

版本：A

电力行业（送电、变电）甲级

图号：SA06801P03C-A01-01

工程设计资质证书：A144000587

220千伏柔直至赤沙单回电缆线路 （傍海配套第一分册）工程

初步设计说明书

广州电力设计院有限公司

2025年03月 广州

220千伏柔直至赤沙单回电缆线路
（傍海配套第一分册）工程

初步设计卷册总目录

序号	卷册名称	卷册号
1	初步设计说明书及图纸	442-SA06801P03C
2	初步设计概算	442-SA06801P03C-E01

220 千伏柔直至赤沙单回电缆线路（傍海配套第
一分册）工程
初步设计说明书

批准：秦锋明

审核：何 岗 邱 涌 唐兴佳

校核：李文娟 张云燕 杨伟航 李彦雄

严晓玲

编写：张 旭 唐跃腾 叶 驰

目 录

1. 概述	1
1.1 设计依据	1
1.2 建设规模	2
1.3 设计范围	4
1.4 主要设计原则	4
1.5 主要技术特性	5
1.6 对调整可研评审意见的执行情况	6
1.7 工程造价	6
1.8 南网物资品类优化应用情况	7
1.9 送电线路绿色策划	7
1.10 闲置物资产生和再利用	7
2. 电力系统	7
2.1 工程简况	7
2.2 工程建设规模	8
2.3 本工程在系统中的地位和作用	8
2.4 本线路工程技术要求	8
2.5 短路电流计算	8
2.6 投产时间	9
3. 线路路径方案	9
3.1 概述	9
4. 电缆线路工程设想	11
4.1 电缆导体的输送容量	11
4.2 气象条件与土壤特性	11
4.3 电力电缆及其附件的选型	12
4.4 过电压保护、接地及分段	15
4.5 通信保护	17
4.6 敷设方式和电缆的支持与固定	17

4.7 电缆终端	19
4.8 土建部分	19
4.9 电缆通道附属设施	24
4.10 电缆通道防火设计	24
4.11 环境保护和劳动安全	24
4.12 施工组织、施工方案及安全防护措施	26
4.13 停电方案	27
4.14 其他说明	27
4.15 在线监控系统	27
5. 系统通信	28
5.1 系统接入方案及线路改造方案	28
5.2 与本工程相关光缆现状	29
5.3 光缆建设方案	30
5.4 光缆选型	31
5.5 临时通信方案	33
5.6 光缆共模分析	33
5.7 业务通道需求分析及组织方案	34
6. 强制性条文执行及南网反措	36
6.1 强制性条文	36
7. 绿色低碳电网建设说明及评价	36
8. 闲置物资分析及南网品类优化物资利用	37
8.1 架空输电线路部分	37
8.2 电缆线路部分	37
8.3 南网品类优化物资利用	37
9. 环境保护、水土保持	37
9.1 工程建设对周围环境的影响	37
9.2 施工期间的环境保护措施	37
9.3 水土保持	39

10. 项目的节能设计分析	42
10.1 系统节能设计分析	42
10.2 线路节能设计分析	42
10.3 节能评价	43
11. 职业健康与劳动安全	43
11.1 职业健康安全目标	43
11.2 职业健康与劳动安全措施	44
12. 附图及附件	46
12.1 附图	46
12.2 附件	46
12.3 附表	47

1. 概述

1.1 设计依据

1.1.1 任务依据

- a）广东电网有限责任公司广州供电局文件,广供电基〔2025〕13号,《关于傍海（番禺）站配套220千伏线路工程（第一分册）可行性研究的批复》，2025年2月13日；
- b）广州环城地下管廊建设投资有限公司，穗管廊运函〔2024〕15号,《关于220千伏天河棠下柔直背靠背工程电缆线路接入综合管廊征询意见的复函》，2024年3月5日；
- c）广州市中心区交通项目管理中心，穗中交管技〔2024〕586号,《广州市中心区交通项目管理中心关于征询220千伏柔直至赤沙电缆线路路径方案意见的复函》，2024年7月2日；
- d）广州市海珠区住房和城乡建设局，《广州市海珠区住房和城乡建设局对《关于征询220千伏柔直至赤沙电缆线路路径方案意见的函》复函》，2024年8月15日；
- e）广州市规划和自然资源局，穗规划资源业务函〔2024〕1071号，《广州市规划和自然资源局关于220千伏天河棠下柔直背靠背工程设计方案的复函》，2024年1月23日；

1.1.2 技术依据

《架空输电线路工程初步设计内容深度规定》	DL/T 5451-2012
（系统）	
《电力系统安全稳定导则》	GB 38755-2019
《电力系统技术导则》	GB/T 3896-2020
《电力系统电压和无功电力技术导则》	DL/T 1773/2017
《电力系统无功补偿及调压设计技术导则》	DL/T 5554-2019
《电力系统电气计算设计规程》	DL/T 5553-2019
《35kV~220kV变电站无功补偿装置设计技术规定》	DL/T 5242-2010
（电缆）	
《电力工程电缆设计标准》	GB50217-2018
《输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程》	
《城市工程管线综合规划规范》	GB 50289-2016

《城市电力电缆线路设计技术规定》	DL/T 5221-2016
《电缆防火措施设计和施工验收标准》	DLGJ154-2000
《高压电缆选用导则》	DL/T 401-2017
《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB50168-	
《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》	B50169-2016
《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》	GB/T50064-2014
《交流电气装置的接地设计规范》	GB/T50065-2011
《额定电压220kV（Um=252 kV）交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件》	GB/T 18890.1~3-2015
《架空线路及电缆安健环设施标准》	Q/CSC 1207002-2016
《35kV～500kV交流输电线路装备技术导则》	Q/CSG 1107003-2019
《建筑结构荷载规范》	GB 50009-2012
《混凝土结构设计规范》	GB 50010-2010
《砌体结构设计规范》	GB 50003-2011
《建筑设计防火规范》	GB50016-2014
《钢结构设计规范》	GB 50017-2003
(系统通信)	
《220kV～1000kV变电站通信设计规程》	DL/T5225-2016
《南方电网通信电源技术规范》	Q/CSG1204081-2020
《南方电网电力光缆技术规范》	Q/CSG 110003-2011
10kV～500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第七册：通信	Q/CSG 411002-2012
中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书 第7部分：通信	
广州供电局有限公司通信机房通信设备命名及标识技术规范	

1.2 建设规模

1.2.1 本送电工程建设规模

线路起迄点	220kV柔直至赤沙单回电缆线路 起点：柔直站 终点：赤沙站		
线路长度	新建220kV柔直至赤沙单回电缆线路路径长约6.86km，电缆线路长约7.135km		
电压等级	220kV	回路数	1回
电缆型号	YJLW02-Z 127/220 1×2500 YJLW02-Z 127/220 1×2500	电缆导体截面	2500mm ²
电缆金属护套接地方式	交叉互联两端直接接地、单点接地加回流线	污秽等级	e级污区
主要气象条件	最热月平均地温（25）℃（1m深）；（30）年一遇基本风速（29）m/s		
地震烈度	7度	年平均雷电日	81.35

1.2.2 工程各设计卷册

傍海配套第一分册工程在初步设计阶段共分为4个单项工程，具体如下表：

序号	工程编号	单项工程名称
1	442-SA06801P01C	220千伏磨碟洲解口沙儒线架空线路（傍海配套第一分册）工程
2	442-SA06801P02C	磨碟洲解口220千伏沙儒线双回电缆线路（傍海配套第一分册）工程
3	442-SA06801P03C	220千伏柔直至赤沙单回电缆线路（傍海配套第一分册）工程
4	442-SA06801P04C	220千伏傍海电力隧道工程（傍海第一分册）

本报告为220千伏柔直至赤沙单回电缆线路（傍海配套第一分册）工程单项工程内容，具体卷册安排如下：

序号	卷册编号	卷册名称
----	------	------

1	442-SA06801P03C-A01	初步设计说明书及综合图
---	---------------------	-------------

1.2.3 架空线路部分

本工程不涉及。

1.2.4 通信光缆部分

序号	名称	建设内容及规模
1	220kV光缆建设	随220kV柔直至赤沙单回电缆线路，敷设柔直-赤沙1条72芯管道光缆，单条光缆长度约为7.5km。

1.2.5 设计范围

本线路工程包括上述电缆送电线路的本体（含通信光缆）设计和对邻近通信线的保护设计。附属设备、巡检设施、备品备件等由运行单位自行选定和购置，其费用按有关规定在概算中开列。

1.3 设计范围

1.3.1 设计包括范围

本工程设计范围包括本期220千伏柔直至赤沙单回电缆线路电气、电缆敷设及辅助设施等设计，以及通信保护部分设计。主要为：

- a) 220 千伏柔直至赤沙单回电缆线路电气、通信保护部分设计，包括路径选择及工程设想。
- b) 220 千伏柔直至赤沙单回电缆线路配套系统通信部分设计，包括通信设备及通信光缆。
- c) 本项目的投资概算。

1.4 主要设计原则

1.4.1 主要设计原则

- a) 本期新建 220 千伏柔直至赤沙单回电缆导体截面采用 2500mm²。
- b) 按变电站电气专业设计，柔直站 220kV 配电装置采用 GIS 设备、赤沙站采用户外终端。
- c) 本工程电缆主要采取电力隧道、综合管廊、电缆沟、埋管的敷设型式。
- d) 本电缆线路与现状地下管线之间的水平、垂直间距需满足《电力工程电缆设计标

准》GB 50217-2018 要求。

e) 结合地区电网的现状和电网建设及规划的目标，对项目建设的必要性进行分析，按照安全、可靠、经济、灵活和可行的原则提出工程建设方案；

f) 线路路径选择应进行方案比较，优化线路走廊，工程设想尽量与典型设计协调一致。

g) 工程投资概算应做到尽量准确，经济评价应尽可能全面合理。

1.4.2 标准设计应用

本工程电缆线路部分现阶段暂无南网标准设计执行。

1.5 主要技术特性

a) 电缆线路部分

工程名称	220千伏柔直至赤沙单回电缆线路（傍海配套第一分册）工程		
起止点	220kV柔直至赤沙单回电缆线路 起点：柔直站 终点：赤沙站		
线路长度	新建220kV柔直至赤沙单回电缆线路路径长约6.86km，电缆长约1×7.135km		
电压等级	220kV	回路数	1回
电缆型号	YJLW02-Z 127/220 1×2500 GB/T 18890.2-2015 YJLW03-Z 127/220 1×2500 GB/T 18890.2-2015	电缆导体截面	2500mm ²
电缆金属护套接地方式	交叉互联两端直接接地、单点接地加回流线	污秽等级	e
主要气象条件	最高地温（h=1.0m）：30℃		
地震烈度	7度	年平均雷电日数	81.35
敷设方式	电力隧道、综合管廊、电缆沟、埋管		

1.6 对调整可研评审意见的执行情况

对调整可研评审意见的执行情况详见表 1.6。

表 1.6 对可研评审意见的执行情况

名称	可行性研究批复	初步设计
线路规模	棠下柔直站新建1回220kV线路至赤沙站，新建单回电缆线路路径长约7.08km，电缆线路长约1×7.44km。	路径方案基本与可研一致，初步设计优化了电缆路径长度和电缆预留长度，其余与可行性研究报告批复一致。
电缆选型	<p>(1) 气象条件</p> <p>电缆线路：最高环境温度40℃，最低环境温度0℃，平均地温25℃，无冰，土壤热阻系数1.2K•m/W。</p> <p>(2) 电缆选型</p> <p>本工程新建电缆线路采用交联聚氯乙烯绝缘皱纹铝套纵向阻水电力电缆，电缆铜导体截面采用2500mm²。</p> <p>(3) 电缆线路土建</p> <p>本工程主要利用电力隧道、电缆沟、埋管的敷设型式。</p> <p>(4) 通信保护设计方案</p> <p>本线路对邻近电信线路的电磁感应影响不超过容许值，无需采取特别防护措施。</p>	与可行性研究批复一致。

