

220kV输电线路钢管杆 标准化设计图集

钢管杆加工图

(适用 $2 \times \text{JL/G1A-630/45}$ 型钢芯铝绞线)

国网河南省电力公司经济技术研究院 组编

220kV输电线路钢管杆 标准化设计图集

钢管杆加工图

(适用 $2 \times \text{JL/G1A-630/45}$ 型钢芯铝绞线)

国网河南省电力公司经济技术研究院 组编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

输电线路标准化设计是国网河南省电力公司加快科学发展、建设“资源节约型、环境友好型”社会、提升技术创新能力和贯彻“两型三新一化”理念的重要体现,是实施设计标准化管理、统一电网建设标准和合理控制造价的重要手段,对提高输电线路设计、物资招标、机械化施工及运行维护等工作效率和质量将发挥重要技术支撑作用。

本书为《220kV 输电线路钢管杆标准化设计图集 钢管杆加工图(适用 $2\times\text{JL/G1A}-630/45$ 型钢芯铝绞线)》,共包括1个钢管杆子模块、8种杆型的加工图,各加工图包括总图、横担、杆身、腿部、导地线横担连接法兰及爬梯等加工图。

本书可供电力系统各设计单位,从事电网建设工程规划、管理、施工、安装、运维、设备制造等专业人员以及院校相关专业的师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

220kV输电线路钢管杆标准化设计图集. 钢管杆加工图: 适用 $2\times\text{JL/G1A}-630/45$ 型钢芯铝绞线 / 国网河南省电力公司经济技术研究院组编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2017. 3

ISBN 978-7-5170-5197-8

I. ①2… II. ①国… III. ①输电线路—钢管—工程设计—图集 IV. ①TM753-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第030879号

审图号: 豫S〔2016年〕009号

书 名	220kV 输电线路钢管杆标准化设计图集 钢管杆加工图 (适用 $2\times\text{JL/G1A}-630/45$ 型钢芯铝绞线)
作 者	220kV SHUDIAN XIANLU GANGGUANGAN BIAOZHUNHUA SHEJI TUJI GANGGUANGAN JIAGONG TU (SHIYONG $2\times$ $\text{JL/G1A}-630/45$ XING GANGXIN LUJIAOXIAN)
出 版 发 行	国网河南省电力公司经济技术研究院 组编 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	297mm $\times$ 210mm 横 16开本 11.75印张 421千字
版 次	2017年3月第1版 2017年3月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	366.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《220kV 输电线路钢管杆标准化设计图集 钢管杆加工图 (适用 2×JL/G1A-630/45 型钢芯铝绞线)》

编 委 会

主 任	候清国						
副主任	周 凯	吴云喜					
委 员	于旭东	付红军	魏胜民	齐 涛	吴中越	孙改龙	
	王 璟	吕 莉	刘湘莅	程宏伟	樊东峰	王忠强	

《220kV 输电线路钢管杆标准化设计图集 钢管杆加工图 (适用 2×JL/G1A-630/45 型钢芯铝绞线)》

编 制 组

主 编	刘湘莅						
副主编	郭新菊	胡 鑫					
成 员	胡 鑫	席小娟	齐道坤	路晓军	王政伟	耿玉玲	
	梁 晟	刘存凯	郭正位	李 勇	张 亮	景 川	
	杨 敏	肖 波	王文峰				

《220kV 输电线路钢管杆标准化设计图集 钢管杆加工图 (适用 $2\times\text{JL/G1A}-630/45$ 型钢芯铝绞线)》
设计工作组

牵头单位 国网河南省电力公司经济技术研究院

成员单位 河南电力博大实业有限公司

河南鼎力杆塔股份有限公司

《220kV 输电线路钢管杆标准化设计图集 钢管杆加工图 (适用 2×JL/G1A-630/45 型钢芯铝绞线)》

主要技术原则编写人员

审核	郭新菊						
校核	胡鑫	席小娟					
编写	胡鑫	席小娟	齐道坤	刘存凯	路晓军	梁晟	
	李勇	景川	郭正位	肖波	王文峰	杨敏	
	吴迪						

《220kV 输电线路钢管杆标准化设计图集 钢管杆加工图 (适用 2×JL/G1A-630/45 型钢芯铝绞线)》

模块设计人员

审核	胡鑫						
校核	梅志强	王玉杰					
设计	李晓东	陈军帅	闫克星	楚鹏飞	曹亚锋	闫云峰	
	李波亮	魏颖	宋刚	戎改丽			

前言

《220kV 输电线路钢管杆标准化设计图集》是国网河南省电力公司标准化建设成果体系的重要组成部分。2015 年年初，在省公司领导的关心指导下、在公司建设部和科技部的大力支持下，国网河南省电力公司经济技术研究院牵头组织相关科研单位和设计院，结合河南“十三五”电网规划，在广泛调研的基础上，经专题研究和专家论证，历时一年多编制完成了《220kV 输电线路钢管杆标准化设计图集》。

