺丝	kg						0
圆钢敷设长度	m	49	57	140	240	540	26278
土石方量	m <sup>3</sup>	37	42	56	93.6	210.6	11033
接地模块	块						0
降阻剂	kg						0
合计							

同杆塔估算、地形划分对应

通讯保护费用估算表			
被跨通讯线路所 有单位	通讯线等级	准备采取的保护方式	估计费用(元)
合计			无

## 6 施工招标量模板

施工招标量一般包含两部分，一部分为施工招标概算配合资料，模板见《概算配合资料模板》；另一部分为施工招标说明，模板如下。

### 1 前言

(工程名称)线路工程，起于(变电所)，止于(变电所)。线路途经(县市)。线路全长(长度)km，采用(单双回)架设。

全线共分(几个)个施工标段，即：

第1施工标段为：(角号)~(角号)，长(长度)km。

-----。

本工程导线型号为(型号)，全线架设两根地线，一根为(型号)，另一根为(型号)。

直线塔采用(塔型代号)、(塔型代号)自立式直线塔，耐张塔采用(塔型代号)、(塔型代号)自立式耐张塔，终端塔采用(塔型代号)自立式铁塔。

杆塔采用自立式铁塔(山地铁塔均考虑全方位长短腿配置)，基础采用直柱配筋式基础、刚性台阶式基础、岩石嵌固基础、挖孔桩基础、岩石锚杆基础和灌注桩基础等型式。

(根据实际改变)

设计单位为中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司。

本招标工程量为设计量，未包括损耗。招标文件中未给出的其他工程量，投标单位可根据现场调查或其他工程经验自行测算。

### 2 工程概况

#### 2.1 路径走向

第1标段，起于(角号)，止于(角号)。该段线路全长(长度)km，铁塔基数(基数)基，其中直线塔(基数)基，转角(基数)基。该段线路路经(县市)行政区，路径基本为(走向)，路径距沿线主要交通道路(较近或较远)，交通条

件（便利或困难）。

（介绍路径情况）

介绍分界塔的基础、接地、组立、大号侧导地线安装、引流线安装及塔基砍树的施工归属。

## 2.2 地形分类

地形	线路长度	所占比例 (%)
泥沼(km)		
河网(km)		
平地(km)		
丘陵(km)		
一般山地(km)		
高山大岭(km)		
合 计(km)		

## 2.3 工程特点

1) 本标段线路位于(县)境内，地广人稀，地势平缓，交通便利。

（根据实际改变）

2) 本段 J1-J2 为集中林区，树木为榆树、杨树，线路按跨越树木设计，除塔基树木因施工需要需砍伐外，不砍伐架线通道及运行通道。

（根据实际改变）

## 2.4 气象条件

本标段线路设计中采用如下气象条件为：最大风速，导线覆冰厚度，最高气温，最低气温。

本标段的设计气象条件组合见下表：

气象名称	气象要素		
	气温(℃)	风速 (s/m)	覆冰 (mm)
最低气温			
平均气温			
基准风速			
最大覆冰			
最高气温			
安装情况			
大气无风			
大气有风			
操作情况			

## 2.5 导线和地线

### 2.5.1 导线

导线为  $6 \times LGJ-300/40$  钢芯铝绞线, 每相导线为 6 分裂, 分裂间距为 375mm, 加装间隔棒。(根据实际改变)

导线物理特性如下表:

LGJ-300/40	单位	参数
铝股数/每股直径		
钢股数/每股直径		
铝股总截面		
钢股总截面		
综合截面积		
计算外径		
单位重量		
计算拉断力		
弹性系数		
温度线膨胀系数		

## 2. 5.2 地线

全线架设两根地线, 一根为光纤复合架空地线 OPGW (24 芯 G.652D 单模光纤), 另一根为铝包钢绞线 JLB40-150 及钢绞线 GJ-100。(根据实际改变)

光缆主要技术参数

OPGW 型号	OPGW-1	OPGW-2
承载截面(mm <sup>2</sup> )		
抗拉强度(kN)		
光缆直径 mm		
光缆重量 kg/km		
杨氏模量(kN/mm <sup>2</sup> )		
热膨胀系数(1/°C)		
最大使用张力(kN)		
直流电阻(Ω/km)		
允许短路电流(0.25s, 40-200°C)(kA)		
短路电流容量 I <sub>2t</sub> (kA <sub>2S</sub> )		

分流线地线物理特性

导线型号 项 目	JLB40-150	GJ-100
截面积(mm <sup>2</sup> )	钢	
	铝面积	
	钢面积	
	总面积	
外径(mm)		
单位重量(kg/m)		
温度线膨胀系数(10E-6/°C)		
弹性模量(kN/mm <sup>2</sup> )		
计算拉断力(kN)		

破断拉力(kN)		
20℃直流电阻(Ω/km)		
允许短路电流(kA)(0.25s)		

## 2.6 污区分布及绝缘子串

### 2.6.1 污区分布

J1-J2 有 15.91km 为III级污区，其余地段为II级污区。(根据实际改变)

### 2.6.2 绝缘子串

序号	绝缘子串代号	绝缘子串名称	绝缘子强度(kN)	片数	绝缘子型号
1					
2					

## 2.7 塔型

铁塔使用条件见下表：(根据实际改变)

塔型	呼高(m)	水平档距(m)	垂直档距 (40°C)	转角范围
Z1				
J1				

## 2.8 基础 (结构专业提供)

## 2.9 重要的交叉跨越

(只提供重要交叉跨越次数及名称)

## 2.10 交通情况

(简要介绍)

## 3 工程量

本标段施工招标工程量具体招标量见表 3-1、表 3-2。

表 3-1 1 标段工程量一览表 (综合单价承包部分)

项目		单位	工程数量	备注
线路长度		km		
地形	泥沼	km (%)		
	河网	km (%)		
	平地	km (%)		
	丘陵	km (%)		
	一般山区	km (%)		
	高山大岭	km (%)		
地质	坚土	km (%)		
	普土	km (%)		
	松砂石	km (%)		

	流沙坑	km (%)		
	泥坑	km (%)		
	岩石	km (%)		
	水坑	km (%)		
	基本风速	m/s		
	最大设计冰厚	mm		
导线	LGJ-300/40	t		
地线	OPGW-110 (24 芯)	km		
	OPGW-180 (24 芯)	km		
	JLB40-150	t		
	GJ-100	t		
土石方	基坑	m <sup>3</sup>		
一般基础混凝土量	碎石灌浆垫层(砂浆为 M10)	m <sup>3</sup>		
	阶梯式基础 (C25)	m <sup>3</sup>		
	插入式基础 (C25)	m <sup>3</sup>		
	柔板式基础 (C25)	m <sup>3</sup>		
	岩石嵌固式基础 (25)	m <sup>3</sup>		
	全掏挖式基础(C25)	m <sup>3</sup>		
	混凝土护壁	m <sup>3</sup>		
灌注桩基础混凝土量	挖孔桩 (C25)	m <sup>3</sup>		
	灌注桩基础 (C30)			
	锚杆式基础 (C30 细石混凝土)			
	灌注桩基础连梁 (C25)	m <sup>3</sup>		
基础钢材	一般基础钢筋	t		
	钢筋笼	t		
直线塔塔型、基数	Z1-32	基		
	Z1-35	基		
	Z1-38	基		
耐张塔塔型、基数	J1-21	基		
	J2-24	基		
	J3-27	基		
	总基数	基		
	塔材总重	t		
	其中高塔	t		全高超过 70m
	其中非高塔	t		全高不超过 70m
金具串型号及数量	NA2-420-25	串		导线耐张 (II 级)
	VS1-300	串		上 V 串
	TX1-120	串		跳线串

	BN150-1	串		地线耐张（接地）
绝缘子 数量	U420BP/205D-1	片		
	FXBW-500/300H-4560	支		
	U70CN	片		
	U70C	片		
线夹	悬垂线夹 XGF-4X	个		
	耐张线夹 NY-300/40TA	个		
	悬垂线夹（跳线用）	个		
	悬垂线夹 XDU-3B	个		
	耐张线夹 NY-150BG	个		
	悬垂线夹 XDU-100	个		
	耐张线夹 NY-100G	个		
均压环	均压屏蔽环(耐张塔)	套		
	均压屏蔽环(直线塔)	套		
间隔棒	导线间隔棒	个		
	跳线间隔棒	个		
防振锤	导线用	个		
	JLB40-150 地线用	个		
	GJ-100 地线用	个		
	跳线重锤 ZC-18	片		
	相间间隔棒安装	根		

(根据实际改变)

表 3-2 工程量一览表（总价承包部分）

项 目		单 位	数 量	备 注	
土石方	基面	土质	m3	表中为参考值， 投标方应自行测 算	
		岩石	m3		
	接地槽	土质	m3		
		岩石	m3		
	排水沟	土质	m3		
		岩石	m3		
基础保护帽 (C15)			m3		
地脚螺栓及插入角钢			t		
护坡、挡土墙、保坎、排水沟 (浆砌块石)			m3		
接地形式	JA7-3	基			
	JA7-5	基			
	JA7-10	基			
	JA7-20	基			
	JA15-5	基			
	JA15-10	基			
	JA15-20	基			
	JA15-30	基			
	JA15-40	基			
	JA15-50	基			
接地钢材			t		
接地模块			块		

