市政排水管道深沟槽钢板桩支护技术及既有管线悬吊保护实践

程　潜

上海鑫圆建设咨询监理有限公司 上海 201599

【摘　要】：城市新建道路配套的排水管网，经常会遇到沟槽深度变化大、周边管线分布杂乱、容易扰动软弱土层等施工难题，以上海崧盈路（新康路~致富路）道路新建项目为研究案例，结合该项目沟槽深度 1.8~5.5m、管道口径 DN300~DN1000、存在浅层杂填土与明浜淤泥、既有管线排布复杂的实际施工条件，本文探讨分级钢板桩支护配合既有管线悬吊保护成套技术的应用，从方案预先审核、不同工况选择对应支护、管线探测复核、悬吊体系搭建、全过程动态监测等多个方面梳理具体实施流程。工程实践显示，分级钢板桩支护搭配“槽钢吊索悬吊+管底支墩”的组合保护方式，能够有效控制沟槽侧向变形，避免沟槽塌方，最大程度降低开挖作业对既有管线的扰动，保障排水深沟槽的施工安全。

【关键词】：市政排水；深沟槽；钢板桩支护；既有管线；悬吊保护

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.089

城市新建市政道路项目中，排水管道沟槽属于危险性较高的分部分项工程，开挖深度跨度大，周边布满既有管线，软弱土体受开挖卸荷、地下水渗透的影响，很容易引发边坡滑移、沟槽坍塌和管线破损，传统施工往往存在支护“一刀切”、管线保护过度依赖迁改、监测预警没有落到实处等问题。崧盈路（新康路－致富路）道路新建工程位于上海青浦区，场地属于湖沼平原地貌，浅层分布杂填土与明浜淤泥，地下潜水水位偏高，沟槽开挖深度在 1.8~5.5m 之间，管道口径包含 DN300、DN400、DN800、DN1000 等多种规格，沿线穿插多条正在运营的既有管线，不满足全部迁改的条件，必须对管线做原位保护。本文结合该项目工程实践，重点分析深沟槽钢板桩差异化支护体系的搭建方法、既有管线悬吊保护的施工工艺，梳理全流程的风险管控要点，为国内软土地区同类项目提供可参考的实践思路。

1 深沟槽风险识别与技术总体思路

软土地区排水深沟槽施工的风险主要分为四类，分别是地质环境风险、支护体系风险、周边管线扰动风险和施工组织管理风险。地质层面，该区域浅部土体抗剪强度较低，潜水水位偏高（实测稳定水位埋深 1.50~1.80m），沟槽开挖卸荷后，水土压力会作用在沟槽侧壁，如果支护措施和实际工况不匹配，很容易发生边坡垮塌、流砂管涌；支护体系层面，如果支护选型和开挖深度不匹配，支撑构件安装滞后，构件连接节点处理不到位，会导致支护结构变形持续增大，管线扰动风险方面，沟槽开挖会让周边土体应力释放，土体位移会拉扯邻近的既有管线，管线接口位置最容易发生开裂渗漏；管理层面，如果专项方案审核只停留在纸面，开挖过程中出现超挖、先开挖后支撑，监测预警处置不及时，都会放大安全风险[1]。

基于以上风险识别，由监理部牵头确定本项目的整体技术思路：坚持“分级支护、先撑后挖、探挖先行、原位保护、动态监测”的原则。第一，按照沟槽实际开挖深度划分施工工况，根据工况差异分别选用横列板支护、槽钢钢板桩支护、二级放坡加钢板桩组合支护，不采用统一的支护模式；第二，保护管线优先用人工物探加探沟开挖复核的方式，尽量减少管线迁移改动，对没法迁移的管线，采用“槽钢吊索悬吊加管底增设支墩”的复合保护结构；第三，严格执行开挖条件验收制度，支护全部完工才能进行土方开挖；第四，在沟槽周边布置沉降、位移观测系统，对整个施工过程进行旁站监测，一旦发现变形异常立刻停工处理，形成“方案－施工－监测－反馈调整”的闭环管理方式，不同沟槽开挖深度对应的支护选型和管控重点见表 1。

表 1 沟槽开挖深度对应支护选型及管控重点

沟槽开挖深度	支护结构形式	核心管控重点
小于 3.0m	横列板支护	板桩拼接严密，随挖随支，严控超挖，做好沟槽内排水
3.0—5.0m	槽钢钢板桩+横撑支护	钢板桩锁口咬合质量，横撑安装及时性，构件连接牢固度
大于 5.0m	二级放坡+钢板桩支撑组合支护	放坡坡度复核，两级支护协同受力，强化周边监测频次

2 钢板桩分级支护关键施工工艺实施

2.1 专项方案审查与开挖条件验收

危大工程专项方案是沟槽安全的前置关口，不能

仅停留在纸面审核。作为总监理工程师，笔者牵头对《沟槽开挖与支护专项施工方案》开展细致审查，重点核对不同深度沟槽对应的支护形式、构件选型、开挖分层分段要求、降水排水措施、应急处置预案。方案审查通过不代表可以直接动工，要严格执行开挖条件验收机制，对支护材料进场核验结果、机械设备运行工况、作业人员安全交底落实情况、现场排水设施、周边警示防护全部逐项核查，所有条件都满足要求后，才允许开始沟槽开挖作业，避免方案和现场施工出现“两张皮”的问题。