本套书共 3 本，涵盖了河南省区域钢管杆适用的典型设计气象条件（风速 27m/s、覆冰 10mm）、常用导线型号（ $2\times\text{JL/G1A}-400/35$ 、 $2\times\text{JL/G1A}-630/45$ ）等技术条件，该研究成果具有安全可靠、技术先进、经济适用、协调统一等显著特点，是国网河南省电力公司标准化体系建设的又一重大研究成果，对指导河南省区域乃至全国 220kV 输电线路标准化体系建设、提高电网建设的质量和效率都将发挥积极推动和技术引领的作用。

本书在编制过程中得到了国网河南省电力公司相关部门的大力支持，在此谨表感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者给予指正。

编者

2017 年 3 月

目录

前言

第 1 章	概述	1
第 2 章	设计依据	2
第 3 章	模块划分和分工	3
第 4 章	主要设计原则和方法	5
第 5 章	杆塔尺寸及结构优化	20
第 6 章	主要技术特点	23
第 7 章	综合效益分析	25
第 8 章	标准化设计使用总体说明	26
第 9 章	2GGF3 - SZG1 钢管杆加工图	28
第 10 章	2GGF3 - SZG2 钢管杆加工图	46
第 11 章	2GGF3 - SZGK 钢管杆加工图	64
第 12 章	2GGF3 - SJG1 钢管杆加工图	82
第 13 章	2GGF3 - SJG2 钢管杆加工图	100
第 14 章	2GGF3 - SJG3 钢管杆加工图	118
第 15 章	2GGF3 - SJG4 钢管杆加工图	139
第 16 章	2GGF3 - SJG5 钢管杆加工图	160

第 1 章

概述

1.1 目的和意义

根据国家电网公司“集团化运作、集约化发展、精益化管理、标准化建设”的总体要求，国网河南省电力公司在广泛开展调研的基础上，积极推进“大建设”和电网标准化管理体系建设，以科技创新和标准化管理为着重点，以提高电网建设工作质量和效率为出发点，不断提升理论研究集成创新能力和成果应用转化能力。

为统一输电线路设计技术标准、提高工作效率、降低工程造价，贯彻“资源节约型、环境友好型”的设计理念，推进技术创新成果标准化设计的应用转化，开展 220kV 输电线路钢管杆的标准化设计工作，对强化集约化管理，统一建设标准、统一材料规格、规范设计程序，提高设计、评审、招标、机械化施工的工作效率和工作质量，降低工程造价，实现资源节约、环境友好和全寿命周期建设目标均起到重要的技术支撑作用，是对国家电网公司输变电工程标准化设计成果的重要补充。

1.2 总体原则

本次标准化设计在参考国家电网公司现有通用设计的研究成果，并广泛调研河南省电网区域特点和 220kV 输电线路的建设实践经验的基础上，经过设计优化和集成创新，形成具有可靠性、先进性、经济性、通用性和适应性的

220kV 输电线路钢管杆标准化设计成果。

本标准化设计在研究过程中贯彻执行国家电网公司全寿命周期和“两型三新一化”的设计理念，坚持安全可靠、技术先进、资源节约、环境友好、经济合理和全寿命周期成本优化的设计原则，确保研究成果的可靠性、先进性、经济性、统一性、适应性和灵活性。

(1) 可靠性：结合河南省区域自然环境、气象条件和经济社会发展状况，在充分调研的基础上，经技术经济比选，优化杆型设计，确保杆塔安全可靠。

(2) 先进性：在全面应用国家电网公司现有标准化设计成果的基础上，提高设计集成创新能力，积极采用“新材料、新技术、新工艺”，形成技术先进的标准化研究成果。

(3) 经济性：全面贯彻全寿命周期研究理念，综合考虑工程初期投资和长期运行费用，合理规划杆塔型式、杆头布置，以及根、梢径取值范围，确保最佳的经济社会效益和技术水平。

(4) 统一性：依据最新规程、规范，参照国家电网公司标准化设计成果，统一设计技术标准和设备采购标准。

(5) 适应性：本标准化成果主要适用于以平地地形（海拔 1000m 以下）为主且走廊受限制地区的 220kV 输电线路工程。

(6) 灵活性：合理划分杆塔模块、转角度数等边界技术条件，设计和施工更加便捷和灵活。

第2章 设计依据

2.1 主要规程规范

本标准化设计主要按照以下规程规范执行:

