

某核电项目厂区地下廊道施工探究

程振国

中国中原对外工程有限公司 北京 100032

【摘要】：华龙一号核电厂区地下廊道是串联核岛、常规岛、泵房、各类辅助厂房与临时作业场地的地下综合输送载体，廊道施工时序、施工质量直接决定核电项目整体建设工期能否按计划落地。厂区包含 GT、GA、GB、GC、GD、GL、TK、TL、TJ 多类型管沟，全域铺设、竖向多层交叉、埋深差距悬殊，叠加厂区地下水丰富、涉外多方接口、大型吊装重载等多重约束，施工统筹难度远高于普通市政管廊。本文依托海外某华龙一号核电项目现场实践，系统梳理地下廊道布置特征与施工策划体系，全面剖析基坑扰动、交叉作业、图纸滞后、地基沉降等现场典型风险，从图纸前置管控、深基坑防水、交叉作业防护、重载廊道加固、模块化施工、三维总平模拟、涉外接口协调等维度构建全流程管控方案，以系统工程思路统筹廊道与全厂子项施工节奏，提前规避空间与工期冲突，可为同堆型海外核电厂区廊道施工组织提供可落地的实践参考。

【关键词】：华龙一号；核电厂区；地下廊道；施工统筹；交叉施工；模块化预制

DOI:10.12417/3083-5526.25.11.024

引言

在我国三代核电技术“华龙一号”规模化出海、批量化建设的行业背景下，厂区地下廊道承担电缆敷设、工艺介质输送、雨污收集、消防供水等核心功能，是核电站运行不可或缺的地下管网骨架。与城市综合管廊相比，核电廊道需满足核安全耐久性、抗渗、抗不均匀沉降专项设计标准，廊道覆盖全部生产构筑物与临时施工区域，与核岛基础、大型吊车站位、模块拼装平台、预引入设备存放区在平面、竖向空间高度重叠，施工约束条件复杂多元。

目前国内现有研究多聚焦市政管廊预制拼装、富水地层深基坑防渗单一工艺，针对华龙一号全厂多层交叉廊道整体统筹施工的系统性研究较少，多数文献仅针对单段廊道施工工艺展开论述，缺少覆盖图纸交付、中外业主接口、重载区域加固、动态总平管理、模块化提速的一体化管控思路。海外核电项目额外存在中方设计院、外方业主、属地施工单位三方接口，廊道预埋件、管线支架、防渗构造、重载加固方案需多轮提资确认，进一步提升施工组织协调难度。若廊道施工顺序规划失当、图纸交付滞后、交叉作业管控缺失，极易出现吊装场地移交延误、后期二次开槽破坏成型结构、廊道渗漏、不均匀沉降、工序停工等一系列质量与工期风险，直接拖慢机组热试、投产整体节点。

基于行业研究缺口与项目现场实际痛点，本文结合海外某华龙一号项目落地经验，完整梳理廊道工程特点、施工统筹原则、现场重难点问题，配套完整全过程管控措施，引入模块化预制工艺压缩关键线路工期，依托三维总平可视化模拟前置识别施工矛盾，完善多方接口常态化协调机制。

1 工程概况

本项目为海外华龙一号百万千瓦级核电机组，厂区占地面积广阔，地下廊道、管沟网络覆盖全厂所有生产子项与临时施

工区域，形成完整地下介质输送体系。厂区廊道按功能、埋深、结构划分为 GT、GA、GB、GC、GD、GL、TK、TL、TJ 九大类，各类廊道围绕构筑物布置，平面纵横交错、竖向多层重叠，不同廊道底板埋深、结构断面、防渗等级、荷载标准差异显著。

厂区 YA 公用系统涵盖给水、雨污水、WOD 废液、消防、压缩空气、通信、电力管线，全部依附廊道同步预埋敷设，廊道土建与 YA 管网设计、施工、验收高度绑定，必须同步出图、同步预埋，杜绝后期开槽施工。

项目总工期刚性约束较强，廊道工程集中排在总工期前中期，廊道节点滞后将连锁导致模块吊装、厂房设备预引入、室外系统调试全线延期。

2 厂区地下廊道核心工程特点

结合现场图纸会审、地质勘察报告与前期施工策划资料，总结本项目地下廊道五大典型特征，是施工组织阶段重点统筹的核心约束条件：

2.1 埋深跨度极大，深浅廊道竖向分层逻辑清晰

厂区廊道底板标高差距明显，形成自上而下的固定施工层级。GC 廊道底板底标高 -20.9m，GD 廊道底板标高区间 -14.9~21.32m，属于超深地下构筑物，基坑开挖深度超 20m，需多级放坡、支护配套施工；TL、TJ、GL 支线廊道埋深仅 2~4m，属于浅埋管沟。深浅廊道平面交叉区域，必须待深廊道结构、防水、分层回填全部验收合格后，方可开展浅层沟槽开挖，若工序颠倒，深层土方开挖会扰动浅层廊道地基土体，诱发不均匀沉降、侧壁开裂、防水层破损渗漏等结构性缺陷。