项 目		单 位	数 量	备 注
通信保护	需采取防护通信线路条数	条		
交叉跨越	铁路	处		表中为参考值， 投标方应自行测算
	高速公路	处		
	公路（一、二级）	处		
	公路（二级以下）	处		
	大车路	处		
	土路	处		
	电力线 220kV	处		
	电力线 110kV	处		
	电力线 35kV	处		
	电力线 10kV	处		
	电力线 380V	处		
	电力线 220V	处		
	架空通信线	处		
	地下光缆	处		
	地下水管	处		
	河流	处		
	大型水渠	处		
房屋拆迁	果园	山杏	处/km	
		苹果	处/km	
		桃树	处/km	
		梨树	处/km	
	片林	松树	处/km	
		杨、桦树	处/km	
		榆树	处/km	
		槐树	处/km	
		刺槐、橡树	处/km	
		灌木	处/km	
	大棚	塑料简易	处/km	
		砖结构	处/km	
林木砍伐 (塔基)	养殖场	露天养殖	处/km	表中为参考值， 投标方应自行测算
		屋内养殖	处/km	
		选矿场尾矿	处/km	
	房屋	平房	m <sup>2</sup>	
		楼房	m <sup>2</sup>	
		院子	m <sup>2</sup>	
	果树	山杏	棵	
		苹果	棵	
		桃树	棵	
		梨树	棵	
	其它树种	松树	棵	
		杨、桦树	棵	
		榆树	棵	
		槐树	棵	
		刺槐、橡树	亩	
		灌木	亩	
其它拆迁	迁改土路	处/km		

项 目		单 位	数 量	备 注
	拆改 10kV 电力线	处/km		
	拆改 380V 电力线	处/km		
	拆改通信线	处/km		
	拆除机井	个		
	迁坟	个		
	拆改地下水管	处/km		
养殖场	猪、牛、羊等	m <sup>2</sup>		
	珍稀动物(说明物种)	m <sup>2</sup>		
	蔬菜大棚	处/m <sup>2</sup>		
	简易广告牌	块		
	通道行杨砍伐	棵		

说明：

- 1) 所提供的工程量、材料量是设计工程量。
- 2) 所提供的工程量中，导、地线材料量均未考虑损耗、备用及可能的设计修改，由投标人自行调查。
- 3) 本线路对沿线的林区树木按自然生长高度跨越，具体数量及赔偿费用由施工单位自行调查核实并列入投标报价。
- 4) 公路及田间地头的速生杨树、槐树等树木较多，由于树木零星分散，无法集中跨越，采取砍伐措施。树木砍伐量由投标单位自行调查与测算。
- 5) 线路跨越等级公路、河流、电力线路，通信线路等设施时，均应与有关部门进行联系，取得施工允许的有关文件，投标单位应自行测算需发生的相应费用。
- 6) 上表中线路拆改和其他拆迁为参考量，投标单位应根据招标文件自行调查核实，并考虑相关辅助设施。
- 7) 为保护环境，丘陵、山地及平地部分塔位弃土需外运。施工单位自行测算弃土外运量，并根据现场调查确定弃土外运堆放地，弃土外运费用含在工程报价中。
- 8) 位于水浇地里的铁塔在基础施工时可能影响到田间灌溉水渠的正常使用，各投标人应充分考虑因此而发生的费用补偿。
- 9) 投标人在调查基础上测算护坡、挡土墙、保坎、排水沟（浆砌块石）量及费用，以满足运行维护的要求。

#### 4 施工招标用图纸

本标段的设计图纸见下表：

图 纸 资 料 名 称	图 纸 张 数
线路路径图	
绝缘子串、金具串组装图	
接地图	
杆塔一览图	
基础一览图	

## 7 技术规范书模板

按照国家电网公司规定，技术规范书的编制须以国网公司最新技术规范书范本为模板。技术规范书范本请参考电子版国网技术规范书范本。

## 8 气象条件模板

气象条件计算采用程序计算，计算参数选取参见附件 1：设计及校审要点的气象条件计算章节。下面是程序画面截图。

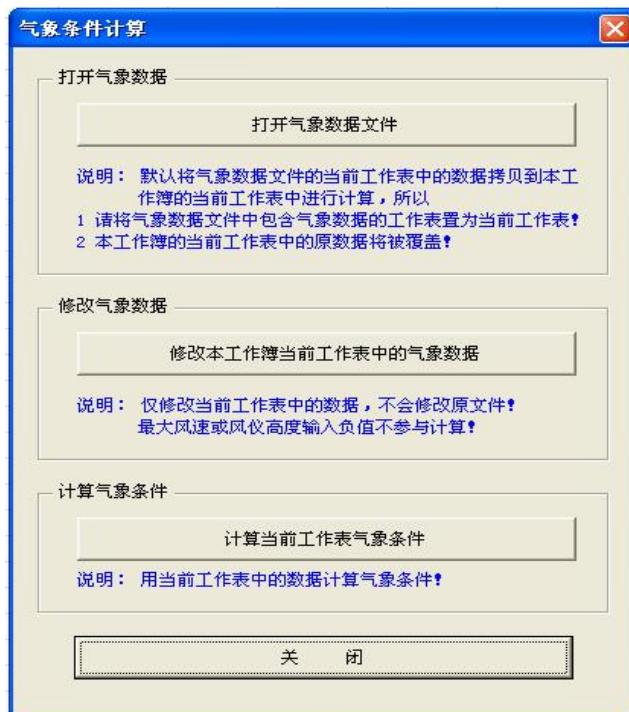


图8.1 打开气象数据

	A	B	C	D	E	F	G
1	气象台站名称:	霸州		海拔高度(m):			
2	纬度:			经度:			
统计参数输入							
4	年代	最大风速	风仪高度	最高温度	最低温度	年平均温度	年雷暴日
6	1957	0.00	11.30	36.70	-19.60	10.70	38
7	1958	0.00	11.30	40.90	-22.40	11.60	33
8	1959	0.00	11.30	36.80	-20.00	11.90	62
9	1960	0.00	11.30	39.60	-17.10	11.60	40
10	1961	0.00	11.30	40.70	-18.10	12.40	37
11	1962	0.00	11.30	38.10	-15.00	11.90	37
12	1963	0.00	11.30	41.10	-18.70	11.80	34
13	1964	0.00	11.30	40.10	-18.60	11.00	43
14	1965	0.00	11.30	38.40	-17.50	11.90	34
15	1966	0.00	11.30	39.00	-28.20	11.20	39
16	1967	0.00	11.30	36.80	-21.30	11.20	51
17	1968	0.00	11.30	39.80	-17.20	11.80	33
18	1969	0.00	11.30	39.40	-20.40	10.30	33
19	1970	0.00	11.30	36.30	-20.20	10.90	31
20	1971	18.00	11.30	37.00	-21.40	11.50	31
21	1972	19.00	11.30	41.30	-20.80	11.70	27
22	1973	16.00	11.30	36.80	-21.50	11.60	35
23	1974	19.00	11.30	38.70	-14.30	11.40	32
24	1975	16.30	11.30	38.80	-15.50	12.50	30
25	1976	16.30	11.30	37.80	-18.00	11.10	35
26	1977	19.00	11.30	36.20	-18.40	11.80	34
27	1978	18.00	11.30	39.00	-18.50	11.80	37
28	1979	18.00	11.30	36.40	-17.50	11.20	27
29	1980	18.70	11.30	35.80	-17.90	11.30	27
30	1981	18.30	11.30	38.50	-18.80	11.60	17
31	1982	17.00	11.30	37.30	-16.30	12.30	41
32	1983	17.00	11.30	38.50	-17.00	12.50	25
33	1984	14.00	11.30	37.90	-17.50	11.30	20
34	1985	14.00	11.30	36.00	-17.80	11.10	38
35	1986	15.00	11.30	38.50	-19.80	11.70	41
36	1987	13.30	11.30	36.90	-19.90	12.00	38
37	1988	11.00	11.30	38.60	-15.20	12.20	46
38	1989	10.30	11.30	37.50	-11.00	12.80	23
39	1990	11.00	11.30	36.50	-17.30	12.20	50
40	1991	15.00	11.50	36.00	-12.50	12.20	40