1.7 工程造价

根据本工程初设方案及概算编制范围，220 千伏柔直至赤沙单回电缆线路动态投资为 10254.19 万元，工程静态投资为 10084.36 万元。

本工程可研批复的估算投资中，审定的 220 千伏柔直至赤沙单回电缆线路动态投资为

10687.69 万元，初设概算比可研估算减少 433.50 万元。

220kV 柔直至赤沙单回电缆线路工程-管道光缆动态投资为 44.65 万元，工程静态投资为 43.91 万元。

本工程可研批复的估算投资中，220kV 柔直至赤沙单回电缆线路工程-管道光缆动态投资为 53.97 万元，初设概算比可研估算减少 9.32 万元。

详见 442-SA06801P03C-E01 概算书。

1.8 南网物资品类优化应用情况

本工程选用的甲供物资均符合基于标准设计和典型造价的南方电网公司基建一级物资品类优化规格型号清单的要求。

电缆线路部分：选用的甲供物资均符合南网物资品类优化。

1.9 送电线路绿色策划

本工程通过采取上述“四节一环保”措施，依靠科学技术降低消耗，合理利用资源，提高资源利用效率，切实保护生态环境。推广采用节地、节能、节水、节材、环保、降耗的先进技术设备和产品，有利于资源节约和综合利用，按南方电网一星级绿色电网项目标准要求设计。

1.10 闲置物资产生和再利用

a) 拆除固定资产

本工程无涉及拆除固定资产。

b) 闲置物资再利用

本工程无涉及闲置物资再利用。

2. 电力系统

2.1 工程简况

傍海（番南）站配套 220 千伏线路工程（第一分册）主要位于海珠区，属于广州市中南部电网，现状该区域主要由 500kV 广南站（3×1000MVA）及楚庭站（2×1000MVA）供电。2024 年高峰负荷期间，广州市最高负荷 24552MW，增速 7.8%，220 千伏容载比 2.03，广南站最高负载率 78%，楚庭站最高负载率 76%。该项目对于为提升广州中南部电

网供电能力，优化中南部电网网架结构，提高近区电网的供电可靠性具有重要作用，是十四五期间广州电网的重要规划举措。

根据《关于傍海（番南）站配套 220 千伏线路工程（第一分册）可行性研究报告的批复》（广供电基【2025】13 号），本工程本期 220kV 出线接入系统方案如下：

- a）新建 1 回棠下柔直站至赤沙站的 220kV 线路；
- b）磨碟洲站新建 2 回 220kV 线路解口沙儒线，形成磨碟洲-赤沙 1 回、磨碟洲-儒林第 2 回线路。

2.2 工程建设规模

根据《关于傍海（番南）站配套 220 千伏线路工程（第一分册）可行性研究报告的批复》（广供电基【2025】13 号），220 千伏柔直至赤沙单回电缆线路（傍海配套第一分册）工程建设规模如下：

棠下柔直站新建 1 回 220kV 线路至赤沙站。柔直至赤沙单回电缆线路由柔直站起，经棠下出线隧道、环城管廊、新建电缆沟、埋管至现赤沙站，新建电缆线路路径长约 1×7.08km，电缆长约 1×7.44km。电缆线路主要利用棠下出线隧道、环城管廊敷设。

2.3 本工程在系统中的地位和作用

本项目新建棠下柔直站至赤沙站的 220kV 线路是傍海（番南）站配套 220 千伏线路工程（第一分册）整体方案的重要组成部分，本项目旨在配合柔直背靠背项目建设，可有效避免交流解决方案引起的短路电流较高、输电路径建设难度大、电源与负荷区域性分布不平衡等问题，提升木棉、广南等核心片区应对严重电网故障的能力，提高核心片区 220kV 电网应对不同场景需求的调度控制灵活性。

2.4 本线路工程技术要求

根据可研批复，柔直至赤沙单回电缆线路电缆铜导体截面采用 2500mm²（设计输送容量 484MVA，基本满足系统要求输送容量 450MW）。

2.5 短路电流计算

正常方式下，各 220kV 母线短路电流均在 48kA 以下，满足电网运行控制要求，本工程周边短路电流计算结果见表 2.5。

表 2.5 本工程相关变电站 220kV 短路电流校核表

短路点	2026年（kA）		2030年（kA）	
	三相	单相	三相	单相

赤沙站220kV母线	37.662	37.341	23.222	21.563
棠下柔直站220kV母线	30.266	29.531	20.182	17.440

2.6 投产时间

本工程规划于 2026 年 6 月建成投产。

3. 线路路径方案

3.1 概述

3.1.1 本工程涉及的相关变电站说明

本工程涉及接入柔直换流站以及220kV赤沙站2座变电站，赤沙站为运行中的变电站，柔直站为规划建设换流站。

3.2.1 线路路径选择原则

本线路路径方案选择本着统筹兼顾、相互协调，按下述原则拟定

- a) 综合协调本线路路径与沿线已建成线路和规划待建线路或其它设施的矛盾；
- b) 充分考虑沿线的交通条件，路径尽量靠近现有道路，以方便施工、运行及维护；
- c) 充分征求沿线政府、职能部门、相关业主的意见，统筹考虑线路路径方案。
- d) 新建电缆线路宜选择沿现状道路敷设或与规划道路统筹建设。
- e) 电缆与河流交叉时，宜优先考虑利用交通桥梁、交通隧道敷设，或采用建设电缆专用桥、专用隧道以及采用非开挖技术敷设等。
- f) 电缆土建工程宜考虑电网远景规划一次建成，减少重复施工对周围环境的影响。
- g) 110kV及以上输电线路不宜采用电缆与架空三段及以上的混合接线方式。
- h) 电缆路径选择应考虑对附近环境的影响，电缆隧道出入口及通风口等应与周围环境相协调。

3.2.2 站址与现状变电站、线路相对位置

a) 柔直换流站

柔直换流站为规划建设换流站，位于棠下IDC数据中心内西侧，紧邻棠下变电站南侧。

b) 220kV赤沙站

220kV赤沙站位于广州市海珠区科韵路以西，黄埔涌以南地块，该站于1993年建成投产，为全户外常规变电站。

3.2.3 变电站进出线条件及规划

a) 柔直站进出线布置情况

根据柔直换流站“电气总平面布置图”，本工程本期电缆线路采用电缆型式向南出线，出线间隔布置如下图所示。本工程 220 千伏柔直至赤沙单回电缆线路利用“赤沙”间隔。

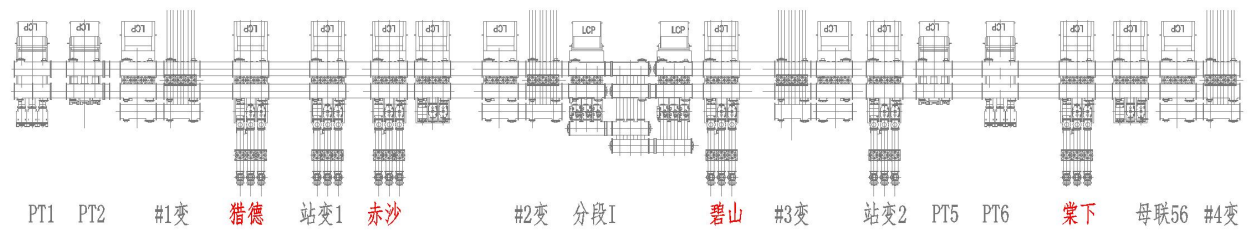


图 3.2.3-1 柔直换流站内出线布置图

b) 220kV 赤沙站进出线布置情况

根据 220kV 赤沙站“电气总平面布置图”，本工程本期电缆线路采用电缆型式向南出线，出线间隔布置如下图所示。本工程 220kV 柔直至赤沙单回电缆线路利用“柔直”间隔

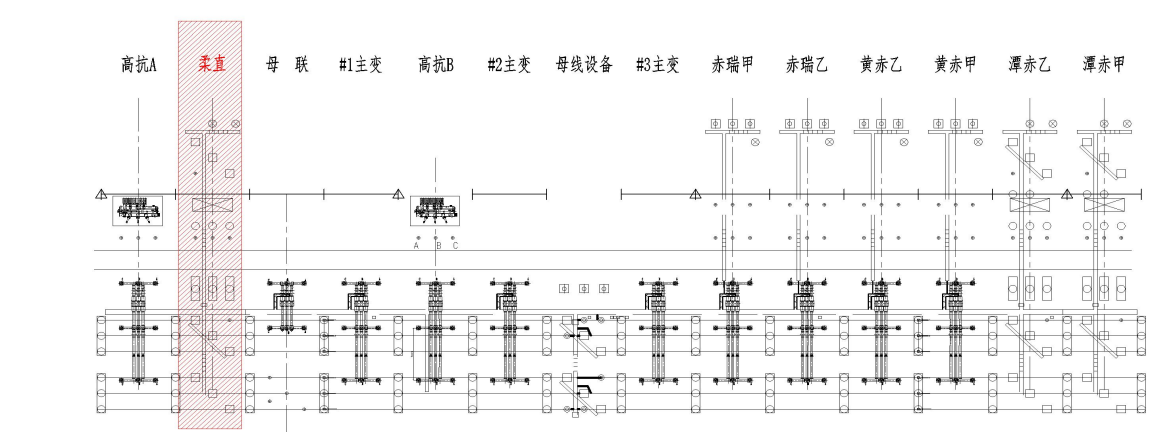


图3.2.3-2 赤沙站220kV间隔布置示意图

3.2.4 线路路径方案

本工程 220kV 柔直至赤沙单回电缆线路由柔直站起，经棠下出线隧道至十一号线综合管廊，后由十一号线综合管廊沿科韵路敷设至赤沙站附近，出隧道经新建电缆沟、埋管至现赤沙站，新建单回电缆线路路径长约 6.86km，电缆线路长约 7.135km。详见“SA06801P03C-A01-03”路径图 ABCDE 段。

3.2.5 线路对邻近通信线路及无线电台站的影响

本工程新建电缆线路是采用XLPE电力电缆敷设，电缆的金属外护层具有非常良好的电磁屏蔽作用，因此不会影响附近无线电收发信台的正常运行。

3.2.6 线路路径协议情况

本工程线路全线位于天河区及海珠区内，目前已取得广州市规划和自然资源局、广州环城地下管廊建设投资有限公司等相关部门的协议。

表 3.2.6 路径协议情况表

序号	需征询部门（沿线所有 业主单位）	是否取得（填 写是或者否）	复函意见	备注
1	广州市规划和自然资源局	是	按意见修改完善。	以“220 千伏天河棠下柔直背靠背工程”名义征询
2	广州环城地下管廊建设投资有限公司	是	原则上同意该方案。	以“220 千伏天河棠下柔直背靠背工程”名义征询
3	广州地铁集团有限公司	是	原则上同意该方案。	
4	广州市中心区交通项目管理中心	是	无不同意见。	
5	广州市海珠区住房和城乡建设局	是	无不同意见。	

4. 电缆线路工程设想

4.1 电缆导体的输送容量

根据系统专业提资要求：本期新建220千伏柔直至赤沙单回电缆线路建议按每回输送容量要求近期不小于1244A，远期不低于1810A。

4.2 气象条件与土壤特性

根据广州国际专业气象台提供的气象资料，参照架空线路的气象条件，本期电缆线路工程按以下表 4.2 气象条件设计。

表 4.2 电缆线路设计气象条件表

气象条件	单位	数值
------	----	----

最高环境温度	°C	40
最低环境温度	°C	0
最高地温（h=1m）	°C	30
最低地温（h=1m）	°C	16
平均地温	°C	25
海拔高度	m	<1000
基本风速	m/s	29
最大相对湿度		100%
覆 冰		无冰
土壤热阻系数	K.m/W	1.2
隧道、综合管廊内环境空气温度	°C	排热工况：35 巡视工况：33

4.3 电力电缆及其附件的选型

4.3.1 电缆技术条件

a) 运行条件

额定电压 V: 220 kV

最高电压 V_m: 252 kV

额定相电压 V_o: 127 kV

系统频率: 50Hz

系统接地方式: 中性点有效接地

耐受冲击电压 V_p: 电缆及其附件按大气过电压全绝缘水平取 1050 kV。

导体允许最高温度: 正常运行时 90°C，短路时 250°C

长期连续载流量: 1810A（线路 N-1 情况下）

b) 系统短路电流

根据系统专业提资，本工程相关 220kV 变电站 220kV 或 110kV 母线侧三相及单相短路电流值见下表所示。

表 4.3.1-1 近区相关 500kV 变电站 220kV 母线侧短路电流计算结果表

短路点	2026年（kA）	
	三相	单相
赤沙站220kV母线	37.662	37.341
棠下柔直站220kV母线	30.266	29.531

根据以上数据，220kV 电缆线路短路电流值按以下数值选取：

三相短路电流 37.662kA

单相短路电流 37.341kA

4.3.2 电缆型式和导体截面积

本工程电缆设计推荐采用分割铜导体、交联聚乙烯绝缘、皱纹铝护套、纵向阻水电力电缆。根据 JB/T 10181.11~10181.32-2014 标准, 计算导体截面为 2500mm² 的电缆载流量, 计算的结果如表 4.3.2-1、4.3.2-2:

