DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.250516

黄土地区市政工程电力管沟支护设计分析

孙梓栗
(中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司,陕西 西安 710075)

摘 要: 随着地下电力管沟逐步取代传统电力线路,电力管沟支护开挖设计需要展开深入研究。以西安高铁东城片区市政道路电力管沟设计施工为背景,通过梳理常用基坑支护方法的适用条件、优点和缺点,并结合具体案例实践,总结得到以下结论:一是电力管沟经常靠近道路红线设置,常规放坡开挖工艺可能无实施空间,设计期间应考虑支护设计;二是当存在放坡条件时,针对黄土地区采用分级放坡形式,当基坑深度达到17.2 m时,安全系数仍满足规范要求;三是当现场无放坡空间时,结合黄土地区的地层特点,优先考虑采用施工方便、经济性较好的土钉墙支护;四是采用悬臂式钢板桩时,应控制悬臂高度≤4 m,当悬臂高度超过4 m时,加设1层拉锚杆,可有效控制钢板桩变形,保证基坑的安全。

关键词: 电力工程;基坑支护;方案比选;钢板桩;施工技术
中图分类号: TU994 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2026)01-0351-05

Analysis on Support Design of Power Pipe Trenches in Municipal Engineering in Loess Regions

SUN Zili
(Shanghai Keda Municipal Traffic Designing Institute, Shanghai 200092, China)

Abstract: With the gradual replacement of traditional power lines by underground power pipe trenches, the design of support and excavation of power pipe trench needs to be further studied. Based on the design and construction of power pipe trench along municipal roads in the high-speed railway east urban zone of Xi'an, by sorting out the applicable conditions, advantages and disadvantages of common foundation pit support methods and combined with the specific cases, the summarized conclusion shows that (1) power pipe trenches are often set close to the road red line. The conventional slopping excavation process may have no implementation space. During the design period, the support design should be taken into consideration. (2) In loess regions with sufficient slopping space, the stepped slopping form can be adopted. When the depth of foundation pit reaches 17. 2 m, the safety factors still meet the specifications. (3) When there is no space for slopping on site, in light of the stratum characteristics of the loess regions, the priority should be given to the use of soil nail wall support, which is convenient for construction and has better economy. (4) When the cantilever sheet piles are used, the cantilever height should be controlled to be no more than 4 m. When the cantilever height exceeds 4 m, an additional layer of tension anchor rods should be added, which can effectively control the deformation of the steel sheet piles and ensure the safety of the foundation pit.

Keywords: power engineering; foundation pit support; scheme comparison and selection; steel sheet piles; construction technique

0 引 言

近年来,随着城市化进程加速推进和电力能源需求持续攀升,市政工程建设呈现快速发展态势[1],其中,电力基础设施作为城市生命线工程的重要组成部分,也迎来高速发展[2]。在电力工程中,传统架空线路和直埋敷设的方式受限于空间资源紧张、景观协调性不足,以及运维可靠性较差等缺陷,已逐步被具有集约化、智能化优势的地下电力管沟替代[3]。而电力管沟工程因施工项目多、施工范围广、施工环境复杂、限制条件多、协调难度大等特点[4],在具体施工过程中,常常会对周边环境和地下管线造成破坏[5]。因此,如何在种种限制条件下进行电力管沟的支护开挖设计,成为一项新的难题。

关于电力管沟的支护开挖设计,已有学者进行了大量研究。于龙波等[6]对沟槽开挖与支护施工进行策划,采用“纵向分段、纵向分层、边挖边支护”的

收稿日期:2025-05-09
作者简介:孙梓栗(1996—),男,硕士,工程师,从事电力结构设计工作。

方法，利用拉森钢板桩对沟槽进行支护；赵延广等[7]阐述了管沟开挖支护的各项要点，并对提高管沟开挖支护质量的合理措施进行总结；才政等[8]的研究表明，新建管道通过钢板桩支护管沟，可控制土体的侧向移动，基本消除土体侧向位移对在役管道的影响；施文鑫等[9]通过将计算结果与实践相结合，验证了钢板桩在西安地区管沟支护设计中的可行性。