2.2 多层立体交叉，核岛龙门架区域廊道排布高度密集

核岛西侧龙门架基础下方是全厂廊道重叠最密集区段，竖向由下至上依次布置 GA/GB 综合管沟、GT 电缆廊道、TL 浅埋管沟，顶层同步敷设 YA 雨污、给水预埋管道，多层构筑物

竖向净距狭小，平面投影完全重合。该区域同时承载龙门架永久桩基承台、大型吊装重载，土建、管线预埋多专业同步作业空间极度狭窄，施工工序不可逆，是现场安全、质量管控核心重点。

2.3 工程体量大、多专业耦合，图纸前置交付需求迫切

厂区廊道土建工程量规模庞大，配套 YA 系统管线、电缆支架、穿墙套管、防渗构件、重载加固构件涉及土建、电气、工艺管道多专业协同施工。廊道土建图纸与 YA 配套管线图纸必须同步出版，若图纸分批滞后交付，廊道主体完工后需二次开槽预埋管线，破坏结构整体性并增加施工成本。

3 厂区地下廊道整体施工统筹策划

结合廊道五大工程特征、华龙一号三级总进度计划、各子项施工逻辑、大型吊装关键节点，制定全场廊道一体化施工策划方案，明确五大施工时序核心原则，分区域、分类型划分施工分段，配套图纸协调、资源配置、总平面动态调整保障措施。

3.1 廊道施工时序安排核心原则

统筹核岛、常规岛、泵房、吊装场地、临时道路多重约束，确定施工基本原则：

(1) 先深后浅竖向施工原则 以廊道底板埋深、相邻子项基坑开挖深度为判定标准，GC、GD 超深廊道优先开挖施工，完成结构、防渗、回填压实验收后，再开展中层 GT、GA/GB 廊道，最后推进浅埋 TL、TJ 支线管沟。廊道与厂房基坑重叠区域，同步开展厂房基坑与深廊道开挖，减少二次土方扰动；浅层廊道落在深厂房基坑范围内时，随主体基坑一次性开挖成型，降低土方重复施工成本。

(2) 工艺投产需求优先原则按照各厂房系统调试时序匹配廊道完工节点，循环水泵房、DP 配套 GT 廊道优先完工，保障厂房设备调试阶段电力、公用介质稳定供给。

(3) 大型临时设施优先保障原则 涉及大吊车站位场地、反应堆模块拼装平台、设备预引入存放场地下方的廊道列为优先施工区段，必须在场地硬化、吊装作业启动前完成廊道结构、防水、回填及地基加固，同时需考虑加固措施。

(4) 厂区运输道路畅通优先原则 横穿厂区主干道、大件运输通道的廊道分段优先组织施工，采用分段回填方案，最大限度降低沟槽开挖对物料运输、混凝土供应、大件转运的阻断影响；主干道交叉口廊道集中安排在土建施工低峰期集中施工，缩短交通封闭周期。

(5) 多专业同步协同前置原则 廊道土建图纸与 YA 厂区给水、雨污、消防、电力、通信管线图纸同步设计、同步出版，预埋支架、套管、管线随廊道钢筋、模板同步安装，实现土建与公用管线一体化施工，杜绝后期二次开槽改造。

3.2 全域廊道施工分区与分段策划

结合厂区施工分区边界，将全场廊道划分为四大施工分区，分区编制专项施工计划：

(1) 核岛龙门架及吊装分区：优先完成 TL、GA、GB、GT 多层交叉廊道施工，同步实施地基加固，按期移交龙门架基础、大型吊车站位工作面；

(2) 循环水泵房周边分区：及时开展 GC 深廊道与其他浅廊道施工；

(3) 核岛一常规岛衔接分区：狭窄区间 GT 廊道采用错峰施工方案，配合 NE 厂房土建分层推进，规避立体交叉作业冲突；

(4) 外围辅助厂房支线分区：浅埋 GL、TJ 支线管沟利用厂区施工空档穿插施工，不占用项目关键线路工期。

各分区廊道实施分段流水施工，单段沟槽长度控制在 30~80m，开挖、垫层、防水、钢筋绑扎、混凝土浇筑、回填工序连续推进，减少基坑长期泡水引发的土体软化、防水层破损风险。

4 廊道现场施工典型难点及风险分析

结合某项目廊道施工暴露的实际问题，梳理五大类典型施工难点：

4.1 循环水泵房深基坑与 GT 廊道土体扰动风险

循环水泵房为本项目开挖深度最大的厂房基坑，开挖边界覆盖与其相连的 GT 廊道，基坑开挖卸荷会改变周边土体应力分布，造成 GT 廊道基底不均匀沉降、结构偏移，直接威胁构筑物按期投用。若基坑开挖速率管控不当、边坡支护强度不足，易出现基底滑移问题，因此，需先进行循环水泵房施工再进行周边廊道施工。