表4.3.2-1 电缆载流量计算结果表一

电缆导体截面	温度	电缆载流量（A）		允许导体 短路电流 （kA/3S）	允许金 属护套 短路电流 （kA/3S）
		隧道内	电缆竖井		
2500m m ²	40℃	1798	2136	207.7	43.17
	35℃	1886	2167		
2000m m ²	40℃	1661	1793	195.3	41.95
	35℃	1742	1886		
备注	1.隧道内电缆支架上“品”字形紧贴排列；隧道内风速按 1.0m/s 计算。 2.电缆竖井内电缆水平排列，空气中敷设，相间距 350mm。				

表4.3.2-2 电缆载流量计算结果表二

电缆导体截面	温度	电缆载流量（A）		允许导体短路电流（kA/3S）	允许金属护套短路电流（kA/3S）
		电缆沟（2.25m）	电缆穿管（1.5m）		
2500mm ²	33℃	1554	1446	207.7	43.17

电缆导体 截面	温度	电缆载流量（A）		允许导体 短路电流 （kA/3S）	允许金 属护套 短路电流 （kA/3S）
		电缆沟（2.25m）	电缆穿管（1.5m）		
	30℃	1589	1483		
2000mm ²	33℃	1431	1338	195.3	41.95
	30℃	1460	1375		
备注	1.电缆沟内电缆按竖直“一”字形排列在支架上，相间距 363mm。 2.电缆埋管水平排列，相间距 350mm。				

本工程电缆线路在隧道（综合管廊）内敷设时，当隧道（综合管廊）内温度超过 35℃时，风机将自动启动进行通风加速散热。根据上表结果计算可知，新建电缆线路采用导体截面为 2500mm² 电缆在隧道（综合管廊）的敷设条件下基本能满足柔直至赤沙系统载流量要求。

柔直至赤沙，考虑单回输送容量为不少于 450MW，载流量不小于 1244A。在电缆沟、埋管的敷设条件下，采用导体截面为 2000mm² 电缆可以满足系统载流量要求。按目前规划，远期柔直至赤沙将调整为柔直至棠下，而柔直至赤沙隧道内部分的电缆可被海珠至棠下新建线路利用，海珠至棠下线路载流量要求为不低于 1810A。另外，赤沙站搬迁后柔直至赤沙电缆均可搬移至隧道内，届时可以满足 1810A 的输送要求。因此为避免浪费，故本期柔直至赤沙电缆导体截面按 2500mm² 考虑。

另外，为满足隧道、综合管廊内敷设的电缆的防火要求，在隧道、综合管廊内敷设的电缆选用聚氯乙烯（PVC-ST2）材料绝缘外护套，阻燃等级按阻燃 A 级考虑。具体采用交联聚乙烯绝缘皱纹铝套或焊接皱纹铝套聚氯乙烯护套纵向阻水电力电缆，型号为 YJLW02-Z 127/220 1×2500 GB/T 18890.2-2015。为满足埋地电缆的防蚁要求，本工程隧道外敷设电缆外护套采用聚乙烯（PE-ST7）材料，选用高密度 PE（HDPE）与专用绿色环保型防蚁材料双层结构混合护套。具体采用交联聚乙烯绝缘皱纹铝套或焊接皱纹铝套聚乙烯护套纵向阻水电力电缆，型号为 YJLW03-Z 127/220 1×2500 GB/T 18890.2-2015。

4.3.3 电缆附件型式

a) 电缆终端

本工程柔直站内电缆终端采用 GIS 终端。

GIS 终端选用交联聚乙烯绝缘电力电缆干式绝缘 GIS 终端，具体型号为：YJZGG 127/220 1×2500 GB/T 18890.3-2015。

本工程在赤沙站内选用户外复合套终端。

户外复合套终端选用交联聚乙烯绝缘电力电缆含绝缘填充剂户外终端，具体型号为：YJZWFY4 127/220 1×2500 GB/T 18890.3-2015。

终端出线杆与电缆铜导体必须采用压接方法进行连接。GIS 终端与 GIS 的安装连接尺寸配合要求应符合 IEC 62271-209 的规定。

b) 中间接头

本线路电缆连接选用绝缘接头。本工程隧道（综合管廊）内选用交联聚乙烯绝缘电缆用整体预制橡胶绝缘件绝缘接头，绝缘铜壳保护盒，具体型号为：YJJI2 127/220 1×2500 GB/T 18890.3-2015。

接头接线管与电缆铜导体必须采用压接方法进行连接，电缆导体连接应有良好的导电性能和机械强度。接头应有与电缆金属护套和外护套相同电气和机械性能的结构，防水防腐性能良好，与金属护套有可靠电气连接。

c) 接地线、回流线与同轴电缆

接地线采用导体截面 300mm² 绝缘铜芯线，具体型号为：YJV 8.7/10 1×300 GB/T 12706.2-2020。接地线导体对地绝缘水平应不低于电缆非金属外护层的绝缘水平。

同轴电缆内、外导体截面选用 300mm²。具体型号为 YJ0V 8.7/10-300/300。同轴电缆内外导体间以及外导体对地绝缘水平应不低于电缆非金属外护层的绝缘水平。

d) 交叉互联箱

本工程交叉互联箱内有过电压保护器，且用无感同轴电缆与电缆金属护套连接。

e) 保护接地箱

本工程保护接地箱内有过电压保护器，且用接地线与电缆金属护套连接，三相。

4.4 过电压保护、接地及分段

4.4.1 电缆金属护套接地方式

为了提高电缆的输送容量，减少在电缆金属护套中的环流损耗，并考虑赤沙站搬迁，本工程 220kV 柔直至赤沙单回电缆金属护套采用交叉互联两端直接接地与单点接地相结合的接地方式，根据电缆线路长度，电缆分为 3 个交叉互联循环段与 2 个单点接地段。

同一交叉互联循环内的电缆连接采用绝缘接头，且在绝缘接头两侧采用无感同轴电缆将电缆金属护套交叉互联，并经过电压保护器接入隧道地网；不同交叉互联循环段间电缆连接也采用绝缘接头，接头两侧电缆金属护套采用接地线直接接入隧道地网。隧道地网接地电阻要求不大于 1Ω ，设计采用两条不小于 $\phi 16$ 的圆钢作为地网引出线。

电缆金属护套在变电站侧接地时，必须直接接到变电站的主地网上，且接地电阻与变电站地网的工频接地电阻一致，要求不大于 0.5Ω 。

电缆金属护套在电缆终端塔侧接地时，接入终端场地网，且接地电阻要求不大于 4Ω 。

4.4.2 电缆金属护套的感应电压

a) 正常情况下,电缆金属护套的感应电压最大计算结果如表 4.4.2：

表 4.4.2 电缆金属护套感应电压

线路名称	线路分段长度(m)		金属护套感应电压(V)		
			A 相	B 相	C 相
220kV柔直至赤沙单回电缆 线路	交叉互联段	685	54.98	54.98	54.98
	单点接地段	485	110.38	86.20	110.38

b) 单相接地短路时电缆金属护套过电压计算

根据《高压电缆选用导则》DL/T401-2017 及《额定电压 220kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件》GB/T 18890.1~18890.3-2015, 电缆外层绝缘水平应满足: 直流耐受电压 25kV/1min, 雷电冲击耐受电压(峰值)为 47.5kV。

本工程电缆主要采用电力隧道、综合管廊（电缆“品”字形紧贴排列）的敷设方式。参照系统短路电流资料，比较各种排列方式感应电压计算结果, 电缆金属护套最大感应电压为 2.8kV，满足有关规范要求。

4.4.3 过电压保护

a) 避雷器

本工程电缆线路已按大气过电压的全绝缘水平考虑。

柔直站220kV侧采用GIS设备、赤沙站220kV侧采用户外终端，其防雷保护由电气一次专业设计考虑。

b) 交叉互联箱、接地保护箱

在交叉互联箱内有过电压保护器，且用无感同轴电缆与电缆金属护套连接，同轴电缆导体截面选用 300mm^2 ，其外护套的绝缘耐压按直流耐压 $25\text{kV}/1\text{min}$ 不击穿选用。

在保护接地箱内有过电压保护器，且用接地线与电缆金属护套连接，110kV线路的接地线导体截面选用 300mm^2 ，其外护套的绝缘耐压按直流耐压 $25\text{kV}/1\text{min}$ 不击穿选用。

c) 保护器的选择

保护器选用氧化锌阀片，且采用Yo接法；220kV保护器方波容量不小于600A；在 $8/20\mu\text{s}$ 冲击波作用下，通过10kA冲击电流的残压不大于10kV。

4.5 通信保护

本工程新建电缆输电线路敷设在电力隧道、综合管廊内，电力隧道、综合管廊有很好的屏蔽作用。新建电缆输电线路是采用XLPE电力电缆敷设，由于该电缆的金属外护层具有非常良好的电磁屏蔽作用，因此不会对邻近的无线电收发信台产生干扰影响。本工程新建电缆输电线路两侧没有通信部门的通信电缆干线与本工程线路平行接近。本工程输电线路不会影响附近通信设施的正常运行。

4.6 敷设方式和电缆的支持与固定

4.6.1 变电站外敷设型式

a) 电力隧道、综合管廊型式

本工程单回电缆线路主要采用电力隧道、综合管廊敷设。在隧道、综合管廊内，每回电缆采用“品”字形紧贴排列布置，按水平蛇形放置在电缆支架上，选取适当的蛇形节距和蛇形幅宽以吸收、补偿电缆的热伸缩，并每隔一定的距离采用适当的器具进行限位、固定（如三相抱箍、单相抱箍、尼龙绳等）以约束保持电缆敷设线形。

本工程相关电力隧道、综合管廊内均设有接头位。隧道、综合管廊内电缆中间接头放置在花纹铝板上，铝板固定在支架上，再采用铸铝抱箍固定在花纹铝板上，每个中间接头不小于2个固定点。电缆在接头区域的始末端各设置一个三相末端固定夹具，两相并排敷设段按直线敷设。电缆金属护套通过接地线接入隧道或综合管廊内侧壁支架，再通

过隧道或综合管廊内纵向均压带连接至隧道或综合管廊工作井地网，交叉互联箱可布置在电缆支架间隧道或综合管廊侧壁或地面上的适当位置。

b) 电缆沟型式

本工程电缆在隧道外部分路段采用电缆沟敷设型式，电缆沟结构采取钢筋混凝土结构。两侧墙布置三排支架供2回电缆摆放，电缆支架材料采用镀锌角钢，电缆敷设完毕后需在沟内填满沙。

c) 埋管型式

本工程电缆隧道外部分在穿越道路、重要路障以及避开道路上各专业地下管线时，采用穿管的敷设型式。电缆在管道中按水平排列，间距为350mm。电缆管道需采用防火填料封堵，预留管道采用封帽封堵管口。

4.6.2 变电站内敷设型式

在柔直站内，电缆线路沿电力隧道敷设进入相应间GIS电缆终端下方，然后利用支架固定敷设出隧道，并沿竖井敷设至220kV GIS筒，电缆在电缆竖井内采用钢构支架支承电缆，三相电缆水平排列布置于支架上，用单相抱箍固定。

在220kV赤沙站内，电缆线路沿站内电缆沟接入围墙外电缆沟出站。

4.6.3 电缆线路各敷设型式长度

表4.6.3-1 220kV柔直至赤沙单回电缆线路敷设长度

敷设型式	长度/m	备注
柔直站内敷设	120	柔直电缆隧道、竖井敷设
利用棠下出线隧道	240	电力隧道内敷设
利用十一号线综合管廊	6080	综合管廊支内敷设，考虑入廊费
新建电缆沟	180	考虑沥青车行道恢复和交通疏解费用、支护费用。
新建埋管	100	考虑沥青车行道恢复和交通疏解费
新建赤沙站内电缆沟	140	站内电缆沟由变电专业考虑，考虑填沙费用；需新建3个单相户外终端支架基础

