

图 号	SA1257201-A01-01
-----	------------------

国网天津滨海公司大港电厂110千伏源电、
府电线路迁改工程
可行性研究（初设）报告

中国能源建设集团天津电力设计院有限公司

2024年11月 天 津

可行性研究（初设）设计卷册目录

卷名称	卷册号	册名称
综合部分	A01	可行性研究（初设）报告及附图（含主要设备材料清册）
技经部分	E01	可行性研究（初设）概算书

目 录

目 录..... 1

1. 总的部分..... 5

 1.1. 工程设计的主要依据..... 5

 1.2. 工程建设规模和设计范围..... 7

 1.3. 接入系统概况及建设期限..... 8

 1.4. 主要经济技术特性..... 10

 1.5. 通用设计应用情况..... 10

 1.6. “两型三新一化”应用情况..... 12

 1.7. 基建新技术应用情况..... 13

 1.8. 标准工艺应用情况..... 14

2. 线路路径..... 16

 2.1. 改造方案..... 16

 2.2. 主要交叉跨越..... 17

 2.3. 地形条件..... 17

 2.4. 交通情况..... 17

 2.5. 地质条件..... 17

 2.6. 走廊清理..... 18

 2.7. 协议..... 18

3. 气象条件..... 18

 3.1. 资料来源和统计原则..... 18

 3.2. 原始资料..... 20

 3.3. 设计风速..... 20

 3.4. 覆冰厚度的确定..... 22

 3.5. 气温、雷暴日的确定..... 23

 3.6. 微地形、微气象调查..... 23

 3.7. 设计气象条件的选取结果..... 24

4. 导线和地线..... 24

 4.1. 导线型号选择..... 24

 4.2. 地线选型..... 25

4.3. 导、地线张力	27
4.4. 导、地线防振	28
4.5. 导、地线初伸长处理	28
4.6. 导线防舞	29
5. 绝缘配合	30
5.1. 污区划分	30
5.2. 绝缘子型式选择	31
5.3. 绝缘子强度选择	32
5.4. 绝缘子片数选择	32
5.5. 高杆塔绝缘配置原则	34
5.6. 绝缘子片数选择结果	34
5.7. 绝缘子的技术特性	34
5.8. 最小空气间隙	35
6. 防雷和接地	35
6.1. 防雷设计	35
6.2. 接地设计	36
7. 绝缘子串和金具	37
7.1. 导线绝缘子串组装	37
7.2. 地线金具串组装	37
7.3. 通用金具串应用情况	37
7.4. 主要金具选择	38
8. 导线相序及换位	38
9. 导线对地和交叉跨越距离	38
9.1. 对地距离	38
9.2. 交叉跨越距离	39
9.3. 线路与弱电线路的交叉角	39
9.4. 线路与树木的最小距离	39
9.5. 导线与房屋的距离	40
9.6. 重要跨越	40
10. 防鸟害措施	40

11. “三跨”方案	41
12. 杆塔	42
12.1. 杆塔规划原则	42
12.2. 杆塔选型	43
12.3. 荷载	44
12.4. 材料标准	45
12.5. 杆塔技术措施	45
13. 基础	46
13.1. 工程水文、地形地质条件概述	46
13.2. 基础选型	49
14. 通信部分	51
15. 电缆线路工程设想	51
15.1. 设计环境条件	51
15.2. 电缆选型	52
15.3. 电缆附件选型	53
15.4. 电缆敷设方式	53
15.5. 过电压保护、接地、分段	54
15.6. 电缆互层感应电压	54
15.7. 电缆防火设计	54
15.8. 通讯干扰	54
15.9. 电缆登杆塔	54
15.10. 电缆土建设计	55
15.11. 基坑支护、地基处理及降水	56
15.12. 附属设施	56
16. 对电信线路和无线电台站的影响及其防护	56
16.1. 设计依据	56
16.2. 系统短路电流	56
16.3. 沿线通信线影响情况	57
16.4. 对其它设施的影响及防护	57
17. 环境保护与水土保持	57

17.1. 电磁环境影响及控制措施 57

18. 劳动安全 57

18.1. 劳动安全与卫生要求 57

18.2. 安全措施 58

19. 运行维护 58

19.1. 配备的交通工具及检修工具、备品备件 58

19.2. 运行维护和检修的通信方式和设备 59

20. 全过程机械化施工 59

20.1. 地形地貌及交通条件 59

20.2. 塔位选择 59

20.3. 基础选型设计 59

20.4. 接地敷设 59

20.5. 杆塔选型设计 60

20.6. 全过程机械化施工的施工组织设计 60

20.7. 综合效益 60

21. 工程安全风险预控 60

21.1. 执行依据 60

21.2. 工程灾害风险分析及防措 60

21.3. 新技术、新设备、新材料等工程灾害风险分析及防措 61

21.4. 施工安全风险和防护措施 62

22. 线路工程设计技术助力“双碳”落实情况 69

22.1. 执行依据 69

22.2. 线路工程设计技术助力“双碳”落实规定清单 69

23. 主要工程量统计 70

1. 总的部分

1.1. 工程设计的主要依据

1.1.1. 设计依据文件

- （1）源电线、府电线现状资料；
- （2）国能（天津）大港发电厂有限公司提供的测绘底图、地勘资料

1.1.2. 设计遵循的主要规程、规范

- （1）《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）；
- （2）《架空输电线路电气设计规程》（DL/T 5582—2020）；
- （3）《架空输电线路荷载规范》（DL/T 5551—2018）；
- （4）《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》（GB/T 50064-2014）；
- （5）《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T 50065-2011）；
- （6）《输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程》（DL/T 5033-2006）；
- （7）《交流架空输电线路对无线电台影响防护设计规程》（DL/T 5040-2017）；
- （8）《架空输电线路杆塔结构设计技术规程》（DL/T 5486—2020）；
- （9）《架空输电线路基础设计技术规程》（DL/T 5219-2023）；
- （10）《架空输电线路荷载规范》（DLT 5551-2018）
- （11）《建筑桩基技术规范》（JGJ 94-2008）；
- （12）《工业建筑防腐蚀设计标准》（GB/T 50046-2018）；
- （13）《钢结构设计标准》（GB 50017-2017）；
- （14）《混凝土结构设计规范》（GB 50010-2010）（2015 年版）；
- （15）《输电线路铁塔制图和构造规定》（DL/T5442-2020）。
- （16）《架空输电线路防舞设计规范》国家电网公司企业标准（QGDW 10829-2021）；
- （17）《架空输电线路涉鸟故障防治技术导则》（GB/T 35695-2017 ）；
- （18）《城市电力电缆线路设计技术规定》（DL/T 5221—2016）；
- （19）《电力工程电缆设计标准》（GB 50217-2018）；
- （20）《输变电工程建设标准强制性条文实施管理规程 第 6 部分：输电线路工程设计》国家电网公司企业标准（Q/GDW 1248.6—2016）；
- （21）津电运检〔2015〕33 号国网天津市电力公司关于印发《输电线路业扩迁

改工程技术管理指导意见》的通知；

（22）其他与本工程相关的规程、规定等。

1.1.3. 设计依据其他文件

（1）《天津电网规划设计技术原则》（2018 版）；

（2）《国家电网有限公司关于印发十八项电网重大反事故措施（修订版）的通知》国家电网设备(2018)979 号；

（3）国家电网有限公司关于印发架空输电线路“三跨”反事故措施的通知（国家电网设备〔2020〕444 号）；

（4）《国家电网公司文件关于印发电网设备技术标准差异条款统一意见的通知》国家电网科[2017]549 号；

（5）《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》国家电网基建[2014]1131 号；

（6）《国网基建部关于印发输变电工程建设全过程安全风险管控工作手册（试行）的通知》；

（7）国网天津市电力公司关于印发《输电线路业扩迁改工程技术管理指导意见》的通知（津电运检〔2015〕33 号）。

1.1.4. 设计遵循的主要法律、法规

（1）《中华人民共和国电力法》；

（2）《中华人民共和国环境保护法》；

（3）《中华人民共和国水土保持法》；

（4）《中华人民共和国土地管理法》；

（5）《中华人民共和国环境噪声污染防治法》；

（6）《中华人民共和国水污染防治法》；

（7）《中华人民共和国防洪法》；

（8）《中华人民共和国大气污染防治法》；

（9）《中华人民共和国水法》；

（10）《中华人民共和国环境影响评价法》；

（11）《中华人民共和国铁路法》；

（12）中华人民共和国公路、高速公路管理条例等地方性法规等。

1.2. 工程建设规模和设计范围

1.2.1. 现状线路基本情况

现状 110kV 源电线 15#塔至 18#塔为双回塔（单侧挂线），19#塔至 22#塔及源电电厂支为单回路塔，现状导线型号为 JL/LB20A-300/40 铝包钢芯铝绞线导线安全系数为 2.9，地线型号为 JLB20A-50 安全系数为 4.8。

现状 110kV 府电线 68#塔至 69#塔为电缆线路，电缆型号为 ZC-YJLW03-64/110-1 $\times$ 630mm²，现状 69#塔至 72#塔及府电电厂支为单回路塔，现状导线型号为 JL/LB20A-300/40 铝包钢芯铝绞线导线安全系数为 2.9，地线型号为 JLB20A-50 安全系数为 4.8。

1.2.2. 建设规模

架空线路部分：

本期新设 110kV 双回架空线路（单侧挂线）路径长 0.347 千米（新设 A1#塔-A2#塔）；本期新设 110 千伏单回架空线路路径长 0.363 千米（新设 A3#塔-新设 A4#塔，新设 A5、A6、A7、A8 至现状架构），新设导线型号为 JL/LB20A-400/35；新设双路铁塔 2 基，其中耐张塔 1 基，直线塔 1 基；新设单回钢管杆 6 基，其中单回电缆终端钢管杆 5 基，单回耐张钢管杆 1 基；

电缆线路部分：

新设 110kV 单回电缆路径总长 2263 米，其中源电线新设电缆路径长 1166 米，府电线新设电缆路径 937 米，源电泵房支线新设电缆路径 160 米，新设电缆全程穿沟槽、排管敷设，新设电缆型号为：ZC-YJLW03-Z-64/110kV-1 $\times$ 800mm² 型电缆；新设 15+2 孔排管路径长 387 米，新设 9+2 孔排管路径长 272 米，新设 4+1 孔排管路径长 102 米，新设 8+2 孔拉管（外套钢管）路径长 313 米，新设双回沟槽路径长 143 米，新设单回沟槽 396 米，新设电缆工井 14 座。

拆除现状 110kV 铁塔 7 基，双杆钢管杆 16 基，拆除现状导线 8.43 吨，拆除耐张串 63 串，拆除悬垂串 9 串。

1.2.3. 设计范围

（1）本项目工程本体设计；

（2）线路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；

（3）工程概算书的编制；

本工程设计范围为电力迁改范围内的本体设计（包含杆塔、基础、电缆构筑物等），由于现场地质条件或施工工艺要求发生的三通一平、鱼塘抽水、填土、鱼塘位置支护等措施和费用，均不计列在本次设计本体之内，施工期间若发生上述工程量均由业主配合施工完成。

1.3. 接入系统概况及建设期限

1.3.1. 电网概况

止到 2023 年 12 月底，滨海电网区内共有 220kV 公用变电站 24 座，变压器 57 台，总容量 10920MVA。区外公用变电站 8 座：宁河、民生村、航空、杨北路、葛沽、盛塘路、科技城、韩庄。

滨海电网共辖 110kV 公用变电站 45 座，变压器 91 台，容量 4539MVA，线路 131 条；用户变电站 42 座，变压器 100 台，容量 3510.5MVA，线路 22 条。

35kV 公用变电站 37 座，变压器 83 台，容量 1456.5MVA，线路 181 条；开关（闭）站 7 座（北大街、国信、国泰、淮河道、山西道、新苏、泵水）；临时站 2 座，变压器 4 台，容量 80MVA（红旗路 2×20MVA、建设站 2×20MVA）；用户变电站 157 座，变压器 565 台，容量 4127.109MVA，线路 119 条。

10kV 线路 989 条。

2023 年，国网天津滨海供电公司网供最大荷达到 4097.3MW，同比增长 9.06%。

1.3.2. 设计水平年

本报告设计水平年选取 2024 年。

1.3.3. 工程必要性

现状 110 千伏府电线、源电线在大港电厂院内，影响电厂三期建设，为满足地块建设要求，将 110 千伏源电线、府电线线路局部迁改。

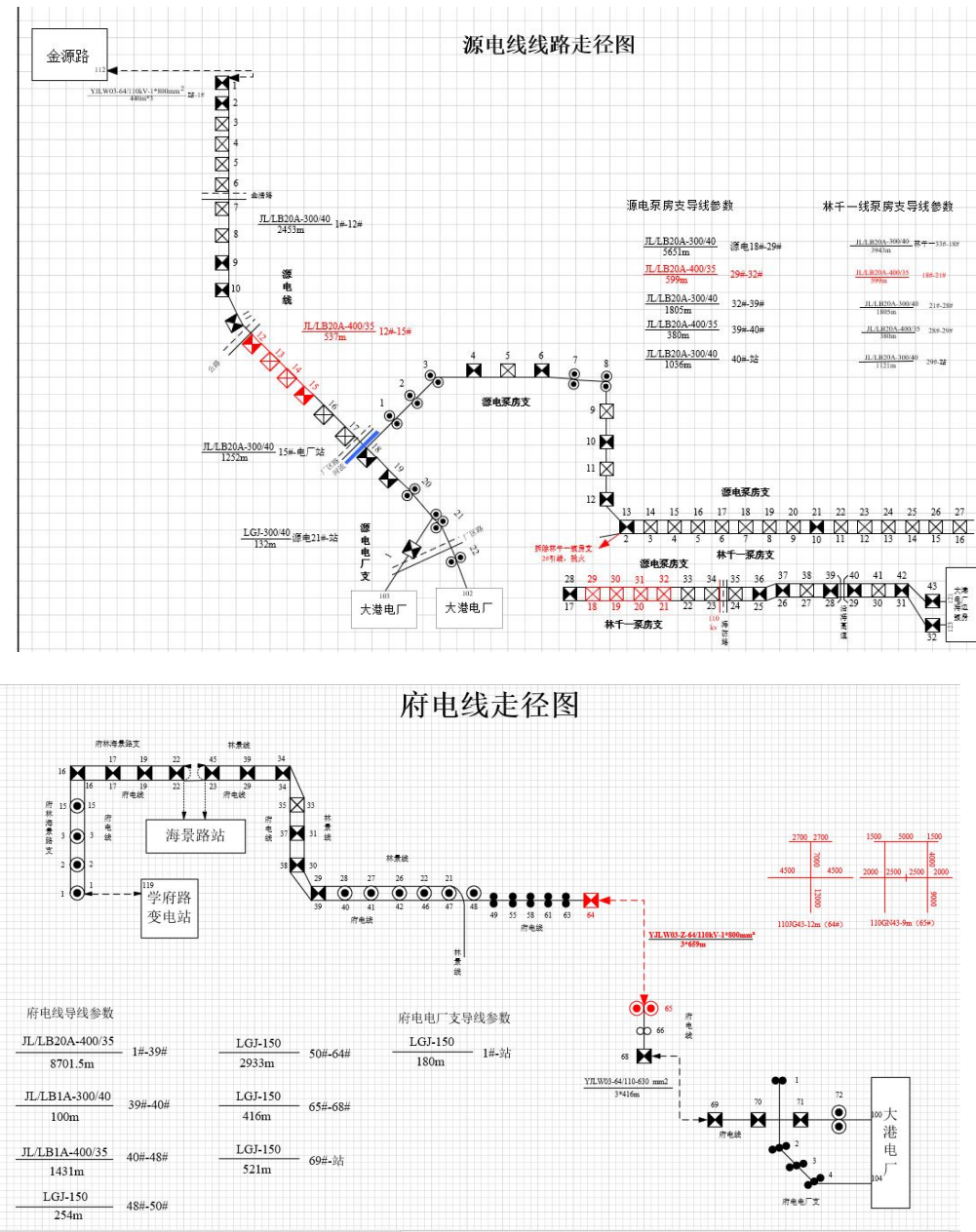
1.3.4. 接入系统方案

本工程为线路迁改工程，接入系统不变。

源电线仍为金源路~大港电厂站用变上面 T 接有大港电厂泵房。

府电线仍为学府路~大港电厂站用变线路。

线路情况如下图所示：



1.3.5. 线路截面选择

现状 110kV 源电线 15#塔至 18#塔为双回塔（单侧挂线），19#塔至 22#塔及源电电厂支为单回路塔，现状导线型号为 JL/LB20A-300/40 铝包钢芯铝绞线导线，地线型号为 JLB20A-50；

现状 110kV 府电线 68#塔至 69#塔为电缆线路，电缆型号为 ZC-YJLW03-64/110-1×630mm²，现状 69#塔至 72#塔及府电电厂支为单回路塔，现状导线型号为 JL/LB20A-300/40 铝包钢芯铝绞线导线，地线型号为 JLB20A-50；

本期线路按照不低于原线路截面设置。

1.4. 主要经济技术特性

1.4.1. 路径长度、曲折系数及杆塔数量

表 1.4.1-1 路径长度、曲折系数及杆塔数量（正式线路）

电压等级	110kV	
回路数	同塔双回架空线路\单回路架空线	
路径长度(km)	本期新设 110kV 双回架空线路（单侧挂线）路径长 0.347 千米（新设 A1#塔-A2#塔）；本期新设 110 千伏单回架空线路路径长 0.363 千米（新设 A3#塔-新设 A4#塔，新设 A5、A6、A7、A8 至现状架构），新设导线型号为 JL/LB20A-400/35；新设双路铁塔 2 基，其中耐张塔 1 基，直线塔 1 基；新设单回钢管杆 6 基，其中单回电缆终端钢管杆 5 基，单回耐张钢管杆 1 基； 新设 110kV 单回电缆路径总长 2263 米，其中源电线新设电缆路径长 1166 米，府电线新设电缆路径 937 米，源电泵房支线新设电缆路径 160 米，新设电缆全程穿沟槽、排管敷设，新设电缆型号为：ZC-YJLW03-Z-64/110kV-1×800mm ² 型电缆；	
气象条件	V=31m/s（10m 高），覆冰：导线 5mm	
污秽等级	c 级	
杆塔数量（基）	双回路塔	2
	单回路塔	6
	合计	8

