

受限条件下超大跨明挖隧道横向分幅实施方案设计研究

杜斌

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要:城市核心区明挖隧道的建设受地下管线迁改等因素的制约日趋严重,合理的分幅、分区设计对工程的可行性及进度等具有重要意义。以上海某明挖隧道工程为例,采用沿长条形基坑横向分幅施工的方法,避免了现状110 kV电力排管。通过在超大跨度段反弯点附近设置纵向施工缝,实现隧道主体结构两阶段浇筑,并采用临时隔墙、临时肋板、临时牛腿及传力带等一系列措施,实现两阶段施工结构体系的转换,确保了深基坑的安全。通过结构受力分析,验证了纵向施工缝位置选取的合理性,可为今后类似工程的实施提供参考。

关键词:横向分幅施工;深基坑;纵向施工缝;临时措施;超大跨

中图分类号: U452.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)06-0145-05

0 引言

随着城市地下空间的不断开发利用,城市隧道的建设难度日益增加,尤其是城市核心区,往往面临建设场地狭小、地下管线密布、地面交通繁忙等诸多限制条件。如何在复杂环境条件下确保工程的顺利实施是设计中的重、难点,而分幅、分区施工是应用较为广泛且行之有效的一个解决方案。

明挖隧道走向一般和现状地面道路平行,呈长条形,结构受力以横向为主,在下穿交口路口时常结合地面道路翻交情况设置横向封堵墙,基坑以纵向分幅实施较为常见^[1-2],由此产生的结构施工缝也为横向(即环向),对结构受力影响不大。基坑横向分幅实施则通过设置纵向封堵墙,将基坑切割成若干个长条,结构顶、底板在主受力方向无法一次浇筑完成,必然产生纵向施工缝,以及先、后浇筑结构体系转换问题,尤其当隧道跨度较大时,施工难度大。因此,横向分幅施工的隧道案例较少。

本文以上海某明挖隧道工程为例,研究在隧道横向施工空间受限的条件下,采用横向分幅方案分阶段开挖基坑并浇筑主体结构的设计方案。

1 工程概况

漕宝路快速路新建工程是上海市重大工程,主

线隧道全长约5 km,本工程明挖段位于Ⅱ标段合川路车场段以东,由南、北侧匝道及南、北侧主线组成,沿现状漕宝路呈长条形分布,长244 m,宽33.1~54.5 m,总体平面布置如图1所示。隧道西侧约38 m长范围内结构型式为双层三箱框架结构,最大净跨达22 m,横剖面见图2。

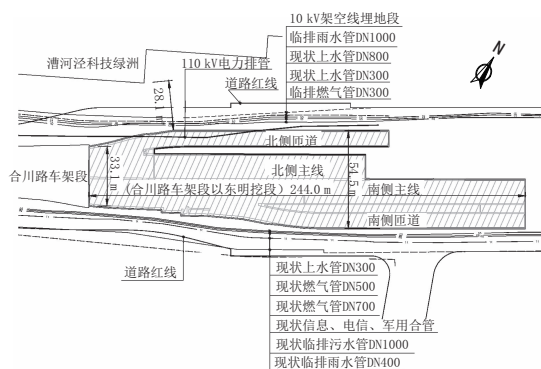


图1 隧道总体布置平面

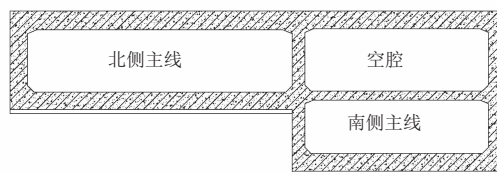


图2 隧道暗埋段结构横剖面示意图

隧道投影范围内现状管线原计划在施工前完成搬迁,但项目实施阶段110 kV电力排管搬迁进度滞后。为确保工程总体工期,须在电力排管搬迁之前实施本工程。经整体筹划,拟将隧道分为两期实施。一期先施工南侧不受电力排管影响的部分。待电力排管搬迁完成之后,再施工北侧剩余部分,一、二期工程实施

收稿日期: 2024-01-02

作者简介: 杜斌(1990—),男,硕士,工程师,从事地下工程的设计与科研工作。

时间差约 1 a。

2 基坑分幅方案

由于 110 kV 电力排管走向和隧道基本平行,为避让电力排管,沿隧道纵向设置一道封堵墙,将隧道分为南、北两个分区,南区先实施。封堵墙的位置综合考虑基坑形状的规则性、支撑体系布置的可行性、结构纵向施工缝位置的合理性,以及一、二期基坑支护衔接的便捷性等因素,设置在北侧主线北侧墙延长线,纵向长度约 38 m,与电力排管最小净距约 8.1 m,具体位置见图 3。