敷设型式	长度/m	备注
路径总长	6860	

4.7 电缆终端

本工程柔直站内电缆终端采用 GIS 终端。

GIS 终端选用交联聚乙烯绝缘电力电缆干式绝缘 GIS 终端，具体型号为：YJZGG 127/220 1×2500 GB/T 18890.3-2015。

本工程在赤沙站内选用户外复合套终端。

户外复合套终端选用交联聚乙烯绝缘电力电缆含绝缘填充剂户外终端，具体型号为：YJZW FY4 127/220 1×2500 GB/T 18890.3-2015。

终端出线杆与电缆铜导体必须采用压接方法进行连接。GIS终端与GIS的安装连接尺寸配合要求应符合IEC 62271-209的规定。

4.8 土建部分

4.8.1 工程地质

4.8.1.1 地形地貌

拟建工程位于广东省广州市天河区，区域位于珠江三角洲冲积平原区的中部区域，处于冲洪积向丘陵区过渡地带，区域微地貌以冲积平原，受人为活动影响，原始地貌有局部破坏。场地地面标高 25.98m~37.34m，总体上拟建场地地势较为平坦，有一定高差，区域内工商业繁荣，陆路交通方便，周边大部分为高新产业园区等，附近交通较为繁忙。

4.8.1.2 场地地层岩性及其物理力学性质

根据区域地质图以及1:5万广州市地质图，场地及周边主要出露地层为第四系（Q），基岩为燕山期花岗岩岩层（γ）。

从区域地质角度出发，现由新至老简述如下：

a) 第四覆盖系（Q）

拟建工程沿线区域位于珠江三角洲冲积平原的北缘与剥蚀残丘的过渡区，区域属冲洪积与剥蚀残丘的交互地带，区域内的第四系地层以人工堆积成因的填土层和冲洪积层为主，整体而言，覆盖层厚度变化较大，均匀性较差。场地周边第四纪地层主要为人工

填土（Q4ml）和下覆的冲洪积层（Q4al+pl）。

b) 三叠纪晚三叠世基岩

拟建工程沿线揭露的基岩主要为三叠系（T33cny），就岩性而言，区域内的地层主要有：中细-细中粒斑状黑云母二长花岗岩。

根据区域的工程勘察经验和广州市基岩遥感地质图（1：50000），区域内的地层主要为：填土层、冲洪积层、残积层和风化基岩合计4个工程地质层。

1) 填土层

根据填料的组成，沿线所经区域填土主要为①层填土层，其主要成分为粘性土，局部含少量碎石、石英粗砂、碎石块量植物根系，土质均匀性及粘性差，表层为硬化路面约为0.20~0.40m，堆积年限少于5年。

2) 冲积层

根据区域的第四系覆盖物调查资料，结合本工程相关的岩土工程勘察成果，将拟建工程沿线区域的冲洪积层划分为如下4个工程地质亚层，分别为：②1层粉砂层、②2层淤泥质土层、②3层粉质粘土层、②4层中砂层。

3) 残积层

根据区域的第四系覆盖物调查资料，结合本工程相关的岩土工程勘察成果，拟建工程沿线区域的残积层主要为③层砂质粘性土层。

4) 基岩

基岩是区域内重要的地质体，本区域内的基岩主要为侵入岩，侵入岩的相关性质除了与自身的结构、构造、物质成分相关外，还受构造运动、地质活动历史等多方面的影响，也即沿线不同地域空间、同一地质时代的同类岩石也具有迥异的性质。基于此，对区域的基岩，针对其所处的地质时代进行层系的划分，再依据风化程度、结构构造特征划分，拟建隧道沿线揭露的基岩主要为④1层全风化花岗岩、④2层强风化花岗岩及发育于上述两层的中~微风化孤石、④3层中风化花岗岩、④4层微风化花岗岩等五个压层。

4.8.1.3 场区水文地质条件

a) 地表水

其对拟建工程的影响主要是：一旦相应区域的切土、排土发生失控，贯穿了地表水，将导致地表水向隧道内的大量涌入，带来极大的安全风险，设计时应对其采取人工降水、

截水帷幕、注浆等综合措施进行处理。

b) 地下水

根据沿线钻孔所揭露的岩土层，拟建场地地下水主要有赋存于填土①中的上层滞水、粉砂②1、中砂②43中的承压水及赋存于基岩中的裂隙水，淤泥质土②2透水性较差，粉质粘土②3中的含水较贫乏且透水性较差，具体分述如下：

1) 上层滞水：人工填土层中的水为上层滞水含水层，补给来源较简单，以周边人类活动补给为主，降水次之，水力坡度小，排泄以蒸发、径流为主，该层水对工作井基坑影响较大。

2) 承压水：上覆第四系砂层为主要承压水含水层，富水性好，透水性较大，补给来源较复杂，以周边水系侧向补给为主，该层对隧道施工及工作井开挖构成极为不利的影响。

3) 基岩裂隙水：赋存于基岩风化网状孔隙～裂隙中，主要接受邻近地下水的侧向补给，受风化孔隙、裂隙发育的影响，含水层（带）透水性、富水性差异较大，水量受上部砂层补给，水量较为贫乏，对基础施工影响不大。

场地地下水与地表水受上部相对隔水层填土①及粉质粘土层②3间隔，水利联系较弱。不排除局部有砂层或透镜体联系。

勘察期间场地内测得地下稳定水位埋深为1.50~4.20m。根据场地地形、地貌特征及区域水文地质资料，预计未来场地地下水位年变化幅度为1.00~2.00m。

根据相关规范、规程的要求，拟建工程沿线区域的抗浮设防水位可取为相应地段（相对独立的设计区段）的室外地坪高程。

c) 地下水、土对建筑材料的腐蚀性

勘察区位于广州市天河区，属湿润区，拟建工程沿线的地下水属于湿润区强透水层中的地下水，由于拟建隧道工程的混凝土结构一面接触地下水，一面暴露在隧道内的大气中，根据《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009年版）附录G综合评定场地环境类型为II类。

4.8.1.4 不良地质作用及特殊岩土

a) 不良地质作用

根据《岩土工程勘察规范》对不良地质作用和地质灾害的相关章节，不良地质作用

主要包括以下方面：岩溶、危岩及崩塌、滑坡、泥石流、采空区、地面沉降、场地和地基的地震效应、活动断裂等8个方面。

1) 区域内地势较平坦，植被良好，可排除滑坡、围岩和崩塌、泥石流发育的可能。

2) 区域内未发生大面积的地下水开采活动，历来未发现发生地面沉降的相关报道；未见有地下采空活动，排除采空区发育的可能。

3) 区域内未揭露溶洞发育现象。

4) 区域部分地区处于冲积平原区，发育新近沉积的饱和砂土层，可能有砂土液化的影响。

5) 区域内揭露淤泥等软土层，软土震陷可能会对工程产生不利影响。

6) 区域内断裂构造较发育，拟建工程距离活动断裂带构造较近，但属非全新活动断裂，可不考虑活动断裂对场地的影响。

综上所述：区域内的不良地质作用主要有砂土液化。

b) 特殊性岩土

拟建工程沿线的特殊性岩土主要有成分复杂的人工填土层及风化岩层。

1) 人工填土

勘察成果表明，拟建工程沿线的填土成分上较复杂，堆填过程中虽经过有效压实，但竖向上均匀性较差，物理力学性能不稳定；就平面分布上而言，虽基本上各钻孔均有揭露，但其厚度等变化较大，也即水平上的均匀性也较差。具有高孔隙比特征，其水稳定性较差，且具有一定的湿陷性。

2) 风化岩和残积土

拟建工程沿线区域内，对拟建工程产生不利影响的风化岩主要是全~强风化基岩。

全风化基岩对拟建工程的影响主要体现在以下几个方面：首先，全风化基岩呈坚硬土状，隧道施工时改变其原赋存环境，将很容易带来含水量的变化，进而影响其物理力学性能；其次，全风化基岩的均匀性较差，并且不排除局部可能含有坚硬的中~微风化岩块，给施工带来不利影响。

强风化基岩对拟建工程的不利影响主要体现在其不均匀性对工程施工造成的影响，对于强风化基岩中含有的中~微风化岩块将对施工中的排土带来不利影响。

4.8.2 设计荷载

电缆敷设方式均采用隧道、综合管廊敷设，设计荷载在由隧道或综合管廊考虑。

4.8.3 电缆敷设构筑物

a) 现浇钢筋混凝土电缆沟型式

本工程新建电缆在隧道外采用现浇钢筋混凝土电缆沟敷设型式, 电缆沟结构尺寸为 2.12m (宽) ×1.75m (高), 沟内通道净空尺寸为 1.42m (宽) ×1.3m (高)。 电缆沟盖板采用 200mm(厚) ×415mm(宽) ×1660mm(长)钢筋砼预制板。采用C30混凝土。

电缆沟底板下铺 100mm 的 C20 砼垫层, 电缆沟支架采用不锈钢材料制作,盖板距车行道路面覆土为 500mm。电缆敷设完毕后需在沟内填满细河沙。电缆沟敷设示意图详见“SA06801P03C-A01-07”。

b) 利用市政建设电缆沟敷设型式

本工程不涉及。

c) 电缆埋管敷设型式

本工程新建电缆在隧道外穿越道路、重要路障以及避开道路上各专业地下管线时, 采用埋管的敷设型式。电缆与光缆保护管均选用 HDPE 管, 电缆保护管内径为Φ252mm、壁厚14mm, 光缆保护管内径为Φ100mm、壁厚5mm。单回电缆埋管按水平型排列, 相间距为 350mm, HDPE管外包钢筋混凝土包封,管面上方钢筋混凝土厚度不下于 200mm,埋管底埋深设计深度为 1.5m。

详见图“SA06801P03C-A01-08”。采用C20钢筋混凝土包封。

d) 非开挖水平定向钻拉管

本工程不涉及。

e) 电力隧道

电缆线路主要利用柔直站内敷设、棠下出线隧道、十一号线综合管廊敷设。

隧道或管廊均为现有或在其他工程实施，具体情况详见表4.8.3。

表4.8.3 本工程利用相关工程隧道或管廊一览表

序号	利用区段	隧道或管廊名称	所属相关工程	开工状态	预计投产时间
1	AB	柔直电缆层隧道	220千伏天河棠下柔直背靠背工程	未开工	2025.12

2	BC	棠下出线隧道	棠下、琶洲及海珠湿地公园片区输电线路（第一阶段）迁改工程	已建成	2025.06
3	CD	十一号线综合管廊	随地铁11号线建设	已建成	/

4.9 电缆通道附属设施

本工程新建单回电缆线路主要敷设于电力隧道、综合管廊内均在其所属相关工程考虑隧道内附属通风、给排水、配电、消防及在线监控等。

4.10 电缆通道防火设计

根据《电缆防火措施设计和施工验收标准》（DLGJ154-2000），本工程电缆线路在隧道、综合管廊敷设时应采取相应的防火措施。具体电缆防火要求有：

在电缆隧道、综合管廊内敷设需采用阻燃型电缆，其非金属护套采用阻燃PVC材料，燃烧试验应取得公安部消防部门认可的检测中心的试验报告。隧道、综合管廊内采用测温光缆，平行每回电缆线路敷设，可以监测长距离电缆表面的温度，且根据动态载流量模型推算出实时导体温度，当电缆温度异常时向监控中心报警。

隧道、综合管廊内敷设的电缆非金属护套必须具有阻燃、无烟和低毒的性能。

隧道、综合管廊内电缆接头的外壳要具有阻燃、无烟和低毒的性能，如果不能满足要求，应绕包防火包带来增强对外壳的防火能力。根据生纪[2018]1号，隧道、综合管廊内接头应加装防火隔板、防爆玻璃等装置。电缆接头和防火分隔前后各约3m区段和该范围内邻近并行敷设的其他电缆上，宜采用防火涂料或阻火包带实施阻止延燃。