◀ ▶ ⏪ ⏩ Sheet1 Sheet2 Sheet3 Sheet4 Sheet5 Sheet6 Sheet7 Sheet8 霸州

图8.2 计算数据



图8.3 计算参数设定

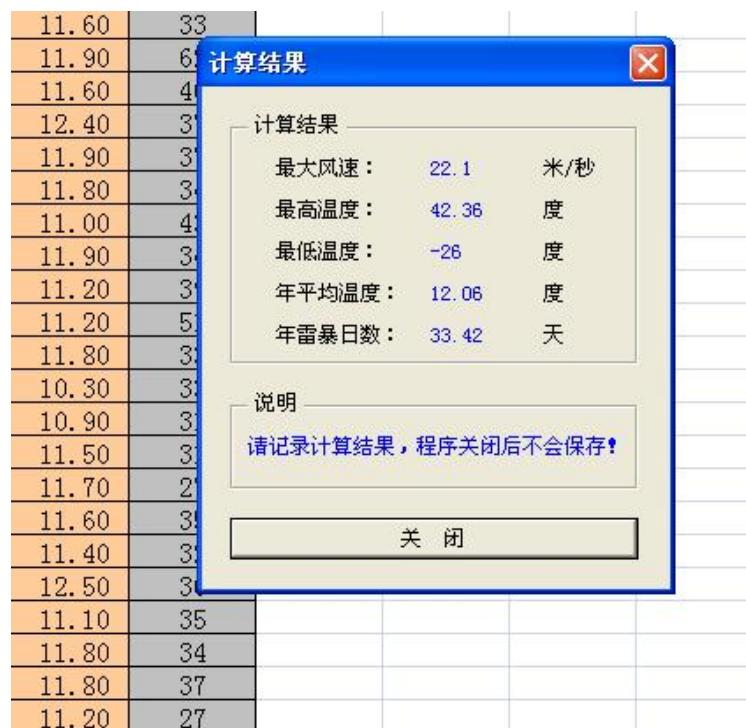


图8.4 计算结果

## 9 杆塔负荷模板

杆塔负荷采用程序计算，计算参数选取参见附件 1：设计及校审要点的杆塔负荷章节。以下时铁塔负荷计算程序截图。

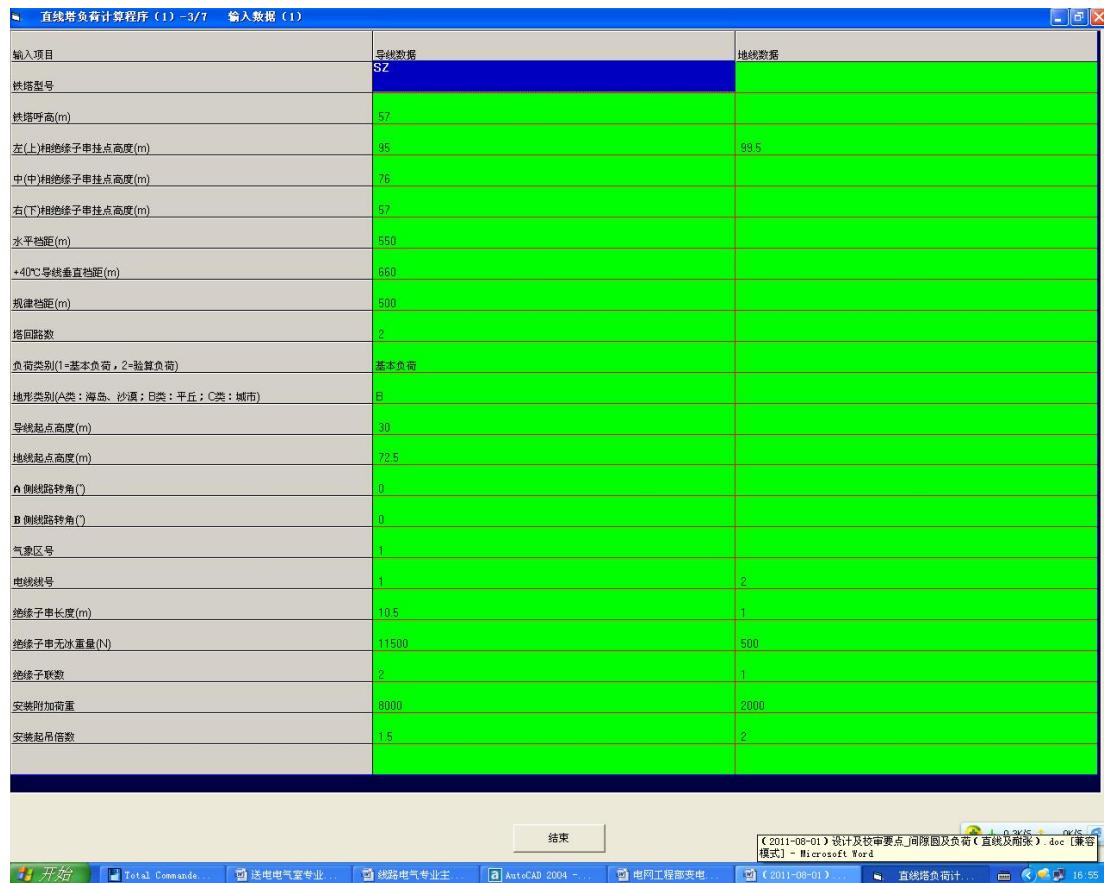


图9.1 直线塔负荷参数输入

直线塔负荷计算程序 (1) - 7/7 计算结果										
输入项目	导线重力 (N)	导上左风压(N)	导中风压(N)	导下右风压(N)	导横向张力(N)	导纵向张力(N)	地线重力 (N)	地线风压 (m)	地横向张力(N)	地纵向张力(N)
大风 (90°)	125194	159745	146713	130068	0	0	13862	9524	0	0
大风 (60°)	125194	119899	110035	97551	0	0	13862	7143	0	0
大风 (45°)	125194	79873	73357	65034	0	23962	13862	4762	0	1429
大风 (0°)	125194	0	0	0	0	49606	13862	0	0	2906
最大覆冰情况	189442	30642	28116	24890	0	0	19357	2344	0	0
不均匀覆冰相	172201	28414	26086	23112	0	46056	17883	2130	0	16467
大风⊥ min(90°)	67560	153745	146713	130088	0	0	3754	9524	0	0
大风⊥ min(60°)	67560	119899	110035	97551	0	0	3754	7143	0	0
大风⊥ min(45°)	67560	79873	73357	65034	0	23962	3754	4762	0	1429
大风⊥ min(0°)	67560	0	0	0	0	49606	3754	0	0	2906
覆冰已断续相	189187	0	0	0	0	92112	19333	0	0	82333
覆冰未断续相	189187	0	ZGTPH100						0	0
正在起吊相	198061	14							0	0
起吊完毕相	120628	14							0	0
正在锚线相	223535	9953	9167	8162	0	23426	39568	632	0	4996
锚线完毕相	211457	9953	9167	8162	0	21297	36998	632	0	4532
横向变形情况	116848	3705	3403	3016	0	0	13142	305	0	0
纵向变形情况	116848	3705	3403	3016	0	1069	13142	305	0	151
横向振动情况	117478	33144	30423	26947	0	0	13174	2043	0	0
脱冰跳跃情况	172201	28414	26086	23112	0	0	17883	2130	0	0
验算覆冰情况	288779	51019	45683	41146	0	23028	28712	4221	0	4117

结束

C:\2011-08-01\设计及校审要点\间隙圆及负荷\直线及耐张.doc [兼容模式] - Microsoft Word

图9.2 直线塔负荷计算结果



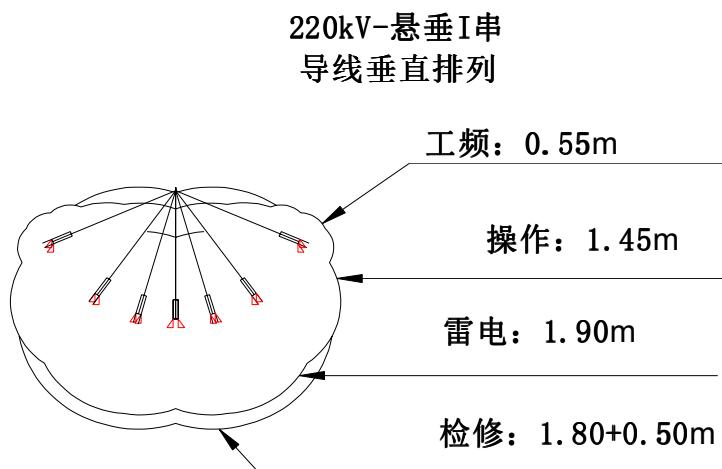
图9.3 耐张塔负荷参数输入

输入项目	风压系数	水平档距	垂直档距	风压比载	重力比载	单串风压	单串重力	附加荷重	横向张力	垂直负荷	横向负荷	纵向负荷
	(N)	(m)	(m)	(N/m)	(N/m)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)
90度大风	1.726	35	35	27.6544	19.68391	5500	16000	0	200	21511	20464	0
设计覆冰	1.726	35	35	4.824	31.77316	700	22000	0	200	30896	4631	0
量测气温	1.726	35	35	0	19.68391	0	16000	0	200	21511	1600	0
断线情况	1.726	35	35	0	31.77316	0	22000	0	200	30896	1600	0
安装起吊	1.726	35	35	2.31	19.68391	700	16000	4000	200	51325	3416	0
安装完毕	1.726	35	35	2.31	19.68391	700	16000	0	200	21511	3416	0
0度大风	1.726	35	35	27.6544	19.68391	5500	16000	0	200	21511	1600	8841
90度反风	1.726	35	35	27.6544	19.68391	5500	16000	0	200	21511	17265	0
0度反风	1.726	35	35	27.6544	19.68391	5500	16000	0	200	21511	1600	8841
45度大风	1.726	35	35	27.6544	19.68391	5500	16000	0	200	21511	11032	2829
45度反风	1.726	35	35	27.6544	19.68391	5500	16000	0	200	21511	2829	2829
验算覆冰	1.726	35	35								6301	0