1.4.2. 沿线地形、地貌、地质条件和交通概况

拟建线路沿线场地地貌类型属海积低平原地貌。

拟建杆塔处场地主要为空地、绿化带及鱼塘等，场地地势相对平坦；电缆沿线场地主要为空地、绿化带、道路及水塘等。

1.4.3. 走廊通道清理

本工程新设塔位部分位于鱼塘中，走廊通道清理主要为杆塔永久占地和施工临时占地占用鱼池赔偿，本项目为业扩工程，该部分工程量由用户负责。

1.5. 通用设计应用情况

1.5.1. 杆塔通用设计应用

本工程新设杆塔 8 基。本工程杆塔根据《国网基建部关于发布输变电工程通用设计通用设备应用目录（2024 年版）的通知》进行选用，其中采用 110-ED21S 模块杆

塔 2 基，110-EC21GD 模块杆塔 6 基，并根据工程实际使用条件对杆塔进行校验使用。

1.5.2. 金具通用设计应用

本工程导线金具均采用《国家输变电工程通用设计 110、220kV 输电线路金具分册(2011 版)》中的相应模块。由于本工程与导线配合的地线为 OPGW 光缆地线，因此地线耐张串与地线悬垂串无法采用通用设计，按照通用设计原则及相关规程规范进行设计。

1.5.3. 通用设计应用情况

表 1.6.3-1 通用设计应用情况

工程概况	电压等级	110kV
	架设及传输方式（回路数/紧凑型或常规）	单/双回路/常规
	线路长度（km）	本期新设 110kV 双回架空线路(单侧挂线)路径长 0.347 千米；本期新设 110 千伏单回架空线路路径长 0.363 千米，现状导线利旧路径长 0.178km（单回路重新紧线）；新设 110kV 单回电缆路径总长 2263 米，其中源电线新设电缆路径长 1166 米，府电线新设电缆路径 937 米，源电泵房支线新设电缆路径 160 米，
	导线型号	JL/LB20A -400/35
	气象条件（风速/覆冰）	31m/s 和 5mm
	地形条件	平地 100%
	杆塔总数（基）	8
杆塔设计	通用设计模块编号	110-ED21S、110-EC21GD
	塔型模块应用数量	2
	自行编制塔型模块应用数	0
	其他（以大代小等情况）	无
金具设计	通用设计金具串型应用数量	5
	自行编制金具串型应用数	0
	单个工程金具通用设计应用率	100%

1.6. “两型三新一化”应用情况

1.6.1. 线路规划

（1）新设线路采用 110kV 同塔并架双回路设计，压缩线路走廊，提高走廊利用率；

（2）路径选择宜根据具体情况采用 全数字摄影测量系统、 三维数字地图、 卫星影像、 激光雷达三维测绘等新技术；

（3）路径选择时，充分与城乡规划结合，合理预留走廊通道，对规划的道路、铁路等交叉跨（穿）越点进行空间和平面上的预留；

（4）线路途径林区、经济作物区时，应采取高跨方案，避免成片林区的砍；

（5）线路路径途径民房密集区域时，通过优化设计方案，避免拆迁大量民房；

（6）线路杆塔排位时，尽量避免房屋拆迁，少占耕地和经济效益高的土地。

（7）输电线路在跨越河流时充分调研，以便满足航运安全和河道泄洪能力的要求。

（8）对标准轨距电气化铁路、高速公路等重要设施应采用独立耐张段跨越，杆塔结构安全度适当提高，提高线路运行安全性。

1.6.2. 路径选择

依托道亨三维设计平台、GIS（地理信息）系统，根据输变电工程特点自主研发的数字地球 DHGlobe 实现各种基础地理信息数据构建高精度电网空间三维仿真场景。在三维场景中自由实现数字地球和电子沙盘两种不同的模式间快速切换，实现选线的实景化，为优化路径方案提供便利条件。

1.6.3. 电气部分

（1）本工程新建塔位全部位于鱼塘、绿化内，距离海岸线较近，选用防腐性能较好的铝包钢芯铝绞线；

（2）导线悬垂串采用复合绝缘子，耐张串采用瓷复合绝缘子；

（3）新建线路采用节能金具，减少电晕损失，降低金具电晕噪声。采用预绞丝式防振锤减小普通防振锤应力集中造成挂点铝层损坏的情况，同时也避免了防振锤在线上滑移，减少导地线因振动断股的发生频率，降低运行维护工作量。

1.6.4. 杆塔

杆塔设计采用高强钢。采用高强钢后，较采用常规钢材，采用 Q420 钢，直线塔

平均可降低塔重 2%~5%，转角塔可平均降低塔重 6%~10%。直线塔节省钢材在 3%左右，转角塔节省钢材在 8%左右。

1.6.5. 基础

目录中推荐应用类技术涉及“岩石锚杆基础施工技术”和“螺旋锚基础施工技术”。其中“岩石锚杆基础施工技术”适用的条件如下：

- （1）覆盖层厚度（含全风化层）不宜超过 2.5m；
- （2）适用于岩体基本质量等级为 I~IV 级的岩石地基；
- （3）锚杆设计深度范围内不宜有地下水；
- （4）地形坡度不宜超过 30°；
- （5）适用于交通条件较好，便于机械装备进场及作业的场地。

根据本工程地勘报告，沿线场地地下水较浅，埋深约为 0.50~1.50m，且地质土不存在岩石地基，故本工程不考虑采用岩石锚杆基础。

“螺旋锚基础施工技术”适用的条件如下：

- （1）适用于粘性土、粉土、砂土以及粒径 5cm 以内的碎石土地质条件；
- （2）适用于地下水及土壤存在中等及以下腐蚀的地区。
- （3）适用于交通条件较好，便于机械装备进场及作业的场地。

根据本工程地勘报告，本工程沿线场地土对钢结构具有强腐蚀性，因而钢结构基础对本工程不适用，故本工程不考虑采用螺旋锚基础。结合临近线路工程运行和建设经验，对基础进行了综合技术指标优化对比，确定本杆塔基础采用灌注桩基础型式。

1.6.6. 机械化施工

本工程使用机械化施工，全线涉及临近带电作业，需采用机械组塔，因此全线各塔位均需具备大型施工设备通行条件。通过具体研究，完成了路径方案、杆塔和基础设计、架线施工和接地设计等方面的优化，使之更好的适用于机械化施工。

1.7. 基建新技术应用情况

根据国家电网公司基建技术应用目录（2022 版），结合本工程实际情况，推荐采用 2 项新技术，如表 1.7-1 所示。

表 1.7-1 基建新技术应用情况

序号	拟采用新技术名称	
1	高强钢杆塔	Q420 高强钢杆塔

序号	拟采用新技术名称	
2	节能金具	悬垂线夹、耐张线夹、防振锤及间隔棒等采用铝合金等非铁磁材料

1.8. 标准工艺应用情况

本工程参照国家电网有限公司输变电工程标准工艺架空线路分册（2022 版），共计应用标准工艺 23 条，要求执行率 100%。

表 1.9-1 标准工艺执行情况表

一、基础工程

序号	项目/工艺名称	是否执行	备注
第 1 节	混凝土台阶式基础施工	否	
第 2 节	钢筋混凝土板柱基础施工	否	
第 3 节	角钢（钢管）插入基础施工	否	
第 4 节	冻土地质锥柱式基础施工	否	
第 5 节	冻土地质装配式基础施工	否	
第 6 节	楔形基础施工	否	
第 7 节	地脚螺栓式斜柱基础施工	否	
第 8 节	岩石锚杆基础施工	否	
第 9 节	岩石嵌固式基础施工	否	
第 10 节	掏挖基础施工	否	
第 11 节	挖孔基础施工	否	
第 12 节	螺旋锚基础施工	否	
第 13 节	钻孔灌注桩基础施工	是	
第 14 节	预制贯入桩基础施工	否	
第 15 节	承台及连梁浇筑施工	是	
第 16 节	拉线塔基础浇筑及拉线基础施工	否	
第 17 节	基坑回填施工	是	

二、杆塔组立工程

序号	序号	序号	序号
第 1 节	角钢铁塔分解组立施工	是	
第 2 节	钢管铁塔分解组立施工	否	
第 3 节	钢管杆分解组立施工	是	
第 4 节	钢管杆整体组立施工	否	

序号	序号	序号	序号
第 5 节	角钢结构大跨越铁塔组立施工	否	
第 6 节	钢管结构大跨越铁塔组立施工	否	
第 7 节	拉线塔组立施工	否	

三、架线工程

序号	项目/工艺名称	是否执行	备注
第 1 节	导地线展放施工	是	
第 2 节	导地线耐张线夹压接施工	是	
第 3 节	导地线接续管压接施工	是	
第 4 节	导线补修施工	否	
第 5 节	导地线弧垂控制施工	是	
第 6 节	导线悬垂绝缘子串安装	是	
第 7 节	导线耐张绝缘子串安装	是	
第 8 节	均压环、屏蔽环安装	是	
第 9 节	地线悬垂串安装	是	
第 10 节	地线耐张串安装	是	
第 11 节	软引流线安装	是	
第 12 节	“扁担式”硬引流线安装	否	
第 13 节	笼式硬引流线安装	否	
第 14 节	铝管式硬引流线安装	否	
第 15 节	防振锤安装	是	
第 16 节	阻尼线安装	否	
第 17 节	子导线间隔棒安装	是	
第 18 节	相间间隔棒安装	是	
第 19 节	OPGW 悬垂串安装	是	
第 20 节	OPGW 耐张串安装	是	
第 21 节	OPGW 引下线安装	是	
第 22 节	OPGW 接头盒安装	是	
第 23 节	OPGW 余缆安装	是	
第 24 节	ADSS 悬垂串安装	否	
第 25 节	ADSS 耐张串安装	否	
第 26 节	ADSS 防振鞭安装	否	

四、接地工程

序号	项目/工艺名称	是否执行	备注
第 1 节	接地引下线施工	是	
第 2 节	接地体制作施工	是	
第 3 节	接地模块施工	否	
第 4 节	铜覆钢接地施工	是	

五、线路防护工程

序号	项目/工艺名称	是否执行	备注
第 1 节	基础防护施工	是	
第 2 节	排水沟砌筑施工	否	
第 3 节	保护帽浇筑施工	是	
第 4 节	塔位牌、相位标识牌、警示牌安装	是	
第 5 节	高塔航空标识安装	否	

2. 线路路径

2.1. 改造方案

源电线：

将源电线 16#塔至 22#塔及源电电厂支 1#塔拆除，在 16#塔、17#塔小号侧分别新设 A1#直线塔和 A2#电缆终端塔，在现状 15#塔至新设 A2#塔之间新设双回线路（单侧挂线）；

在源电线 22#塔、源电电厂支 1#塔大号侧分别新设 A6#、A7#电缆终端钢管杆，新设 A6#塔、A7#塔至现状变电站构架之间新设单回架空导线；新设导线型号为 JL/LB20A-400/35 铝包钢芯铝绞线，新设地线为 2 根 48 芯 OPGW 光缆；

新设 A3#塔至新设 T 接电缆平台、新设 T 接电缆平台至新设 6#塔、新设 A6#塔至 A7#塔之间新设单回 110 千伏电缆，全程穿沟槽、排管、拉管敷设，新设电缆型号为：ZC-YJLW03-Z-64/110kV-1×800mm² 型电缆；

源电泵房支：

将源电泵房支 1#塔至 2#塔拆除，在现状泵房支 1#塔大号侧、2#塔小号侧分别新设 A3、A4#塔；现状 3#塔至新设 A4#塔之间导、地线更换，导线型号为 JL/LB20A-300/40 铝包钢芯铝绞线；由源电线新设 T 接电缆平台新设单回 110 千伏电缆至新设 4#塔，新设电缆型号为：ZC-YJLW03-Z-64/110kV-1×800mm² 型电缆；

府电线：

将府电线 69#塔至 72#塔及府电电厂支 1#塔至 4#塔拆除，在府电线 72#塔、府电电厂支 4#塔大号侧分别新设 A5#、A8#塔电缆终端钢管杆，新设 A5#塔、A8#塔至现状变电站构架之间新设单回架空导线；新设导线型号为 JL/LB20A -400/35 铝包钢芯铝绞线，新设地线为 2 根 48 芯 OPGW 光缆；

在原 69#塔下方新设电缆沟槽，现状电缆与新设电缆在沟槽内接头，新设沟槽至新设 A6#塔、A8#塔之间新设单回 110 千伏电缆，全程穿沟槽及排管敷设，新设电缆型号为：ZC-YJLW03-Z-64/110kV-1×800mm² 型电缆；

2.2. 主要交叉跨越

表 2.2-1 线路主要交叉跨越

序号	交叉跨（钻）越物	次数（处）	备注
1	荒地排水河	1	电缆钻越

2.3. 地形条件

拟建杆塔处场地主要为空地、绿化带及道路等，场地地势相对平坦；电缆沿线场地主要为空地、绿化带、道路、地砖硬化面地段及水塘等，水塘为砖砌筑。

2.4. 交通情况

线路位于滨海新区大港电厂附近，靠近津岐公路交通运输条件较好。局部进场道路需要填土垫钢板。

2.5. 地质条件

2.5.1.1. 沿线地形、地质条件

拟建线路沿线场地地貌类型属海积低平原地貌。

拟建杆塔处场地主要为空地、绿化带及道路等，场地地势相对平坦；电缆沿线场地主要为空地、绿化带、道路、地砖硬化面地段及水塘等，水塘为砖砌筑。根据现场踏勘及初步测量结果，相较于周围岸堤地势水塘深度约为 1.50~2.60m，塘底部以下淤泥层厚度约为 0.50~1.00m。

2.5.1.2. 地震烈度

拟建场地位于天津市滨海新区，该区域 II 类场地基本地震动峰值加速度值为 0.15g，场地抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.15g，场地基本地震动

加速度反应谱特征周期值为 0.40s，属设计地震分组第二组。

2.5.1.3. 冻结深度

根据《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011），线路沿线土壤标准冻结深度为 0.60m。

2.5.1.4. 不良地质条件

拟建线路沿线场地分布的淤泥质土厚度偏大，该层土属滨海相高压缩性软土，拟建线路沿线场地抗震设防烈度为 7 度，存在软土震陷的可能性。

2.5.1.5. 矿产

据初步调查了解，拟建线路沿线暂无矿区分布及开采。

2.5.1.6. 地下水条件概述

参考临近工程水质资料，拟建线路沿线场地（水塘地段外）地下潜水稳定水位埋深范围一般约为 0.50~1.50m。拟建电缆局部地处水塘中，水塘地段地表水与地下水有一定的水力联系。

参考临近工程水质资料初步判定：按 II 类环境类型在无干湿交替作用的情况下，拟建线路沿线场地地下水对混凝土结构均具有中等腐蚀性，腐蚀介质为 SO_4^{2-} 、总矿化度，在有干湿交替作用情况下，拟建线路沿线场地地下水对混凝土结构均具有强腐蚀性，腐蚀介质为 SO_4^{2-} 、总矿化度；按地层渗透性地下水对混凝土结构具有微腐蚀性。

2.6. 走廊清理

本工程新设塔位、电缆线路位于绿化、鱼塘边，走廊通道清理主要为杆塔永久占地和施工临时占地占用耕地赔偿，本项目为业扩工程，该部分工程量由用户负责。

2.7. 协议

本项目新设线路路径大部分位于大港电厂地块内，仅部分新设电缆路径位于大港电厂地块外需办理选址选线协议，目前相关规划协议未取得。

本期新设架空线路跨越排水渠需取得水务部门通过协议，由申请单位负责办理；

3. 气象条件

3.1. 资料来源和统计原则

根据本工程线路路径的地理位置和行政区域，对线路所经过的天津市大港气象站

的最大风速、年最高气温、年最低气温和雷暴日等气象要素进行了收集。

本线路路径大体为自西向东走向，沿线主要为平原，地势低平。我院收集沿线有代表性气象台(站)的观测记录资料，包括年极端最高气温、年极端最低气温、年平均气温、历年最大风速和风仪高度、年雷暴日等，该气象台(站)是：大港气象站。