GB 50545—2010《110~750kV 架空输电线路设计规范》

DL/T 5154—2012《架空输电线路杆塔结构设计技术规定》

DL/T 5130—2001《架空送电线路钢管杆设计技术规定》

GB/T 1179—2008《圆线同心绞线架空导线》

GB/T 16434—1996《高压架空送电线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准》

GB 50017—2003《钢结构设计规范》

GB 50009—2012《建筑结构荷载规范》

DL/T 5442—2010《输电线路铁塔制图和构造规定》

GB/T 700—2006《碳素钢结构》

GB/T 1591—2008《低合金高强度结构钢》

GB/T 3098.1—2010《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》

GB/T 3098.2—2000《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》

2.2 国家电网公司有关规定

国家电网安监〔2009〕664号《关于印发〈国家电网公司电力安全工作规程(线路部分)〉的通知》

国家电网科〔2009〕642号《关于印发〈输变电工程建设标准强制性条文实

施管理规程〉的通知》

基建质量〔2010〕19号《关于印发〈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〉的通知》

国家电网基建〔2010〕755号《关于印发〈国家电网公司新建输电线路防舞设计要求〉的通知》

国家电网科〔2011〕12号《关于印发〈协调统一基建类和生产类标准差异条款〉的通知》

国家电网生〔2012〕352号《关于印发〈国家电网公司十八项电网重大反事故措施(修订版)〉的通知》

国家电网基建〔2012〕386号《关于印发国家电网公司输变电工程提高设计使用寿命指导意见(试行)的通知》

国家电网基建〔2012〕1049号《关于印发〈国家电网公司输电线路跨(钻)越高铁设计技术要求〉的通知》

国家电网基建〔2012〕1947号《国家电网公司关于发布输变电工程设计质量控制技术问题清单(2013年版)的通知》

国家电网基建技术〔2014〕10号《国网基建部关于加强新建输变电工程防污闪等设计工作的通知》

国家电网基建技术〔2014〕1131号《国家电网公司关于明确输变电工程“两型三新一化”建设技术要求的通知》

国家电网运检〔2016〕413号《国家电网公司关于印发架空输电线路“三跨”重大反事故措施(试行)的通知》

3.1 划分原则

结合河南省电网特点、气象条件和地形地貌等区域特点,在充分调研的基础上,确定以下杆塔模块划分原则:

本标准化设计以30年重现期、风速27m/s(10m基准高)、覆冰厚度10mm、海拔低于1000m线路和走廊受限区域的平地为主要设计边界条件,针对220kV输电线路钢管杆适用的地形及气象条件、电压等级、导线截面、回路数、杆塔型式、地线架设型式、适用档距、挂线点型式以及杆段连接方式,通过技术经济比较,合理划分杆型模块。

3.1.1 电压等级

本标准化设计仅对220kV电压等级的输电线路钢管杆进行研究。

3.1.2 回路数

结合河南省区域电网特点和前期调研情况,按照线路走廊受限区域集约化设计原则,本标准化设计仅考虑220kV电压等级的同杆双回架设方式。

3.1.3 导线截面

根据国家电网公司标准化设计指导原则,结合河南省电网“十三五”发展规划,经过技术经济综合比选,本标准化设计220kV输电线路导线按 $2\times\text{JL}/\text{G1A}-400\text{mm}^2$ 、 $2\times\text{JL}/\text{G1A}-630\text{mm}^2$ 两种标称截面进行选取。

3.1.4 杆塔型式

本标准化设计采用钢管杆(单杆,下同),根据技术先进、安全可靠和经济合理的原则,经技术经济优化比选,杆体选用正十六边形截面型式,双回

路均采用鼓形排列方式,直线钢管杆杆身锥度按1/65考虑,耐张钢管杆杆身锥度按1/30~1/45范围合理取值。

3.1.5 气象条件

根据调研结果,结合河南省区域气象特征和典型气象区的气象参数,本标准化设计设计风速取27m/s(对地10m),设计覆冰厚度取10mm。

3.1.6 地形条件

本标准化设计适用于海拔在1000m以下的220kV输电线路走廊受限制区域。

3.1.7 地线截面

本标准化设计地线配合按如下原则选择:

导线截面为 $2\times\text{JL}/\text{G1A}-400\text{mm}^2$ 的钢管杆地线选用JLB40-120型铝包钢绞线;导线截面为 $2\times\text{JL}/\text{G1A}-630\text{mm}^2$ 的钢管杆地线选用JLB40-150型铝包钢绞线。

3.1.8 适用档距

根据调研和线路档距优化配置结果,结合河南省区域电网发展特点,经过技术经济比较,本标准化设计I型直线钢管杆水平档距取200m、垂直档距均取250m;II型直线钢管杆水平档距取250m、垂直档距取300m;跨越用直线钢管杆水平档距取250m、垂直档距取350m;耐张钢管杆水平档距取220m、垂直档距取280m。