在方案审查环节，除结构安全验算外，还要重点完善现场应急处置体系，理清应急物资储备清单，钢板桩、备用横撑、沙袋、抽排水设备等物资必须提前进场存放，不能等险情发生后再临时调拨，还要明确不同险情对应的处置流程、人员分工，落实专人在现场应急值守。不少项目只重视方案计算，却忽略应急资源落地，一旦发生槽壁变形险情，物资缺位会直接错过最佳处置时机，进一步扩大事故的影响范围[2]。

2.2 分级支护现场实施控制

开挖深度小于 3.0m 的管段，采用横列板支护，土方开挖和支护交叉穿插作业，做到随挖随支护，严禁开挖一段之后再集中补做支护，要及时排出沟槽内部的积水，减少地下水对槽壁土体的浸泡。开挖深度在 3.0—5.0m 区间，采用槽钢钢板桩配合横撑内支撑的施工体系。钢板桩施打时要重点管控锁口咬合的密闭性，保证形成连续封闭的围护结构，减少水土渗漏；钢板桩就位后要及时架设横撑构件，横撑与钢板桩的接触部位要保证紧密贴合，避免出现虚顶，严格落实先支撑、后开挖的工序要求，禁止超挖作业[3]。局部开挖深度超过 5m 的重点管段，采用二级放坡+钢板桩支撑组合模式。上部土体做二级放坡卸荷，下部槽壁施打钢板桩加横撑支护，利用上部放坡削减一部分侧向土压力，降低钢板桩体系的受力负荷，放坡坡面要做好防雨排水措施，防止雨水冲刷坡面造成土体流失。钢板桩拔除工序同样不可忽视，很多项目只关注打桩支护，却忽略后期拔桩带来的土体扰动。沟槽回填达到设计强度后，钢板桩拔除需要遵循“间隔拔桩、边拔边回填注浆”的工艺要求，拔桩留下的桩孔要及时填充密实，防止地面出现空洞沉降，避免给周边已做好保护的既有管线造成二次扰动[4]。

2.3 全过程动态监测管控

支护体系施工完成后，要立刻搭建完整的监测体系，在沟槽两侧地面、临近既有道路、管线周边布置沉降观测点与位移观测点。土方开挖阶段要加密监测频次，安排监理人员在现场旁站，动态记录支护结构变形、地表沉降的相关数据，一旦观测到支护变形速率、地表沉降接近预警阈值，要第一时间下达停工指令，停止土方开挖作业，采取增设临时支撑、坑内回填反压等处置措施，等监测数据回归稳定后，再评估是否可以恢复施工，杜绝漠视监测数据继续冒险施工的行为[5]。

3 既有地下管线悬吊保护工艺与现场管控

城市建成区周边的地下管线档案资料，经常出现标注位置、埋深和现场实际情况不符的问题，如果直接进行机械开挖，很容易损伤管线，因此管线保护的第一步必须先探明管线的真实位置。本项目不采用只依赖管线档案的方案，在沟槽正式开挖前，要求施工单位进行人工物探，再配合探沟开挖，逐一确认各类既有管线的平面走向、埋深、管材、接口位置，把管线实际位置标记在现场地面，划定机械开挖禁止进入的范围，管线周边的土体全部用人工开挖清理，严禁机械直接接触管线本体。针对沟槽开挖断面内没有办法完成迁改的既有管线，项目采用槽钢加吊索悬吊保护，在管道下方增设支墩的复合保护结构。将沟槽两侧成型的钢板桩支护结构作为悬吊受力支点，架设槽钢横梁，通过吊索对既有管线做悬吊约束，同时在管线底部增设支墩，形成悬吊加底部支托的双重保护，避免管线全部荷载都由吊索承担，降低吊索失效后管线坠落的风险。悬吊吊索的松紧度需要合理调整，既要限制管线出现大幅度下坠位移，又不能过度张拉约束土体微小的正常变形，避免管线接口承受额外的附加内力[6]。悬吊保护体系施工完成，并不代表管线保护工作结束。从土方开挖、管道敷设到沟槽回填的整个过程，都要对悬吊体系进行巡检，检查吊索松紧是否正常、槽钢构件有没有变形，管线本体、接口有没有渗漏异常。沟槽回填阶段，管线下方的支墩要完整保留，分层回填并夯实，避免回填作业扰动造成管线位置偏移，既有管线原位悬吊保护各关键工序的质量控制要点如表 2 所示。