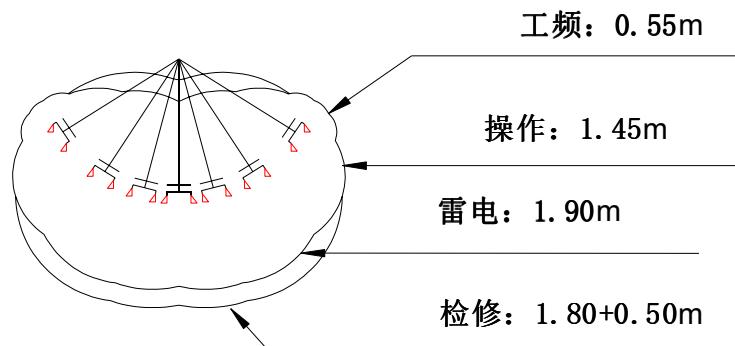
ZGTFH200  
是否输出计算结果? (写入\送电电气\计算结果.doc,用WORD打开,上下页边距2cm,左右边距2.54cm,字体小六号,插入表格,按每页29行输出。)  
是① 否②

图9.3 耐张塔负荷计算结果

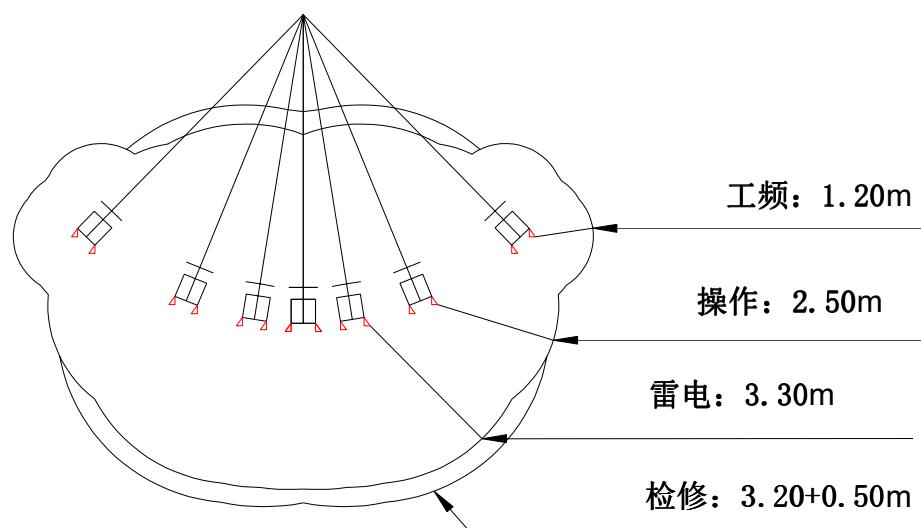
## 10 间隙圆模板

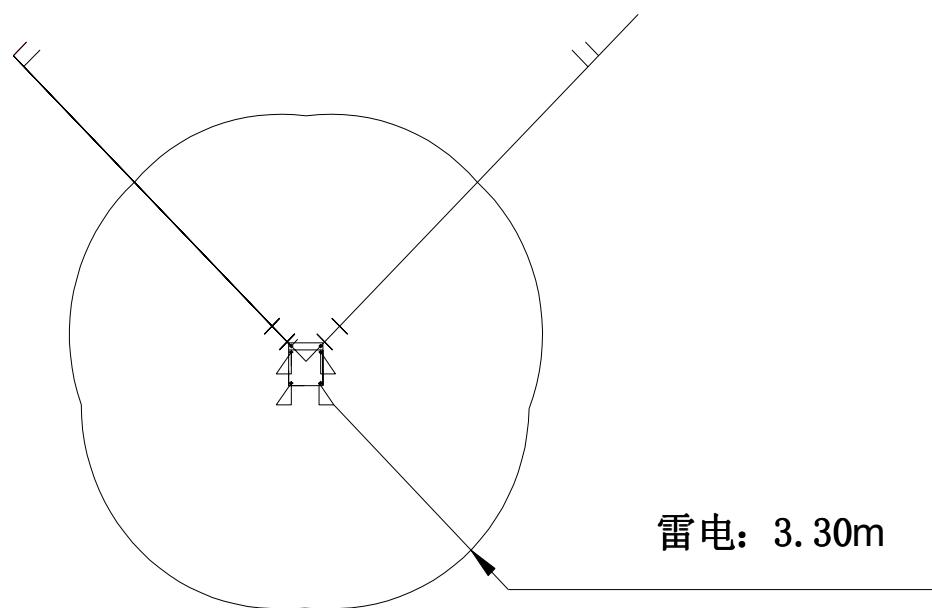
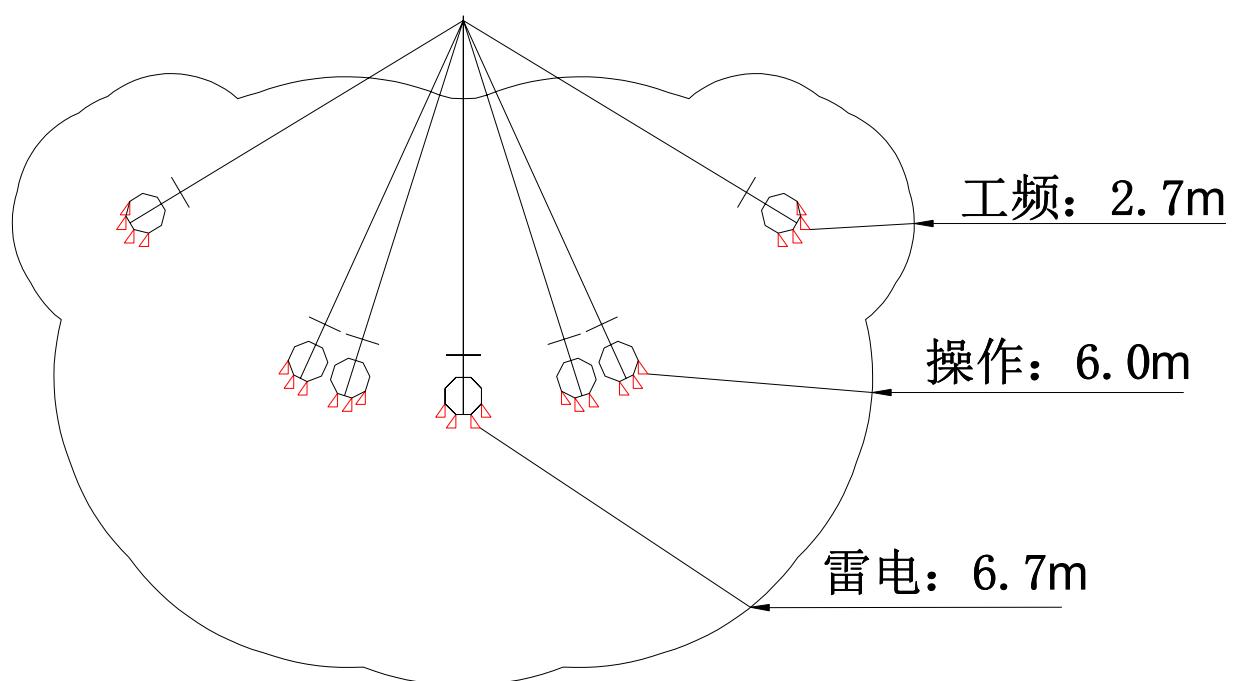


220kV-悬垂I串  
导线水平排列



500kV-悬垂I串



**500kV-悬垂V串****1000kV-悬垂串**

## 11 瓶口校验计算模板

瓶口校验主要用于山区地段高差较大的直线塔间隙。当悬挂点导线倾角向下较大时，塔身较宽时，导线与塔头窗口的最小空间距离已不能在平面图上明确表示，因此需要采用新的方法来进行校验计算了。