表 3.1-1 沿线各气象台站概况

站名	统计年份	北纬	东经	海拔	测站地址
大港	1986～2019	38.843862	117.473566	2.2m	天津市滨海新区世纪大道 19 号

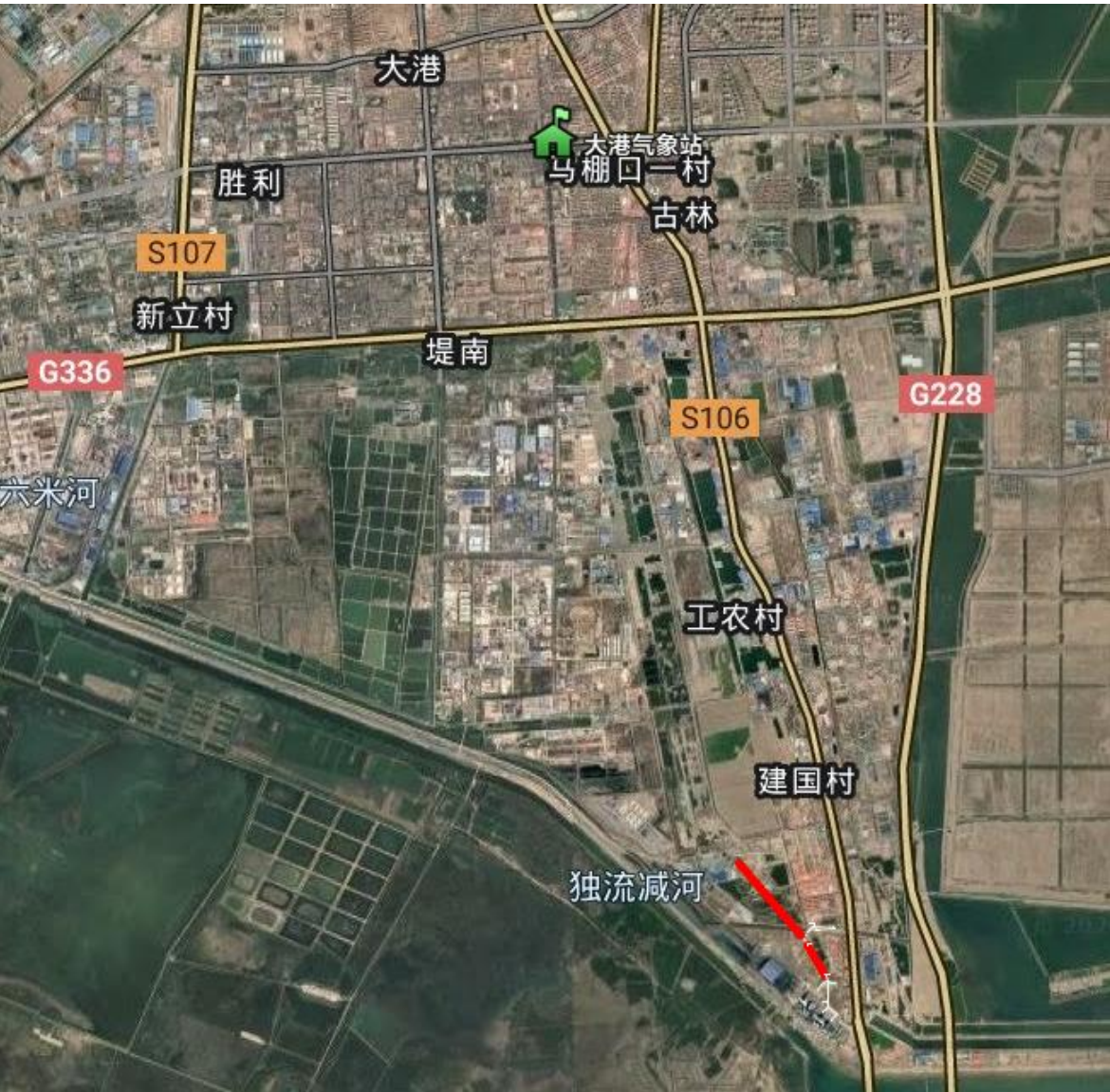


图 3.1-1 线路所在区域气象台站分布图

线路距离大港气象站约 7.5km。气象台(站)的气象记录资料基本代表线路经过地区的气象特征。

风速取值标准，根据《110～750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)：确定 110kV 线路最大设计风速时，分别按当地气象台、站采用离地面 10m 高处 30 年一遇 10min 时距平均的年最大风速作样本，并采用极值 I 型分布作为概率模型。

110kV 输电线路计算导、地线的张力、荷载以及杆塔荷载时，基本风速不宜低于 23.5m/s。

其它各气象要素的取值，参照《110～750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)中的有关规定。

3.2. 原始资料

3.2.1. 气象站风速原始资料

本工程采用线路所经行政区域大港气象站提供的历年连续自记 10min 时距平均最大风速统计作为原始资料。

3.2.2. 其它气象原始资料

通过沿线各个气象站自建站以来的观测资料进行统计，得出沿线各气象台站常规气象项目统计成果。

3.3. 设计风速

3.3.1. 实测风速结果

根据各个气象站的最大风速的原始数据，采用极值 I 型分布作为概率模型，对自记风速系列，推求离地面 10m 高处 30 年一遇的最大风速。

表 3.3-1 大港气象站最大风速统计结果（10.5m）

年份	大港站原始资料	
	最大风速	风仪高度
1986	21.3	14.1
1987	24.3	14.1
1988	19	14.1
1989	23.7	14.1
1990	19.3	14.1
1991	19	14.1
1992	22.7	14.1
1993	23	14.1
1994	23.7	14.1
1995	20	14.1
1996	19	14.1
1997	21	14.1

年份	大港站原始资料	
	最大风速	风仪高度
1998	19	14.1
1999	18.3	14.1
2000	24	14.1
2001	21	14.1
2002	20.7	14.1
2003	21.7	14.1
2004	11.7	10.5
2005	11.5	10.5
2006	9.8	10.5
2007	10.1	10.5
2008	10.3	10.5
2009	10.4	10.5
2010	8.9	10.5
2011	9.2	10.5
2012	8.7	10.5
2013	11	10.5
2014	9.9	10.5
2015	9.1	10.5
2016	11	10.5
2017	9.9	10.5
2018	8.3	10.5
2019	9.4	10.5

本工程设计风速根据大港气象站的实测最大风速系列，经高度换算，采用极值分布的耿贝尔(E.J.Gumbel)矩法推求出离地面 10m 高度处 30 年一遇的 10min 时距的年平均最大风速(m/s)如下表：

表 3.3-1 最大风速统计结果

台(站)名	大港
30 年一遇基本风速(m/s)	27.08

3.3.2. 根据风压值计算结果

从《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012)中查得沿线各站 30 年一遇 10m 高基本风压 W_0 ，采用 $W_0=V^2 / 1600$ 公式求得 30 年一遇 10m 高设计风速，计算成果见下表。

表 3.3-2 各气象站基本风压换算的 50 年一遇 10m 高风速

项目	大港
----	----

50 年一遇风压换算值(m/s)	28.83
------------------	-------

3.3.3. 风区分布图

根据《天津电网风区分布图》（2023 版），本工程线路沿线区域基本风速为 31.0 m/s（10m 高 30 年一遇），如下图所示。

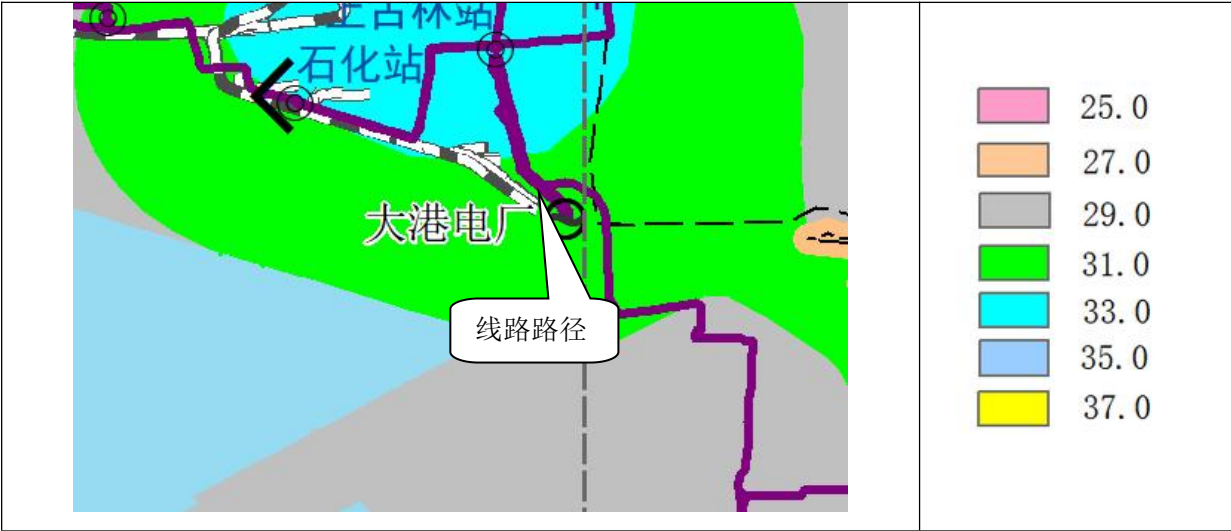


图 3.3-1 线路所在区域风区分布图（30 年一遇）

3.3.4. 现状线路运行情况

现状 110kV 源电线、府电线设计最大风速均为 30.0m/s，经过换算，基本风速 28.2 m/s,运行情况良好。

3.3.5. 结论

综上所述，结合最新区本工程新建线路全线基本风速推荐取 31m/s。

3.4. 覆冰厚度的确定

根据调查收资结果，本工程线路沿线无电线覆冰观测资料。所以线路设计中电线覆冰厚度的取值，需根据冰区分布图、地区附近已有的电力线、通信线及自然物上的覆冰情况并结合地区特点来确定。

根据《天津电网冰区分布图（30 年一遇）》（2023），本工程线路沿线区域均为轻冰区，如下图所示。

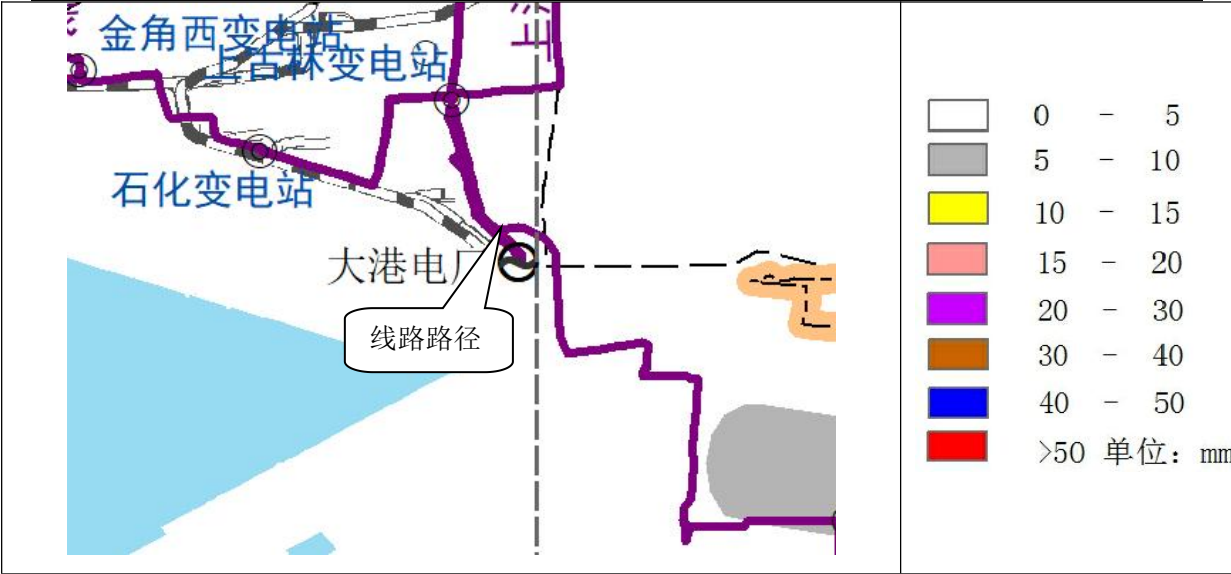


图 3.4-1 线路所在区域冰区分布图

由上图可见，本项目所在区域线路覆冰厚度为 0-5mm，现状 110kV 源电线、府电导线设计覆冰取值为 5mm。建议本线路导线覆冰厚度取 5mm。

3.5. 气温、雷暴日的确定

最高温度和最低温度采用极值分布法进行数理统计，年平均温度和雷暴日数采用平均值法统计，其统计结果见下表。

表 3.5-1 气温和雷暴日数统计结果

台(站)名	累年极端最高气温	累年极端最低气温	累年平均气温	累年最多雷暴日数d	累计年份
大港	41.2° C	-19.4° C	13.17° C	44	1986~2019

根据《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》(GB50545-2010)要求，年平均气温取与实际计算值相近的 5 的倍数，同时参考相邻运行线路，本工程年平均气温取 10℃；最高温度取+40℃；最低温度取-20℃，雷暴日取 40 天/年。

3.6. 微地形、微气象调查

经向气象部门搜资，本段线路沿线及附近地区，无台风、飓风、暴泻风以及恶劣的冰雪气象灾害的记录，同时也对本段线路沿线村庄常住居民进行了走访，对线路临近区域现运行的电力线路运行管理单位等进行了调查了解，历史上未出现因极端恶劣气象对附近电力线路造成破坏的情况。

综上，本段线路不考虑微地形和微气象条件。

3.7. 设计气象条件的选取结果

根据以上计算结果，参照本线路所在地区已有线路的运行经验和《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)有关规定，本着与典型气象区接近时一般采用典型气象区所列数值的规程要求，各计算气象条件见下表。

表 3.7-1 气象条件选择结果

项目	气温（° C）	基本风速（m/s）	覆冰厚度（mm）
最高气温	40	0	0
最低气温	-20	0	0
平均气温	10	0	0
基本风速	-5	31	0
操作过电压	10	16.5	0
雷电过电压	15	10	0
安装	-10	10	0
带电作业	15	10	0
覆冰	-5	10	5（10）
平均年雷暴日数（d）	40		
冰的密度（g/cm ³ ）	0.9		

4. 导线和地线

4.1. 导线型号选择

本工程结合系统意见：新设导线需采用 400mm² 截面导线。根据天津公司大气腐蚀等级分布图，本项目所在区域位于 C3-C4 之间，靠近 C4，建议采用 JL/LB20A -400/35 铝包钢芯铝绞线。



图 4.1-1 线路所在区域大气腐蚀分布图

表 4.1-1 导线主要技术参数

导线类型		铝包钢芯铝绞线	铝包钢芯铝绞线
导线型号		JL/LB20A -400/35	JL/LB20A -300/40
分裂根数		1	1
截面积 S(mm2)	总截面	667	338.99
单重 W(kg/km)		1307.5	1085.5
外径 D(mm)		26.82	23.94
综合弹性系数(MPa)		66000	69000
综合线膨胀系数(10-6/°C)		21.2	20.6
20°C直流电阻(Ω/km)		0.07177	0.09211
额定拉断力 T(N)		106100	94690

4.2. 地线选型

4.2.1. 基本条件

现状 110kV 府电线、源电线、源电泵房支地线为 2 根 JLB20A-50 良导体。
根据系统通信专业提资,随新建线路架设两根 48 芯 OPGW 光缆为远期通信预留。

4.2.2. OPGW 的选型原则

- 由于 OPGW 作为架空地线，除满足通信要求外，应具有以下的特性：
- （1）具有足够的抗拉强度，且直径不宜过粗，单位长度重量不应过大。
 - （2）为了保证安全运行，在最大设计外荷载条件下 OPGW 的安全系数不小于 3.0，通信质量无变化。

(3) 具有良好的疲劳耐振特性，允许平均运行张力不应低于 25%R.T.S。

(4) 当雷击 OPGW 时，通信质量不受影响，金属部分不应发生断股。针对中心束管和层绕式 OPGW 结构在设计时不采用单层截面设计；单丝直径应在 3.0mm 以上，单丝不得接头。

(4) 具有足够的余长，承受拉力达到 70%极限抗拉强度时，光纤不应承受拉力，光信号无明显衰减。

(5) 当环境温度为+40℃时，电力线发生单相接地故障，OPGW 应能经受瞬间大电流的冲击，机械特性不受影响，放置于光纤金属套管内的化合物不变质。

(6) 电线最大允许短路电流的计算当线路上发生单相短路时，架空地线上出现短暂的大电流，此电流会产生热量而使 OPGW 的温度升高。因为电流持续时间很短，发热过程可视为绝热状态，即所发热量不散发到周围环境中而全部用于提高电线的温度，当电线温度超过其允许温度，将会严重影响安全运行。所以，满足热稳定要求是确定 OPGW 选型的重要条件。

电线最大允许短路电流 I 一般按下式计算：

$$I = \sqrt{\frac{C}{0.24\alpha_0 R_0 T} \ln\left(\frac{\alpha_0(t_2 - 20) + 1}{\alpha_0(t_1 - 20) + 1}\right)}$$

式中：

I---地线热稳定允许短路电流（A）

R_0 ---电线 20℃时的直流电阻（Ω/cm）

α_0 ---电线 20℃时的电阻温度系数（1/℃）

C---电线的热容量（cal/℃/cm）

T---短路持续时间（s）

t_1 ---电线初始温度（℃）

t_2 ---电线热稳定允许温度（℃）

不同材料的 t_2 不同。依据《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010），镀锌钢绞线 $t_2=400^\circ\text{C}$ 、钢芯铝绞线和钢芯铝合金绞线 $t_2=200^\circ\text{C}$ 、钢芯铝包钢绞线和铝包钢绞线 $t_2=300^\circ\text{C}$ 。

对 OPGW 而言，一般采用厂家提供的允许短路电流及允许温度，设计仅对它进

行校核。

4.2.3. OPGW 的结构选择

目前 OPGW 外层绞线主要由铝合金线（AA）和铝包钢线（AS）组成，或二者混绞。铝包钢线（AS）抗雷击性能优于铝合金线（AA）。

本工程推荐采用外层铝包钢线（AS）的 OPGW 光缆。

4.2.4. OPGW 光缆选型结果及主要参数

表 4.3.6-1 OPGW 光缆主要技术参数表

参数 型号		OPGW-150-48
光缆结构形式	中心层	1/3.4/40AS
	第一层	5/3.3/40AS
	外层	12/3.3/40AS
	光单元	1/3.2
光纤最大芯数(芯)		48
外径(mm)		16.6
单位质量(kg/km)		≤747
铝包钢截面(mm²)		≈150
额定拉断力(kN)		≥95
20℃直流电阻(Ω/km)		≤0.33
拉重比		127.2
20-200℃允许短路容量(kA²·S)		≥108

4.2.5. 地线运行方式

2 根 OPGW 地线均采用逐塔接地的运行方式。

4.3. 导、地线张力

本工程所使用导、地线的设计安全系数、最大使用张力、平均运行张力上限占破坏张力的百分数，以及平均运行张力的上限如表 4. 4-1 所示。

表 4. 4-1 导地线张力表

电线型号	拉断力（N）	Tmax（N）	安全系数	T 平（N）	Tp（%）	备注
JL/LB20A-400/35	106100	40318	2.9	25198	25	

JL/LB20A-300/40	94690	35982	2.9	22488	25	利旧重新紧线
LB1A-50	64820	13504	4.8	16205	25	利旧重新紧线
JL/LB20A-400/35	106100	12599	8	25198	25	
OPGW--100-48	99800	9980	9.5	23702	25	

4.4. 导、地线防振

4.4.1. 导线防振

根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）及《110～750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）规定，每根导线在档距的每侧，防振锤的安装数量见下表。

导线防振锤安装数量表

导线直径 D（mm）	档 距 （m）	
	一 个	二 个
12≤D≤22	≤350	350～700
22<D<37.1	≤450	450～800

4.4.2. 地线防振

（1）OPGW 光缆根据光缆招标结果，光缆防振锤由光缆供货商配套提供，具体防振方案待光缆厂招标完成后确定。

（2）本工程地线年平均张力为试验保证拉断力的 25%，按《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》(GB50545-2010)要求需采取防振措施，根据设计规范要求 and 导线年平均运行张力的上限以及该地区已运行电力线路的运行经验，本工程地线主要采用加装防振锤的方式，采用预绞丝式振锤。每根导线在档距的每侧，加装防振锤安装型号及数量见下表：