变电站电缆夹层内电缆裸露部分应加强防护（绕包防火包带），进入设备的孔、洞以及隧（沟）道的接口、竖井口处也应如采用防火堵料封堵。

4.11 环境保护和劳动安全

4.11.1 环境保护

4.11.1.1 主要环境保护内容

本工程对周边环境产生影响的时间段主要分为施工准备期和工程建设期。

工程建设过程中，施工机械和车辆等将产生噪音和震动，对地面交通和地下水水质有影响。施工过程中临时堆放的弃土弃渣和建筑砂石料对周围环境有一定影响。

施工时，应严格按照国家和地方有关环境及卫生方面的规定，禁止废渣、废气、废

水等随意排放。施工应通过合理的施工组织安排，尽量减少对周边环境的干扰。施工时，如需要采用爆破，必须征得有关部门的同意，并采用微差爆破与相应措施，尽量减少对周围居民的影响，施工场地布置等必须按广州市的有关规定执行。

4.11.1.2 施工期间的环境保护措施

为减少工程建设对环境的影响，设计中采取了如下措施：

a) 地表建筑物的保护

为避免施工开挖引起的地表沉降危及周边地面建筑物的安全，施工前首先对影响的建筑物采取一定的保护措施，施工中加强对地面建筑物的监测，作到信息化施工。部分距离通道很近的构筑物（如架空线路基础）加固措施保护。

b) 地下管线的保护

施工前应做好地下管线现状的调查工作，对施工中影响到的管线做好改移、防护和监测工作，确保其正常使用。

c) 噪音的控制

噪音主要有各类动力机械设备如挖槽机、装载机、汽车、空压机等产生，施工时对附近居民造成干扰。因此需采用低噪声设备或加设消声器、设置隔音墙、限时施工等措施，控制噪声污染。

d) 大气污染控制

通道施工有少量粉尘污染和燃油设备及汽车排放有害气体污染。对粉尘污染采用通风降尘；对于有害气体污染采用符合国家排放标准的设备和车辆，以降低有害气体对环境的污染。

e) 地下水及土壤污染控制

施工中产生的废水经沉淀净化达标后才能排入市政雨水、污水管道；弃土按指定场所堆放，运输弃土车辆不宜装的过满，加盖蓬布，进出车辆必须把车轮洗净，弃土处作好相应的防护措施，避免水土流失。

f) 绿化保护

施工中尽量保护电缆线路两侧施工范围外的树木、花草绿地，不得不迁走的树木和占用的花草绿地工程竣工后必须予以还建，以保持原有环境。

4.11.2 劳动安全

电缆线路劳动安全是确保作业人员和周围环境安全的重要措施。我们可以总结出以下几点关键的安全要求和措施：

a) 个人防护装备

作业人员在操作前必须穿戴符合标准的劳动保护用品，包括安全帽、防护鞋、防护眼镜等。

b) 防火与阻燃措施

为防止电缆燃烧蔓延，在电缆沟(隧)道进入建筑物或在适当的地段应设防火隔墙，电缆沟(隧)道的防火隔墙上应设防火门，配电装置室的门向疏散方向开启，配电装置室的中间门应采用双向开启门。

c) 电缆交叉与接近距离

高压电缆应在低压电缆下方，且与热力管道接近或交叉时，应保持一定的最小距离，以避免潜在的危险。

d) 施工现场管理

敷设电缆作业应设专人统一指挥，作业前，作业负责人或总指挥应向全体作业人员讲明作业要求、联络信号及注意事项。

通过这些措施，可以有效地提高电缆线路施工的安全性，减少事故发生，保障作业人员的生命安全和电缆线路的正常运行。

4.12 施工组织、施工方案及安全防护措施

4.12.1 施工方案

a) 采用先进施工技术、方案，采用了“四新技术”。

b) 对重点（关键）和难点工程的施工方案、方法、措施，冬雨季施工周密、合理的安排。

c) 质量、安全、环保措施是否到位，目标是否明确，测、试仪器设备是否配置齐全，检测手段是否先进可靠，监控方法是否得力。

d) 技术经济比较，评审是否选定了最佳施工技术方案。

e) 图表是否齐全完整。施工平面布置合理，施工总体计划安排科学。

f) 对施工生产过程中可能发生的突发性事件，制定紧急预案。

4.12.2 风险管理及安全防护措施

- a) 与当地群众宣传当地政府地上附着物补偿标准，协商补偿金额；
- b) 按政府相关规定办理土地征收手续；
- c) 对补偿标准有争议的，由市人民政府协调；协调不成的，由批准征收土地的人民
政府裁决。
- d) 本工程水体污染物排放需接市政管道，须得到政府相关部门批复。
- e) 对施工场地和施工生活区的生产废水设置简易处理装置，加强管理，防止无组织
排放。
- f) 划定施工区域，施工人员按照划定区域进行施工活动。合理组织施工，尽量减少
施工占地。
- g) 变电站站内的开挖面及时平整，临时堆土安全堆放，并采取覆盖、防护措施。
- h) 施工时注意对生态环境的保护。

4.13 停电方案

本工程在接入变电站时可在变电站断开相应间隔期间实施，电缆线路实施不涉及其
他电缆线路停电。

4.14 其他说明

4.14.1 防震要求

电缆及其附件应具有如下耐震能力：

地面水平加速度：0.25g

地面垂直加速度：0.125g

地震波为正弦波，持续时间三个周波，静态因子 $k=1\sim 1.5$ （按照IEEEC37.122~1983规
定）。

4.15 在线监控系统

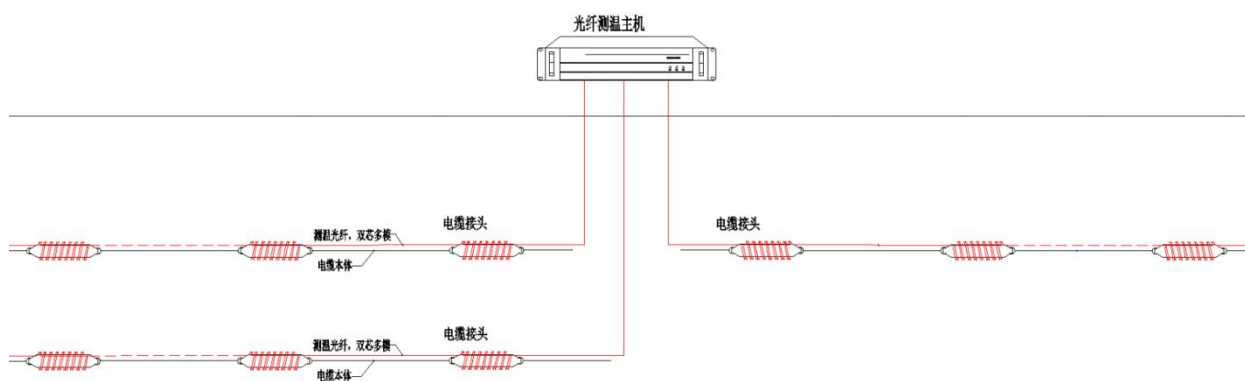
根据南方电网公司《数字输电线路装备技术导则》数字电网建设要求，本工程电缆
线路考虑配置电力电缆光纤测温在线监测系统、电力电缆护层接地环流在线监测装置和
电力电缆局部放电在线监测装置。

a) 电力电缆光纤测温在线监测系统

电力电缆光纤测温在线监测系统可以通过对电力电缆的运行状态进行在线监测，实
时掌握整条线路的运行状态，有效监测电缆在不同负载下的发热状态，提高对电缆的管

理水平。

本工程每回路电缆各需配置一根测温光纤，分布式光纤测温主机利用柔直变电站内现有的光纤测温主机，本工程各使用其中1个光通道，再通过物联网平台接入广州供电局输电自动化平台。



b) 电力电缆护层接地环流在线监测装置

电缆护套电流监测系统可实时监测高压电缆金属护层接地电流，当接地电流有异常变化时及时发出警报，保障电力电缆安全运行。

本工程考虑在直接接地的绝缘接头和电缆终端头处装设智能接地箱，智能接地箱内安装无线传输型电力电缆护层接地环流在线监测装置，电缆护层接地环流监测点共10处，每一处监测点配置4台护层电流传感器，采用无线通信方式将监测到的信号通过物联网平台接入广州供电局输电自动化平台。

c) 电力电缆局部放电在线监测装置

本工程电缆线路在每组电缆接头及终端处各安装1套在线局放监测处理器及传感器，该传感器可采集电缆接头及终端处的局放信号，再通过通信光缆将监测到的信号传输至局放在线监测系统主站和监控中心。

5. 系统通信

5.1 系统接入方案及线路改造方案

棠下柔直站~赤沙站本期 220kV 出线 1 回，即：棠下柔直站新建 1 回 220kV 线路至赤沙站，形成 220kV 赤沙~棠下柔直 1 回电缆线路。

磨碟洲站~本期 220kV 赤沙出线 2 回，即：磨碟洲站新建 2 回 220kV 线路单解口赤沙-儒林线路，形成磨碟洲~赤沙 1 回、磨碟洲~儒林 1 回共 2 回线路（已列入本项目其他单项工程）。

本工程规划于 2025 年底前建成投产。

5.2 与本工程相关光缆现状

220kV黄赤线和沙儒线同塔架设，面向赤沙右侧为黄赤线，上挂黄埔电厂-赤沙1条48芯OPGW；面向赤沙左侧为沙儒线，地线为普通地线。

相关区域光缆现状图5.2-1所示。

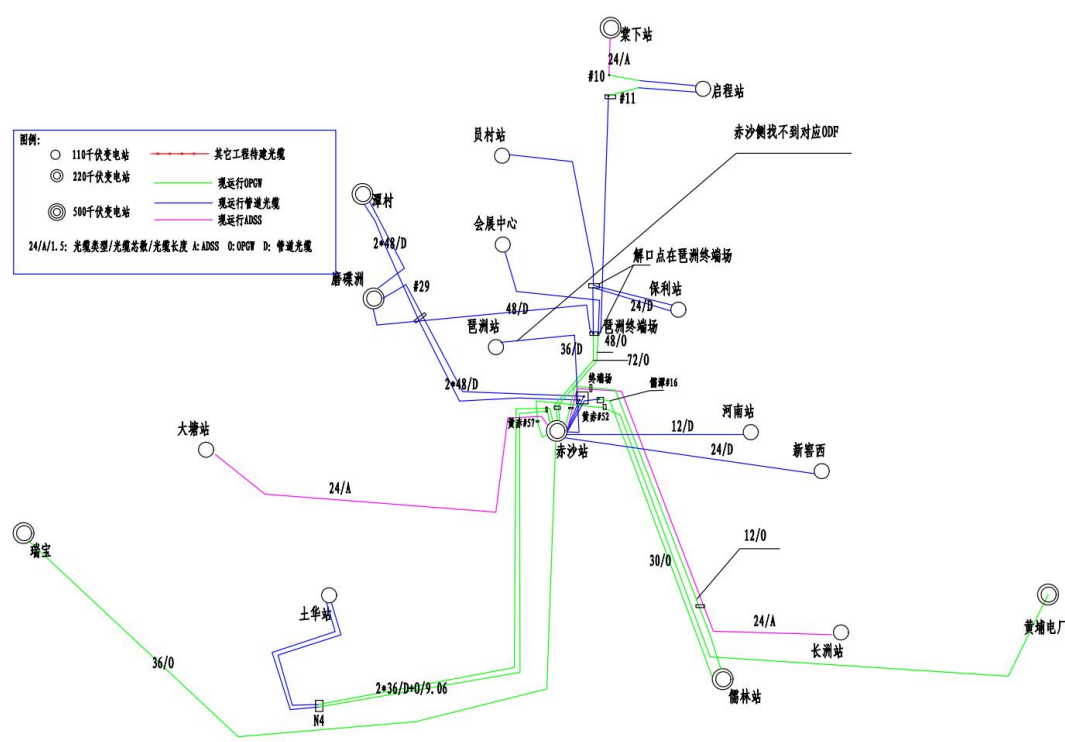


图5.2-1 相关区域光缆现状示意图

本项目在220千伏赤沙输变电迁改工程（第一阶段临时方案）完成后实施，该工程光缆建设情况如下：

20kV黄赤线#52-赤沙站：利用临时线路建设2条48芯OPGW，恢复黄埔电厂-赤沙48芯OPGW；恢复赤沙-长洲24芯ADSS、赤沙-儒林12芯OPGW。

随110kV磨赤甲线（赤沙~保利段）：建成赤沙站-保利站1条48芯管道光缆。

随磨赤乙线、热赤琶线（赤沙～员热段）：建成赤沙站-琶洲终端场3条48芯管道光缆，恢复赤沙-磨碟洲48芯管道光缆、赤沙-会展中心24芯管道光缆、赤沙-启程24芯管道光缆。建成保利站-琶洲终端场1条48芯管道光缆，恢复保利-员村24芯管道光缆。