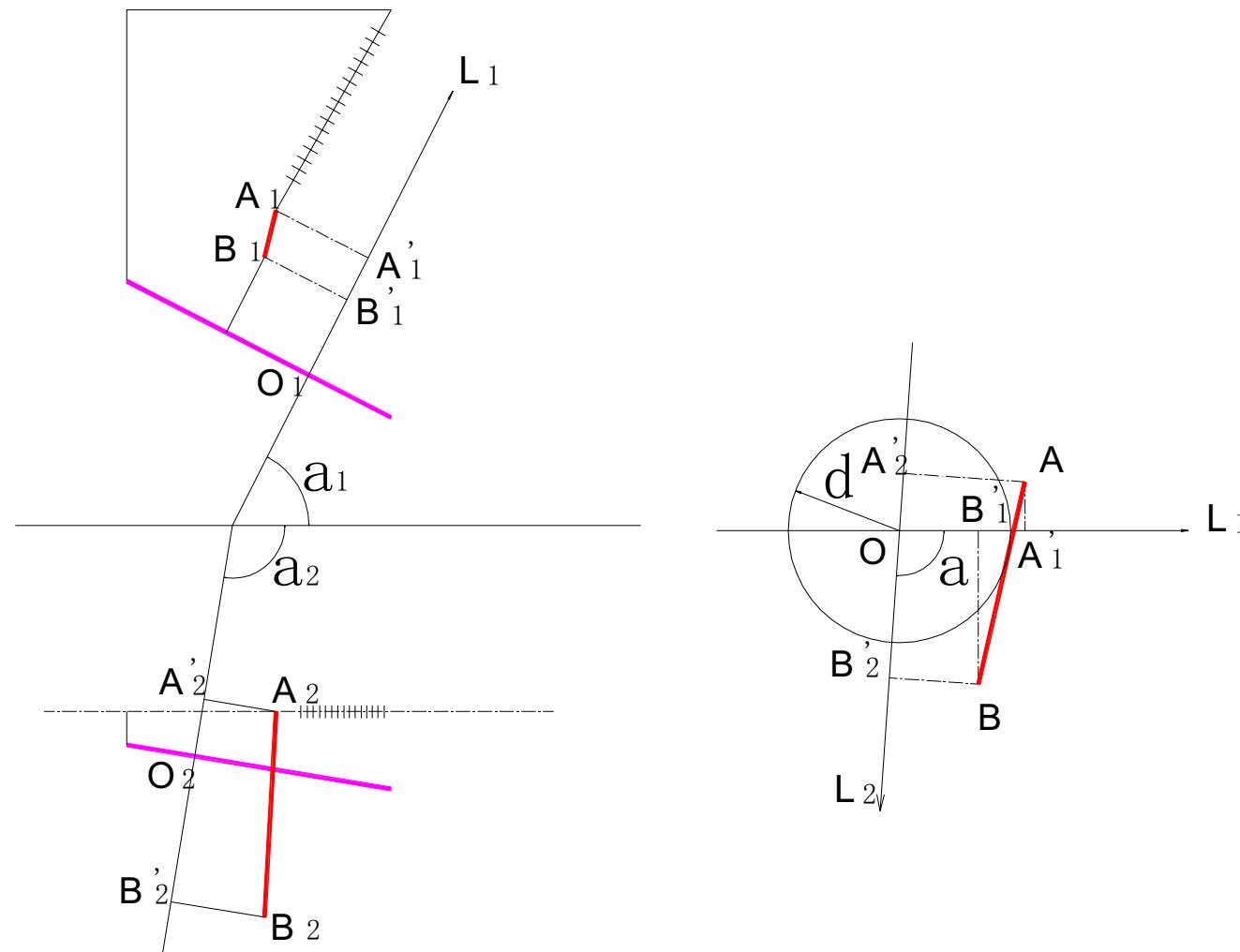
瓶口校验是在三维空间找出其最小间隙，一般可采用间隙作图法。其作图原则是绘制出与待校验塔材杆件垂直平面上的投影，从而将待校验的塔材杆件投影成一个点，而导线（与塔身邻近的那一段）则近似的视为一条直线，从而两者间的距离可以准确清楚的表示出来。

作图方法：

- (a) 首先要算出待校验工况的导线倾角、风偏角、水平角，塔头尺寸；
- (b) 按比例分别画出导线与待校验的塔材杆件的主视图和水平投影图；

在主视图中，做  $L_1$  直线与校验塔材杆件垂直，交于  $O_1$  点，与水平线夹角为  $a_1$ ，将导线投影到  $L_1$  直线上  $A'_1$  和  $B'_1$  两点；在水平投影中做  $L_2$  直线与校验塔材杆件垂直，交于  $O_2$  点，与水平线夹角为  $a_2$ ，将导线投影到  $L_2$  直线上  $A'_2$  和  $B'_2$  两点。然后过  $O$  点做直线  $L_1$  和直线  $L_2$ ，要指定其方向，它们之间正方向的夹角为  $a$ ，其角度满足  $a = \cos a_1 \times \cos a_2$ ，在经  $O$  点的  $L_1$  上，量取  $OA'_1$  和  $OB'_1$  两点，使之与在主视图上  $O_1A'_1$  和  $O_1B'_1$  两点投影相一致，同样，在经  $O$  点的  $L_2$  上，量取  $OA'_2$  和  $OB'_2$  两点，使之与在水平投影图上  $O_2A'_2$  和  $O_2B'_2$  两点投影相一致，再分别过  $A'_1$ 、 $B'_1$  两点做  $L_1$  的垂线，过  $A'_2$ 、 $B'_2$  两点做  $L_2$  的垂线，分别交于  $A$ 、 $B$  两点。从  $O$  点到  $AB$  直线的最小距离即为空间导线到斜材的净空距离  $d$ 。

如果导线为多分裂情况，可在净空距离中减去导线分裂半径。塔窗瓶口间隙圆投影如下图所示。



塔窗瓶口间隙圆投影图

## 12 交叉跨越电气距离校验计算模板

任意点弧垂对被跨物距离计算

1. 1. 跨越塔已知条件:

跨越塔塔号:	BN2—BN3
高塔高程:	$H11 := 139.57 + 39 - 6.5$
低塔高程:	$H21 := 106.94 + 27 - 0$
	$H11 - H21 = 38.13$

档距:  $L := 666$  交跨点到较高高程塔距离:  $Lx := 385$

导线单重:  $G1 := 13.229$   
高温张力:  $T := 23101.9$

2. 计算:

高差角:	$\beta := \tan\left(\frac{H11 - H21}{L}\right)$	$\beta = 0.057$
------	---	-----------------

任意点高差:  $Hx := \left(\frac{H11 - H21}{L}\right) \cdot Lx$   $Hx = 22.042$

任意点弧垂:  $Fx := \frac{G1 \cdot Lx \cdot (L - Lx)}{2 \cdot T \cdot \cos(\beta)}$   $Fx = 31.026$

导线 高程:  $Ha := H11 - Hx - Fx$   $Ha = 119.002$

3. 钻越塔  
已知条件:

钻越塔塔号:	J3—J4
高塔高程:	$H12 := 88 + 32.5 - 0$
低塔高程:	$H22 := 69.5 + 32.5 - 0$
	$H12 - H22 = 18.5$

档距:  $L := 187$  交跨点到较高高程塔距离:  $Lx := 121$

导线单重:  $G1 := 5.593$   
年平张力:  $T := 13090$

4. 计算:

高差角:	$\beta := \tan\left(\frac{H12 - H22}{L}\right)$	$\beta = 0.099$
------	---	-----------------

任意点高差:  $Hx := \left(\frac{H12 - H22}{L}\right) \cdot Lx$   $Hx = 11.971$

任意点弧垂:  $Fx := \frac{G1 \cdot Lx \cdot (L - Lx)}{2 \cdot T \cdot \cos(\beta)}$   $Fx = 1.714$

地线 高程:  $Hb := H12 - Hx - Fx$   $Hb = 106.815$   
交跨点间距为  $Ha - Hb = 12.187$

## 13 耐张绝缘子串倒挂校验计算模板

当耐张串长度较短时可采用大手册公式计算，即将耐张串近似成直线；当耐张串长度较长时应采用架线施工计算原理公式计算，即将耐张串近似成悬链线。

### 耐张串绝缘子倒挂

大手册计算公式（按耐张串为直线考虑）

1.已知条件：

一相耐张绝缘子串重力 (N) :  $G_{is} := \text{■}$

一相导线最大弧垂时单位荷载 (N/m) :  $P_c := \text{■}$

导线平均气温时张力 (N) :  $T_{av} := \text{■}$

导线最大弧垂时张力 (N) :  $T_c := \text{■}$

导线最大弧垂时比载 (N/m) :  $g_c := \text{■}$

该侧高差系数,邻塔低时为正、反之为负:  $\alpha := \text{■}$

2.计算

杆塔计算侧弧垂最大时的垂直档距 (m) :

$$l_{vc} := \left[ \frac{G_{is}}{P_c} + \frac{(T_{av} - T_c) \cdot \alpha}{g_c} \right] \quad l_{vc} = \text{■}$$

当单侧垂直档距小于 $l_{vc}$ 时，该侧耐张串须倒挂。

### 耐张串绝缘子倒挂

高压架空输电线路架线施工计算原理公式（按耐张串为悬链线考虑）

#### 1. 已知条件：

耐张绝缘子串单位长度的自重 (N/m) :  $\omega_0 := \blacksquare$

架空导线单位长度的自重力 (N/m) :  $\omega := \blacksquare$

架空线的水平张力 (N) :  $H := \blacksquare$

线路计算侧档距 (N/m) :  $l := \blacksquare$

两悬挂点的高差 (m) :  $h := \blacksquare$

两悬挂点的高差角:  $\phi := \blacksquare$

耐张绝缘子串的长度 (m) :  $\lambda := \blacksquare$

P点距悬挂点A的水平距离 (m) :  $x := \blacksquare$

#### 2. 计算

档距内导线任意点P处的倾斜角:

$$\theta_A := \arctan \left[ \frac{1 \cdot \omega}{2 \cdot H \cdot \cos(\phi)} + \left( \lambda - \frac{\lambda^2 \cdot \cos(\phi)}{2 \cdot l} \right) \cdot \frac{\omega_0 - \omega}{H} + \frac{h}{l} - \frac{\omega_0}{H \cdot \cos(\phi)} \cdot x \right]$$

$$\theta_A = \blacksquare$$

当  $\theta_A < 0$ , 该侧耐张串须倒挂。

## 14 耐张塔挂板倾角、耐张绝缘子串倾角计算模板

### 挂板倾角计算导线

1.已知条件: 塔号: AN2

本塔高程:  $H := 402.34 + 18$

小号塔高程:  $H1 := 364.24 + 24 + 6.5$

大号塔高程:  $H2 := 401.34 + 27 - 1.2 - 3$

小号侧档距:  $L1 := 173$  大号侧档距:  $L2 := 125$

串重 (N) :  $G0 := 1732$  导线分裂根数:  $N := 2$  导线单重:  $G1 := 13.229$

年平均张力: 小号侧:  $T1 := 13500$  大号侧:  $T2 := 24322$

2.本塔两侧挂板倾角计算:

$$\text{小号侧: } \text{atan}\left(\frac{G0}{N \cdot T1} + \frac{G1 \cdot L1}{2 \cdot T1} + \frac{H - H1}{L1}\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 16.536$$

$$\text{大号侧: } \text{atan}\left(\frac{G0}{N \cdot T2} + \frac{G1 \cdot L2}{2 \cdot T2} + \frac{H - H2}{L2}\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 2.245$$