总体而言，当前国内外在相关方面的研究主要集中在施工技术这一问题上，而对电力管沟支护的系统性设计较少，且在黄土地区的应用仍停留在经验阶段。本文以西安高铁东城片区市政道路电力管沟设计施工为例，通过对市政工程中常用基坑支护方法的分析和比选，以及对具体工点案例的进一步分析，总结有益经验，为今后类似的工程施工提供借鉴。

1　工程概况

1.1　项目概况

西安东站作为我国包海通道上重要的现代化综合客运枢纽中心，是西安都市圈“4主1辅”客运枢纽布局的主枢纽，是形成西安“米”字形高铁网的主要组成部分。

东城核心区是西安东站的先行建设区，首先须解决的是东站的配套设施建设工程。工程沿线主要为未开发用地和在建住宅小区，本项目是为周边21条道路做工程设计，总长度约为13.6 km。配套新建管线包括给水、排水、中水、燃气、热力、通信、电力管线。

1.2　地质条件

根据本项目的地勘报告，场地内的地层自上而下依次为人工填土、第四系全新统冲洪积黄土状土、粉质黏土、砂类土及碎石类土等，地层状态及相关参数如表1所示。

表1　地层参数表

土层编号	重度γ/(kN·m^{-3})	黏聚力c/kPa	内摩擦角φ/(°)	土钉极限黏结强度q_{sik}/kPa	地勘推荐放坡坡率
①杂填土	18	2	10	—	1∶1.25
①$_1$素填土	18	15	15	15	1∶1.25
②黄土状土	18	24	23	40	1∶0.6
③$_1$细中砂	20	0	30	65	1∶1.5
③卵石土	20.5	0	32	120	1∶1.5
④黄土	16	24	23	—	1∶0.5
⑤古土壤	18	30	23	—	1∶0.5

1.3　水文条件

实测钻孔地下水位埋深为2.50～16.50 m，相应地下水位标高为420.28～431.71 m，场地属潜水类型。各拟建道路电力管沟基底均位于地下水位以上。

1.4　特殊岩土

根据室内土工试验结果和《湿陷性黄土地区建筑标准》(GB 50025—2018)的有关规定，本区域大部分路段可按地基湿陷等级Ⅰ级(轻微)考虑，少部分可按Ⅱ级(中等)进行设防。

1.5　电力管沟设计概况

根据市政专项规划资料，本项目中的电力管沟位于人行道路下方，管沟中线距道路红线仅1.5 m，设计为内尺寸1.5 m×1.8 m电力管沟(见图1)。

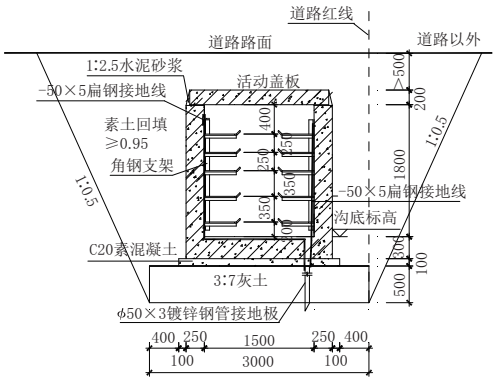

图1　1500×1800电力管沟断面(单位：mm)

2　设计难点

由于管沟通常沿道路红线敷设，其在设计施工时容易受道路周边环境影响，尤其是在挖方路段施工时，容易产生以下问题。

(1)电力管沟通常位于城市市区，道路周边往往存在既有建筑物、地下管线等，受地形高差和用地空间限制，常规放坡开挖工艺可能无实施空间，或造成巨额拆迁费用[10]。

(2)对于内净空1.5 m×1.8 m的电力管沟，其外尺寸高度通常为2.3 m，且电力管沟覆土厚度至少为0.5 m。当道路为挖方路段时，电力管沟在施工中挖

深往往可以达到5 m以上,按规定,这种挖深为超危大工程,其开挖支护的安全性应经设计验算复核。

(3)由于现场具体情况千变万化、错综复杂,设计前期往往无法准确预估现场情况,大多数情况下,设计按正常放坡考虑,但在施工中一旦发现无放坡空间,或放坡安全性不足,则需设置基坑支护,这会额外增加工程造价[11]。