4.2 大吊车站位边坡与下部廊道相互荷载影响

大吊车站位点边坡紧邻 GT 电缆廊道，因此，吊车站位下方 GT、TL 廊道需单独编制专项加固方案或采用后施工方式。

4.3 核岛一常规岛狭窄区间 GT 廊道立体交叉作业冲突

核岛 NE 厂房外墙与常规岛构筑物之间施工空间狭窄，中间存在 GT 综合廊道，若待 NE 外墙整体完工后再施工廊道，会大幅压缩廊道有效工期；若提前开展廊道施工，则与 NE 外墙脚手架、模板、混凝土浇筑形成上下立体交叉作业，存在高处坠落、物体打击双重安全风险，必须优化工序逻辑并配套专项隔离防护措施。

4.4 核岛龙门架区域多层廊道工序排布复杂

龙门架基础下方四层廊道竖向重叠，GA/GB、GT、TL、YA 管线施工工序不可逆，若工序颠倒，则下方廊道无法施工。

4.5 图纸交付滞后、多方接口协调滞后连锁风险

廊道集中施工于项目前中期，土建、YA 公用系统、中方设计院、外方业主三方接口资料确认周期长，若图纸未按计划提前出版，将会造成廊道主体完工后二次开槽预埋，增加施工成本。

5 廊道施工全过程重点管控事项

针对上述施工难点与风险，从图纸前置统筹、交叉作业防护、重载区域加固、回填沉降防控、涉外接口管理、总平可视化模拟、资源前置保障九个维度制定系统化管控措施：

5.1 图纸与涉外设计接口前置统筹管理

建立廊道图纸交付专项管控台账，按照分区施工计划倒排图纸出版节点，硬性要求设计院提前 6 个月完成土建、YA 配套管线全套图纸交付；分阶段开展图纸预审、图纸会审，提前梳理深埋深、多层交叉、吊装重载加固、富水防渗等特殊段落，由设计单位在出图阶段同步出具专项加固、施工预留构造方案，减少施工中途设计洽商变更。搭建中方设计院、外方业主、属地承包商三方接口提资制度。

5.2 交叉作业与大型吊装区域专项管控

核岛 NE 厂房与 GT 廊道立体交叉区域，优化工序为 NE 厂房施工至一层标高后，同步开展 GT 廊道主体结构、外防水、管线预埋施工；搭设双层硬质隔离防护棚，划分上下作业错峰施工时段，禁止上下同时动火、浇筑作业。大吊车站位下方 GT、TL 廊道严格按照专项加固方案完成地基换填施工，第三方承载力检测合格后方可移交吊装场地。龙门架多层廊道严格执行“自下而上”施工顺序，下层廊道结构、防水、回填验收

合格后，再进行上层沟槽施工；分层土方分区堆放，禁止堆土荷载挤压已完工廊道侧壁。

6 结语

华龙一号核电厂区地下廊道作为全厂公用介质、电力电缆输送的地下核心枢纽，具备埋深差异大、多层立体交叉、全域分散、重载区域加固需求突出、多专业深度耦合等独有工程特征，施工全过程受核岛土建、大型吊装、临时运输道路、YA 室外系统、中外多方设计及施工接口多重约束，施工组织复杂与工序冲突风险密集。廊道施工不能仅聚焦单一沟槽施工工艺，必须运用系统工程全局思维，统筹全厂所有构筑物、临时设施、涉外接口同步策划。

施工策划阶段严格遵循“先深后浅、工艺投产优先、吊装场地优先、道路畅通优先、多专业同步协同”五大核心原则，分区分段排布流水施工计划；针对深基坑土体扰动、富水地层渗漏、吊装边坡稳定、狭窄区间立体交叉、多层廊道工序冲突、图纸交付滞后六大典型风险，配套图纸前置协调、交叉作业专项隔离、回填压实严控、三维总平模拟一体化管控措施。其中三维总平可视化模拟能够前置化解空间与工期冲突，大幅降低现场协调成本。

海外核电项目额外叠加中外多方接口协调难点，需建立常态化三方协调例会机制，提前固化廊道结构、管线预埋、重载加固方案。在后续华龙一号标准化核电项目建设中，可进一步统一多层交叉廊道标准化施工工序，搭建数字化廊道施工进度管控平台，实现厂区地下廊道施工全周期数字化管控，持续提升核电室外地下工程施工效率、结构安全管控水平，保障核电厂整体按期投产。

参考文献：

- [1] 揭海荣.城市综合管廊预制拼装施工技术[J].低温建筑技术,2016(03):86-88.
- [2] 李军,王浩.滨海富水地层综合管廊深基坑降水与防水施工技术[J].地下空间与工程学报,2019,15(S1):210-216.
- [3] 张磊.核电厂区室外综合管沟施工统筹管理与交叉作业管控[J].电力工程技术,2021,40(06):156-161.
- [4] 陈卫国,刘天泽.华龙一号核电厂区地下管网多专业协同施工组织研究[J].中国核电,2023,16(02):228-233.