3.1.9 挂线点型式

直线钢管杆导线挂点按照单/双悬挂挂点设计,地线按照单挂点设计;耐张钢管杆导、地线及跳线均按单挂点设计。

本标准化设计在耐张钢管杆横担导、地线挂点处均预留施工挂孔。

3.1.10 杆段连接方式

根据调研结果，并广泛征求设计、施工单位以及国网河南省电力公司相关部门意见，本标准化设计钢管杆杆段、横担与杆身、杆身与基础均按法兰连接方式考虑。

3.2 划分和编号

根据钢管杆杆型使用特点，结合导线截面、气象条件、回路数和适用区域等因素，本标准化设计共划分为 2 个杆塔子模块，16 种杆型，见表 3.1。

表 3.1 总模块划分一览表						
编号	模块	导线型号	风速 /(m/s)	覆冰 /mm	回路数	适用区域
1	2GGE3	2×JL/G1A-400/35	27	10	双	线路走廊受限等区域
2	2GGF3	2×JL/G1A-630/45	27	10	双	线路走廊受限等区域

杆型编号由下述 3 部分组成：[模块编号] - [杆型名称] [系列号]。

(1) 模块编号：由 4 组数据组成，对应于标准化设计的各个模块。

第一组为电压等级：2——220kV。

第二组为杆塔代号：GG——钢管杆。

第三组为模块代号：E、F。

第四组为子模块代号：3。

(2) 杆型名称：该部分按以下两种情况考虑。

直线钢管杆部分：SZG——双回路直线钢管杆。

转角杆部分：SJG——双回路转角（耐张、承力）钢管杆。

(3) 系列号：1、2、3、4、5、…、K，即杆型系列号。

例如，2GGE3 - SZG2 表示：220kV E3 模块-双回路直线 2 型直线钢管杆。

3.3 设计分工

本标准化设计根据导线截面共分 2 个子模块、16 种杆型，具体参与单位及承担设计内容详见表 3.2。

表 3.2 参与单位及承担内容划分表		
序号	参 编 单 位	负 责 内 容
1	国网河南省电力公司经济技术研究院	组织策划、技术总负责
2	河南电力博大实业有限公司	技术负责、2GGF3 模板设计
3	河南鼎力杆塔股份有限公司	2GGE3 模块设计

第 4 章

主要设计原则和方法

4.1 设计气象条件

按照安全可靠、通用适用的原则,结合 GB 50545—2010《110~750kV 架空输电线路设计规范》(简称“设计规范”)典型气象区气象参数进行适当归并、制定。

4.1.1 气象条件重现期

依据设计规范“4.0.1 110~330kV 输电线路及其大跨越重现期应取 30 年”规定,本标准化气象条件重现期按 30 年设计。

4.1.2 最大风速取值

根据河南省各地市气象站气象资料汇总统计分析,气象记录最大风速在 24~26m/s 之间的气象站占 90%以上。依据 GB 50009—2012《建筑结构荷载规范》全国基本风压分布图,河南省大部分区域位于基本风压 0.3~0.4kN/m² 区间内,换算出河南省最大风速在 24~25.5m/s 之间。

依据设计规范“4.0.4 110~330kV 输电线路基本风速不宜低于 23.5m/s”设计规定,本标准化设计基本风速按 27m/s 选取(距地 10m 高度)。

4.1.3 覆冰厚度取值

依据《河南省 30 年一遇电网冰区分布图》(2013 年)可知,河南省 0~10mm 覆冰地域约占 85%,10mm 以上覆冰地域约占 15%(多位于河南省西部和南部山区)。河南省冰区分布详见图 4.1。