表 4.4.2-1 地线防振锤安装数量

防振锤个数	1 个	2 个	3 个
档距(m)	<250	250～500	500～800

注：表中防振锤数量为每根地线一侧的安装数量。

4.5. 导、地线初伸长处理

根据有关规定，导线的塑性伸长采取降温法处理：

JL/LB20A -400/35： 降温 25℃；

OPGW-100-48 芯： 降温 15℃。

采用现状导地线紧放线时不降温。

4.6. 导线防舞

4.6.1. 路径附近线路舞动情况调查

根据天津电网舞动分布图（2023 版），本项目位于 1 级舞动区。

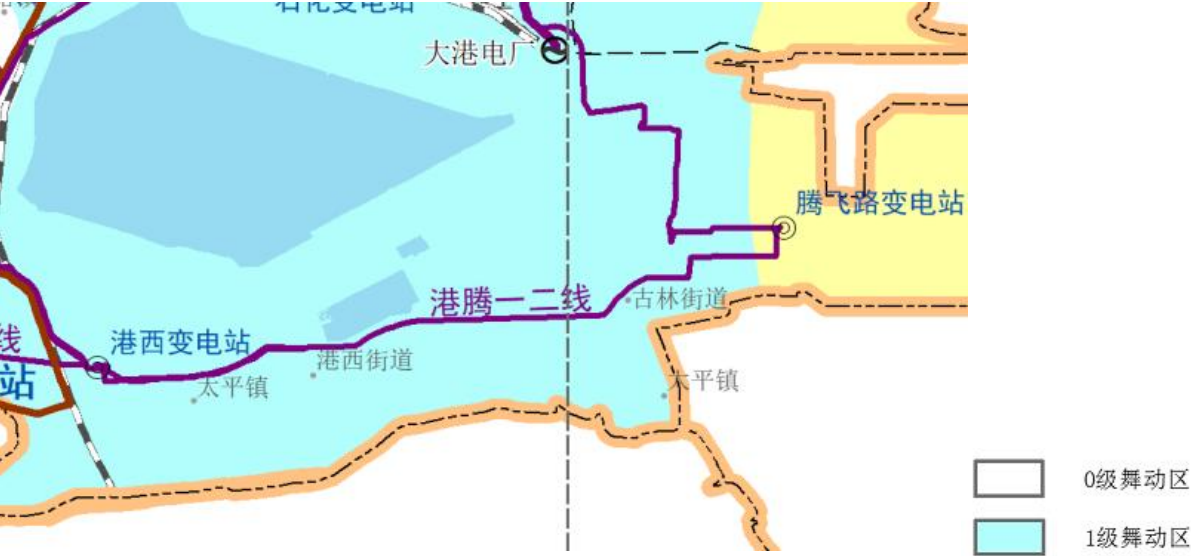
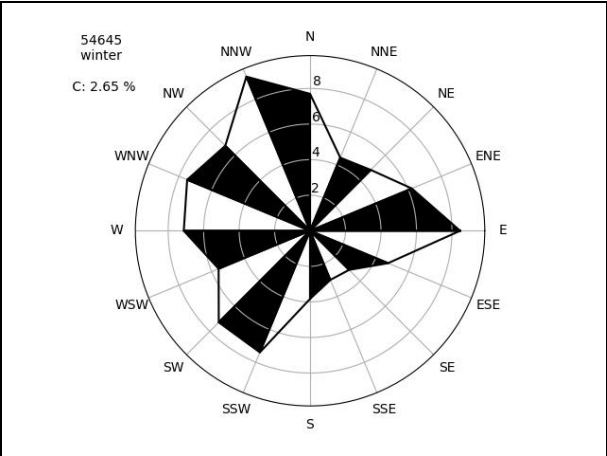


图 4.7.1-1 天津电网舞动分布图（2023 版）

4.6.2. 冬季不同风向与线路夹角关系

大港气象站冬季风向玫瑰图如图所示。



大港站

图 4.7.2-1 气象站冬季风向玫瑰图

由上图可以看出，线路走向与沿线冬季风向的夹角均大于 45° 。

4.6.3. 防舞设计措施

- 综合上述分析，本工程线路有发生舞动的可能性，按 1 级舞动区配置防舞动措施。
- （1）导线间隔棒采用防舞动回转式阻尼间隔棒（预绞丝式）。
 - （2）跳线线夹采用导线悬垂线夹。
 - （3）导线采用引流板加强型耐张线夹。
 - （4）耐张塔横担与塔身连接处，采取构造措施，杆塔螺栓直径不小于 16mm，螺栓级别不低于 6.8 级。
 - （5）耐张塔、紧邻耐张塔的直线塔，重要交叉跨越段铁塔，全塔采用双帽防松螺栓。

5. 绝缘配合

5.1. 污区划分

根据《2020 年天津电力系统污区分布图》，本工程线路位于 e 级污秽区结合现状线路及沿线附近其他线路情况，本工程按照 e 级污秽区设计。

参照《电力系统污秽区分级与外绝缘选择标准》（Q/GDW 152-2008），额定线电压下的爬电比距与统一爬电比距之间的设计上限和下限对照值如下表：

e 级污区配置绝缘爬电比距		
区间	额定线电压下的爬电比 (cm/kV)	统一爬电比距 (cm/kV)
下限	3. 20	5. 04
上限	3. 80	5. 98

本工程所经地区污区分布图如下：



5.2. 绝缘子型式选择

应用于 110kV 输电线路的绝缘子主要是两大类，盘型绝缘子和棒型绝缘子。按材料分，盘型绝缘子又可分为瓷绝缘子和钢化玻璃绝缘子；棒型绝缘子可分为复合绝缘子和瓷棒型绝缘子，目前由于技术的发展又有新型的绝缘子出现，如瓷复合绝缘子。

（1）盘型瓷绝缘子

盘型瓷绝缘子具有良好的绝缘性能、耐气候性、耐热性和组装灵活等特点，被广泛应用于各级电压线路上。瓷绝缘子造型丰富，可设计成伞盘下表面光滑的双伞型和三伞型，这种伞型结构有良好的空气动力特性，自洁性能好，积污率低，有效提高了防污闪能力。盘型瓷绝缘子属于可击穿型，随着运行时间的延长，其绝缘性能会逐渐降低，即绝缘子“老化”现象，运行部门需定期进行绝缘检测，运行、维护工作量较大。目前国产瓷绝缘子的制造技术在不断提高，瓷件、金具制造工艺和组装工艺不断完善，质量较好的产品其年老化率可控制在十万分之一之内。双伞型和三伞型瓷绝缘子广泛用于 110kV 线路悬垂串上。

（2）钢化玻璃绝缘子

钢化玻璃绝缘子具有长期稳定的机电性能，耐振动疲劳、耐电弧烧伤和耐冷热冲击性能。同时具有零值自破的特性，无需对其进行绝缘测试。耐污型钢化玻璃绝缘子均为深槽型，易积污、难清扫、自洁性能差。有些产品在运行初期自爆率较高，增加了维护工作量，且碎片散落在水田中不利于耕作。由于上述原因，本工程不予推荐。

（3）复合绝缘子

复合绝缘子具有强度高、重量轻、抗冲击、耐污性能好、清扫周期长、结构简单、易于安装、在相同串长下耐污能力较高、价格低等优点，是防治电网大面积污闪的有效措施。复合绝缘子在运行中曾出现机械强度下降、界面击穿、脆断、不明原因闪络、老化等问题，但随着压接式接头结构方式、高温硫化硅橡胶端部密封技术、整体注射及挤包穿伞的工艺及性能优良耐应力腐蚀芯棒的采用，上述问题得到较好的解决。复合绝缘子的老化率和有效寿命是需要关注的问题，在运行中需加强检测。由于复合绝缘子上述优点，目前已广泛用于 110kV 输电线路路上。

（4）长棒型瓷绝缘子

长棒型瓷绝缘子具有不可击穿性、良好的自洁性能、防污特性、使用寿命长、维护工作量小、有良好的运行纪录。但生产厂家较少，招标困难，无法上报国网统一物

资招标。

根据国家电网设备[2018]979 号《国家电网有限公司十八项电网重大反事故措施（修订版）》7.1.3 条规定：“中重污区输电线路悬垂串、220kV 及以下电压等级耐张串宜采用复合绝缘子，330kV 及以上电压等级耐张串宜采用瓷或玻璃绝缘子。” 综上，根据本项目虽在地区污秽情况，结合天津滨海地区运行经验，耐张串采用双伞型瓷复合绝缘子，悬垂串采用复合绝缘子。

5.3. 绝缘子强度选择

遵照《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》(GB50545-2010)和我国 220kV/110kV 线路实际运行情况，绝缘子机械强度的设计安全系数，不应小于表 5.3.1-1 所列数值：

表 5.3.1-1 绝缘子安全系数

情况	最大使用荷载		常年荷载	断线	断联	稀有荷载
	盘型绝缘子	棒形复合绝缘子				
安全系数	2.7	3	4.0	1.8	1.5	1.5

5.3.1. 耐张绝缘子串强度选择

根据本工程导线、气象条件及线路具体情况，110kV 导线 JL/LB20A -400/35 耐张串、JL/LB20A -300/40 耐张串采用双联 70kN 级瓷复合绝缘子。

5.3.2. 悬垂绝缘子串强度选择

根据本工程的实际情况，并参考国网物资标准化采购目录，本工程推荐 110kV 导线悬垂串采用 70kN 级复合绝缘子。

5.3.3. 跳线绝缘子串强度选择

根据本工程的实际情况，并参考国网物资标准化采购目录，本工程推荐 110kV 导线跳线串采用 70kN 级复合绝缘子。

5.4. 绝缘子片数选择

复合绝缘子应符合工频电压的爬电距离要求，同时应满足操作、雷电过电压的要求。D 级及以上污区，复合绝缘子的爬电距离不应小于盘型绝缘子最小要求值的 3/4，且 110kV-750kV 线路复合绝缘子的统一爬电距离不小于 45mm/kV。

5.4.1. 按工频电压要求选择

根据《架空输电线路电气设计规程》（DL/T 5582-2020）的规定，用爬电比距计算法计算绝缘子片数：

$$n \geq \lambda U_{ph-e} / K_e L_{01}$$

n——海拔高度不超过 1000m 时每联绝缘子所需片数；

λ——统一爬电比距，mm/kV；

U_{ph-e}——相对地最高运行电压，kV；

K_e——绝缘子爬电距离的有效系数，本工程取 1.0；

L₀₁——单片悬式绝缘子的几何爬电距离，mm。

工频电压按爬电比距法计算绝缘子片数见下表。

表 5.4.1-1 按工频电压计算绝缘子片数表

电压等级	110kV	
绝缘子型式	70kN 级瓷复合绝缘子	70kN 级复合绝缘子
单片/支绝缘子的几何爬电距离（mm）	450（双伞）	3150
每串绝缘子片（支）数	9	1
标称电压爬电比距（mm/kV）	36.8	38.1

注：复合绝缘子的爬电距离不应小于盘型绝缘子最小要求值的 3/4。

5.4.2. 按操作过电压及雷电过电压选取绝缘子片数

根据《架空输电线路电气设计规程》(DL/T 5582-2020)要求，交流线路在海拔高度 1000m 以下地区，操作及雷电过电压要求的悬垂绝缘子串绝缘子片数，不应小于表 5.4.2-1 数值。耐张绝缘子串的片数应在表 5.4.2-1 的基础上增加，110kV-330kV 线路增加 1 片，500kV 线路增加 2 片，750kV 线路不需要增加片数，1000kV 线路根据运行经验较悬垂绝缘子串可适当减少。

表 5.4.2-1 操作过电压及雷电过电压要求悬垂绝缘子串的最少片数

标称电压（kV）	110	220	330	500	750	1000
单片绝缘子的高度（mm）	146	146	146	155	170	195
绝缘子片数（片数）	7	13	17	25	32	43

由上可见，110kV 线路悬垂串所需绝缘子片数为 7 片，绝缘子长度为 1190mm，本工程受污秽等级要求的爬电比距控制，合成绝缘子结构高度为 1240mm，满足要求。110kV 线路耐张串所需绝缘子片数为 8 片，本工程受污秽等级要求的爬电比距控制，满足操作过电压和雷电过电压的片数要求。

5.5. 高杆塔绝缘配置原则

根据《架空输电线路电气设计规程》(DL/T 5582-2020)，全高超过 40m 有地线的杆塔，高度每增加 10m，应比表 5.4.2-1 增加 1 片相当于高度为 146mm 的绝缘子，全高超过 100m 的杆塔，绝缘子片数应根据运行经验结合计算确定。

本工程无全高超 40 米的杆塔，所选瓷复合绝缘子片数满足要求。

5.6. 绝缘子片数选择结果

表 5.6-1 绝缘配置情况一览表

绝缘子串名称	绝缘子型式	强度(kN)	绝缘子型号	结构高度(mm)	爬电距离(mm)	污秽等级	联数×片(支)数	标称电压爬电比距(mm/kV)
悬垂串	复合	70	FXBW-110/70-2	1240	3150	e	1×1	38.1
跳线串	复合	70	FXBW-110/70-2	1240	3150	e	1×1	38.1
耐张串	盘型双伞瓷	70	FU70BP/146DB	146	450	e	2×9	36.8

注：复合绝缘子的爬电距离不应小于盘型绝缘子最小要求值的 3/4。

5.7. 绝缘子的技术特性

表 5.7-1 盘型悬式瓷复合绝缘子的技术参数

绝缘子代号	FU70BP/146DB
绝缘件公称直径(mm)	255
公称结构高度(mm)	146
公称爬电距离(mm)	450
连接标记(mm)	16
规定机电破坏负荷(kN)	70
逐个拉伸负荷试验(kN)	35
工频击穿电压（kV）（仅对 160kN 以下绝缘子）	—
冲击击穿电压(标么值)（仅对 160kN 及以上绝缘子）	2.8
无线电干扰电压 10kV，1MHz(μV)	50
电晕熄灭电压(kV)	脚 18，帽 22
工频电弧试验（仅对 220kV 及以上绝缘子）	0.12s，20kA
单片重量（kg）	约 6.9

表 5.7-2 复合绝缘子机械电气特性表

绝缘子代号	FXBW-110/70-2
公称结构高度(mm)	1240
公称爬电距离(mm)	3150
连接标记(mm)（球头球窝型）	16
规定机电破坏负荷(kN)	70
机械逐个试验负荷(kN)	35
湿工频 1min 耐受电压（kV）	230
雷电全波冲击耐受电压（kV）	+550
湿操作冲击耐受电压（kV） （≥330kV）	
可见电晕电压（kV）（≥330kV）	
无线电干扰电压（kV）（≥330kV）	
单支重量（kg）	约 5.9

5.8. 最小空气间隙

本工程线路工作电压、操作过电压、雷电过电压和带电检修的最小空气间隙取值列表 5.8-1 所示：

表 5.8-1 最小空气间隙

标称电压（kV）	220	110kV	说明
雷电过电压	1.90	1	
操作过电压	1.45	0.7	
工频电压	0.55	0.25	
带电检修	1.8	1	另考虑人体活动范围 0.5m

注：由于高杆塔而增加绝缘子片数时雷电过电压最小间隙应相应增大。

6. 防雷和接地

6.1. 防雷设计

6.1.1. 线路经过地区雷电活动情况

本工程沿线平均年雷暴日为 40 日/年。并以此雷暴日数进行防雷保护设计。

6.1.2. 防雷措施

- (1) 沿全线架设两根地线，作为防雷的主要措施；
- (2) 双回路地线对导线的保护角不大于 10° ；
- (3) 杆塔上两地线间的距离不超过导线与地线间垂直距离的 5 倍；
- (4) 档距中央导线与地线间的净空距离(S)，在 $+15^{\circ}\text{C}$ 无冰无风时，满足 $S \geq 0.012L+1$ (L 为档距长度 m) 的规定；

6.2. 接地设计

6.2.1. 接地电阻

本工程线路经过平地水网地带，土壤电阻率均在 $100\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下，工频接地电阻不宜大于 $7\ \Omega$ 。

6.2.2. 接地材料选择

各种接地装置的型式对比分析如下：

第一种：采用自然接地体，即利用杆塔基础钢筋作为接地体，通过地脚螺栓与杆塔的地线连接。采用自然接地体，有制作方便，节约钢材，且安全可靠不易损坏，使用时间长，抗腐蚀免维护等好处。但是自然接地体也有很多缺陷如：线路运行下的接地电阻的测量无法实现，由于线路沿线铁塔的地形、地质情况不尽相同，采用自然接地体，有可能不能满足工程对接地电阻的要求。故此，自然接地体在超高压送电线路上的应用很少，本工程不推荐采用自然接地体作为本工程的接地型式。

第二种，采用镀锌圆钢接地体。目前，天津地区输电线路杆塔接地装置大多采用经热镀锌防腐的 $\Phi 16$ 圆钢。该材料价格较其他接地材料最便宜、生产及施工经验成熟可靠，但是，较其他材料，镀锌圆钢抗腐蚀性较差，本工程受地下水影响，基础土腐呈强腐蚀性，镀锌圆钢接地体需考虑定期更换。

第三种，采用铜覆钢接地材料。铜覆钢是一种双金属复合材料，是将铜与钢两种金属通过特殊工艺加工而成的复合导体。该导体既有钢的高强度、优异的弹性和较大的热阻，又有铜的良好导电性能和优良的抗腐蚀性能，铜覆钢材料接地材料适合于盐碱地区、沿海地区等腐蚀严重区域。

第四种，不锈钢包钢复合材料。内层芯棒采用优质碳素结构钢，主要是祛除普通碳素钢中的杂质，提高了钢材的电气性能，外层采用的是纯不锈钢，通过特殊加工工艺使两者紧密结合在一起，既提高了接地装置的防腐性能，又不影响其电气性能。在