3　支护方式选择

市政工程经常伴随工期要求高、施工条件复杂、多部门协调难度大、安全与质量控制要求高等特点[12]。而对于线缆廊工程或地下管廊工程而言,施工时间短、断面空间大、地下管线易交叉、埋深变化快(3~8 m)等特点尤为突出,且基坑工作年限短。针对这种情况,可用的基坑支护方法分类、适用范围,以及优、缺点如表2所示。

表2　电力管沟施工基坑支护方法对比

类别	围护形式	适用地层	基坑深度	优点	缺点
放坡开挖及简易支护	放坡开挖	适用于地基土质较好、地下水位低,以及施工现场有足够放坡场所的工程	通常≤5 m,超过5 m时需分级放坡	造价最低、施工速度快、施工灵活	雨季易坍塌,占地较大
加固边坡土体,形成自立式围护	水泥土重力式围护结构	可采用深层搅拌法施工,也可采用旋喷法施工	一般≤10 m	兼具挡土和止水效果,无需内支撑	施工速度慢、造价高
	土钉墙围护结构	一般适用于地下水位以上地层,或降水后对基坑边坡进行加固	一般≤12 m,土质较好时可达15 m	经济性好、施工简便、工期短	变形控制能力有限
挡墙式围护结构	钢板桩围护	适用于浅基坑或临时支护,尤其适用于砂土、粉土地层	悬臂式≤4 m,超过4 m时需加嵌固端或内支撑	施工快、可重复利用	造价较高,悬臂式变形较大
	地下连续墙围护结构	适用范围广,可适用于各种土层和基坑深度	通常≥15 m	刚度和止水效果最佳,整体性强	造价高,需专用设备
	排桩加锚拉式围护结构	适用于砂性土地基和硬黏土地基,可提供较大的锚固力	8~20 m	刚度大、变形小	造价高、工期长、桩间易渗水

综合考虑施工难度、施工速度、造价投资,对电力管沟工程进行基坑施工支护设计的选择如下。

当现场空间、地下水位条件允许时,优先选用经济性最好的放坡开挖;当基坑深度超过5 m时,进行分级放坡,放坡坡率采用地勘推荐的坡率,并通过设计进行稳定性验算,以满足安全性要求。

当现场无放坡空间,但对变形要求不高时,结合黄土地区的地层特点,优先考虑采用施工方便、经济性较好的土钉墙支护,通过布设土钉、喷混面层的方法,使坡率变陡的同时,保证基坑安全性满足规范的要求。

当现场施工空间非常狭小,且在道路红线外存在建(构)筑物,或变形要求高时,考虑采用施工快、可重复利用的悬臂式钢板桩支护。当悬臂高度超过4 m时,加设1层拉锚或内支撑,以满足钢板桩变形的要求。

4　支护设计

根据前文所述,在电力管沟工程的基坑开挖中,可采用放坡开挖、土钉墙、悬臂式钢板桩进行基坑支护。下文分别选取典型案例,对3种方法展开分析。

4.1　放坡开挖

在站前路“K2+220”处,现状地面标高约为452.5 m,电力管沟基坑底标高约为435.4 m,基坑开挖深度最深达到17.2 m。该处红线外为荒地,根据钻孔信息,地层自上而下分别为11.8 m的黄土、2.2 m的古土壤及下部的黄土,整体地层较好且存在放坡空间。因此,选用经济性最好的放坡开挖方法。

设计上采用分级放坡的形式,结合道路永久边坡设计,基坑放坡坡率与道路永久坡率保持一致(下部为1∶1,上部为1∶1.25),中部设置1处平台,宽度为1 m,放坡开挖设计如图2所示。经验算,滑动安全系数为1.333,满足规范的要求。