根据河南省 30 年一遇电网冰区分布图,结合调研情况,本标准化设计覆冰厚度取 10mm。

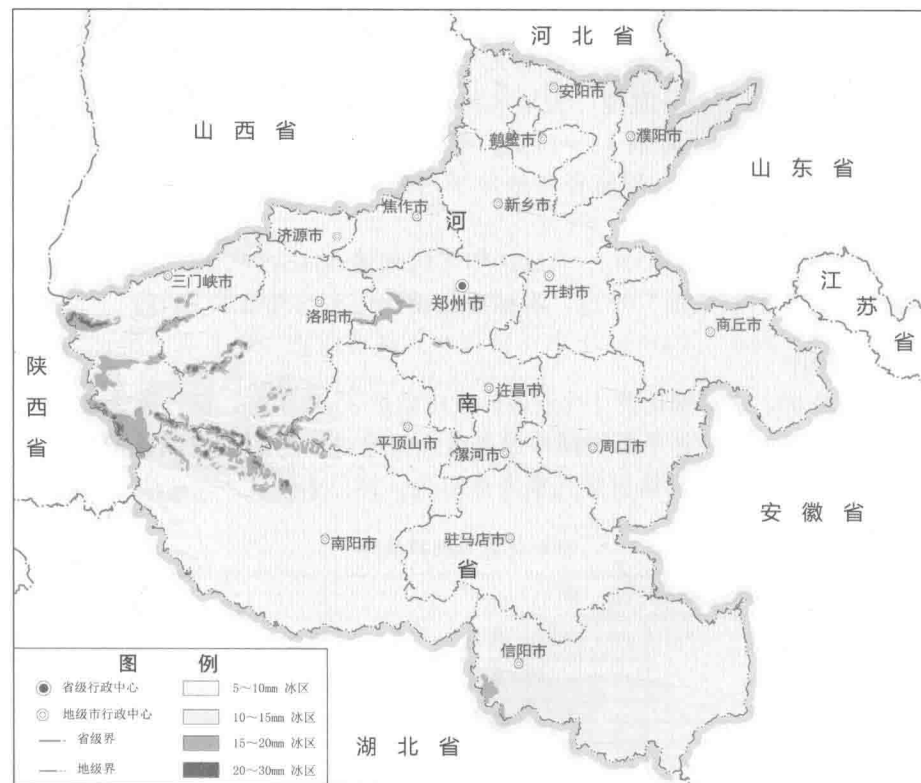


图 4.1 河南省 30 年一遇电网冰区分布图(2013 年)

4.1.4 最高气温

参照河南省气象日照站的实际观测数据,全省最高气温月平均气温在

36~38℃之间，参照设计规范典型气象区参数，本标准化设计最高气温取 40℃。

4.1.5 年平均气温

河南省年平均气温一般在 12.8~15.5℃之间，且南部高于北部，东部高于西部。豫西山地和太行山地因地势较高，气温偏低，年平均气温在 13℃以下；南阳盆地因伏牛山阻挡，北方冷空气势力减弱，淮南地区由于位置偏南，年平均气温均在 15℃以上，成为全省两个比较稳定的暖温区。

全省冬季寒冷，最冷月（多为 1 月、2 月）平均气温在 0℃左右（南部在 0℃以上，如信阳为 2.3℃；北部在 0℃以下，郑州为-0.3℃）。春季 4 月气温上升较快，豫西山区升至 13~14℃，黄淮平原可达 15℃左右。夏季炎热（多为 7 月、8 月），平均气温分布比较均匀，除西部山区因垂直高度的影响，平均气温在 26℃以下外，其他广大地区都在 27~28℃之间。秋季气温开始下降，10 月平均气温山地下降到 13~14℃，平原下降到 15~16℃，而南阳盆地和淮南地区都在 16℃以上。河南省各地年平均地温悬殊不大，一般为 15~17℃。北部略低，南部稍高。

依据设计规范“4.0.10 当地区年平均气温在 3~17℃时，宜取与年平均气温临近的 5 的倍数值”规定，本标准化设计年平均气温取 15℃。

4.1.6 结论

综上所述，本标准化设计气象条件重现期按 30 年一遇、设计风速取 27m/s、覆冰厚度取 10mm。各子模块操作过电压和雷电过电压的对应风速按设计规范中的规定进行取值。具体设计气象条件组合，详见表 4.1。

表 4.1 标准化设计气象条件

冰 风 组 合 条 件		I 型
大气温度/℃	最高	40
	最低	-20
	覆冰	-5
	基本风速	-5
	安装	-10
	雷过电压	15
	操作过电压	15
	年平均气温	15

续表

冰 风 组 合 条 件		I 型
风速/(m/s)	基本风速	27
	覆冰	10
	安装	10
	雷过电压	10
	操作过电压	15
覆冰厚度/mm		10
冰的密度/(g/mm ²)		0.9

注 杆塔地线支架按导线设计覆冰厚度增加 5mm 工况进行强度校验。

4.2 导线和地线

目前我国导线标准采用 GB/T 1179—2008《圆线同心绞线架空导线》，按照国家电网公司标准物料导、地线参数及相关技术要求，本标准化设计导线选用 JL/G1A-400/35、JL/G1A-630/45 型钢芯铝绞线，双分裂设计。依据河南省区域电网特点，220kV 输电线路导线绝大多数采用水平排列方式，故本标准化设计导线排列方式按水平排列方式设计。

目前《国家电网公司输变电工程通用设计 110(66)、220kV 输电线路金具图册》(2011 年版)中 JL/G1A-400/35 导线分裂间距有 400mm、500mm 两种，JL/G1A-630/45 分裂间距有 500mm、600mm 两种。根据河南省 220kV 输电线路现有设计和运行情况，本标准化设计 JL/G1A-400/35 导线分裂间距取 400mm；JL/G1A-630/45 分裂间距取 500mm。

同时参照《国家电网公司输变电工程通用设计 110(66)、220kV 输电线路金具图册》(2011 年版)中相关模块设计条件，本次标准化地线选用 JLB40-120 和 JLB40-150 铝包钢绞线。