镀锌圆钢更换周期 8 年的情况下不锈钢复合材料的经济性与镀锌圆钢已基本相当，在鱼塘、苗圃、绿化带等土壤电阻率较低、腐蚀性强的塔位，接地体更换困难，采用不锈钢复合材料接地装置可以大大减少运维工作量。

根据本工程《岩土工程勘察报告》，本工程地下水对钢筋具有中强腐蚀性，场地土对钢筋具有强腐蚀性。天津地区地域狭小，土地尤其是耕地资源宝贵，由于更换接地装置引起的对耕地临时破坏问题是运维部门面临的难点。此外，相较于接地模块，铜覆钢在天津地区已有项目应用，具备较成熟的使用经验。同工程整体造价相比，接地装置部分投资占比极小，具备使用条件。

综合以上因素考虑，推荐考虑使用铜覆钢接地材料。接地体采用深埋式环形无需加放射线接地装置，接地装置埋深一般取 0.8 米。

6.2.3. 地线绝缘设计

本工程 2 根 OPGW 地线均采用逐塔接地的运行方式。

7. 绝缘子串和金具

7.1. 导线绝缘子串组装

7.1.1. 导线悬垂串

本工程新设导线为 JL/LB20A -400/35，结合国网公司集中采购，本工程 JL/LB20A -400/35 导线悬垂串采用 70kN 级悬垂串；

7.1.2. 导线跳线悬垂串

本工程新设导线为 JL/LB20A -400/35，结合国网公司集中采购，本工程 JL/LB20A -400/35 导线跳线串采用 70kN 级直跳跳线串；

7.1.3. 导线耐张绝缘子串

本工程 110kV 导线 JL/LB20A -400/35 导线耐张串采用 70kN 双联耐张串，现状重新紧线段导线为 JL/LB20A-300/40 导线耐张串采用 70kN 双联耐张串。

7.2. 地线金具串组装

OPGW 光缆和分流地线耐张串采用单联串，耐张串由专用接地线逐塔接地。

7.3. 通用金具串应用情况

结合本工程特点，在考虑绝缘子配置方案后，线路用金具串共设计了 7 种。其中导线跳线串 3 种，导线耐张串 3 种，地线用耐张串 1 种。

7.4. 主要金具选择

7.4.1. 金具强度的安全系数

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。

7.4.2. 主要金具选型

导线绝缘子串连接金具及地线金具，主要选自国家电网公司输变电工程通用设计(金具)。

表 7.4.2-1 主要金具选择

线型	序号	金具名称	型 号	备 注
导线 JL/LB20A -400/35 JL/LB20A-300/40	1	耐张线夹	NYBG-400/35A	用于铝包钢芯铝绞线， 采用引流板加强型
	2	耐张线夹	NY-300/40A(B)	用于铝包钢芯铝绞线， 采用引流板加强型
	3	跳线线夹	XT-6034	
	4	导线间隔棒	FJZ-240/24	
	5	防振锤	FDYJ-3/5	预绞丝式对称型音叉式

8. 导线相序及换位

本方案导线排列方式与现状一致，不改变导线相序。

9. 导线对地和交叉跨越距离

9.1. 对地距离

线路所经区域基本为耕地。推荐导线对地最小距离按居民区考虑，且根据《天津电网规划设计技术原则》（2018 版）标准，对地距离不小于 15m。

表 9.1-1 导线对被跨越物的最小垂直距离

线路经过地区	最小距离(m)		计算条件
	110kV	220kV	
居民区	15	15	导线最大弧垂
非居民区	15	15	导线最大弧垂
交通困难地区	5.0	5.5	导线最大弧垂

9.2. 交叉跨越距离

线路导线对被跨越物的最小垂直距离见表 9.2-1。

表 9.2-1 导线对被跨越物的最小垂直距离

交 叉 跨 越 名 称			最小间距(m)		备 注
			220kV	220kV	
铁路	至轨顶	标准轨	7.5	8.5	如跨越档距超过 200m,最大弧垂应按导线允许温度计算，导线的允许温度按不同要求取+70℃或+80℃计算。
		窄轨	7.5	7.5	
		电气轨	11.5	12.5	
	至承力索道或接触线		3.0	4.0	
不通航水域	至百年一遇洪水位		3.0	4.0	考虑有漂浮物不放电
	冬季至冰面		6.0	6.5	
电 力 线			3.0	4.0	括号内的数值用于跨越杆（塔）顶
电信线			3.0	4.0	
架空特殊管道			4.0	5.0	
索道			3.0	4.0	
公路			7.0	8.0	对于高速公路和一级公路，如跨越档距超过 200m,最大弧垂应按导线允许温度计算，导线的允许温度按不同要求取+70℃或+80℃计算。
电车道	路面		10.0	11.0	
	至承力索道或接触线		3.0	4.0	

9.3. 线路与弱电线路的交叉角

依据《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545-2010，输电线路跨越弱电线路(不包括光缆和埋地电缆)时，与弱电线路交叉角不小于表 9.3-1 中的允许值。

表 9.3-1 电力线路与弱电线路交叉角度允许值

弱电线路等级	I 级	II 级	III级
交叉角	≥45°	≥30°	不限制

9.4. 线路与树木的最小距离

输电线路经过经济作物和集中林区时，宜采用加高杆塔跨越不砍通道的方案。当跨越时，导线与树木(考虑自然生长高度)之间的垂直距离不小于 4.5m。

在最大计算风偏情况下，导线与树木之间的最小净空距离不小于 4.0m。

需要砍伐树木时，砍伐范围按照导线最大风偏时与树木最小净空距离确定，并按

照最小工频电压间隙校核树木（自然生长高度）倾倒过程对导线的距离。

线路通过果树、经济作物林或城市灌木林不应砍伐出通道。导线与果树等的垂直距离不小于 3.5m。

9.5. 导线与房屋的距离

线路不应跨越屋顶为可燃材料的建筑物，不应跨越长期住人的建筑物。对耐火屋顶的建筑物，在与有关方面协商同意情况下方可跨越。

导线与建筑物之间的垂直距离，在最大计算弧垂情况下，不小于 6.0m。

边导线与建筑物之间的最小净空距离，在最大风偏情况下不小于 5.5m。

无风情况下，边导线与在规划范围内建筑物之间的水平距离，不小于 2.5m。

不满足上述要求的建筑物均需拆除。

9.6. 重要跨越

根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545-2010 和《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》(2018 版)，对于直线型重要交叉跨越塔，包括跨越 110kV 及以上线路、铁路和高速公路、一级公路、一、二级通航河流等，应采用双悬垂绝缘子串结构，且宜采用双独立挂点；无法设置双挂点的窄横担杆塔可采用单挂点双联绝缘子串结构。按照按《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》GB50545-2010 中的规定，跨越标准轨距铁路、一级公路 110kV 及以上线路、特殊管道、索道的跨越档内，导地线不允许接头。

10. 防鸟害措施

输电线路的杆塔属于高大构筑物，而且多高于树木，目标明显，鸟类在飞行中，为寻找落脚点，易选择线路杆塔，本工程线路部分地段植被较少，更增加了鸟类在杆塔上的活动。

根据《天津电网鸟粪类涉鸟故障风险分布图（2020 年 8 月）》，本工程所在区域为鸟粪类Ⅲ级，鸟巢类Ⅱ级。



图 10-1 鸟巢类故障风险分布图

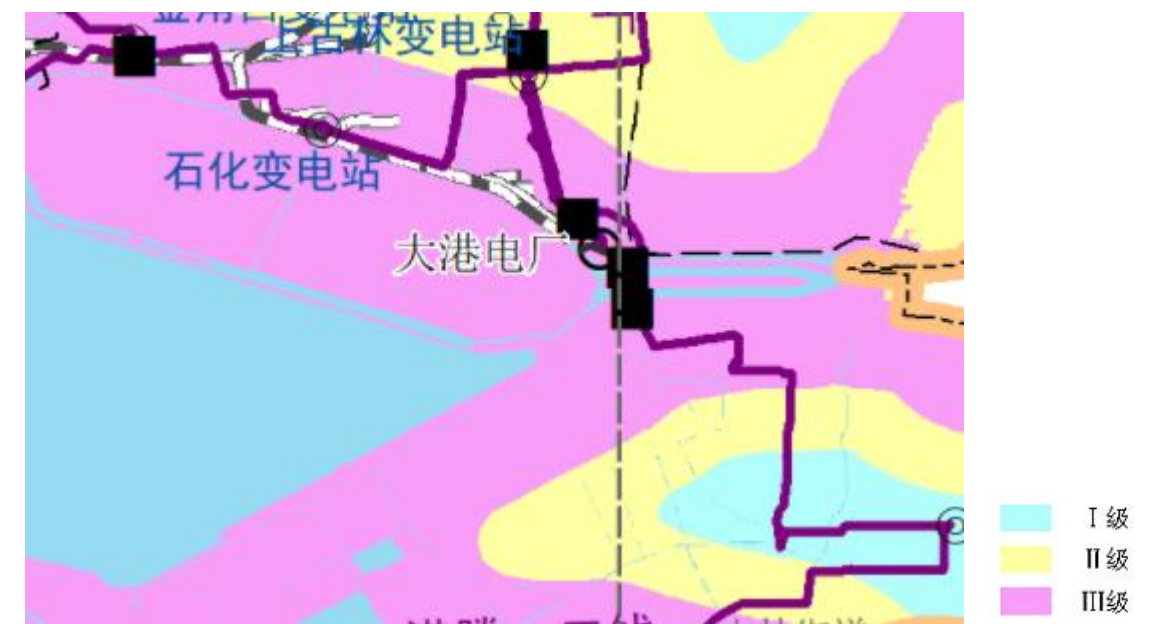


图 10-2 鸟粪类故障风险分布图

根据《津电设备〔2024〕21 号(盖章) 架空输电线路涉鸟故障防治指导意见（试行）》，在 II、III 级风险区域内，应采用综合防护方式，使用防鸟刺和防鸟挡板、驱鸟器和防鸟挡板等综合防鸟装置。本项目新建铁塔塔每个悬垂串和跳线串上方安装驱鸟刺 4 个，驱鸟器 2 个，防鸟挡板 2m²。

11. “三跨” 方案

本工程不涉及。

12. 杆塔

12.1.杆塔规划原则

在输电线路中，杆塔的型式多种多样。本工程原则推荐使用典设手册中的杆塔，保证线路安全运行又经济合理。根据规程规定，杆塔规划具体采用如下原则：

(1) 导线布置应满足对电磁环境影响指标的要求：

距输电线路边相导线投影外 20m 处，80%时间，80%置信度，频率 0.5MHz 时的无线电干扰限值不应超过 53 dB(μv/m)。

距输电线路边相导线投影外 20m 处，湿导线条件下的可听噪声值不应超过 55 dB(A)。

输电线路跨越非长期住人的建筑物或邻近民房时，房屋所在位置离地面 1.5m 处的未畸变电场不得超过 4kV/m。

(2) 杆塔上地线对边导线的保护角均不大于 10°，导地线水平位移不小于 1.0m。

(3) 杆塔上两根地线之间的距离，不应超过地线与导线间垂直距离的 5 倍。

在一般档距的档距中央，气温+15℃，无风、无冰情况，导线与地线间的距离，应满足 $S \geq 0.015L+1$ （公式中 L 为档距长度，m）。

(4) 导线对塔身等接地体的电气间隙满足表 9.1-1 要求。

表 12.1-1 塔头空气间隙选定值(m) 海拔 H≤500m

工 况	间隙距离(m)	相应风速(m/s)	备 注
工频电压	1	31	
操作过电压	0.7	16.5	
雷电过电压	0.25	10	
带电作业	1	10	带电作业间隙 0.5 为人体活动范围。

(5) 根据工程线路的实际断面，进行无约束条件的杆塔排位，合理规划杆塔的设计条件，直线塔摇摆角系数及 Kv 值等。

(6) 根据本工程设计气象条件确定杆塔设计风速。

(7)本工程全线海拔高度均小于 1000m。

12.1.1. 气象条件

本工程线路全线为 31m/s 风区，5mm 轻冰区，海拔高度小于 500m。

表 9.1-2 气象条件一览表

气象区	气象条件组合		
	31m/s		
	5mm 轻冰区		
长度(km)	1.243		
气象名称	气温	风速	覆冰
	(℃)	(m/s)	(mm)
最低气温	-20	0	0
年平均气温	15	0	0
基准风速	-5	31	0
覆冰情况	-5	10	5
最高气温	40	0	0
安装	-10	10	0
	-15		
大气过电压	15	10	0
操作过电压	5	16.5	0
雷暴日数(天)	40		
冰的比重(g/cm3)	0.9		

12.1.2. 导地线型号及使用条件

（1）导线

新建 110kV 线路采用 JL/LB20A -400/35 钢芯铝绞线，安全系数取 2.9，重新紧线部分导线按原张力进行紧线。

（2）地线

新建双回线路地线采用两根 48 芯 OPGW 光缆，安全系数取 4.8，重新紧线部分导线按原张力进行紧线。

12.2.杆塔选型

本工程新设杆塔 8 基。本工程杆塔根据《国网基建部关于发布输变电工程通用设计通用设备应用目录（2024 年版）的通知》进行选用，其中采用 110-ED21S 模块杆塔 2 基，110-EC21GD 模块杆塔 6 基；并根据工程实际使用条件对杆塔进行校验使用。

本工程施工会引起源电线、源电线泵房支线部分杆塔导线临时锚在地上并重新紧线，现状杆塔均经过强度校核，重新紧线工况下杆塔受力满足规范要求。

本工程杆塔主要结构尺寸和材料量详见“杆塔型式一览表”。

12.3.荷载

本工程各塔型的使用条件均满足《塔型规划及技术条件一览表》的要求。各类铁塔外荷载的计算原则及技术要求主要依据《110～750kV 架空输电线路设计技术规范》(GB 5045-2010)、《架空输电线路杆塔结构设计技术规程》(DL/T 486-2020) 、《架空输电线路防舞设计规范》(Q/GDW1829-2012)等文件。

12.3.1. 结构重要性系数

本工程线路杆塔结构重要性系数 γ_0 取 1.0。

12.3.2. 风荷载计算

风荷载重现期取 30 年一遇，基本风速离地高度取 10m。风荷载主要包括导地线风荷载和塔身风荷载，《110kV-750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)计算公式如下：

导地线风荷载的标准值：
$$W_x = \alpha \cdot W_0 \cdot \mu_z \cdot \mu_{sz} \cdot \beta_c \cdot d \cdot L_p \cdot B_1 \cdot \sin^2 \theta$$

塔身风荷载的标准值：
$$W_s = W_0 \cdot \mu_z \cdot \mu_s \cdot \beta_z \cdot B_2 \cdot A_s$$

其中： $W_0 = V^2 / 1600$ ；风压高度系数 μ_z 按 B 类地面选取；其余按规范取值。

12.3.3. 断线及覆冰不平衡张力荷载计算

断线荷载按《110kV-750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)表 10.1.7 取值；覆冰不平衡张力按表 10.1.8 取值。

12.3.4. 安装附加荷载

临时拉线对地夹角取 45°，牵引绳对地夹角不大于 20°；施工附加荷载按下表取值。

表 12.3.4-1 附加荷载取值 (kN)

导 线		地 线		跳 线
悬垂型杆塔	耐张型杆塔	悬垂型杆塔	耐张型杆塔	耐张型杆塔
1.5	2	1	1.5	1.5

12.3.5. 荷载分配

直线塔水平荷载前后侧按 0.5:0.5 分配；垂直荷载按 0.5:0.5 分配。

耐张转角塔(不含终端塔)前后侧荷载分配，风荷载及下压垂直荷载，平地塔水平

荷载按前后侧 0.4:0.6 分配，垂直荷载按前后侧 0.3:0.7 分配；终端塔负荷全部加在线路侧(最大角度力和最大张力差)。

12.3.6. 荷载组合工况及组合系数

表 9.4.6-1 荷载组合工况及组合系数

工况类别	组合系数	荷 载 组 合 工 况
正常运行	1	1)最大风速(无冰、未断线)；
		2)设计覆冰(相应风速及气温、未断线)；
		3)最低气温(无冰、无风、未断线)。
事故工况	0.9	1)直线塔：任意一相导线有纵向不平衡力，地线未断；断任意一根地线，导线无纵向不平衡力；
		2)耐张塔：断任意一根地线，任意一相导线有纵向不平衡力。
安装工况	0.9	1)直线塔提升导、地线及其附件(动力系数 1.1)；
		2)直线塔导、地线锚线作业工况；
		3)耐张塔锚导、地线工况；
		4)耐张塔紧导、地线工况(相邻档导、地线已架或未架)。
不均匀冰 工况	0.9	1)所有导、地线同时同向有不平衡张力，使杆塔承受最大弯矩；
		2)所有导、地线同时不同向有不平衡张力，使杆塔承受最大扭矩。
舞动工况	0.9	1)风速 15m/s，冰厚 10mm，气温-5℃。

12.4.材料标准

本工程角钢材质推荐使用 Q235B、Q355B、Q420B 级钢。铁塔用钢材的强度设计值及物理特性指标按国家规范《钢结构设计规范》(GB50017—2017)、《碳素结构钢》(GB/T700—2006)和《低合金高强度结构钢》(GB/T1591—2008)的规定执行。

连接螺栓 M16、M20 螺栓采用 6.8 级，M24 螺栓采用 8.8 级，螺栓的强度设计值及物理特性按《紧固件机械性能》(GB/T3098.1—2002、GB/T3098.2—2002)的要求执行。焊接要求按《建筑钢结构焊接规程》(JGJ 81-2002/J 218-2002)的要求执行。

焊条采用 E55 型、E50 型、E43 型焊条三种。

12.5. 杆塔技术措施

12.5.1. 防腐措施

铁塔全部构件、螺栓、脚钉均采用热镀锌防腐。。

12.5.2. 防松防盗措施

铁塔 10m 以下范围内的所有连接螺栓均采用防盗螺栓，其他螺栓均采用薄螺母防松措施。重要交叉跨越全塔采用防盗螺栓（挂点处螺栓采用常规双螺母螺栓）。

12.5.3. 攀登铁塔措施

脚钉及爬梯的设置：角钢塔脚钉布置在铁塔呈对角线的 B、D 腿。脚钉的安装起始高度为从基础顶面上 1.5m~2.0m 处开始，脚钉采用 45 度弯钩防滑型式。另外，所有铁塔均应逐腿设置接地孔。对于本工程全高高于 80m 的杆塔，为方便检修人员上下铁塔操作方便和人身安全，加设中间休息平台，平台设护栏。