导线小号侧挂板倾角: 15 导线大号侧挂板倾角: 0

(根据计算结果按四舍五入法推荐挂板倾角推荐值)

### 挂板倾角计算地线

1.已知条件:

本塔高程:  $HD := 402.34 + 18 + 9$

小号塔高程:  $HD1 := 364.24 + 24 + 17.5$

大号塔高程:  $HD2 := 401.34 + 27 - 1.2 + 3$

串重 (N) :  $GD0 := 0$  地线分裂根数:  $ND := 1$  地线单重:  $GD1 := 5.593$

年平均张力: 小号侧:  $TD1 := 9510$  大号侧:  $TD2 := 13496$

2.本塔两侧挂板倾角计算:

$$\text{小号侧: } \text{atan}\left(\frac{GD0}{ND \cdot TD1} + \frac{GD1 \cdot L1}{2 \cdot TD1} + \frac{HD - HD1}{L1}\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 10.608$$

$$\text{大号侧: } \text{atan}\left(\frac{GD0}{ND \cdot TD2} + \frac{GD1 \cdot L2}{2 \cdot TD2} + \frac{HD - HD2}{L2}\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 1.117$$

地线小号侧挂板倾角: 10 地线大号侧挂板倾角: 0

(根据计算结果按四舍五入法推荐挂板倾角推荐值)

### 耐张串倾角计算

1.已知条件: 塔号: AN2

本塔高程:  $H := 402.34 + 18$

小号塔高程:  $H1 := 364.24 + 24 + 6.5$

大号塔高程:  $H2 := 401.34 + 27 - 1.2 - 3$

小号侧档距:  $L1 := 173$  大号侧档距:  $L2 := 125$

串重 (N) :  $G0 := 1732$  导线分裂根数:  $N := 2$  导线单重:  $G1 := 13.229$

年平均张力: 小号侧:  $T1 := 13500$  大号侧:  $T2 := 24322$

2.本塔两侧耐张串倾角计算:

$$\text{小号侧: } \text{atan}\left(\frac{G0}{2N \cdot T1} + \frac{G1 \cdot L1}{2 \cdot T1} + \frac{H - H1}{L1}\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 14.832$$

$$\text{大号侧: } \text{atan}\left(\frac{G0}{2N \cdot T2} + \frac{G1 \cdot L2}{2 \cdot T2} + \frac{H - H2}{L2}\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 1.226$$

## 15 直线塔摇摆角计算模板

### BN25 (ZB21-21) 边相摇摆角计算

1. 已知条件： 塔号: BN25

本塔高程: H1 := 61.58 降基面: J1 := 0 挂点提升: GD1 := -3

小号塔高程: H2 := 62.89 降基面: J2 := 0 挂点提升: GD2 := -3

大号塔高程: H3 := 62.40 降基面: J3 := 0 挂点提升: GD3 := -3

小号侧档距: L1 := 384 大号侧档距: L2 := 390

串重 (N) G0 := 127.24 导线分裂根数: n := 1 导线单重: G1 := 11.104

$$\text{本塔兼角: } \theta_1 := 0 \cdot \frac{\pi}{180}$$

本塔呼高: HG1 := 21 本塔横担长: HD1 := 6.9

小号塔呼高: HG2 := 21 小号塔横担长: HD2 := 6.9 小号塔转角度数: ZJ1 := 1

大号塔呼高: HG3 := 24 大号塔横担长: HD3 := 6.9 大号塔转角度数: ZJ2 := 0

大风: 张力: T1 := 28176 单位水平荷载: G41 := 7.76 串风压: P1 := 470

大气: 张力: T2 := 21728 单位水平荷载: G42 := 1.646 串风压: P2 := 60

操作: 张力: T3 := 22894 单位水平荷载: G43 := 3.703 串风压: P3 := 140

重锤个数: ZS := 0 重锤重 (N): ZW := 20·9.8066

防振锤个数: FZS := 0 防振锤重 (N): FZW := 7.2·9.8066

小号导线平均高

$$H_{\text{小}} := \frac{(-J2 + GD2 + HG2) + (-J1 + GD1 + HG1)}{2} - \frac{2}{3} \left( \frac{G1 \cdot L1^2}{8 \cdot T1} \right) \quad H_{\text{小}} = 13.157$$

大号导线平均高

$$H_{\text{大}} := \frac{(-J3 + GD3 + HG3) + (-J1 + GD1 + HG1)}{2} - \frac{2}{3} \left( \frac{G1 \cdot L2^2}{8 \cdot T1} \right) \quad H_{\text{大}} = 14.505$$

中相风压高度变化系数

$$\alpha_{\text{小下}} := \left( \frac{H_{\text{小}}}{15} \right)^{0.32} \quad \alpha_{\text{大下}} := \left( \frac{H_{\text{大}}}{15} \right)^{0.32} \quad \alpha_{\text{大下}} = 0.989$$

金具风压高度变化系数

$$\beta := \left( \frac{HG1}{15} \right)^{0.32} \quad \beta = 1.114$$

2. 计算：

小号高差角：  $GCJ1 := \text{atan} \left[ \frac{[(H1 - J1 + GD1 + HG1) - (H2 - J2 + GD2 + HG2)]}{L1} \right]$   
 $GCJ1 = -3.411 \times 10^{-3}$

大号高差角：  $GCJ2 := \text{atan} \left[ \frac{[(H1 - J1 + GD1 + HG1) - (H3 - J3 + GD3 + HG3)]}{L2} \right]$   
 $GCJ2 = -9.795 \times 10^{-3}$

水平档距：  $Lh := \frac{\frac{L1}{\cos(GCJ1)} + \frac{L2}{\cos(GCJ2)}}{2}$

$Lh = 387.01$

小号高差：  $GC1 := H1 - J1 + GD1 + HG1 - (H2 - J2 + GD2 + HG2)$

大号高差：  $GC2 := H1 - J1 + GD1 + HG1 - (H3 - J3 + GD3 + HG3)$

高差系数：  $\alpha := \frac{\frac{GC1}{L1}}{\frac{\cos(GCJ1)}{}} + \frac{\frac{GC2}{L2}}{\frac{\cos(GCJ2)}{}}$   
 $\alpha = -0.013$

小号由于横担不等长引起的兼角

$$\theta_2 := \text{atan} \left[ \frac{\left( HD1 - HD2 \cdot \cos \left( \frac{ZJ1 \cdot \frac{\pi}{180}}{2} \right) \right)}{L1} \right]$$

$\theta_2 = 0$

大号由于横担不等长引起的兼角

$$\theta_3 := \text{atan} \left[ \frac{\left( HD1 - HD3 \cdot \cos \left( \frac{ZJ2 \cdot \frac{\pi}{180}}{2} \right) \right)}{L2} \right]$$

$\theta_3 = 0$

大风摇摆角:

$$\text{atan} \left[ \frac{\frac{P1 \cdot \beta}{2} + n \cdot \frac{G41}{2} \cdot (L1 \cdot \alpha_{\text{小下}} + L2 \cdot \alpha_{\text{大下}}) + 2n \cdot T1 \cdot \sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right) + n \cdot T1 \cdot \sin(\theta_2) + n \cdot T1 \cdot \sin(\theta_3)}{\left(\frac{G0}{2}\right) + n \cdot G1 \cdot Lh + n \cdot T1 \cdot \alpha + ZS \cdot ZW + FZS \cdot FZW} \right] \cdot \frac{180}{\pi} = 38.628$$

大气摇摆角:

$$\text{atan} \left[ \frac{\frac{P2 \cdot \beta}{2} + n \cdot \frac{G42}{2} \cdot (L1 \cdot \alpha_{\text{小下}} + L2 \cdot \alpha_{\text{大下}}) + 2 \cdot n \cdot T2 \cdot \sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right) + n \cdot T2 \cdot \sin(\theta_2) + n \cdot T2 \cdot \sin(\theta_3)}{\left(\frac{G0}{2}\right) + n \cdot G1 \cdot Lh + n \cdot T2 \cdot \alpha + ZS \cdot ZW + FZS \cdot FZW} \right] \cdot \frac{180}{\pi} = 9.12$$