输电线路地线应需满足其机械强度和导地线配合等相关技术要求，当采用 OPGW 作为地线时，还应根据系统短路热容量对地线进行校验，并满足钢管杆地线支架强度要求。

导线和地线具体参数可参考表 4.2 和表 4.3。

表 4.2 导线技术参数及机械特性

型 号		JL/G1A-400/35	JL/G1A-630/45
根数/直径/mm	钢	7/2.50	7/2.81
	铝	48/3.22	45/4.22

续表

型 号		JL/G1A-400/35	JL/G1A-630/45
计算截面/mm ²	钢	34.36	43.6
	铝	390.88	630.0
	总计	425.24	674.0
外径/mm		26.8	33.8
额定抗拉力/kN		≥103.67	≥150.45
计算重量/(kg/km)		1347.5	2079.2
弹性模量/(kN/mm ²)		65.0	63.0
温度线膨胀系数/(1/℃)		0.0000205	0.0000209

表 4.3 地线技术参数及机械特性

型 号	JLB40-120	JLB40-150
结构/(根/mm)	19/2.85	19/3.15
计算截面积/mm ²	121.21	148.07
外径/mm	14.25	15.75
单位长度重量/(kg/km)	570.3	696.7
绞线破断拉力/kN	≥74.18	≥90.62
弹性模量/GPa	103.6	103.6
线膨胀系数/(1/℃)	15.5×10 ⁻⁶	15.5×10 ⁻⁶

4.3 安全系数选定

4.3.1 导线安全系数的确定

导线安全系数的合理选取主要受设计气象条件、地形、档距以及经济性等因素影响，经技术经济综合比选后确定合理的安全系数取值。

4.3.1.1 气象条件

设计气象条件要素取值为：高温 40℃，最低气温-20℃，年平均气温 15℃，基本风速 27m/s，覆冰厚度 10mm。

4.3.1.2 地形

海拔为 1000m 以下的 220kV 输电线路走廊受限制区域。

4.3.1.3 档距

Ⅰ型直线钢管杆水平档距取 200m、垂直档距均取 250m；Ⅱ型直线钢管杆水平档距取 250m、垂直档距取 300m；跨越用直线钢管杆水平档距取 250m、

垂直档距取 350m；耐张钢管杆水平档距取 220m、垂直档距取 280m。

4.3.1.4 经济性

考虑设计气象条件、地形和档距等影响因素，对导线安全系数不同取值 ($K=5.0$ 、 6.0 、 7.0 、 8.0) 进行经济性分析。

(1) 技术方案比选。假定条件：线路耐张长度为 2km（根据前期调研和走廊受限情况而定），以 2×JL/G1A-630/45 型钢芯铝绞线、Ⅰ型直线钢管杆型为例。

1) 杆塔基数不变、导线对地安全距离不小于 18m 时，不同导线安全系数取值条件下杆塔呼高变化情况见表 4.4。

表 4.4 杆塔基数不变时不同导线安全系数取值条件下杆塔呼高变化

导线安全系数	水平档距/m	垂直档距/m	直线钢管杆呼高/m	耐张钢管杆/m	直线钢管杆	耐张钢管杆
					基	基
5	200	250	27	24	8	2
6	200	250	30	27	8	2
7	200	250	30	27	8	2
8	200	250	33	30	8	2

2) 杆塔呼高不变、导线对地安全距离不小于 18m 时，不同导线安全系数取值条件下耐张段内杆塔基数变化情况见表 4.5。

表 4.5 杆塔呼高不变时不同导线安全系数取值条件下耐张段内杆塔基数变化

导线安全系数	水平档距/m	垂直档距/m	直线钢管杆呼高/m	耐张钢管杆/m	直线钢管杆	耐张钢管杆
					基	基
5	200	250	27	24	8	2
6	200	250	27	24	9	2
7	200	250	27	24	10	2
8	200	250	27	24	11	2

(2) 经济性分析。

1) 杆塔基数不变、导线对地安全距离不小于 18m 时，不同导线安全系数取值条件下投资分析见表 4.6。

2) 杆塔呼高不变、导线对地安全距离不小于 18m 时，不同导线安全系数取值条件下投资分析见表 4.7。

表 4.6 杆塔基数不变时不同导线安全系数取值条件下投资比较

安全系数	基		单价/万元					耐张段内杆塔及基础造价/万元					
	直线杆	耐张杆	直线杆	1型耐张杆	2型耐张杆	3型耐张杆	4型耐张杆	1、2组合线路	2、3组合线路	3、4组合线路	1、4组合线路	2、4组合线路	1、3组合线路
5	8	2	16.66	26.50	27.80	38.96	54.00	187.54	200.00	226.20	213.74	215.04	198.70
6	8	2	18.21	25.10	27.61	39.02	51.84	198.42	212.34	236.57	222.65	225.16	209.83
7	8	2	17.95	22.85	26.01	36.08	46.06	192.44	205.67	225.72	212.50	215.65	202.51
8	8	2	19.39	25.68	26.85	37.07	47.22	207.63	219.02	239.39	228.00	229.16	217.86