本站接入前相关区域光缆示意图5.2-2所示。

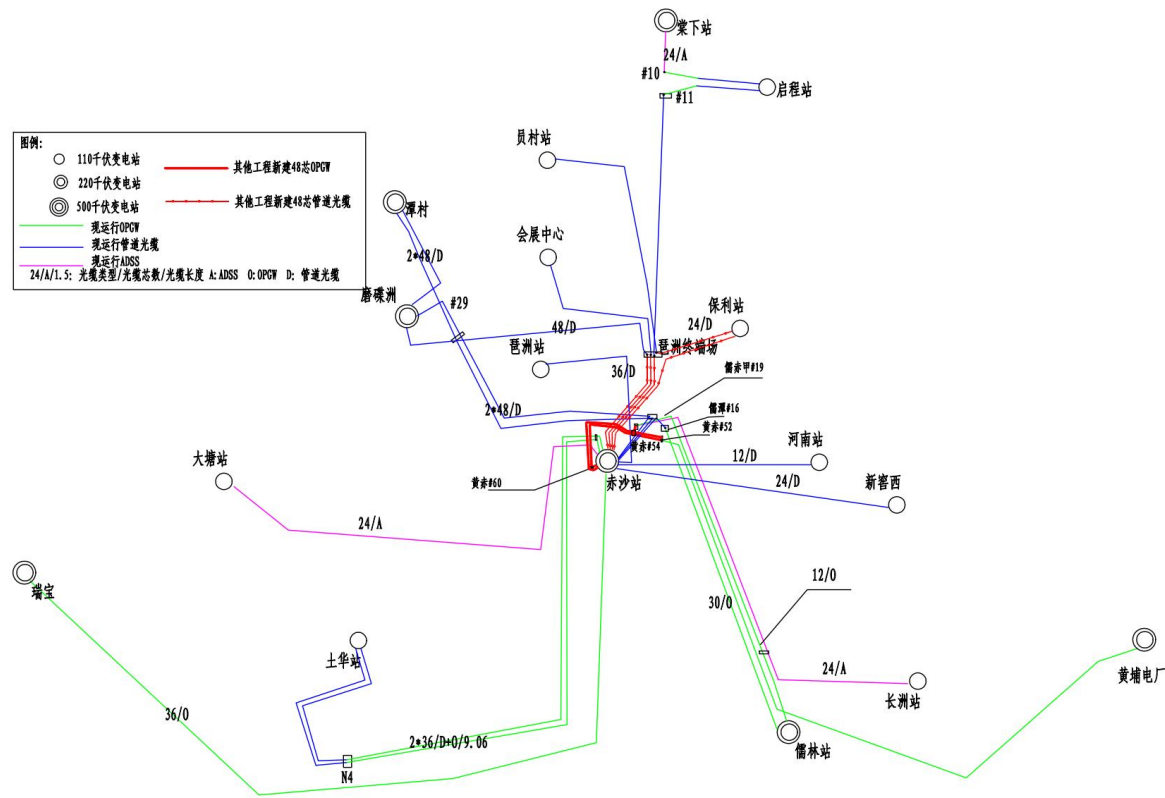


图5.2-2 本项目实施前相关区域光缆示意图

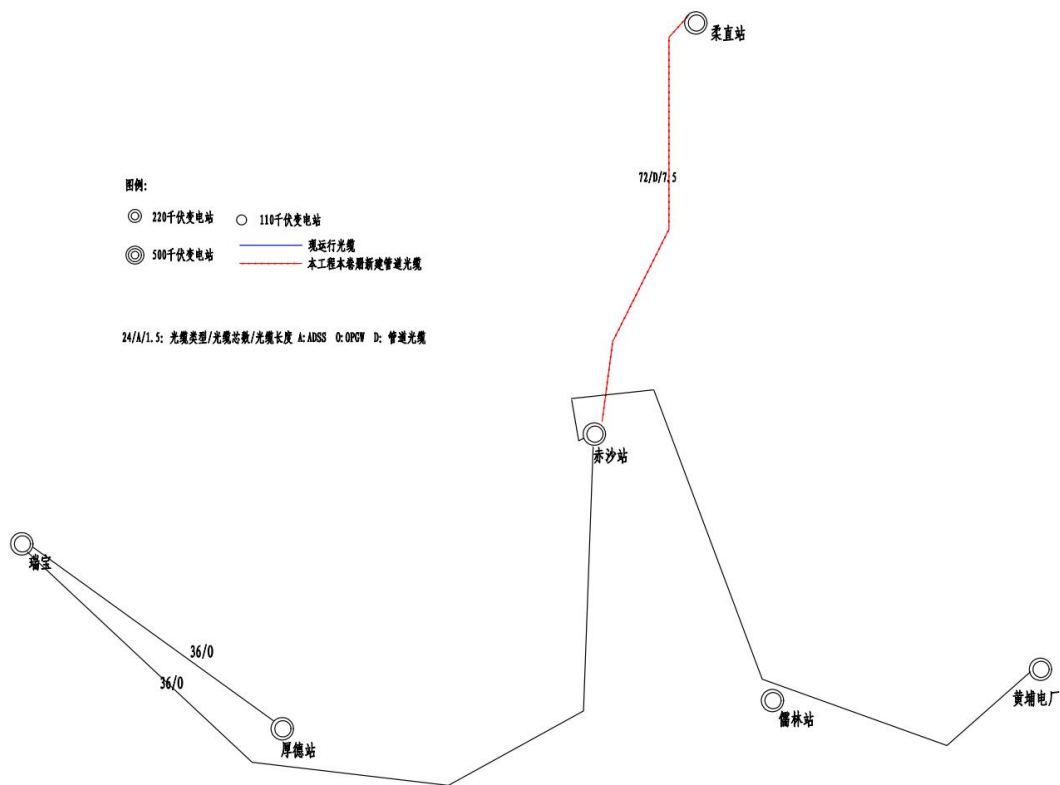
5.3 光缆建设方案

本卷册光缆建设方案如下：

随 220kV 柔直至赤沙单回电缆线路，敷设柔直-赤沙 1 条 72 芯管道光缆，单条光缆长度约为 7.5km（电缆线路长 7.135km，其它为两端站内和盘留）。

磨碟洲站新建 2 回 220kV 线路单解口赤沙-儒林线路（列入本项目其它单项工程）：因原线行为普通地线，无需新建光缆，对现运行光缆无影响。

可研批复中“恢复黄埔电厂-赤沙 48 芯 OPGW”这部分工程量已列入 220 千伏赤沙输变电迁改工程（第一阶段临时方案）。



5.3-1 本工程新建光缆示意图

5.4 光缆选型

a) 管道光缆技术要求

管道光缆必须选用非金属/阻燃/防动物啮咬型管道光缆。管道光缆的结构参数及机械性能如表5.4-1所示。

表5.4-1 管道光缆结构参数和机械性能表

序号	内 容	结构型式及规范要求
1	光缆的结构型式	松套层绞式
2	光缆外径	≤13.0mm
3	允许短期最大拉力(N)	1274.86（0.5%延伸率时）
4	允许的弯曲半径(mm)	静态：20 倍光缆直径；动态：15 倍光缆直径
5	允许的压扁力(N /100mm)	长期：大于1000；短期：大于3000

序号	内 容	结构型式及规范要求
6	使用环境温度(°C)	-20~+60°C（光纤衰减值不变）
7	光缆护套	采用阻燃聚乙烯套并挤包耐啮蚀被层
8	光缆寿命	在恶劣环境下光缆寿命高于20 年
9	光缆敷设方式	管道及直埋敷设

管道光缆线路经过虫害，鼠害及鸟害较为严重地区应采取以下主要措施：绕包防蚁塑料带；涂防鼠咬，防鸟啄涂料；加强护层厚度。

光缆线路通过容易受外力损伤的地段，应因地制宜地采取硬塑料管及其他标志带防护提醒，避免人为损坏。

b) 光纤技术参数要求

本工程建设的**所有光缆的光纤芯各项指标必须符合ITU-T G.652D规定。光纤芯不允许含有工厂熔接点。在同一光缆中不应混合不同厂家生产的光纤芯，在同一管内**的光纤通过颜色可彼此加以区别。G.652D光纤的主要技术参数如表3.4-2所示。

表5.4-2 G.652D光纤主要技术参数表

参数	表述	参数值
包层直径	标称值	125.0μm
	容差	±1μm
核壳同心度误差	最大	0.6μm
包层不圆度	最大	1.00%
光缆截止波长	最大	1260
宏弯损耗	半径	30mm
	圈数	100
	在1625nm 区域的最大值	0.1dB

参数	表述	参数值
表面应力	最小值	0.69GPa
色度色散系数	最小零色散波长 λ_{0min}	1300nm
	最大零色散波长 λ_{0max}	1324nm
	零色散波长最大斜率 S_{0max}	0.092ps/nm ²
未成缆光纤最大	PMDQ	(注1)
衰减系数	1310nm~1625nm 区域最大值	0.36dB/km(注2)
	1383nm \pm 3nm区域的最大值	(注3)
	1550nm 区域的最大值	0.21dB/km
	在1625nm 最大值	
PMDQ	M	20 段光缆
	Q	0.01%
	最大PMDQ	0.20ps/(km) ^{1/2}
<p>注1：如果对于特定的光缆结构已经知道能支持对光缆PMDQ 要求的最大PMD 系数，则可以由成缆者来规定可选用的最大PMD 系数。注2：通过将0.07dB/km 的感生瑞利散射损耗加到1310nm 的衰减值上，该波长范围可以扩大到1260nm。在这种情况下，光缆截止波长不应超过1250nm。</p> <p>注3：在氢老化以后在此波长上的抽样衰减平均值应小于或等于为1310nm~1625nm范围规定的最大值。</p>		

5.5 临时通信方案

本项目不涉及。

5.6 光缆共模分析

柔直~赤沙管道光缆出柔直站和柔直~碧山光缆同隧道敷设，柔直站、赤沙站分别有多回其它光缆出线，无共模风险。

5.7 业务通道需求分析及组织方案

5.7.1 业务通道需求分析

本期 220kV 赤沙~棠下柔直，每回线路主 I 保护需一路专用光纤通道，一路复用光纤通道；主 II 保护需两路路复用光纤通道（光口直连）。

220 千伏磨碟洲解口沙儒线架空线路工程、磨碟洲解口 220 千伏沙儒线双回电缆线路工程无需新建光缆，上述两项工程线路改接后，涉及的保护业务通道调整统一纳入柔直至赤沙单回电缆线路工程一并实施。220kV 磨碟洲-赤沙、磨碟洲-儒林：每回线路主 I 保护需一路专用光纤通道，一路复用光纤通道；主 II 保护需两路路复用光纤通道（光口直连）

5.7.2 业务通道组织方案

业务通道组织方案如表 5.7.2-1 所示。

表 5.7.2-1 本站各类业务通道组织方案

序 列	业务 类型	业务名称 赤沙~棠下柔直、赤沙~磨碟洲、磨碟洲~ 儒林	通道 形式	通道组织方式
1	继 电 保 护	赤沙~棠下柔直线路主I保护通道一	专用纤芯	赤沙~柔直直连光缆
		赤沙~棠下柔直线路主I保护通道二	复用2M光	传输新B网
		赤沙~棠下柔直线路主II保护通道一	复用2M光	传输新B网
		赤沙~棠下柔直线路主II保护通道二	复用2M光	传输新A网
		赤沙~磨碟洲线路主I保护通道一	专用纤芯	赤沙~磨碟洲直连光缆
		赤沙~磨碟洲线路主I保护通道二	复用2M光	传输新B网
		赤沙~磨碟洲线路主II保护通道一	复用2M光	传输新B网
		赤沙~磨碟洲线路主II保护通道二	复用2M光	传输新A网
		儒林~磨碟洲线路主I保护通道一	专用纤芯	儒林~赤沙~磨碟洲光 缆
		儒林~磨碟洲线路主I保护通道二	复用2M光	传输新B网