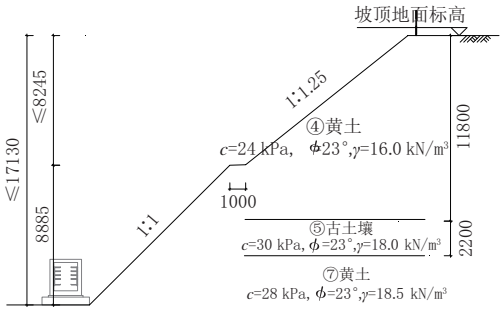

图2　站前路“K2+220”处放坡开挖方法的典型断面(单位:mm)

4.2　土钉墙支护设计

云景路“K1+010”~“K1+120”处,电力管沟沟槽

东侧为斜坡，坡顶存在现状树木（无法迁移），可开挖边界至红线距离为 3.75 ~ 8.90 m，东侧道路红线至绕城高速桥墩的距离为 16 ~ 20 m（见图 3）。

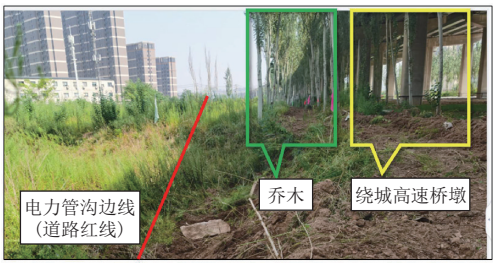

图 3　现状乔木等限制电力管沟放坡开挖

该处现状地面标高约为 437.0 m，电力管沟基坑底标高约为 427.1 m，基坑开挖深度最深达到 9.9 m。地层自上而下主要为 7 m 的素填土、3.3 m 的黄土状土，以及下部的卵石土，整体地层较差。

如果按照地勘推荐的坡率进行放坡，那么必须迁移坡顶的乔木。但由于产权原因，该处拆迁的难度较大，综合考虑该处的地质情况和开挖边界，对基坑设计采用土钉墙方法，共设置 6 道土钉，竖向间距、横向间距均为 1.2 m，土钉长度为 12 ~ 12.5 m，土钉倾角为 15°，土钉墙断面如图 4 所示。

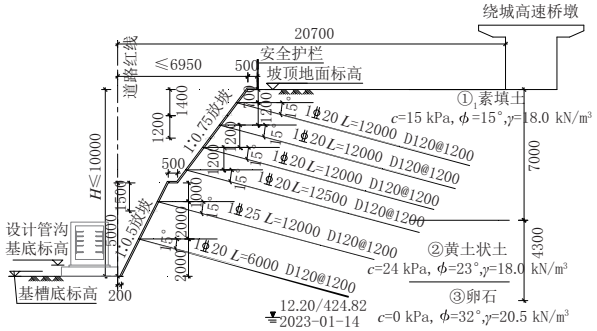

图 4　云景路“K1+120”处土钉墙支护设计的典型断面（单位：mm）

考虑到绕城高速周边的保护距离，在绕城高速桥墩附近 3 m 范围内，将土钉水平间距由 1.2 m 缩短为 1.0 m，土钉长度由 12 m 缩短到 11 m，且满足土钉末端至高速桥墩的距离不小于 3 m 的要求（见图 5）。