表 4.7 杆塔呼高不变时不同导线安全系数取值条件下投资比较

安全系数	基		单价/万元					耐张段内杆塔及基础造价/万元					
	直线杆	耐张杆	直线杆	1 型	2 型	3 型	4 型	1、2 组 合线路	2、3 组 合线路	3、4 组 合线路	1、4 组 合线路	2、4 组 合线路	1、3 组 合线路
				耐张杆	耐张杆	耐张杆	耐张杆						
5	8	2	16.6	26.50	27.80	38.96	54.00	187.54	200.00	226.20	213.74	215.04	198.70
6	9	2	16.3	22.58	25.22	34.75	46.87	195.04	207.21	228.87	216.70	219.34	204.58
7	10	2	16.2	21.01	23.63	31.42	41.14	207.18	217.60	235.11	224.70	227.32	214.97
8	11	2	16.1	20.94	21.70	28.79	36.87	219.96	227.81	242.98	235.13	235.89	227.05

4.3.1.5 国网通用设计杆塔模块安全系数取值说明

参考《国家电网公司输变电工程通用设计 220kV 输电线路分册》(2011 年版),其中 2F4 模块 (2×JL/G1A-630/45) 和 2E5 模块 (2×JL/G1A-400/35) 导线安全系数也均取 5.0。

4.3.1.6 结论

综上所述可知,本标准化设计 2×JL/G1A-630/45、2×JL/G1A-400/35 导线安全系数取 5.0 时,实现了技术上的安全可靠和工程投资的经济合理性目标。

4.3.2 地线安全系数的确定

依据设计规范中导地线配合原则,结合本标准化钢管杆相关边界技术条件确定 JLB40-150 型铝包钢绞线安全系数 K 取 7.0、JLB40-120 型铝包钢绞线安全系数 K 取 7.0。

设计院采用 OPGW 及其他型号地线时,可根据地线支架允许承载条件选择合适的安全系数。

仅在覆冰工况地线支架强度计算时,考虑地线覆冰较导线增加 5mm 覆冰设计,断线工况不考虑增加 5mm 覆冰。

4.4 绝缘配合及防雷接地

4.4.1 绝缘配合原则

结合河南省区域经济社会发展情况,依据国家电网基建〔2014〕10 号《国网基建部关于加强新建输变电防污闪等设计工作的通知》中“4.1 提高输电线路防污能力,c 级及以下污区均提高一级配置;d 级污区按照上限配置;e 级污区按照实际情况配置,适当留有余度”的要求,参照河南省电力系统污秽区域分布图 (2014 年) (图 4.2),本标准化设计按 e 级污秽区 (要求爬电比距不小于 3.2cm/kV) 进行设计绝缘配置。

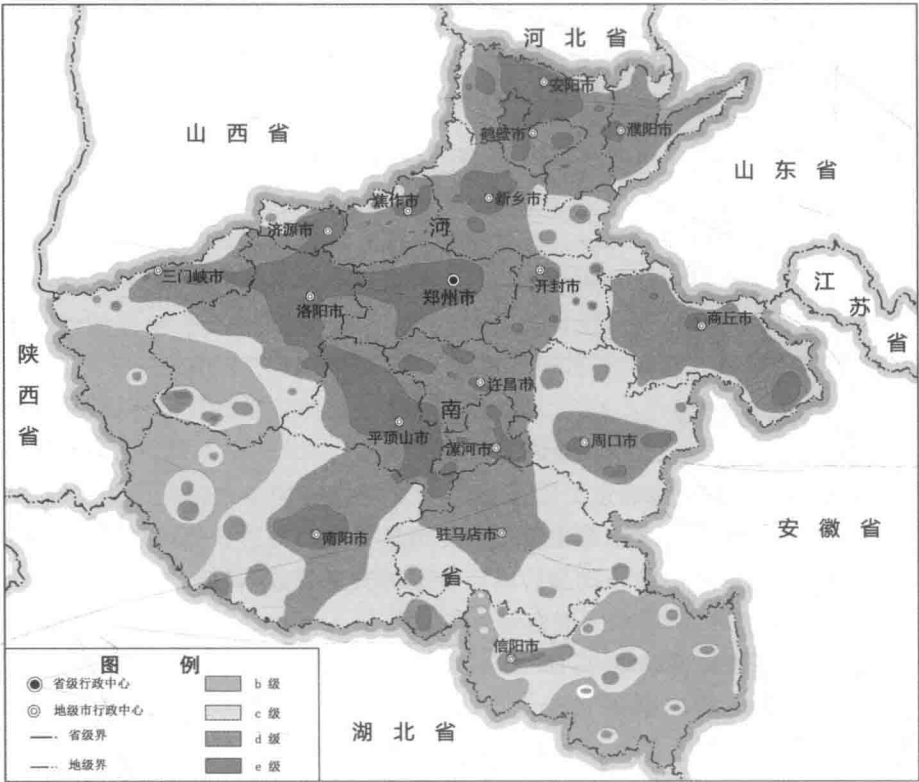


图 4.2 河南省电力系统污秽区域分布图 (2014 年)