操作摇摆角:

$$\text{atan} \left[ \frac{\frac{P3 \cdot \beta}{2} + n \cdot \frac{G43}{2} \cdot (L1 \cdot \alpha_{\text{小下}} + L2 \cdot \alpha_{\text{大下}}) + 2 \cdot n \cdot T3 \cdot \sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right) + n \cdot T3 \cdot \sin(\theta_2) + n \cdot T3 \cdot \sin(\theta_3)}{\left(\frac{G0}{2}\right) + n \cdot G1 \cdot Lh + n \cdot T3 \cdot \alpha + ZS \cdot ZW + FZS \cdot FZW} \right] \cdot \frac{180}{\pi} = 19.961$$

## 16 直流线路接地短路电流上升率计算模板

1: 通信保护设计的主要计算之一, 是确定输电线事故时对邻近通信线的危险影响是否超过国家标准或行业标准中规定的限制, 根据《直流输电线路对电信线路危险影响防护设计技术规定》中推荐的公式

$$E = \omega M_i L_i I \quad (1)$$

式中:

E—电信线路上的感应纵电动势 (V) ;

$\omega$ —影响电流的角频率,  $\omega = 2 \pi f$ ;

f—影响电流的频率 (30f);

$M_i$ —接近段互感系数 (mH/km);

$L_i$ —接近段长度 (km);

I—影响电流的有效幅值 (kA)。

在直流线路工程中, 用上式可以估算对邻近通信线的危险影响程度, 上述公式中主要是短路电流如何取值, 根据已运行的多条线路测试数据, 可按线路额定电流的2~3倍取;  $M_i$  值按《直流输电线路对电信线路危险影响防护设计技术规定》中附录A中的图A.1查得, 把上述已知条件代入公式即可。

## 2：电流变化率计算

直流输电线路一极导线接地短路故障时，来自换流站侧故障电流变化率最大值为：

$$\Delta i_{k1} = U_d \left( \frac{1}{L_d + \sum_{i=0}^n l_i L} + \frac{k_f \sum_{i=0}^n l_i}{L_d l} \right) \quad (2)$$

直流输电线路一极导线接地短路故障时，来自逆变站侧故障电流变化率最大值为：

$$\Delta i_{k2} = k_f \frac{U_d k_f (l - \sum_{i=0}^n l_i)}{L_d l} \quad (3)$$

式中：

$\Delta i_{k1}$ 、 $\Delta i_{k2}$ —直流输电线路短路时电流变化率， $\text{kA/ms}$ ；

$U_d$ —直流输电线路的工作电压（ $\text{kV}$ ）；

$L_d$ —平波电抗器的电感量（ $\text{H}$ ）；

$L$ —直流输电线路单极导线对地的电感量（ $\text{H/km}$ ）；

$k_f$ —直流输电线路结构系数（线路电容放电电流强度与换流站侧电源故障电流强度的比例系数），与导线储存的电荷直接相关，长度  $1000\text{km}$  左右的线路一般取  $0.2\sim0.3$ ，无资料取  $0.25$ ；

$l$ —直流输电线路总长度（ $\text{km}$ ）；

## 3：计算实例：

原始数据取自向家坝～上海±800kV 直流输电线路工程

按《直流输电线路对电信线路危险影响防护设计技术规定》中附录 B 中，简化公式 (B.9)；(B.10) 计算极导线的对地电感量。

线路参数：

$L$ =极导线的对地电感量，( $\text{H/m}$ )

$r=18.12$ , 导线的半径, ( $\text{mm}$ )

$n=6$ , 分裂导线的根数

$d_n=450$ , 分裂导线按正多边形排列时的分裂间距, ( $\text{mm}$ )

$h=28$ , 导线平均悬挂高度, (m)

$d=22$ , 双极导线间距在水平面上的投影距离, (m)

$\sigma = 5 \times 10^{-3}$ , 视在大地电导率, (s/m)

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ , 真空导磁率, (H/m)

$f$ -影响电流的频率, 取 30Hz

$r_m$ -圆柱形导体的等值半径, (mm)

$D_s$ -分裂导线的等值半径, (mm)

$R$ -分裂导线所占圆周的半径, (mm)

向家坝~上海±800kV 直流输电线路采用 ACSR-6×720 导线

计算出  $L=0.935$  (mH/km), 计算出短路电流最大上升速率, 见下表:

短路电流最大上升速率

序号	距离向家坝换流站 (km)	短路电流速率 $dI_1/dt$ (kA/mS)	短路电流速率 $dI_2/dt$ (kA/mS)
1	0	5.33	1.33
2	50	4.18	1.29
3	100	3.46	1.26
4	150	2.97	1.22
5	200	2.62	1.19
6	250	2.37	1.15
7	300	2.17	1.12
8	350	2.02	1.08
9	400	1.90	1.05
10	450	1.81	1.01
11	500	1.73	0.98
12	550	1.67	0.94
13	600	1.62	0.91
14	650	1.58	0.87
15	700	1.56	0.84
16	750	1.53	0.80

序号	距离向家坝换流站 (km)	短路电流速率 $dI_1/dt$ (kA/mS)	短路电流速率 $dI_2/dt$ (kA/mS)
17	800	1.52	0.77
18	850	1.51	0.73
19	900	1.50	0.70
20	950	1.49	0.66
21	1000	1.49	0.63
22	1050	1.50	0.59
23	1100	1.50	0.56
24	1150	1.51	0.52
25	1200	1.52	0.49
26	1250	1.53	0.45
27	1300	1.54	0.42
28	1350	1.56	0.38
29	1400	1.58	0.34
30	1450	1.59	0.31
31	1500	1.61	0.27
32	1550	1.63	0.24
33	1600	1.65	0.20
34	1650	1.67	0.17
35	1700	1.69	0.13
36	1750	1.71	0.10
37	1800	1.74	0.06
38	1850	1.76	0.03
39	1890	1.78	0.00

## 17 直流线路对电信线路电磁危险影响计算模板

1：直流线路对通信线的干扰影响计算还没有相关规程，但对通信线的产生干扰影响是谐波电压和諕波电流，可参照交流线路 DL/T5033-2006，《输电线路对电信线路危险影响和干扰影响防护设计规程》中的计算方法。

2：在不同的运行方式下直流输电线路所产生的諕波电流的大小及流向是不同的，在电话回路中产生的干扰影响差异也较大。在同等条件下，干扰影响主要来自通过大地的諕波电流(常称不平衡諕波电流)，如单极大地回路及双极进入大地的諕波电流。极导线的諕波电流(常称平衡的諕波电流)产生的干扰影响相对较小，如单极金属回路及双极回路极导线的諕波电流。

对于双极回路的干扰影响，除来自进入大地的諕波电流外，还有来自极导线的諕波电流。双极回路进入大地的諕波电流主要由三部分原因造成：正负极电流不平衡、两换流阀桥间不平衡(触发角不对称，换流变压器阻抗不平衡)和换流变压器的杂散电容。这种諕波电流虽然比极导线的諕波电流小很多，但其干扰影响却较大。当直流输电线路与电信线路的接近距离较大时，由极导线諕波电流产生的干扰影响就可以忽略不计。因此在计算双极回路的干扰影响时，首先应分别计算进入大地的和极导线的諕波电流的等效干扰电流沿线分布，然后分别计算它们的干扰影响分量。总的干扰影响为它们的干扰影响分量的几何和。

在过去的交直流输电线路的干扰影响计算中，忽略了电信线路传播效应的衰减作用，致使计算结果比实际情况大得多。CCITT 在 1989 年的《防护导则》[3] 中已经提出要考虑衰减作用。我国现在的交直流输电线路的干扰影响计算中也考虑了这一衰减作用。

一般情况下，諕波电压产生的容性耦合比諕波电流产生的感性耦合要小得多，所以可忽略諕波电压产生的影响。干扰影响的大小以在电话回路中产生的杂音电动势衡量。直流输电线路的干扰影响标准与交流输电线路的相同。

### 3：双极回路运行方式

直流输电线路在双极回路运行方式下，应分别计算进入大地回路的和极导线的諕

波电流在双线电话回路中产生的杂音电动势。双线电话回路由谐波电流产生总的杂音电动势  $e_m$  为下式

$$e_m = \sqrt{e_{mr}^2 + e_{me}^2} \quad (1)$$

式中  $e_{mr}$  和  $e_{me}$  分别为由大地回路的和极导线的谐波电流在双线电话回路中产生的杂音电动势, mV:

$$e_{mr} = \lambda m Z_m I_{dqrl} p B K_{m800} \times 10^3 \quad (2)$$

$$e_{me} = \lambda m Z' e I_{dqel} p B K_{m800} \times 10^3 \quad (3)$$

式中:

$\lambda m$ : 为双线电话杂音敏感系数, 按实际情况取值;

$Z_m$ : 为直流输电线路双极大地回路与双线电话回路的 800Hz 感性耦合阻抗,  $\Omega / \text{km}$ ;

$I_{dqrl}$ : 为直流输电线路双极回路进入大地回路的谐波电流的等效干扰电流, A;  $l_p$ : 为直流输电线路与电话回路的接近长度, km;

$B$ : 为电信线路传播效应的衰减系数, 按实际情况计算;

$K_{m800}$ : 为各种金属接地导体 800 Hz 的磁综合屏蔽系数;