并根据《设备输电（2024）6 号(盖章)》相关要求，对本工程所有全高不小于 30m 的杆塔全部设置防坠落轨道。

12.5.4. 抗震计算

根据本工程地质勘测报告提供的资料，线路所经地区地震烈度为 7 度，按照《架空输电线路基础设计规程》（DL/T 5219-2023）规定：当场地为饱和砂土或饱和粉土时，均应考虑地基液化的可能性，并应采取必要的抗震措施。

13. 基础

13.1. 工程水文、地形地质条件概述

13.1.1. 工程地形条件概述

拟建线路沿线场地地貌类型属海积低平原地貌。

拟建杆塔处场地主要为空地、绿化带及道路等，局部位于鱼塘内；电缆沿线场地主要为空地、绿化带、道路、地砖硬化面地段及水塘等，水塘为砖砌筑。根据现场踏勘及初步测量结果，相较于周围岸堤地势水塘深度约为 1.50~2.60m，塘底部以下淤泥层厚度约为 0.50~1.00m。

13.1.2. 工程地质条件概述

参考临近工程地质资料，在拟建架空路径沿线场地（水塘地段除外）埋深 40.00m 深度范围内，地层自上而下大致描述如下：

（1）人工堆积（Qml）

该段线路沿线人工填土分布厚度约为 4.50~6.00m，可分为两个亚层。

第一亚层，杂填土（力学分层号第 1-1 层）：该层土厚度约为 2.00~3.00m。呈

杂色；松散；湿～饱和；主要由碎石块、砖块、建筑垃圾及废土等组成。该层土土质成分杂乱，不均匀。

第二亚层，素填土（力学分层号第 1-2 层）：该层土厚度约为 1.50～4.00m。呈褐色；饱和；可塑；包含植物根等；以黏性土为主。该层土质结构性差，欠均匀，填垫年限小于十年。杂填土分布较厚地段该层土分布较薄。

电缆沿线局部地段位于水塘中或水塘边，相较于周围岸堤地势水塘深度约为 1.50～2.50m。设计时应注意杆塔场地与周围地势高差，水塘底部以上深度范围内的人工填土及浅部地基土均缺失。

（2）全新统中组海相沉积层（ Q_4^2m ）

该层分为三个亚层。

第一亚层，淤泥质黏土（力学分层号第 6-1 层）：该层土厚度约为 5.00～6.50m。呈灰色；饱和；流塑；包含有机质、贝壳；局部夹淤泥质粉质黏土、黏性土薄层；属高压缩性土。

第二亚层，粉质黏土（力学分层号第 6-2 层）：该层土厚度约为 5.50m。呈灰色；饱和；可塑；包含贝壳；局部夹粉土薄层；属中压缩性土。

第三亚层，粉土（力学分层号第 6-3 层）：该层土厚度约为 3.00m。呈灰色，湿，稍密，包含贝壳、云母，属中（偏低）压缩性土。

（3）全新统下组河床～河漫滩相沉积（ Q_4^1al ）

该层分为两个亚层。

第一亚层，粉质黏土（力学分层号第 8-1 层）：该层土厚度约为 5.70m。呈灰黄色；饱和；可塑；包含氧化铁；局部夹黏土薄层；属中压缩性土。

第二亚层，粉土（力学分层号第 8-2 层）：该层土厚度约为 2.50m。呈褐黄色；湿；密实；包含氧化铁、云母；属中（偏低）压缩性土。

（4）上更新统五组河床～河漫滩相沉积层（ Q_3^eal ）

粉质黏土（力学分层号第 9-1 层）：该层土厚度约为 8.00m。呈黄褐色；饱和；可塑；包含氧化铁；局部夹黏土、粉土薄层；属中压缩性土。

（5）上更新统第四组滨海～潮汐相沉积层（ Q_3^dmc ）

黏土（力学分层号第 10-1 层）：该层土在 40m 深度范围内分布厚度约为 4.30m。呈灰色；饱和；可塑；包含贝壳；局部夹粉质黏土薄层；属中压缩性土。

（2）地震烈度

拟建场地位于天津市滨海新区，该区域 II 类场地基本地震动峰值加速度值为 0.15g，场地抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.15g，场地基本地震动加速度反应谱特征周期值为 0.40s，属设计地震分组第二组。

（3）冻结深度

根据《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011），线路沿线土壤标准冻结深度为 0.60m。

（4）不良地质条件

拟建线路沿线场地分布的淤泥质土厚度偏大，该层土属滨海相高压缩性软土，拟建线路沿线场地抗震设防烈度为 7 度，存在软土震陷的可能性。

拟建杆塔采用桩基础，可不考虑软土震陷影响。拟建电缆拟采用浅基础，根据《软土地区岩土工程勘察规程》（JGJ 83-2011）第 6.3.4 条，应考虑软土震陷影响，震陷量的估计值可按 80mm 考虑。

（5）矿产

据初步调查了解，拟建线路沿线暂无矿区分布及开采。

拟建线路沿线场地表层地下水属潜水类型，主要由大气降水补给，以蒸发形式排泄，水位随季节有所变化，水位年变幅一般为 0.50~1.00m 左右。

参考临近工程水质资料，拟建线路沿线场地（水塘地段外）地下潜水稳定水位埋深范围一般约为 0.50~1.50m。拟建电缆局部地处水塘中，水塘地段地表水与地下水有一定的水力联系。

参考临近工程水质资料初步判定：按 II 类环境类型在无干湿交替作用的情况下，拟建线路沿线场地地下水对混凝土结构均具有中等腐蚀性，腐蚀介质为 SO_4^{2-} 、总矿化度，在有干湿交替作用情况下，拟建线路沿线场地地下水对混凝土结构均具有强腐蚀性，腐蚀介质为 SO_4^{2-} 、总矿化度；按地层渗透性地下水对混凝土结构具有微腐蚀性。本场地 Cl⁻含量大于 20000mg/l，根据天津地区工作经验，在长期浸水环境下，由于氧溶入较少，不易发生电化学反应，钢筋混凝土结构中的钢筋不易被腐蚀，故而在长期浸水作用时，地下水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性建议按弱腐蚀性考虑，但

应适当加强防腐措施（如增加钢筋的混凝土保护层厚度，对钢筋进行防腐涂料处理，提高混凝土的抗渗性能等）；在干湿交替作用的情况下，地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋有强腐蚀性，腐蚀介质为 Cl^- 。沿线场地地下水对钢结构具有中等腐蚀性，腐蚀介质为 $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ 。应按照《工业建筑防腐蚀设计标准》(GB50046)的相关规定采取防腐蚀措施。

13.1.3. 地下水条件概述

拟建线路沿线场地表层地下水属潜水类型，主要由大气降水补给，以蒸发形式排泄，水位随季节有所变化，水位年变幅一般为 0.50~1.00m 左右。

参考临近工程水质资料，拟建线路沿线场地（水塘地段外）地下潜水稳定水位埋深范围一般约为 0.50~1.50m。拟建电缆局部地处水塘中，水塘地段地表水与地下水有一定的水力联系。

参考临近工程水质资料初步判定：按 II 类环境类型在无干湿交替作用的情况下，拟建线路沿线场地地下水对混凝土结构均具有中等腐蚀性，腐蚀介质为 SO_4^{2-} 、总矿化度，在有干湿交替作用情况下，拟建线路沿线场地地下水对混凝土结构均具有强腐蚀性，腐蚀介质为 SO_4^{2-} 、总矿化度；按地层渗透性地下水对混凝土结构具有微腐蚀性。本场地 Cl^- 含量大于 20000mg/l，根据天津地区工作经验，在长期浸水环境下，由于氧溶入较少，不易发生电化学反应，钢筋混凝土结构中的钢筋不易被腐蚀，故而在长期浸水作用时，地下水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性建议按弱腐蚀性考虑，但应适当加强防腐措施（如增加钢筋的混凝土保护层厚度，对钢筋进行防腐涂料处理，提高混凝土的抗渗性能等）；在干湿交替作用的情况下，地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋有强腐蚀性，腐蚀介质为 Cl^- 。沿线场地地下水对钢结构具有中等腐蚀性，腐蚀介质为 $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ 。应按照《工业建筑防腐蚀设计标准》(GB50046)的相关规定采取防腐蚀措施。

13.2. 基础选型

13.2.1. 基础选型原则

（1）结合工程地形、地质特点及运输条件，综合分析比较，充分发挥各种基础型式的特点，选择适宜的基础型式。当有条件时应优先采用原状土基础。

（2）在安全、可靠的前提下，基础型式的选择做到经济、环保，减少施工对环境的破坏。

(3) 结合本工程地形、地质特点及运输条件，综合分析比较，选择适宜的基础型式，注重施工的可操作性和质量的可控制性。

13.2.2. 基础型式选择

(1) 天津地区常用基础型式概述

输电线路的基础型式总体可分为：开挖回填基础（台阶式刚性基础、柔性平板基础）、原状土基础（掏挖式基础、灌注桩基础、岩石锚杆基础、岩石嵌固基础）、装配式基础等。各种基础型式都有自身的特点和经济优势，要结合工程地质、交通等具体情况来选择确定。

1) 刚性基础

刚性基础是指用砖、石、混凝土等抗压强度大而抗弯、抗剪强度小的材料做成的基础，其基础底部扩展部分不超过基础材料刚性角。一般用于承载力好，压缩性较小的地基。直柱刚性台阶基础是输电线路铁塔采用主要基础型式之一，它主要是以自身重量和扰动的回填土保持上拔稳定。

直柱刚性基础的主要优点是基础主柱垂直地面，底板无钢筋，施工难度较小，施工工艺非常成熟。但是，为了保证上拔稳定的要求，满足冲切强度，必须加大基础尺寸，增加底板厚度，混凝土用量较大，工程造价高。

2) 板式柔性基础

柔性板式基础是另一种常用的大开挖基础，其在设计时，通过加大底板面积来降低基底的附加应力，使基础满足下压承载力要求，同时利用基础及其上覆土体的自重来承担基础的上拔力。这种基础型式在各种电压等级的输电线路中已广泛应用，设计及施工经验成熟。

3) 灌注桩基础

钻孔灌注桩利用钻机成孔，再灌注混凝土而成。钻孔灌注桩有单桩、双桩、多桩等形式，其施工需大型机具。

钻孔灌注桩是一种深基础型式，具有适应于多种地质条件尤其是地质条件差、地下水位高地区的软弱地基、同时还有后期质量稳定、承载力大等的优点。

在基础作用力较大时，可将做成承台灌注桩形式。

随着基础作用力的增大，大开挖基础混凝土用量显著提升，桩基础优势愈发明显。且本工程采用机械化施工，考虑机械化施工的费用、效率，推荐全线杆塔采用桩基础。

（3）基础选型结论

综上所述，根据天津地区以往工程实际经验，综合本工程地质、水文、杆塔使用条件以、机械化施工的应用以及地质条件等因素，本工程全线采用桩基础。

本工程推荐采用的基础型式详见《基础型式一览图》。

13.2.3. 基础材料

（1）基础用钢材

地脚螺栓： 5.6 级/8.8 级
钢 筋： HPB300、HRB400

（2）基础用水泥

根据地质、水文情况，本工程采用普通硅酸盐水泥。

（3）混凝土标号

新建杆塔基础所涉及混凝土等级如下：

基础保护帽： C25
灌注桩基础： C50

13.2.4. 基础防腐措施

根据地质报告，拟建线路沿线场地地下水对混凝土结构有强腐蚀性。

根据《工业建筑防腐蚀设计标准》(GB50046)的相关规定，新设杆塔基础混凝土采用 C50 P8 抗渗混凝土，水灰比不宜大于 0.36，混凝土中添加粉煤灰、磨细矿渣等矿物掺和料以及阻锈剂。钢筋混凝土保护层厚度 65mm。

本工程推荐采用的基础型式详见《基础型式一览图》。

14. 通信部分

现状 110kV 府电线、源电线、源电泵房支本期改造段无通信光缆，本期不新设通信光缆，仅预留通道，无通信工程量。

15. 电缆线路工程设想

15.1. 设计环境条件

项 目		环境条件
海拔高度：		不超过 10 m
环境温度	最高气温：	40℃

项 目			环境条件
和温度：	最低气温：	（户外）	-20℃
		（户内）	-10℃
	最热月平均温度：		35℃
	最冷月平均温度：		0℃
	环境相对湿度：		85%（25℃）
耐地震能力：	地面水平加速度：		0.15m/s ²
	地面垂直加速度：		0.1 m/s ² ，同时作用持续三个正弦波，安全系数≥1.67
基本风速：			离地面高 10m 处，维持 10min 的平均最大风速 31m/s
月平均最高相对湿度：			90%（25℃下）
日照强度：			0.1W/cm ²
覆冰厚度：			5mm
污秽等级：			e
地下水位：			-1.0m
土壤热阻系数			100℃.cm/W

15.2. 电缆选型

依据本工程接入系统设计，建议选择电缆截面积为 800mm²。

结合本工程电缆敷设于排管及电缆沟槽内，参照《城市电力电缆线路设计技术规范》（DL/T 5221-2005）中表 G1，选定电缆在排管及沟槽中敷设环境温度 20.6℃。

其它因素考虑如下：线芯运行温度 90℃，相间距离 250mm。

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d [0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}}$$

根据 IEC62067，按公式

计算后，结果如下：

电缆截面	沟槽（A）	排管（A）
800mm ²	952	912

由上表计算得出数据并考虑远期电力规划，并考虑电缆载流量一定裕度，本工程新设 110kV 电缆采用 800mm² 截面交联乙烯电缆。本期新设电缆主要位于排管和沟槽内，电缆选用型号为 ZC-YJLW03-64/110-1×800mm²。

15.3. 电缆附件选型

1) 电缆终端头

依据国家电网有限公司十八项反措“979 号文件”第 13.1.1.3 条规定，人员密集区域或有防爆要求场所的应选择复合套管终端。110kV 及以上电压等级电缆线路不应选择户外干式柔性终端。

本工程推荐选用复合套管终端：导体标称截面 800mm²、额定电压 64/110kV、交联聚乙稀绝缘电力电缆用液体填充绝缘复合套管终端，外绝缘污秽等级 e 级。

电缆终端引下处采用户外电缆终端，电缆终端外绝缘采用复合外套充油形式，终端应能承受 2kN 的水平拉力，泄漏距离不小于 3860mm。

2) 电缆中间接头

110kV 中间接头采用全预制式，预制应力椎材料为三元乙丙橡胶，外保护盒型式为玻璃钢或铜壳。

3) 电缆护层过电压保护器

由电缆制造厂配套提供，并采用 Y0 式接地形式。

4) 接地电缆

本工程采用接地电缆作为电缆线路及其附件的过电压保护，接地电缆选用 240mm² 截面的单芯铜芯或同轴电缆作为接地电缆，设计电压为 10kV。

5) 接地箱

接地箱体外壳采用水磨石箱体，箱体具有防水、防腐功能；具体安装位置结合现场实际条件确定。“保护二合一”接地箱应装设有过电压保护器，并采用 Y₀ 式接地形式。

5) 避雷器

新设电缆在户外电缆终端塔终端支架上设置线路避雷器，终端塔处避雷器型号为 HY10WZ-102/266，避雷器安装在电缆平台上。

15.4. 电缆敷设方式

本工程新设电缆线路主要采用排管敷设，局部采用沟槽敷设。

1) 电缆排管

本工程新设 15+2 孔、9+2 孔、4+1 孔排管，电缆保护管采用 Φ200mm 壁厚 16mm 的 MPP 管材，通讯导管采用内径 Φ100mm 壁厚 8mm MPP 管材，一般顶部覆土为 1.0m。

2) 电缆沟槽

本工程电缆上塔前有少量电缆采用沟槽敷设，直线段采用预制沟槽，转弯段采用现浇沟槽。沟槽顶部盖板覆土一般为 1.0m，沟槽内敷设电缆，并充填细砂，电缆蛇形敷设每 6 米为一段，利用沙袋垫在波峰处支撑，单回电缆沟槽采用“一字形”布置方案，双回电缆沟槽采用“品字形”布置方案。

15.5. 过电压保护、接地、分段

1) 电缆护套过压保护

根据《交流电气装置的接地设计规范》（GB 50065-2011）的要求，单芯电缆线路的金属护套或屏蔽层，在线路上至少有一点直接接地，且在金属护套或屏蔽层上任一点非接地处的正常感应电压应满足以下要求：未采取人员能任意接触金属护套或屏蔽层的安全措施时，在正常满负荷情况下，不得大于 50V；采取能防止人员任意接触金属护套或屏蔽层的安全措施时，在正常满负荷情况下，不得大于 100V。

2) 接地

本工程电缆在终端平台上时，接地电缆与平台接地相连。

本工程采用接地电缆作为电缆线路及其附件的过电压保护，接地线应尽量短，一般情况下单根长度不超过 15m 为宜。

3) 电缆分段

综合考虑减少电缆运行损耗及运行安全因素，本工程新设电缆大段采用一段直接接地另外一端保护接地的接地方式。

15.6. 电缆互层感应电压

本工程电缆 800mm² 截面单根最大长度约 583m。经计算，金属护层上任一点非接地处金属护层正常感应电压不超过 100V，均能满足规程规范要求。

15.7. 电缆防火设计

为确保电力电缆安全运行，本工程电缆采用具有 C 级阻燃性能的交联聚乙烯电缆，全线不需单独设置防火分区及设施。

15.8. 通讯干扰

通过调查沿线情况，不存在影响通讯的问题。

15.9. 电缆登杆塔

新建电缆独立支架距铁塔脚垂直高度 6.0m 处，预留检修平台；110kV 电缆终端采用引下线方式直接引下。110kV 终端平台上电缆终端头置于最外侧，中间为避雷器，靠近塔身侧为悬吊式耐张绝缘子串。电缆由电缆终端平台引上，与架空线连接，电缆

使用铝合金卡箍（内加橡胶衬垫）固定在电缆引上支架上，每相电缆固定 3 处。

15.10. 电缆土建设计

（1）电缆构筑物设计原则

电缆构筑物的设计使用年限为 50 年，安全等级为二级；抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.2g，建筑抗震设防分类为丙类；防水等级为二级。