4.4.2 绝缘子选型

采用爬电比距法确定绝缘子型式和数量,绝缘子的片数按下式计算:

$$n \geq \frac{\lambda U}{K_e L_{01}} \quad (4.1)$$

式中 n ——直线钢管杆塔绝缘子串的绝缘子片数；

U ——线路额定电压，kV；

λ ——爬电比距，cm/kV；

L_{01} ——绝缘子几何爬距距离，cm；

K_e ——有效系数，一般取 1.0。

参照国家电网公司物资标准化物资“瓷绝缘子 U160BP/155D，300，450”参数，代入式 (4.1) 得出，直线悬垂绝缘子片数为 16 片。

根据设计规范“7.0.2 在海拔高度 1000m 以下地区，操作过电压及雷电过电压要求的悬垂绝缘子串最小片数，应符合表 7.0.2 的规定”220kV 悬垂绝缘子最小片数为 13 片。

根据设计规范“7.0.3 全高超过 40m 有地线的杆塔，高度每增加 10m，应比本规范表 7.0.2 增加 1 片相当于高度为 146mm 的绝缘子；由于高杆而增加绝缘子片数时，雷电过电压最小间隙也应相应增大”的规定，本标准化设计对应雷电过电压下的直线悬垂绝缘子片数和空气间隙值，详细数值见表 4.8。

表 4.8 悬垂绝缘子串绝缘子片数及雷电过电压下的空气间隙值选择表

电压等级 /kV	绝缘子型式	单位	杆塔全高/m		
			40	50	60
220	瓷 (155mm)	片	16	17	18
	空气间隙	m	1.90	2.00	2.15

注 瓷绝缘子后括号内的数值表示单片瓷绝缘子的结构高度。

依据设计规范规定，耐张绝缘子串的绝缘子片数应在表 4.8 的基础上相应增加 1 片。

依据《河南电网发展技术及装备原则》(2009 年版)“1.5.1 35~220kV 线路宜全部采用复合绝缘子，500kV 线路悬垂串及跳线串宜采用复合绝缘子，耐张串宜采用瓷绝缘子。绝缘子串应具有良好的均压和防电晕性能”规定，本标准化设计绝缘子按复合绝缘子选取。

参照国家电网公司标准物资标准参数，复合绝缘子有 3 种结构高度，对应最小爬电距离见表 4.9。

结合河南省区域电网建设及运行特点，本标准化设计选用防污性能较好的复合绝缘子进行电气、荷载及结构验算。220kV 复合绝缘子参数见表 4.10。

表 4.9 复合绝缘子高度与爬电距离关系

电压等级/kV	绝缘子型式	结构高度/m	最小爬电距离/mm
220	复合绝缘子	2240	5040
220	复合绝缘子	2350	6340
220	复合绝缘子	2470	7040

表 4.10 220kV 绝缘子电气参数

绝缘子型号	额定抗拉负荷 /kN	结构高度 /mm	最小电弧 距离 /mm	最小公称 爬电距离 /mm	雷电全波冲击 耐受电压 kV (峰值)，≥	工频 1min 湿 耐受电压 kV (有效值)，≥	重量 /kg
FXBW-220/100-3	100	2470±15	2400	7040	1175	540	14
FXBW-220/120-3	120	2470±15	2400	7040	1175	540	14
FXBW-220/160-3	160	2470±15	2400	7040	1175	540	15
FXBW-220/210-3	210	2470±15	2400	7040	1175	540	20

4.4.3 绝缘子串

依据设计规范中 6.0.1 规定，绝缘子和金具的机械强度需满足下式要求：

$$K_1 = \frac{T_R}{T} \quad (4.2)$$

式中 K_1 ——机械强度安全系数；

T_R ——绝缘子的额定机械破坏负荷，kN；

T ——分别取绝缘承受的最大使用荷载、断线荷载、断联荷载、验算荷载或常年荷载，kN。

绝缘子的机械强度安全系数见表 4.11，金具的机械强度安全系数见表 4.12。

表 4.11 绝缘子的机械强度安全系数

情况	最大使用荷载		常年荷载	验算	断线	断联
	盘形绝缘子	棒形绝缘子				
安全系数	2.7	3.0	4.0	1.5	1.8	1.5

表 4.12 金具的机械强度安全系数

情况	最大使用荷载	验算	断线	断联
安全系数	2.5	1.5	1.5	1.5

4.4.3.1 导线悬垂绝缘子串选型

依据国家电网公司标准物资参数，结合本标准化设计技术条件，导线悬垂绝缘子串选型说明如下：