序 列	业务 类型	业务名称 赤沙~棠下柔直、赤沙~磨碟洲、磨碟洲~ 儒林	通道 形式	通道组织方式
		儒林~磨碟洲线路主II保护通道一	复用2M光	传输新B网
		儒林~磨碟洲线路主II保护通道二	复用2M光	传输新A网

5.7.3 板卡配置

赤沙~棠下柔直、赤沙~磨碟洲、磨碟洲~儒林线路每回线路各需 3 路复用 2M 光保护通道。

a) 220kV赤沙站

赤沙站共需6个2M光接口。

赤沙站传输新A网12、13槽端口6-8端口空闲，传输新B网4槽5-8端口空闲。赤沙~磨碟洲保护通道利用220kV沙儒线保护通道所用2M光接口资源，传输新A网12槽端口4，传输新B网4槽端口2和4槽空闲端口5。赤沙~棠下柔直线路保护利用传输新A网12槽空闲端口6，传输新B网4槽空闲端口6、7，满足本工程需求，无需新增板卡。

b) 220kV磨碟洲站

磨碟洲站共需6个2M光接口。

磨碟洲站传输新A网12槽端口1、3、5-8端口空闲，13槽端口1、3、7、8端口空闲；传输新B网4槽3-8端口空闲。赤沙~磨碟洲线路保护利用传输新A网12槽空闲端口1，传输新B网4槽空闲端口3、4。儒林~磨碟洲线路保护利用传输新A网12槽空闲端口3，传输新B网4槽空闲端口5、6。满足本工程需求，无需新增板卡。

c) 220kV儒林站

儒林站共需3个2M光接口。

儒林站传输新A网12槽端口4、5、7、8端口空闲，13槽端口3、6-8端口空闲；传输新B网4槽5-8端口空闲。磨碟洲~儒林保护通道利用220kV沙儒线保护通道所用2M光接口资源，传输新A网12槽端口3，传输新B网4槽端口2和4槽空闲端口5，满足本工程需求，无需新增板卡。

d) 220kV柔直站

柔直站共需 3 个 2M 光接口，所需光接口板已在广州 220 千伏天河棠下柔直背靠背工程配置。

6. 强制性条文执行及南网反措

6.1 强制性条文

6.1.1 电缆线路部分

根据国家和电力行业现行的强制性条文及《建设工程强制性条文实施办法》，编制《工程建设标准强制性条文执行计划》，指导施工图设计严格执行强制性条文及南方电网公司电网反事故措施，将相关强制性条文落实到每一册图；并在相关施工图完成后对照强条执行计划完成《工程设计强制性条文执行检查表》，从编制执行计划到落实执行检查表，加强设计过程中对执行《工程建设标准强制性条文》管理。本工程电缆线路部分执行3条。具体详见附件。

7. 绿色低碳电网建设说明及评价

《绿色低碳电网建设标准（电缆线路部分）》绿色等级评价指标控制项和评分项分别有37项和38项，本工程分别有25和19项参评，总得分为97.75分，电缆线路绿色等级为三星级。具体各项评分详见下表：

表7-1 220kV电缆线路绿色等级统计表

评价指标 权重	节地与土地利用	节能与能源利用	节水与水资源利用	节材与材料利用	环境质量与环境保护	施工
权重值	0.25	0.25	/	0.22	0.17	0.11
得分	100.00	92	/	100	100	
合计	87					
合计 (权重折算)	97.75					

电缆线路绿色等级分为一星级、二星级、三星级3个等级。3个等级的电缆线路均应满足本标准所有控制项的要求，且每类指标的评分项得分不应小于40分。当电缆线路总得分分别达到50分、60分、80分时，电缆线路绿色等级分别为一星级、二星级、三星级。

8. 闲置物资分析及南网品类优化物资利用

8.1 架空输电线路部分

本工程不涉及架空。

8.2 电缆线路部分

a) 拆除固定资产本

本工程无涉及拆除固定资产

b) 闲置物资再利用

本工程无涉及闲置物资再利用。

8.3 南网品类优化物资利用

为加强电网设备的安全运行，提高设备的通用性和互换性，便于生产运行和维护，本工程在初步设计阶段，均按照南方电网公司一级物资品类优化成果要求，采用优化后推荐的规格型号作为配电装置选型和选择参数的依据。

9. 环境保护、水土保持

9.1 工程建设对周围环境的影响

本工程对周边环境产生影响的时间段主要分为施工准备期和工程建设期。

工程建设过程中，施工机械和车辆等将产生噪音和震动，对地面交通和地下水水质有影响。施工过程中临时堆放的弃土弃渣和建筑砂石料对周围环境有一定影响。

施工时，应严格按照国家和地方有关环境及卫生方面的规定，禁止废渣、废气、废水等随意排放。施工应通过合理的施工组织安排，尽量减少对周边环境的干扰。施工时，如需要采用爆破，必须征得有关部门的同意，并采用微差爆破与相应措施，尽量减少对周围居民的影响，施工场地布置等必须按广州市的有关规定执行。

9.2 施工期间的环境保护措施

为减少工程建设对环境的影响，设计中采取了如下措施：

a) 地表建筑物的保护

为避免施工开挖引起的地表沉降危及周边地面建筑物的安全，施工前首先对影响的建筑物采取一定的保护措施，施工中加强对地面建筑物的监测，作到信息化施工。部分距离通道很近的构筑物（如架空线路基础）加固措施保护。

b) 地下管线的保护

施工前应做好地下管线现状的调查工作，对施工中影响到的管线做好改移、防护和监测工作，确保其正常使用。

c) 噪音的控制

噪音主要有各类动力机械设备如挖槽机、装载机、汽车、空压机等产生，施工时对附近居民造成干扰。因此需采用低噪声设备或加设消声器、设置隔音墙、限时施工等措施，控制噪声污染。

d) 大气污染控制

通道施工有少量粉尘污染和燃油设备及汽车排放有害气体污染。对粉尘污染采用通风降尘；对于有害气体污染采用符合国家排放标准的设备和车辆，以降低有害气体对环境的污染。

e) 地下水及土壤污染控制

施工中产生的废水经沉淀净化达标后才能排入市政雨水、污水管道；弃土按指定场所堆放，运输弃土车辆不宜装的过满，加盖蓬布，进出车辆必须把车轮洗净，弃土处作好相应的防护措施，避免水土流失。

f) 绿化保护

施工中尽量保护电缆线路两侧施工范围外的树木、花草绿地，不得不迁走的树木和占用的花草绿地工程竣工后必须予以还建，以保持原有环境。

9.2.1 劳动安全

电缆线路劳动安全是确保作业人员和周围环境安全的重要措施。我们可以总结出以下几点关键的安全要求和措施：

a) 个人防护装备

作业人员在操作前必须穿戴符合标准的劳动保护用品，包括安全帽、防护鞋、防护眼镜等。

b) 防火与阻燃措施

为防止电缆燃烧蔓延，在电缆沟(隧)道进入建筑物或在适当的地段应设防火隔墙，电缆沟(隧)道的防火隔墙上应设防火门，配电装置室的门向疏散方向开启，配电装置室的中间门应采用双向开启门。

c) 电缆交叉与接近距离

高压电缆应在低压电缆下方，且与热力管道接近或交叉时，应保持一定的最小距离，以避免潜在的危险。

d) 施工现场管理

敷设电缆作业应设专人统一指挥，作业前，作业负责人或总指挥应向全体作业人员讲明作业要求、联络信号及注意事项。

通过这些措施，可以有效地提高电缆线路施工的安全性，减少事故发生，保障作业人员的生命安全和电缆线路的正常运行。

9.3 水土保持

9.3.1 水土保持总体要求

按照以往送电线路示范工程设计要求，输电线路工程的水土保持越来越得到重视，“创建环保型送电线路”将成为电力工程建设的目标。本工程线路水土保持设计将在我院以往送电线路设计中取得成功经验的基础上，继续优化工程设计，降低工程造价。重点是通过电缆线路走廊型式的改进、基础的多方案优化、基面的综合治理、合理选定路径及电缆线路走廊、提出合理的施工方案等措施以达到水土保持的目的。

9.3.2 水土保持分析

高压送电线路是一种线型工程，和其他开发建设项目相比，具有战线长，横跨不同地貌类型区域的特点。一般情况下，送电线路地貌类型区域可分为土石山区、丘陵缓坡区、平原地区和河网泥沼区。根据电缆线路建设的工程特点，是连续的电力走廊，因此线路建设与水土保持的矛盾主要集中在电缆线路走廊土建的施工上，不同的地貌类型，其影响程度不一。如何在工程设计中因地制宜，最大限度地减少开挖土石方，保持水土，在山丘区线路此类矛盾显得尤为突出，常存在如下一些问题：

a) 破坏电缆线路走廊原有土体稳定

基面土石方大量开挖，不但破坏了电缆线路走廊原有的天然植被，而且使原先稳定的土体受到扰动。开挖土石方后形成的坡面，暴露在大气中，在雨水的冲刷下，容易产

生水土流失和塌方。同时，大量的基面挖方弃土堆积在基面边坡上，增加了边坡附加压力，在雨水浸蚀下，容易产生坍方和滑坡。

b) 影响周围环境

如果电缆线路走廊附近有房屋、农田、水塘、水渠、道路、经济林等时，被雨水冲刷流失的泥土、弃石将威胁房屋和交通的安全，影响农田耕作和经济作物的生长。

在平地敷设高压电缆线路不可避免地会遇到农田、河网、泥沼等地形，如果电缆线路走廊选定不合理、基础设计及施工方案不科学，施工过程中弃土、弃碴处理不合理，都会对当地土地资源保护、水资源利用、环境保护及水利设施等产生不利影响。

9.3.3 水土保持防治措施

9.3.3.1 线路工程水土保持目标

本工程建设以保护生态环境为出发点，以防治新增水土流失为目标，促进经济与环境的协调发展。在遵守水土保持法律法规、技术标准和环境保护总体要求原则的同时，根据工程建设生产特点，须遵循以下原则：

a) 针对工程区水土流失现状和工程建设新增水土流失的特点，按照“预防为主、保护优先”的基本要求，选用先进的施工工艺，优化工程施工组织设计。在设计中采取因地制宜、因害设防的原则。

b) 根据各项目区的具体情况，坚持因地制宜、因害设防的原则，合理布局水土流失防治措施，注重工程措施和植物措施的合理搭配，做到“标本兼治”。

c) 坚持全局观点，水土保持作为工程设计的重要组成部分，与主体工程建设、工程环境保护和生产建设安全相结合。

d) 坚持科学、经济原则，使水土保持方案措施可靠、经济可行。水保措施应选择取料方便、易于建造的工程措施及当地适合生长的植物品种，在保障水土保持功能的同时减少建设期的投入和运营期间的养护工作量。

e) 坚持水土保持设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”原则。

9.3.3.2 水土流失防治措施

本工程线路水土保持设计的重点是通过优化路径及电缆线路走廊、改进土建及基础型式、采用原状土基础、进行基面的综合治理和提出合理的施工方案等措施以达到水土保持的目的。

a) 优化路径

本工程路径选择时，尽量避开林区，减少林木砍伐。对不能避开的林区，仅砍伐林木，遗下树根及灌木草丛，防止出现裸地而发生水土流失。线路走廊中山坡上的林木和道路两旁的树木，原则上不砍伐。电缆线路走廊尽可能避开村庄、果园、经济作物田地，并尽量缩短线路长度。通过采取设计优化，较大程度地减少了林木砍伐；线路路径尽量靠近现有道路，充分利用沿线的交通条件，减少修建施工道路对地表的扰动；避让城镇密集区，尽可能降低拆迁工程量。通过路径优化缩短了线路长度，不但节约了工程投资，而且减少了对水土保持设施的破坏，对防止植被破坏，减少水土流失具有十分重要的意义。

b) 电缆线路走廊选择

本工程在选定电缆线路走廊路径时，尽量避开陡坡和易发生塌方、滑坡、冲沟或其它地质灾害的不良地质段；当线路与山脊交叉时，尽量从平缓处通过；通过以上措施减少土石方开挖量和水土流失，也降低了电缆线路走廊施工对环境的破坏影响。在泥沼地区选定电缆线路走廊时尽量避开低洼、河岸及水流易冲刷的地形，并要防止对堤岸产生影响。线路在终勘定位时，将对电缆线路走廊进行认真的地下管线探测和环境调查，力求做到电缆线路走廊布线合理，尽量减少土石方开挖量，降低电缆线路走廊施工对环境的影响。