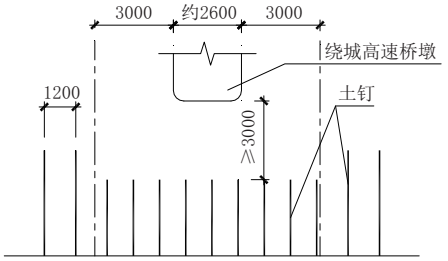

图 5　土钉墙过绕城高速桥墩措施（单位：mm）

4.3　钢板桩支护设计

站前路电力管沟东侧为施工单位项目部围墙，可开挖边界至红线（电力管沟边线）的距离为 2.9 ~ 4.8 m，现场照片如图 6 所示。

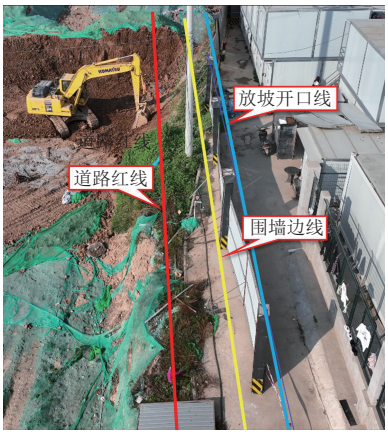

图 6　施工单位围墙限制电力管沟放坡开挖

站前路“K1+985”~“K2+030”段，地层自上而下主要为 2.2 m 的素填土、0.6 m 的杂填土、4.9 m 的素填土、7.1 m 的黄土状土，以及下部的卵石土，上部填土厚度达到 7.7 m，整体地层较差。施工单位项目部围墙距离电力管沟边线不足 5 m，基坑开挖深度为 5.3 ~ 6.5 m，无法按地勘推荐的坡率（1∶1.25）进行放坡，需要进行支护设计。

设计采用 400 mm×170 mm U 形拉森钢板桩进行支护，钢板桩长度为 12 m，控制悬臂段高度不超过 4 m，钢板桩顶部填土区采用 1∶1.5 的坡率进行放坡，计算所得钢板桩最大变形值为 43.8 mm，可实现在有限空间内完成电力管沟施工。施工断面如图 7 所示。

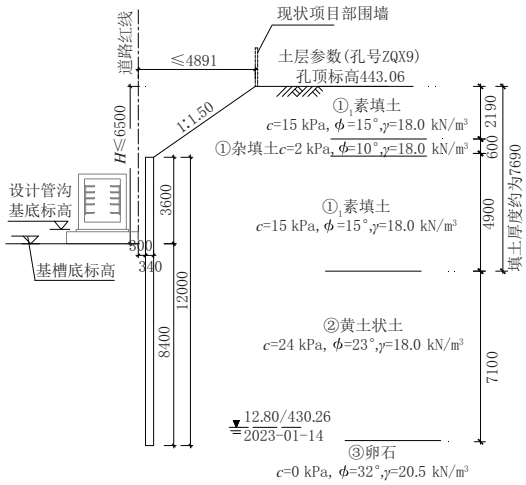

图 7　站前路“K2+030”处悬臂式钢板桩支护设计典型断面（单位：mm）

站前路“K2+140”~“K2+205”段，地层自上而下主要为 1.5 m 的素填土、0.9 m 的杂填土、11.6 m 的黄土类土、0.5 m 的细中砂，以及下部的卵石土。施工单位项目部围墙距离电力管沟边线不足 3 m，基坑开挖深度为 6.5 ~ 7.8 m，无法按地勘推荐的坡率

（1∶0.6）进行放坡，需要进行支护设计。

此外，本道路电力管沟内侧设计有雨、污水管线，其沟槽深度更深，传统“钢板桩+内支撑”的方法无法有效支撑传力，须采用“单边钢板桩+拉锚”的形式进行施工，可在满足变形要求的同时节约工程造价。

设计采用400 mm×170 mm U形拉森钢板桩进行支护，钢板桩长度为12 m，悬臂高度为4.8 m，设置1道拉锚，锚杆长度为12 m，锚固段长度为7 m，锚杆间距为1.6 m。钢板桩顶部填土区采用1∶0.75的坡率进行放坡，计算所得钢板桩最大变形值为9.3 mm，可实现在有限空间内完成电力管沟施工。施工断面如图8所示。