表 2 既有管线原位悬吊保护关键工序质量控制要点

工序环节	主要控制内容	风险防范要点
管线探测复核	人工物探+探沟开挖，核实管线位置、埋深、材质	不能仅依靠历史档案，消除管线位置信息偏差
悬吊体系架设	槽钢横梁选型，吊索布设，管线底部增设支墩	支点稳固，避免吊索过度拉紧，双重受力保护

沟槽开挖作业	管线周边人工清土，禁止机械扰动	防止机械开挖磕碰管线及悬吊构件
施工全过程巡检	吊索、槽钢构件、管线接口外观状态巡检	及时发现构件变形、管线渗漏异常
沟槽回填阶段	管线周边分层回填，保留管底支墩	回填挤压造成管线位移、接口破损

注：续表 2。

4 现场施工协同及常见问题对策

4.1 多工序交叉协同管理

本工程排水沟槽施工与道路、桥梁桩基施工存在现场交叉，需要做好各工序的时间顺序协调。深沟槽的钢板桩支护、管线悬吊保护作业，要和桩基础施工错开时间安排，因为桩基振动施工会扰动沟槽侧壁土体和悬吊管线，要尽量避免桩基振动作业和深沟槽开挖同步进行，要是工期紧张无法完全错开工期，就要提高监测频率，重点观察沟槽支护变形、悬吊管线的状态，同时调低振动参数，减小振动带来的土体扰动影响。同时做好危大工程的安全技术交底，在沟槽开挖、钢板桩打设、管线悬吊作业开工前，对现场管理人员、一线作业人员进行针对性交底，把沟槽塌方风险、管线破损后果、应急处置要点讲明白，交底不能只走签字的形式，要保证一线人员清楚所有风险点[7]。

4.2 现场高频问题及处置对策

一是沟槽局部渗水流砂。软土层中潜水储量丰富，钢板桩锁口的缝隙会发生渗水，轻微渗水可以用封堵材料进行封堵；如果出现流砂现象，必须立刻停止开挖，先做坑内反压处理，完善止水措施之后再继续作业。二是支护结构变形速率超标。如果变形快速增大，首先要做的就是停止向下开挖，优先用坑内土方回填做反压应急，之后再增补横撑构件，等到监测数据稳定后，重新评估现场工况，绝对不允许靠加快施工进度“硬扛”变形风险。三是悬吊管线出现位移。如果发现悬吊管线有明显竖向或水平位移，要核查吊索受力、支墩状态，排查下方土体是否出现流失掏空，必要时补设支墩、调整吊索受力，找到土体扰动的来源并消除诱因。另外，现场还要重视气象条件带来的附加风险，雨季施工时，沟槽周边要设置截排水设施，避免地表雨水大量汇入沟槽，雨水渗入槽壁土体后会大幅降低土体强度，加大边坡失稳的风险。暴雨天气要停止沟槽内所有作业，让人员撤离沟槽，雨后复工前必须对支护结构、悬吊管线、监测数据进行全面检查，确认安全后才能重新进场施工。高温、汛期这类特殊工况，也要针对性调整施工安排，将环境因素带来的安全风险纳入日常管控范围。

5 结语

软土地区的市政道路新建工程中，排水深沟槽采用钢板桩分级支护，加上既有管线悬吊原位保护，是兼顾施工安全、降低迁改成本、保障民生管线正常运行的重要技术路径。崧盈路工程已经顺利通过竣工验收，实践证明，深沟槽施工需要根据实际开挖深度选择不一样的支护方案，落实先撑后挖、条件验收的要求，依靠动态监测完成风险预警；管线保护不能只依赖档案资料，人工物探加探沟核实，才是探明管线真实状态的必要步骤，“槽钢吊索悬吊+管底支墩”的复合保护构造，比单一悬吊拥有更高的安全冗余度，而且管控需要覆盖开挖、施工、回填的整个周期。本项目积累的成套实践经验，可以给国内同类软土区域的市政管网项目提供实际参考，后续还需要继续探索数字化监测手段，进一步提高风险预判能力与安全管控水平。

参考文献：

[1] 纪林建,孙修成,李伟.市政排水管道合槽施工及钢板桩支护技术的要点与应用实效研究——以济南某项目为例[J].科技资讯,2026,24(6):121-123.

[2] 张彤.钢板桩支护与钢支撑在输水管沟槽深基坑开挖中的应用[J].广西水利水电,2025(2):70-73,86.

[3] 邓兰红.下穿既有线市政管网工程的施工安全风险控制研究[J].城市开发,2025(9):167-169.

[4] 明瑞平,谢艾利,张亚杰.某城区污水主管网结构设计及施工技术研究[J].建材世界,2025,46(5):95-98,118.

[5] 王守超.软土地区紧邻大直径深埋雨水管基坑工程实践[J].江苏建筑,2023(6):114-117.

[6] 吴超,张锦才,杜涛,等.悬吊保护配合倒挂井壁工法在深基坑工程中的应用分析[J].工程技术研究,2024,9(21):61-63.

[7] 孙安,邹振,史慧婷.复杂地质条件下的管槽开挖支护探讨[J].城市道桥与防洪,2025(9):350-353,363.