9.3.4 施工过程水土保持措施

做好送电线路水土保持工作除了设计上采取措施外，还需靠施工单位采取及时、有效的施工措施，最终实现水土保持的目的。为保证工程建设完全满足水土保持的要求，对施工临时道路、施工牵张场、施工临时占地和弃渣点等工程临时占地也提出水土保持的要求。

a) 施工临时道路

电缆线路施工临时道路有施工简易公路、人抬简易道路和施工放线道路。施工简易道路主要在原有乡村小道的基础上加以改造而成，人抬简易道路和施工放线道路主要是

为方便人工运输及施工，从施工主干到施工点开设的临时道路，一般距离较短，路面狭窄，主要是路面的植被破坏，对原地貌产生的影响不是太大。施工单位施工时应尽量选择坡度较缓的地段设置道路，减少土石方量。对于施工临时道路，首先应尽量减少破坏埋压范围，在林草密集地段开路时减少对林草的破坏，不得随意扩大路面等。

b) 电缆盘摆放场地

在施工过程中一般选择较为平坦和交通方便的位置作为电缆盘摆放场地。牵张场区主要破坏是道路的占用、土地平整及对植被的破坏。场地平整前，先将表土剥离，并采取必要的临时防护。场地平整后，铺设一层钢板，能有效减少水土流失。施工完毕后撤下钢板，对土地进行整治，并在施工场地周围建立由排水沟组成的排水系统，并恢复植被。

c) 施工临时占地

施工临时占地的水土保持与施工过程紧密相连。线路施工临时占地区由于砂石料搅拌和临时堆置砂石料会破坏原有的地貌，施工完后应清理残留在原地面的混凝土等，做到“工完，料尽，场地清”，并恢复原有地貌。

d) 余土堆放一般要求

本项目弃渣主要是电缆线路走廊施工区、临时施工道路等产生的弃土弃渣，一般为土、石混合物。施工余土处理一般采用异地另行堆放及外运处理等措施。

10. 项目的节能设计分析

10.1 系统节能设计分析

10.1.1 系统方案节能分析

本期 220kV 接入系统方案可实现提升木棉、广南等核心片区应对严重电网故障的能力，提高核心片区 220kV 电网应对不同场景需求的调度控制灵活性等目标。推荐方案近期和远期潮流分布合理，无重过载断面，有利于减少网络损耗。

10.1.2 导线截面选择合理能够满足本期及远期潮流输送要求

本期新建 220kV 线路输送容量根据近、远期正常运行方式下潮流输送和“N-1”方式下安全送电的要求进行选择，在满足技术要求的同时，能够有效减少投资浪费。

10.2 线路节能设计分析

10.2.1 电缆型式的选择

本工程设计推荐采用干式交联聚乙烯（XLPE）电力电缆，其绝缘性能稳定、介质损耗小，且绝缘允许温度高，允许导体在较高的温度下输送电流，有利于提高电缆线路的输送负荷能力。

10.2.2 电缆导体的选择

本工程电缆导体选用铜芯，其电阻小，有利于降低导体电损；发热相对较低，有利于导体绝缘工作温度。且能够提高电缆的输送能力，同导体截面电缆用铜芯比铝芯允许载流量提高约30%。

10.2.3 电缆金属外护套的接地方式

本工程电缆金属护套设计采用均匀分段的交叉互联两端直接接地和单点接地加回流线的接地方式相结合，能有效减少在电缆金属护套中的环流损耗，防止金属护套的功率损耗和发热而降低电缆载流量；充分体现本工程设计的绿色、节能、环保理念。

10.2.4 采用非磁性抱箍

本工程在变电站及终端塔敷设固定电缆时，采用非磁性铝合金抱箍固定电缆，减少因单芯电缆而引起的涡流和磁滞损耗而导致电缆局部发热，并防止电缆受热动力及电动力的影响发生移动，能够满足本工程对电缆的保护设计要求。

10.3 节能评价

经计算，本工程总的年损耗为 28.59 万 kWh，其中，线路电晕损耗 0 万 kWh；线路电阻损耗 28.59 万 kWh。

11. 职业健康与劳动安全

11.1 职业健康安全目标

本工程各专业在设计方案中积极贯彻“以人为本”的思想，在防火和防爆、防电伤、防机械伤害及防坠落伤害、防毒及防化学伤害、防噪声及防振动、防暑、防寒、防潮、防电磁辐射、以及减轻劳动强度、改善劳动条件等方面，提供了全面有效的保障条件和预防措施。本设计整体上完全符合“劳动安全和工业卫生”有关法规、标准、规程规范的规定。上述设计方案通过建设中全面落实，在营运中严格管理，随时保持设备的良好状态，正确操作，则变电站生产过程完全可以做到安全可靠，劳动者在生产过程中的安全与健康能够

得到充分的保障。

11.2 职业健康与劳动安全措施

组建完善安全保障体系，做好安全技术交底工作。运用科学的方法将电力管廊或隧道施工中涉及到的危险因素进行全面识别及评价，并制定相应的预控措施，另外还要注意特殊条件下的安全技术措施。

电力管廊或隧道施工中存在的有关职业健康安全方面的危害因素，主要为如下几个方面：饮用水、食物中毒、传染病、防暑降温、防火、防爆炸、自然灾害、动物伤害等事件、电伤和机械伤害、交通意外、高空坠物、坠落等。

在输电线路、电力管廊或隧道的设计、施工过程中，需要制订和执行严格的安全操作规程和管理措施，从根本上杜绝以上可能发生的事故。劳动安全主要措施如下：

a) 饮用水、食物中毒、传染病的预防

由于施工人员一般均分散居住在施工沿线各居民点，可饮用当地可靠的饮用水。食物选择可靠来源，不捕食野生动物，在野外工作时尽量自备干粮及饮用水。为避免或预防疾病的发生，可自备常规药物及急救药品。一旦出现突发情况，可用车辆送往医院治疗。

b) 防暑降温

夏季进行外业需配备防中暑药，例如“十滴水”、“仁丹”、“藿香正气水”等，且严禁高温下工作时间过长。

c) 防火、防爆

输电线路跨越山区林地、果园、农田等时，存在山火隐患。线路尽量避开成片林区、竹林区、农耕烧荒区等易发山火区段。加强输电线路施工通道的维护管理，杆塔周围、施工面周围内的树木及杂草要清理干净。有必要的情况下可因地制宜地设置防火隔离带。严禁在上述区域生烟点火，应安排人员负责山火监测，如发现山火，立即通知现场人员采取紧急措施，第一时间与当地警方、消防部队联系。

在隧道、沟、浅槽、竖井、夹层等封闭式电缆通道中，不得布置热力管道，严禁有易燃气体或易燃液体的管道穿越。在电力管廊或隧道内以及变电站电缆夹层内敷设需采用阻燃型电缆，其非金属护套采用阻燃 PVC 材料，其性能应满足 IEC 60332-3、GB/T 18380.1~18380.3 中 A 类的要求，同时其阻燃性能需通过公安部消防部门认可的检测中心

进行的燃烧试验，取得 A 类试验合格报告。

电力管廊或隧道内敷设的电缆非金属护套必须具有阻燃、无烟和低毒的性能。

电力管廊或隧道内电缆接头的外壳要具有阻燃、无烟和低毒的性能，如果不能满足要求，应绕包防火包带来增强对外壳的防火能力。变电站内电缆进入设备的孔、洞以及隧（沟）道的接口、竖井口处应采取防火措施（如采用防火堵料封堵）。电力管廊或隧道内电缆接头需与周边电缆采取防火隔离措施。

对易受外部影响着火的电缆密集场所或可能着火蔓延而酿成严重事故的电缆线路，必须按设计要求的防火阻燃措施施工。

当采用放闷炮形式来开挖基础，施工单位需贮备少量的雷管和炸药（系危险品）时，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。施工单位通常设有仓库，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。

按南方电网《架空线路及电缆安健环设施标准》（Q/CSG 1207002-2016），电缆线路沿线路面的直线段每隔 15m 装设标志牌或标志桩，转弯位置的每个转弯点也需装设标志牌或标志桩。电缆线路沿线需在盖板面或管面敷设警示带。

d)防止自然灾害

合理选定路径及塔位，对于丘陵、山区线路，在选线和定位时，应尽量避免陡坡和易发生塌方、滑坡、冲沟或其它地质灾害的不良地质段。在终勘定位过程中，将对每一个塔位进行认真的地质勘探和环境调查，对地质不良地段尽量采用直线转角塔，以避免原直线上恶劣的地形而选择一个合理的塔位，降低铁塔施工危险。在滑坡区、崩塌区、泥石流堆积区、溶（土）洞发育区域、深厚软土区域等进行勘察作业时，应设置监测点对不良地质体的动态变化进行监测。在大于 30°的陡坡、悬崖峭壁上作业时，应使用带有保险绳的安全带，保险绳一端应固定牢固。

合理选定管廊路径，应尽量避免陡坡和易发生塌方、滑坡、冲沟或其它地质灾害的不良地质段。在滑坡区、崩塌区、泥石流堆积区、溶（土）洞发育区域、深厚软土区域等进行勘察作业时，应设置监测点对不良地质体的动态变化进行监测。在大于 30°的陡坡、

悬崖峭壁上作业时，应使用带有保险绳的安全带，保险绳一端应固定牢固。

e) 防电伤

加强设计人员安全教育，使其严格遵守有关规范、安全技术和操作规程，并了解现场的带电设备和安全距离，对风天雨天等恶劣气候下严禁进入高压带电场区，在带电场区内测量时，严禁使用钢尺测量。

做好相关警示标志，遇大风、大雨等恶劣天气应该立即停止作业，将施工设备保护好，确保人员及设备安全。

f) 基坑开挖

在基础开挖施工过程中，要注意和预防基坑坍塌及基面塌陷，环境保护。人工基坑开挖，使用空压机和风镐时，应严格按照说明书操作，作业人员应正确佩戴防尘口罩、眼镜、正确使用安全帽、安全带、延长绳、手套、攀登软梯，安全监护到位。

g) 防高空坠落、高空坠物

由于输电工程存在的杆塔普遍较高，架线和组塔高空作业（特殊工种）时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。输电杆塔应设置安全辅助设施：杆塔全高 80m 以下采用脚钉来登塔、杆塔全高超过 80m 采用爬梯来登塔。全高超过 80m 塔中间设置休息平台。

12. 附图及附件

12.1 附图

附图1 本工程投产前后220kV接入系统方案示意图

12.2 附件

附件 1 广东电网有限责任公司广州供电局文件,广供电基〔2025〕13 号,《关于傍海（番南）站配套 220 千伏线路工程（第一分册）可行性研究的批复》，2025 年 2 月 13 日；

附件 2 广州环城地下管廊建设投资有限公司，穗管廊运函〔2024〕15 号,《关于 220 千伏天河棠下柔直背靠背工程电缆线路接入综合管廊征询意见的复函》，2024 年 3 月 5 日；

附件 3 广州市中心区交通项目管理中心，穗中交管技〔2024〕586 号，《广州市中心区交通项目管理中心关于征询 220 千伏柔直至赤沙电缆线路路径方案意见的复函》，2024 年 7 月 2 日；

附件 4 广州市海珠区住房和城乡建设局，《广州市海珠区住房和城乡建设局对《关于征询 220 千伏柔直至赤沙电缆线路路径方案意见的函》复函》，2024 年 8 月 15 日；

附件 5 广州市规划和自然资源局，穗规划资源业务函〔2024〕1071 号，《广州市规划和自然资源局关于 220 千伏天河棠下柔直背靠背工程设计方案的复函》，2024 年 1 月 23 日。

12.3 附表

附表1 绿色低碳电网建设评价表（电缆部分）

附表2：强制性条文执行计划及检查表

附表3：南方电网公司反事故措施执行检查表