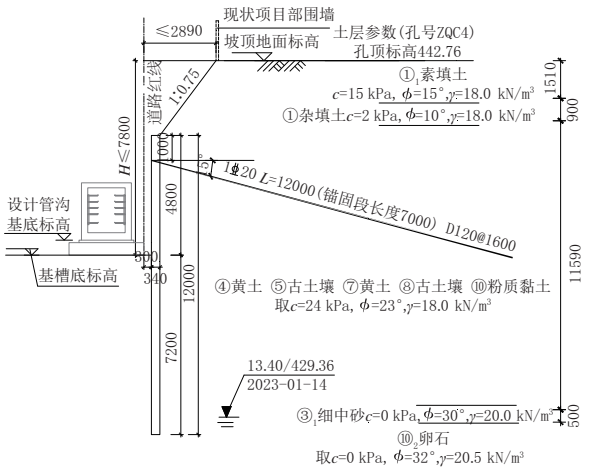

图8　站前路“K2+205”处悬臂式钢板桩支护设计典型断面（单位：mm）

5　结　语

本文以西安高铁东城片区市政道路电力管沟设计施工为背景，着重对电力管沟开挖的难点、支护方法的选取进行分析，并结合实际工程案例进行阐释，总结出以下结论。

（1）电力管沟经常靠近道路红线设置，受制于道路周边既有建筑物、地下管线等，常规放坡开挖工艺可能无实施空间，设计期间应考虑支护设计。

（2）电力管沟支护方法的选择如下：当现场空间、地下水位条件允许时，优先选用经济性最好的放坡开挖方法；当现场无放坡空间时，可结合黄土地区的地层特点，优先考虑采用施工方便、经济性较好的土钉墙支护；当现场施工空间非常狭小时，可考虑采用施工快、可重复利用的悬臂式钢板桩支护。

（3）当存在放坡条件时，对于黄土地区，可采用分级放坡形式；当基坑深度达到17.2 m时，安全系数仍可满足规范的要求。

（4）采用悬臂式钢板桩支护时，应控制悬臂高度≤4 m，当悬臂高度超过4 m时，加设1层拉锚杆，可有效控制钢板桩的变形，保证基坑的安全。

参考文献：

[1] 范贤林，张应阶，廖欢，等. 房建与市政工程深基坑开挖与支护分析[J]. 人民黄河，2024，46（增刊1）：165-166.
[2] 王秀强. 新型电力系统构建“源网荷储”新生态[J]. 能源，2021（7）：32-34.
[3] 李静，徐率先，黄钰婷. 城市缆线管沟建设的实践和思考[J]. 中国市政工程，2024（5）：123-126.
[4] HUANG J. Construction Technology of Deep Foundation Pit Support in Municipal Civil Engineering Foundation Construction[J]. Journal of Architectural Research and Development, 2023, 7(5): 20-26.
[5] 刘志强，王艳龙，李直，等. 拉森钢板桩支护在电力工程基坑支护中的应用[J]. 建筑技术，2023，54（19）：2364-2367.
[6] 于龙波，武瑞菲. 市政道路排水管道沟槽开挖及支护施工技术研究[J]. 北方建筑，2024，9（5）：105-108.
[7] 赵延广，李义文. 关于市政道路管沟开挖支护的施工技术分析[J]. 数码精品世界，2020（5）：102.
[8] 才政，郝曙阳，李彦龙，等. 新建管道与在役管道并行施工安全评价方法[J]. 油气储运，2023，42（409）：46-53.
[9] 施文鑫，胡炜，季筱倩，等. 钢板桩在基槽（管沟）支护中的应用[J]. 陕西建筑，2020（1）：52-53.
[10] 卢伟玲. 关于市政道路管沟开挖支护的施工技术分析[J]. 城市建设理论研究（电子版），2020（16）：65-65.
[11] 耿俊，肖丽红，刘铭. 市政厂站深基坑支护造价指标分析[J]. 建筑技术，2024，55（10）：1223-1226.
[12] 王子鸣. 钢板桩在地下综合管廊工程建设中的应用[J]. 建筑科学，2024，40（3）：178.

（上接第350页）

22（增刊1）：134-136.
[8] 高硕遥，陈维亚，王子超. 有轨电车服务质量评价方法[J]. 城市轨道交通研究，2020，23（增刊1）：132-136.
[9] 施莉娟，张琦芮，金建飞，等. 基于模糊综合评价法的有轨电车运营风险评估[J]. 都市快轨交通，2023，36（2）：162-166；173.
[10] 上海浦东唐城投资发展有限公司，上海浦东建筑设计研究院有限公司. 张江有轨电车运营评估[R]. 上海：海浦东唐城投资发展有限公司，上海浦东建筑设计研究院有限公司，2021.