（2）电缆沟槽

1) 沟槽结构形式

电缆沟槽的设计汽车荷载依据《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60—2015）取为 550kN。

单回沟槽内宽为 1000mm，内高为 400mm；双回沟槽内宽为 1200mm，内高为 700mm；盖板、两侧壁厚及底板均为 150mm。

沟槽采用现浇钢筋混凝土沟槽。

沟槽盖板均为预制钢筋混凝土盖板。

2) 沟槽材料

电缆沟槽采用强度等级为 C40 级的混凝土。

水泥采用普通硅盐水泥。

钢筋采用 HPB300、HRB400 级钢材。

垫层采用 C25 级细石混凝土。

（3）电缆排管

1) 排管结构形式

电缆排管的设计汽车荷载依据《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60—2015）取为 550kN。

电缆保护管规模为 15+2 孔、9+2 孔、4+1 孔，电缆排管采用钢筋混凝土包封，内径为 200mm 电力保护管，通讯管为内径 100mm 的保护管。

2) 排管材料

排管采用普通硅酸盐水泥，混凝土均采用强度等级为 C40 级混凝土。

钢筋采用 HPB300 和 HRB400 级钢。

垫层采用 C25 级细石混凝土。

（4）电缆工井

电缆工井采用现浇钢筋混凝土型式，工井边板、顶板及底板厚均为 250mm，工井

端墙上预留孔洞连接电缆排管。工井井盖采用具有五防功能的新型智能井盖。

电缆工井采用强度等级为 C40 级的抗渗混凝土（抗渗标号为 P6），水泥采用普通硅酸盐水泥，钢筋采用 HPB300 和 HRB400 级钢，垫层采用 C25 级细石混凝土。

工井采用内防水，防水等级为二级，采用 2 层水泥基防水渗透结晶涂料。

工井设置防坠网。

15.11. 基坑支护、地基处理及降水

根据本次勘察成果分析，拟建电缆线路沿线场地表层填土主要为第 1-2 层素填土，其工程性质差，不能利用，建议将其彻底清除，超挖部分应回填素土或土石屑并分层碾压或夯实至槽底标高。

拟建电缆沿线场地地下水位埋深较浅，基槽开挖前建议采取必要的降排水措施，先将地下水位降至坑底以下 0.50~1.00m 后再开挖基槽，避免地下水对基槽开挖造成不利影响。

施工期间若基槽开挖深度不大且沟槽场地及周边条件允许，可考虑采用放坡开挖方案；若基槽开挖深度较大、周围环境较为复杂、距离既有建（构）筑物及地下管线较近或者场地条件不允许，基槽开挖建议采用必要的支护措施，避免基槽开挖对场地及周边环境造成不利影响。

15.12. 附属设施

在新设电缆路径上，一般路径敷设电缆设置电缆标识警示牌。在电缆终端处加设电缆线路铭牌、相序牌。

16. 对电信线路和无线电台站的影响及其防护

16.1. 设计依据

根据国标 GB6830-86《电信线路遭受强电线路危险影响的容许值》、电力行业标准（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》、四部关于《防止和解决电力线路对通信信号线路危险和干扰影响的原则协议》及四部一局颁发的《架空电力线与弱电线路接近和交叉装置规程》进行设计。

16.2. 系统短路电流

本线路的短路电流根据我院系统专业提供的单相接地短路电流资料进行计算。

16.3.沿线通信线影响情况

根据搜资及踏勘了解，沿途通信线大多沿公路架（埋）设且为光缆，并在地面均有明显标识、标记。

本工程各路径方案与有关通信线路交叉角度均能满足有关规程、规定的要求，通信线路受本线路的影响较小，对路径方案无影响。

因三级通信线不影响线路路径的选择，不作叙述，待工程到施工图阶段，对影响塔位的三级通信线作迁移考虑。

16.4.对其它设施的影响及防护

本线路设计方案的无线电干扰水平均小于国家标准，路径方案附近无机场、雷达及其它无线电设施，不构成对其的无线电干扰影响。

17.环境保护与水土保持

17.1.电磁环境影响及控制措施

17.1.1. 高压线可听噪声对环境的影响

经计算，采用单根 400mm^2 导线，雨天、距边线 20m 处的可听噪声值低于 55dB 的限值要求。而且，高压线的可听噪声值随距线路距离的增加呈对数关系衰减，因此噪声对居民环境已基本上没有影响。

17.1.2. 电磁影响及地面场强的预防

本工程线路不跨越长期住人的房屋，受交跨影响，导线对地距离较高，又采用了逆相序布置等措施，因此地面场强低于 4kV/m 。若在局部特殊地带出现不能满足 4kV/m 要求的，需按拆除处理。

18.劳动安全

18.1.劳动安全与卫生要求

线路工程应满足国家规定的有关防火、防爆、防尘、防毒及劳动安全与卫生等要求。

在线路施工和运行检修时，应遵守《国家电网公司电力安全工作规程（线路部分）》中的有关规定，防止由邻近输电线路产生电磁感应电压而引起的人身安全事故；邻近线路在运行和维修时也应遵守《国家电网公司电力安全工作规程（线路部分）》中的

有关要求做好安全防护措施。

在线路高空作业过程中，应按《国家电网公司电力安全工作规程（线路部分）》有关规定，落实好安全措施，确保安全施工。

在架线等施工过程中，按有关规定，落实好安全、警示措施，确保安全施工

18.2.安全措施

18.2.1. 居住、供水及传染病控制

由于线路的施工人员一般均分散居住在沿线各居民点，可饮用当地可靠的饮用水。为避免或预防疾病的发生，通常可自备常规药物。一旦出现传染病，可用车辆送往医院治疗。

18.2.2. 电伤

本工程存在交叉跨越的电力线、配电线，所以在本工程线路塔位基础开挖时，对于平行接近较近的地段可采取人工开挖方式，以防止对相邻线路造成危害。在放线、架线过程中，须采取相应的防静电措施，特别是跨越高压电力线时，应有可靠的接地措施。

18.2.3. 高空作业

组塔和架线等高空作业（特殊工种），施工人员除持有登高作业证外，尚必需配有安全带和安全帽等安全用品并应采取其他必要的安全措施，以避免高空坠落，造成伤亡。

18.2.4. 防火、防爆

当采用放闷炮形式来开挖塔位基础时，施工公司要贮备少量的雷管和炸药（系危险品）。为确保安全，从购置、运输、贮存、直到使用等，均严格遵照国家有关规定执行。公司通常设有仓库，并由专人负责，加强管理，以确保安全。

另外，易发生火灾或易引起爆炸的场所，如工区冬季屋内使用部分电暖设备、工区油品贮备场所以及电焊机使用地等，均需重视。要加强管理，安全操作，采取必要安全措施以杜绝火灾和爆炸事故的发生。

19. 运行维护

19.1. 配备的交通工具及检修工具、备品备件

本工程交通工具和检修工具按技经定额计列一定费用。项目划分及费用构成依据

中华人民共和国国家发展和改革委员会于2007年7月26日颁发的《电网工程建设预算编制与计算标准》进行项目划分与费用组成。

工程所需材料在计列概算时考虑一定的损耗，不考虑备品备件。

19.2.运行维护和检修的通信方式和设备

送电线路的运行维护和检修具有流动性大、活动范围广等特点。为了方便送电线路的运行维护和及时迅速地检修线路，需要配置与之相适应的通信设备。无线移动通信以其设备少、重量轻、操作简单、使用方便、可靠性高、组网灵活等特点，很好地满足了线路运行维护和检修的通信要求。因此，本设计采用无线移动通信组成线路运行维护通信系统来完成线路运行维护和检修人员之间以及线路运行维护和检修人员与保线站和运行管理部门的通信联系。

20.全过程机械化施工

贯彻落实“机械化、模块化”施工的建设要求，本工程很重视机械化施工的设计方案，从设计、基础施工、临建道路修建、物料运输、铁塔组装、架线施工、接地敷设等多个方面进行考虑。

20.1.地形地貌及交通条件

线路路径的选取应使线路路径尽可能靠近现有国道、省道、县道及乡村公路。同时考虑到施工能力，合理选择交叉跨越点，连续牵张长度不宜过大。

本工程投标选线时充分考虑线路交通和运输条件，路径尽量靠近津围公路、唐通公路及县道、村道等。

20.2.塔位选择

结合现有道路、地形和施工机械的能力，塔位选在方便摆放施工机械的地形，方便机械运输及进场，节约设备转场的费用；杆塔均采用桩基础，保证旋挖钻机连续施工，方便施工、节省造价。

20.3.基础选型设计

本工程采用了灌注桩基础、群桩基础等多种方式组合。对于基础作用力相近的基础进行桩径归并，方便施工。

20.4.接地敷设

本工程接地装置选择，灌注桩基础型式采用自然接地方式。方便施工，节省投资。

20.5.杆塔选型设计

本工程铁塔选用了国网公司的 110-ED21S、110-EC21GD 典设模块。

20.6.全过程机械化施工的施工组织设计

根据全过程机械化施工的要求，对本工程的机械化施工组织措施、施工综合进度、施工网络图、保证机械化施工安全的措施、保证工程质量的措施等进行了编制，以期满足全过程的机械化施工要求。

20.7.综合效益

本工程全线采用机械化施工，大量机械设备的投入，使得施工工期缩短，并有效地减少了人工数量，降低人工成本。安全、质量管理能得到显著提升，综合效益显著。

21. 工程安全风险预控

21.1.执行依据

下述法规、规范和文件在工程建设过程中应予以严格执行，并作为本部分内容的编制依据：

- 1) 《建设工程安全生产管理条例》（中华人民共和国国务院令第 393 号，2003 年 11 月 24 日发布）；
- 2) 《电力建设工程施工安全监督管理办法》（国家发改委第 28 号令，2015 年 10 月 1 日起施行）；
- 3) 《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房城乡建设部令第 37 号，2018 年 3 月 8 日发布）；
- 4) 《电力建设安全工作规程 第 2 部分 电力线路》（DL 5009.2-2013）；
- 5) 《输变电工程建设施工安全风险管理规定》（Q / GDW 12152-2021）。

21.2.工程灾害风险分析及防措

工程选线（选址）方案涉及区域内自然灾害情况分析，见下表：

表 21.2-1 自然灾害风险和防灾措施表

序号	工程所在区域存在自然灾害风险情况	对工程建设安全影响	工程抗灾能力	工程防灾优化方案及措施
1	无			
2				

3				

工程建设可能引发灾害风险情况分析，见下表：

表 21.2-2 工程建设引发地质灾害风险和防灾措施表

序号	工程建设引发地质灾害风险情况	灾害风险可能导致的后果	灾害防治方案
1	基坑开挖可能引起的地质灾害	基坑（坑壁）坍塌	放坡开挖，设置护壁、排桩、支撑、地下连续墙等基坑支护措施。
2			
3			

21.3.新技术、新设备、新材料等工程灾害风险分析及防控

本工程推荐采用的新技术、新工艺、新流程、新设备、新材料和特殊结构及安全措施建议如下表：。

表 21.3-1 采用“五新”、特殊结构的安全风险和防范措施表

新技术、新工艺、新流程、新设备、新材料和特殊结构的名称	是否可能导致安全风险（是/否）	风险可能导致的后果	保障施工作业人员安全和预防生产安全事故的措施建议
无			

本工程推荐采用的新技术、新工艺、新流程、新设备、新材料和特殊结构与现行相关技术规范或标准规定的符合性情况如下表所示：

表 21.3-2 采用“五新”和特殊结构与技术规范或标准规定的符合性表

新技术、新工艺、新流程、新设备、新材料和特殊结构的名称	涉及相关技术规范或标准规定名称	与技术规范或标准规定的符合性	不符合时进行的专题技术论证及报送主管部门批准情况
无			

21.4.施工安全风险和防护措施

本工程可能涉及的施工安全风险（重点部位、环节）见下表，在施工过程中应予以足够重视，并按《国家电网公司输变电工程施工安全风险识别评估及预控措施管理办法》（国网[基建/3]176）采取有效预控措施，确保工程和人员安全。

表 21.4-1 工程施工安全风险分析（公共部分）

序号	风险编号	工序	风险可能导致的后果	风险级别	风险控制关键因素	工程情况	专业识别
1	01000000	公共部分					
2	01010000	施工用电布设					
3	01010001	施工现场用电布设	触电、火灾、高处坠落其它伤害	3	人员异常、近电作业	执行	综合
4	01010002	发电机的使用和管理	触电火灾	4		执行	综合
5	01020000	植被恢复					
6	01020001	植被种植、恢复	触电物体打击其他伤害	5		执行	结构

表 22.4-2 工程施工安全风险分析（架空线路部分）

序号	风险编号	工序	风险可能导致的后果	风险级别	风险控制关键因素	工程情况	专业识别
1	04000000	架空线路工程					
2	04010000	项目驻地建设					
3	04010100	驻地临建					
4	4010101	临建搭拆	坍塌 高处坠落	4		执行	综合
5	04010200	医疗保障和高原生活安全					
6	04010201	高海拔地区施工后勤保障	窒息 高原反应疫情传播	4			综合
7	04020000	架空线路复测					
8	04020001	架空线路复测	中毒火灾淹溺物体打击高处坠落	4		执行	综合
9	04030000	土石方工程					
10	0403010	一般土石方开挖					

序号	风险编号	工序	风险可能导致的后果	风险级别	风险控制关键因素	工程情况	专业识别
	0						
11	04030101	设计坑深小于 5m 一般土石方人工开挖	坍塌 机械伤害 高处坠落物体打击	4		执行	结构
12	04030102	设计坑深大于等于 5m 深基坑一般土石方人工开挖	坍塌窒息中毒 高处坠落物体打击	3	人员异常、环境变化、地质异常		结构
13	04030103	一般土石方及掏挖基础机械开挖	坍塌 机械伤害	4			结构
14	04030200	掏挖基础基坑开挖					
15	04030201	设计坑深小于 5m 的掏挖基础人工开挖	坍塌 高处坠落物体打击	4			结构
16	04030202	设计坑深大于等于 5m 的掏挖基础人工开挖	坍塌窒息中毒 高处坠落物体打击	3	人员异常、环境变化、地质异常		结构
17	04030300	岩石基坑开挖					
18	04030301	岩石基础人工成孔	窒息中毒 物体打击 高处坠落	4	人员异常、环境变化、地质异常		结构
19	04030302	岩石基础机械钻孔	中毒触电 机械伤害 物体打击 高处坠落	4			结构
20	04030303	岩石基础爆破作业	窒息中毒爆炸 物体打击 高处坠落	2	人员异常、设备异常、环境变化、地质异常		结构
21	04030400	特殊基坑开挖作业					
22	04030401	泥沙、流沙坑特殊基础开挖	坍塌触电	4			结构
23	04030402	水坑、沼泽地基坑开挖	坍塌触电淹溺	4			结构
24	04030403	冻土基坑开挖	坍塌中毒触电	4			结构
25	04030404	大坎、高边坡基础开挖	坍塌触电 高处坠落物体打击	3	人员异常、地质异常		结构
26	04030500	机械冲、钻孔灌注桩基础作业					

序号	风险编号	工序	风险可能导致的后果	风险级别	风险控制关键因素	工程情况	专业识别
27	04030501	机械冲、钻孔灌注桩基础作业	坍塌 机械伤害物体打击	4			结构
28	04030600	锚杆基础作业					
29	04030601	锚杆基础作业	触电 机械伤害	4			结构
30	04030700	人工挖孔桩基础作业					
31	04030701	设计坑深小于 16m 的人工挖孔桩基础作业	触电中毒窒息坍塌 高处坠落物体打击	3	人员异常、环境变化、地质异常		结构
32	04030800	高压旋喷桩基础作业					
33	04030801	高压旋喷桩基础作业	触电 物体打击 高处坠落机械伤害其他伤害	4			结构
34	04040000	钢筋工程					
35	04040001	钢筋加工	触电火灾爆炸 机械伤害物体打击	4		执行	结构
36	04040002	钢筋绑扎安装作业	窒息 高处坠落物体打击	4		执行	结构
37	04040003	钢筋及声测管绑扎安装作业（设计坑深大于等于 5m 的掏挖基础、设计坑深小于 16m 的人工挖孔桩基础等）	中毒窒息 高处坠落物体打击	3	人员异常、环境变化、地质异常		结构
38	04050000	工地运输					
39	04050001	人力、车辆或畜力运输（含栈桥搭设、拆除施工）	坍塌淹溺 机械伤害物体打击 交通事故其他伤害	4		执行	综合
40	04050002	水上运输	淹溺 物体打击其他伤害	3	人员异常、环境变化、气候变化		综合
41	04050003	金属索道架设及运输	坍塌 机械伤害物体打击高处坠落	3	人员异常、设备异常、环境变化		综合

序号	风险编号	工序	风险可能导致的后果	风险级别	风险控制关键因素	工程情况	专业识别
42	04050004	木质索道架设及运输	坍塌 机械伤害 物体打击 高处坠落	2	人员异常、设备异常、环境变化		综合
43	04060000	基础工程					
44	04060100	模板施工					
45	04060101	高度在 2m 到 8m 或跨度 10m 及以上模板安装和支护	坍塌 物体打击	3	人员异常、环境变化、地质异常		结构
46	04060102	高度 8m 及以上或跨度 18m 及以上的模板支护	坍塌 物体打击	2	人员异常、环境变化、地质异常		结构
47	04060200	作业平台搭设					
48	04060201	搭设平台（跨度或高度大于 2m）	坍塌 高处坠落	3	人员异常、地质异常		结构
49	04060300	混凝土浇筑					
50	04060301	混凝土浇筑作业	触电 火灾 中毒窒息 物体打击 高处坠落 机械伤害 其他伤害	4		执行	结构
51	04070000	接地工程					
52	04070001	开掘敷设和焊接回填	火灾 物体打击 其他伤害	4		执行	结构
53	04080000	杆塔施工					
54	04080100	水泥杆施工					
55	04080101	水泥杆施工	爆炸 火灾 物体打击 机械伤害	3	人员异常、设备异常、环境变化、交叉作业		结构
56	04080200	钢管杆施工					
57	04080201	钢管杆起重机械吊装	物体打击 机械伤害	4			结构
58	04080300	角钢塔（钢管塔）施工					