$Z' e$ : 为直流输电线路双极回路极导线与双线电话回路的 800 Hz 感性耦合阻抗,  $\Omega / \text{km}$ ;

$I_{dqel}$ : 为直流输电线路双极回路极导线的谐波电流的等效干扰电流, A。

#### 4: 单极大地回路运行方式

在单极大地回路运行方式下, 在双线电话回路中产生的杂音电动势按公式(2)计算。

#### 5: 单极金属回路运行方式

在单极金属回路运行方式下, 在双线电话回路中产生的杂音电动势按公式(3)计

算。

直流输电线路在单极大地回路运行方式下的干扰影响为最大，在单极金属回路运行方式下的干扰影响为最小。若单极大地回路不作为一种正常运行方式，而只是在调试、试运行或当直流系统发生故障和检修时采用，由于运行时间不长，其产生的干扰影响时间很短，可不考虑。因此可用双极回路运行方式来检验直流输电线路对电信线路是否存在干扰影响。

直流输电线路对架空明线电信线路的干扰影响较大，但对电缆电信线路的干扰影响较小。但是直流线路的等值干扰电流比交流线路要大，所以工程中如果导电率较差，平行接近距离较小且有交叉时，要计算对架空电缆的干扰影响。

## 18 直流线路对电信线路干扰影响计算模板

1：根据《直流输电线路对电信线路危险影响防护设计技术规定》中推荐的公式

$$E = \omega M_i L_i I$$

式中：

E—电信线路上的感应纵电动势 (V)；

$\omega$ —影响电流的角频率， $\omega = 2\pi f$ ；

f—影响电流的频率 (30f)；

$M_i$ —接近段互感系数 (mH/km)；

$L_i$ —接近段长度 (km)；

I—影响电流的有效幅值 (kA)。

在直流线路工程中，用上式可以估算对邻近通信线的危险影响程度，上述公式中主要是短路电流的数值，根据已运行的多条线路测试数据，可按线路额定电流的 2~3 倍取； $M_i$  值按《直流输电线路对电信线路危险影响防护设计技术规定》中附录 A 中的图 A.1 查得，把上述已知条件代入公式即可。

2：来自换流站侧故障电流的纵电动势 E

《直流输电线路对电信线路危险影响防护设计技术规定》中推荐的实用计算公式，

$$E = U_d \left( \frac{1}{L_d + l_p L} + \frac{k_f l_p}{L_d l} \right) M_i l_i$$

但工程计算时，直流输电线路对邻近电信线路的感应影响一般采用分段计

算法， $l_p = \sum_{i=0}^n l_i$ ，则可得出来自换流站侧故障电流的纵电动势的实用计算公式如下：

$$E = U_d \left( \frac{1}{L_d + \sum_{i=0}^n l_i L} + \frac{k_f \sum_{i=0}^n l_i}{L_d l} \right) \sum_{i=1}^n M_i l_i s t$$

式中：

$U_d$ —直流输电线路的工作电压 (KV);

$L_d$ —平波电抗器的电感量 (H)；

$L$ —直流输电线路单极导线对地的电感量 (H/km)；

$l_p$ —直流输电线路短路回路总长度 (km)；

$i_d(t)$ —来自直流输电线路短路，换流站侧电源的电流 (KA)。

$s$ —电信线外皮或地线在 30Hz 时的屏蔽系数；

$t$ —直流输电线路架空地线在 30Hz 时的屏蔽系数。

$k_f$ —直流输电线路结构系数 (线路电容放电电流强度与换流站侧电源故障电流强度的比例系数)，与导线储存的电荷直接相关，长度达 1000km 左右的线路一般取 0.2~0.3，无资料取 0.25。

### 3：来自逆变站侧故障电流的纵电动势 E

对通信线的影响主要是来自换流站侧的故障电流，如果通信线上的感应纵电动势超标需验算对地电压值，需要计算逆变站侧故障电流的纵电动势，其公式如下：

$$E = k_f \frac{U_d (l - \sum_{i=0}^n l_i)}{L_d l} \sum_{i=1}^n M_i l_i s t$$

式中各项表达含义同上。

### 4：计算实例：

原始数据取自向家坝～上海±800kV 直流输电线路工程

按《直流输电线路对电信线路危险影响防护设计技术规定》中附录 B 中, 简化公式 (B. 9) ; (B. 10) 计算

线路参数:

$L$ =极导线的对地电感量, (H/m)

$r=18.12$ , 导线的半径, (mm)

$n=6$ , 分裂导线的根数

$d_n=450$ , 分裂导线按正多边形排列时的分裂间距, (mm)

$h=28$ , 导线平均悬挂高度, (m)

$d=22$ , 双极导线间距在水平面上的投影距离, (m)

$\sigma =5 \times 10^{-3}$ , 视在大地电导率, (s/m)

$\mu_0=4\pi \times 10^{-7}$ , 真空导磁率, (H/m)

$f$ -影响电流的频率, 取 30Hz

$r_m$ -圆柱形导体的等值半径, (mm)

$D_s$ -分裂导线的等值半径, (mm)

$R$ -分裂导线所占圆周的半径, (mm)

向家坝～上海±800kV 直流输电线路采用 ACSR-6×720 导线

计算出  $L=0.935$  (mH/km), 计算出短路电流最大上升速率, 见下表:

短路电流最大上升速率

序号	距离向家坝换流站 (km)	短路电流速率 $dI_1/dt$ (kA/mS)	短路电流速率 $dI_2/dt$ (kA/mS)
1	0	5.33	1.33
2	50	4.18	1.29
3	100	3.46	1.26
4	150	2.97	1.22
5	200	2.62	1.19
6	250	2.37	1.15

序号	距离向家坝换流站(km)	短路电流速率 $dI_1/dt$ (kA/mS)	短路电流速率 $dI_2/dt$ (kA/mS)
7	300	2.17	1.12
8	350	2.02	1.08
9	400	1.90	1.05
10	450	1.81	1.01
11	500	1.73	0.98
12	550	1.67	0.94
13	600	1.62	0.91
14	650	1.58	0.87
15	700	1.56	0.84
16	750	1.53	0.80
17	800	1.52	0.77
18	850	1.51	0.73
19	900	1.50	0.70
20	950	1.49	0.66
21	1000	1.49	0.63
22	1050	1.50	0.59
23	1100	1.50	0.56
24	1150	1.51	0.52
25	1200	1.52	0.49
26	1250	1.53	0.45
27	1300	1.54	0.42
28	1350	1.56	0.38
29	1400	1.58	0.34
30	1450	1.59	0.31
31	1500	1.61	0.27
32	1550	1.63	0.24
33	1600	1.65	0.20
34	1650	1.67	0.17
35	1700	1.69	0.13
36	1750	1.71	0.10
37	1800	1.74	0.06
38	1850	1.76	0.03
39	1890	1.78	0.00

根据下式计算出  $E_i$  ,  $\sum_{i=1}^n E_i$  ,为所求最大感应电动势值。

$$E_i = \Delta_{ik} M_i L_i$$

在工程计算时，也可以把电流按照 TXBH 程序输入方式整理后，输入计算即可。

### 附件 3 主要规程及规范

序号	标准号	标准名称
1	GB 6830-86	电信线路遭受强电线路危险影响的容许值
2	GB 50260-96	电力设施抗震设计规范
3	GB 50009-2001	建筑结构荷载规范
4	GB 50010-2002	混凝土结构设计规范
5	GB 50017-2003	钢结构设计规范
6	GB 50135-2006	高耸结构设计规范
7	GB 50545-2010	110kV~750kV 架空输电线路设计规范
8	GB 50665-2011	1000kV 架空输电线路设计规范
9	GB/T 16434-1996	高压架空线路和发电厂、变电站环境污区分级及外绝缘选择标准
10	DL 437-1991	高压直流接地极技术导则
11	DL/T 620-1997	交流电气装置的过电压保护和绝缘配合
12	DL/T 5130-2001	架空送电线路刚管杆设计技术规定
13	DL/T 5154-2002	架空送电线路杆塔结构设计技术规定
14	DL/T 436-2005	高压直流架空送电线路设计技术导则
15	DL/T 5217-2005	220kV~500kV 紧凑型架空送电线路设计技术规定
16	DL/T 5219-2005	架空送电线路基础设计技术规定
17	DL/T 5033-2006	输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程
18	DL/T 5040-2006	输电线路对无线电台影响防护设计规程
19	DL/T 5340-2006	直流输电线路对电信线路危险影响防护设计技术规程
20	DL/T 1088-2008	±800kV 特高压直流线路电磁环境参数限值
21	DL/T 1122-2009	架空输电线路外绝缘配置技术导则
22	DL/T 5440-2009	重覆冰架空输电线路设计技术规程
23	JGJ 94-2008	建筑桩基技术规范
24	征求意见稿	特高压架空输电线路大跨越设计技术规定
25	国标送审稿	±800kV 直流架空输电线路设计规范
26	试行	架空送电线路大跨越设计技术规定
27		国家电网公司十八项电网重大反事故措施
28		架空电力线路与弱电流线路接近和交叉装置规程
29		国家电网公司“两型三新”线路设计建设导则
30		工程建设标准强制性条文(电力工程部分)
31		《XXXX 年 XX 电力系统污区分布图》