序号	风险编号	工序	风险可能导致的后果	风险级别	风险控制关键因素	工程情况	专业识别
59	04080301	附着式外拉线抱杆分解组立	物体打击 机械伤害 高处坠落	3	人员异常、设备异常、环境变化、交叉作业		结构
60	04080302	内悬浮外拉线抱杆分解组塔	物体打击机械伤害 高处坠落	3	人员异常、设备异常、环境变化、交叉作业		结构
61	04080303	内悬浮内拉线抱杆分解组塔	物体打击机械伤害 高处坠落	2	人员异常、设备异常、环境变化、交叉作业		结构
62	04080304	整体立（杆）塔施工	机械伤害物体打击 其他伤害	4			结构
63	04080305	落地通天抱杆分解吊装组立（带摇臂）	机械伤害物体打击 高处坠落	3	人员异常、设备异常、环境变化、地质异常、交叉作业		结构
64	04080306	落地通天抱杆分解吊装组立（不带摇臂）	机械伤害物体打击 高处坠落	3	人员异常、设备异常、环境变化、地质异常、交叉作业		结构
65	04080307	流动式起重机立塔（塔高 60 米及以下）	机械伤害物体打击 高处坠落	4			结构
66	04080308	流动式起重机立塔（塔高 60 米以上）	机械伤害物体打击 高处坠落	3	人员异常、设备异常、环境变化	执行	结构
67	04080309	杆塔螺栓复紧与消缺	物体打击高处坠落	4		执行	结构
68	04080400	临近带电体组立塔					
69	04080401	临近带电体组立（杆）塔	触 电 高处坠落 机械伤害物体打击	2	人员异常、设备异常、环境变化、近电作业、交叉作业	执行	结构
70	04090000	架线施工					

序号	风险编号	工序	风险可能导致的后果	风险级别	风险控制关键因素	工程情况	专业识别
71	04090100	跨越公路、铁路、航道作业					
72	04090101	一般跨越架搭设和拆除（全高 18m 以下）	倒塌触电高处坠落物体打击公路通行中断	4			电气
73	04090102	一般跨越架搭设和拆除（全高 18m 及以上至 24m 以下）	倒塌触电高处坠落物体打击公路通行中断	3	人员异常、环境变化、气候变化、地质异常	执行	电气
74	04090103	一般跨越架搭设和拆除（全高 24m 及以上）	倒塌触电高处坠落物体打击公路通行中断	2	人员异常、环境变化、气候变化、地质异常		结构
75	04090104	无跨越架封网（使用防护网）	停航淹溺高处坠落	3			电气
76	04090105	跨越 2 级及以上公路封网、拆网	倒塌物体打击公路通行中断	3	人员异常、环境变化、气候变化、地质异常		电气
77	04090106	跨越高速 公路封网、拆网	倒塌 高处坠落物体打击公路通行中断	2	人员异常、设备异常、环境变化、气候变化		电气
78	04090107	跨越铁路封网、拆网	倒塌触电电铁停运高处坠落	2	人员异常、设备异常、环境变化、气候变化	执行	电气
79	04090200	跨越（或同塔）架设架设电力线					
80	04090201	跨越 66kV 以下带电线路作业	触电 高处坠落电网事故物体打击	3	人员异常、设备异常、环境变化、气候变化、近电作业		电气
81	04090202	跨越 66kV 及以上带电线路作业	触电 高处坠落电网事故物体打击	2	人员异常、设备异常、环境变化、气候变化、近电作业		电气
82	04090203	110kV 及以上带电线路同塔扩建第二回，另一回不停电作业	触电 高处坠落电网事故物体打击	2	人员异常、设备异常、环境变化、气候变化、近电作业、交叉作		电气

序号	风险编号	工序	风险可能导致的后果	风险级别	风险控制关键因素	工程情况	专业识别
					业		
83	04090300	绝缘子挂设					
84	04090301	挂绝缘子及放线滑车	高处坠落机械伤害 物体打击	4		执行	电气
85	04090400	导引绳展放					
86	04090401	人力展放导引绳	物体打击	4		执行	电气
87	04090402	无人直升机展放导引绳	坠机火灾触电 高处坠落物体打击 机械伤害	4		执行	电气
88	04090500	导地线展放					
89	04090501	导地线展放	坠机火灾触电 高处坠落物体打击 机械伤害起重伤害 其他伤害	3	人员异常、 设备异常、 环境变化、 交叉作业	执行	电气
90	04090502	导地线展 放（内含二级风险跨越）	坠机火灾触电 高处坠落物体打击 机械伤害其他伤害	2	人员异常、 设备异常、 环境变化、 交叉作业	执行	电气
91	04090600	紧线、挂线作业					
92	04090601	紧线、挂线作业	触 电 机械伤害高 处坠落物体打击起 重伤害其他伤害	3	人员异常、 设备异常、 交叉作业	执行	电气
93	04090602	紧线、挂线作业（内含二级风险跨越）	触 电 机械伤害高 处坠落物体打击起 重伤害其他伤害	2	人员异常、 设备异常、 交叉作业	执行	电气
94	04090700	杆塔附件安装					
95	04090701	附件安装	触 电 机械伤害高 处坠落物体打击	3	人员异常、 设备异常、 交叉作业	执行	电气
96	04090702	附件安装（内含二级风险跨越）	机械伤害高处坠落 物体打击触电	2	人员异常、 设备异常、 交叉作	执行	电气

序号	风险编号	工序	风险可能导致的后果	风险级别	风险控制关键因素	工程情况	专业识别
					业		
97	0410000 0	线路防护工程					
98	0410000 1	线路防护作业	火 灾 物体打击其他伤害	4		执行	综合
99	0411000 0	线路拆旧					
100	0411000 1	线路拆旧	触电火灾 机械伤害高处坠落 电网事故物体打击	2	人员异常、 设备异常、 环境变化、 交叉作业	执行	综合
101	0412000 0	中间验收					
102	0412000 1	杆塔、架线验收消缺	杆塔、架线验收消缺	4		执行	综合
103	0412000 2	线路参数测量	触 电 高处坠落	4		执行	综合

22. 线路工程设计技术助力“双碳”落实情况

22.1. 执行依据

国网天津市电力公司关于加强输变电工程设计技术助力“双碳”落实的通知（津电建设〔2021〕48号）。

22.2. 线路工程设计技术助力“双碳”落实规定清单

序号	专业	技术措施	执行情况
1	线路电气	1. 新建工程架空线路合理使用节能导线。（一般情况可采用钢芯高导电率铝绞线，沿海腐蚀地区可采用铝包钢芯铝绞线）	新设架空线路采用 JL/LB20A -630/45 铝包钢芯铝绞线
		2. 架空线路应采用非铁磁材料金具，单芯电缆的夹具及保护管应选用非铁磁材料。	架空线路金具采用铝合金耐磨金具，电缆夹具采用铝合金抱箍
		3. 电缆通道在绿化带内时，覆土应充分考虑恢复绿化植被的要求。	程新设电缆沟槽排管覆土不小于 1m，建设完成后不影响绿化植被的恢复
		4. 线路避让林木密集区、经济作物区，若避让困难，应考虑按高跨设计，减少通道砍伐。	新设架空线路跨越林带采用高跨设计

		6. 工程设计材料量应合理控制裕量，减少材料浪费及损耗。	设计材料量根据材料类型不同严格控制裕量
		7. 采用同塔多回路技术，在同一走廊内尽量布置多回输电线路，高效利用土地，提高空间的使用率。对同一通道电缆回路数较多时，可采用电缆排管或隧道敷设，提高线路走廊的利用率，减少占地。	新设架空线路采用同塔双回设计
2	线路结构	1. 新设计杆塔（非通用设计杆塔）优先采用 Q420 高强度钢，减少钢材耗量。	新设杆塔均采用高强度钢杆塔
		2. 积极采用灌注桩基础、掏挖基础等原状土基础，减少对原状土的开挖破坏。	新设杆塔均为灌注桩基础
3	综合	1. 新建输变电工程采用三维设计技术。	线路较短，不执行。

23. 主要工程量统计

架空部分主要设备材料

序号	材料名称		单位	数量	备注
1	导线	JL/LB20A-400/35	t	3.03	单回路 363 米，双回单侧挂线路 347 米
2	导线	JL/LB20A-400/35	t	0.566	电缆终端引线
3	杆塔	110-ED21S-Z1-21	基	1	
4	杆塔	110-ED21S-DJ-21	基	1	
5	杆塔	双回电缆终端钢管杆	基	0	
6	杆塔	单回耐张钢管杆	基	1	
7	杆塔	单回电缆终端钢管杆	基	5	
8	接地钢材	铁塔 (TF-1)	套	2	铜覆钢材质（81.47kg/套）
9	接地钢材	钢管杆 (TF-2)	套	6	铜覆钢材质（31.67kg/套）
10	接地钢材	独立平台接地	套	8	铜覆钢材质（22.69kg/套）
11	导线耐张串	导线耐张绝缘子串组装图（110DN1）	串	45	适用于 400/35 导线、300/40 导线，4 个架构
12	悬垂串	导线悬垂绝缘子串组装图（110DX1）	串	3	
13	跳线串	导线跳线绝缘子串组装图（110TX1）	串	9	
14	绝缘子	FXBW-110/70-2	支	12	
15	绝缘子	FU70BP/146DB	片	810	
16	绝缘子	UE70CN	个	16	进线档
17	耐张线夹	NY-300/40	个	6	试验用
18	耐张线夹	NY-400/35	个	6	试验用

19	液压线夹引流板	NY-400/35	个	3	用于现状 15#塔
20	防振锤	FDYJ-3/5	个	15	适用于 300/40 导线
21	防振锤	FDYJ-4/5	个	12	适用于 400/35 导线
22	重锤片	FZC-15Y	个	27	
23	铝包带	保护金具-铝包带, 1mm×10mm	米	90	单米重 0.027 千克, 单串用 0.27 千克
24	防鸟刺		只	90	
25	旋转风车式驱鸟器		只	60	
26	驱鸟挡板		m²	7.5	
27	间隔棒	相间间隔棒	只	14	
28	导线金具串	导线下引串 (DNX-1)	串	18	
29	导线金具串	导线上引串 (DNS-1)	串	18	
30	附属设施	杆塔号牌	块	48	
		相序牌	块	36	
		线色牌	块	6	
		警示牌	块	32	

OPGW 部分主要设备材料

OPGW 光缆部分材料					
序号	材料名称		单位	数量	备注
1	OPGW 地线	48 芯 OPGW 光缆	千米	3	2 根路径 634 米
2	OPGW 耐张串	48 芯 OPGW 用	串	30	
3	光缆余缆架	塔用	个	4	
4	光缆接头盒	OPGW-48 芯, 塔用	个	4	
5	光缆卡具	塔用	个	54	
6	光缆余缆架	钢管杆用	个	24	
7	光缆接头盒	OPGW-48 芯, 钢管杆用	个	24	
8	光缆卡具	钢管杆用	个	264	
9	防振金具		套	24	

电缆部分主要设备材料

序号	名称	型号	单位	数量	备 注
1	电缆	ZC-YJLW03-Z-64/110kV-1×800mm²	m	7741	路径长 2263 米
2	电缆终端	1×800, 户外终端, 复合套管, 铜	套	33	
3	电缆中间接头	110kV 电缆中间接头, 630 转 800 截面, 绝缘接头, 铜	只	3	异型接头
4	户外避雷器	HY10WZ2-102/266 (复合)	只	24	(含放电计数器)
5	接地箱	保护二合一接地箱	座	1	
6	保护器	户外-护层保护器	个	4	终端杆用

7	接地电缆	240mm ² 截面，单芯	m	240	
8	接地电缆	240mm ² 截面，同轴电缆	m	45	
9	电缆保护管	MPP，DN200	m	99	电缆平台引上用
10	排管（15+2 孔）	MPP 材质 DN200	m	6095	路径长 387 米覆土 1 米
11		MPP 材质 DN100	m	813	
12	排管（9+2 孔）	MPP 材质 DN200	m	3015	路径长 272 米覆土 1 米
13		MPP 材质 DN100	m	670	
14	排管（4+1 孔）	MPP 材质 DN200	m	428	路径长 102 米覆土 1 米
15		MPP 材质 DN100	m	107	
16	拉管（8+2 孔）	MPP 材质 DN200	m	2629	路径长 313 米，外套钢管
17		MPP 材质 DN100	m	329	
18	电缆标志带	500mm	m	2135	
19	电缆警示桩	环氧树脂	个	55	用于绿化
20	电缆封堵	防水、防渗、防火	处	244	每孔 3kg
21	电缆沟槽	0.4m*1.0m	米	396	
22	电缆沟槽	0.7m*1.2m	米	143	
23	短 T 井	2.0×1.9×10m	座	2	含智能井盖及防坠网
24	直线井	2.0×1.9×8m	座	2	含智能井盖及防坠网
25	短 T 井	2.3×1.9×12m	座	4	含智能井盖及防坠网
26	直线井	2.3×1.9×8m	座	1	含智能井盖及防坠网
27	直线井	2.3×1.9×12m	座	1	含智能井盖及防坠网
28	转角井	2.0×1.9×7.5m（70°）	座	3	含智能井盖及防坠网
29	转角井	2.3×1.9×7.5m（70°）	座	1	含智能井盖及防坠网
30	终端头标志牌		块	33	
31	电缆走向牌		块	72	用于工井内
32	电缆相序牌		块	33	
33	电缆平台	旁立式电缆平台含护栏	座	5	
34	电缆平台	旁立式电缆平台含护栏	座	3	6 个电缆终端
35	T 型线夹	TY-400/35	个	33	
36	设备线夹	铜铝过渡设备线夹 SYG-400/35B	只	33	
37	设备线夹	铜铝过渡设备线夹 SYG-400/35A	只	24	
38	电缆平台围栏	6m*8m*1.8m（硬质玻璃钢）	套	5	含 4 块警示牌含基础及地面硬化
39	电缆平台围	8m*10m*1.8m（硬质玻璃钢）	套	3	含 4 块警示牌含基础及

	栏				地面硬化
40	在线监拍装置		套	8	
41	故障定位装置	线路在线监测装置, 输电线路故障监测系统	套	8	
42	电缆	ZC-YJLW03-Z-64/110kV-1×800mm ²	米	15	现状电缆挖出利旧敷设

架空结构部分材料量

序号	材料名称型号		单位	数量
1	杆塔		基	8
		重量合计	t	104.9
2	基础（单桩, 8 基）	C50 混凝土	m ³	667.0
		HPB300、HRB400 基础钢材	t	47.7
		5.6/8.8 级地脚钢材	t	13.3
		C25 保护帽	m ³	6.5
		刷 HCPE 涂料	m ²	99.9
		HCPE 涂料	kg	43.5
		钢护筒	t	24.9
		阻锈剂	t	6.7
		粉煤灰	t	20.0
		磨细矿渣	t	46.7
3	防撞墙	C40 混凝土	m ³	32
		HPB300 钢筋	kg	2430
4	护坡	C40 混凝土	m ³	115.2
		HPB300 钢筋用量	kg	2303.2
		回填土体积	m ³	1152.7
5	拆除	杆塔角钢塔、钢杆 15 基	t	72.8
		拆除基础 15 基至地下 1m	m ³	142.3
		水泥杆	根	9
6	防坠落轨道	刚性轨道	m	221.6
		柔性轨道	m	153
		转向器	个	23
7	降水		台班	7

电缆结构部分材料量

序号	材料名称型号	单位	数量	备注
----	--------	----	----	----

1	电缆平台	重量	t	36.5	总量
2	电缆平台基础	C40 混凝土	m ³	328.7	
		HPB300/HRB400 钢材	t	26.3	
		5.6 级地脚螺栓	t	4.0	
		C15 保护帽	m ³	9.0	
		钢护筒	t	59.2	
		粉煤灰	t	3.9	
		磨细矿渣	t	9.9	
3	平台围栏		处	8	单延米量
4	单回沟槽（现浇）	C40 混凝土	m ³	0.51	
		HPB300、HRB400 钢材	kg	57.61	
		C25 垫层	m ³	0.15	
		沟内填砂	m ³	0.4	
		阻锈剂	kg	6.1	
5	双回沟槽（现浇）	C40 混凝土	m ³	0.66	单延米量
		HPB300、HRB400 钢材	kg	137.6	
		C25 垫层	m ³	0.17	
		沟内填砂	m ³	0.8	
		阻锈剂	kg	7.9	
6	1x4 排管	C40 混凝土	m ³	0.58	单延米量
		HPB300、HRB400 钢材	kg	32.90	
		C25 垫层	m ³	0.16	
		阻锈剂	kg	7.0	
7	3x3 排管	C40 混凝土	m ³	0.93	单延米量
		HPB300、HRB400 钢材	kg	37.3	
		C25 垫层	m ³	0.13	
		阻锈剂	kg	11.2	
8	3x5 排管	C40 混凝土	m ³	1.4	单延米量
		HPB300、HRB400 钢材	kg	48.0	
		C25 垫层	m ³	0.19	
		阻锈剂	kg	16.8	
9	工井（共 14 座）	C40 混凝土	m ³	424.0	总量

		HPB300、HRB400 钢材	t	80.4	
		Q235 埋件及支架	t	15.6	
		C25 垫层	m ³	52.7	
		阻锈剂	t	5.09	
		井盖	面	28	
		防坠网	个	28	
10	灰土换填		m ³	1082.8	
11	明排降水		台班	98	
12	毛石灌浆		m ³	6899.3	
13	钢板桩		t	719.1	
14	护坡	C25 混凝土	m ³	343.1	
		HPB300 钢筋	kg	6.9	
15	拉管	拉管后注浆	m ³	296.0	
		钢管	t	158.2	

拆除部分主要设备材料

序号	材料名称		单位	数量	备注
1	导线	JL/LB20A-300/40	t	8.69	路径 2.56 千米
2	地线	JLB20A-50	千米	1.89	路径 2.427 千米
3	杆塔	铁塔	基	7	
4	杆塔	双杆钢管杆	基	9	
5	悬垂串	110kV 导线悬垂串	串	9	
6	耐张串	110kV 导线耐张串	串	69	