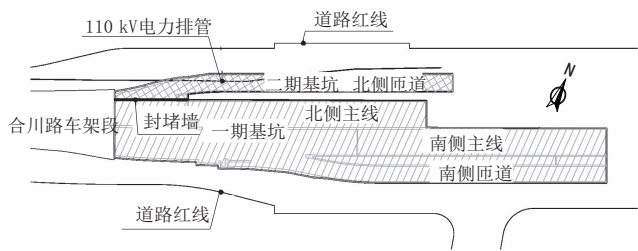


图 3 隧道分幅示意图

一期基坑近似长方形,支撑可全部按照对撑型式布置,以便于封堵墙处和二期支撑的对接转换。二期基坑范围包括封堵墙以北的暗埋段及北侧匝道,北侧匝道和主线之间留土宽度约 4 m。

3 深基坑围护设计方案

3.1 工程地质条件

拟建场地属滨海平原地貌类型,场地内分布的土层自上而下可划分为九大层及若干亚层,其中①₁层为填土,①₂层为浜底淤泥,①₃层为暗浜土,②₁层~⑤₄₂层为全新世 Q4 沉积层,⑥层~⑨层为晚更新世 Q3 沉积层。各土层参数见表 1。

表 1 土层参数

编号	压缩模量 / MPa	$\gamma / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	c / kPa	$\varphi / (^{\circ})$	地基承载力 $f_{\text{d}} / \text{kPa}$
② ₁	4.7	18.7	16.1	15.2	70
③	3.2	17.6	11.1	15.6	55
④	2.8	17.3	12.0	13.2	55
④ _T	10.4	18.5	4.8	30.3	110
⑤ ₁	3.5	17.8	14.7	15.0	70
⑤ _{IT}	10.8	18.5	3.4	31.2	140
⑥	7.6	19.7	45.9	16.1	180
⑦ ₁	11.6	19.1	3.6	30.4	180
⑦ _{IT}	6.3	19.5	31.1*	21.5*	160

场地内地下水主要有赋存于浅部土层中的潜水,赋存于④_T、⑤_{IT}层中的微承压水及⑦层的承压水。

3.2 一期基坑支护方案

一期基坑封堵墙范围内结构型式为图 2 所示暗埋段,基坑总宽度约 30 m,南侧开挖深度 13.2~15.3 m,北侧开挖深度 8.3~10.3 m,基坑中部存在高低坑,局部落深约 5 m,局部深坑宽 17 m。基坑支护方案的设计依据上海市《基坑工程技术标准》^[3],并结合基坑周边环境情况及上海市工程经验确定。

基坑南侧现状管线有 DN300 上水管、DN500 燃气管、DN700 燃气管及信息管,最近距离仅 3.75 m,支护选用刚度大、变形小、防水效果好的地下连续墙,厚度 800 mm,尽量减小围护施工及基坑开挖对现状管线的影响。基坑北侧和中部高低坑处均采用 $\phi 800@950$ mm 钻孔灌注桩,并在外侧设置 $\phi 850@600$ mm 三轴水泥土搅拌桩止水帷幕。搅拌桩采用套打一孔方式,深度隔断④_T、⑤_{IT} 微承压水层。北侧基坑底设置 300 mm 厚配筋垫层,使配筋垫层、中部钻孔桩圈梁及第四道支撑形成整体支撑体系,有效控制局部落深坑开挖引起的基坑变形。典型围护横剖面见图 4。

基坑支撑首道采用 800 mm × 800 mm 混凝土支撑,第二、三道采用 $\phi 800$ mm 钢管撑,第四、五道采用 $\phi 609$ mm 钢管撑,基坑横向设置 2 排钢格构柱,截面尺寸 460 mm × 460 mm,格构柱插入立柱桩 3 m;立柱桩采用 $\phi 800$ mm 钻孔灌注桩。

由于北侧主线坑底位于④_T淤泥质黏土层,南侧主线坑底虽位于④_T灰色砂质粉土层,但基坑深度较深,且距离现状管线较近。因此,为提高坑底被动区土压力,减小围护桩、墙侧向变形和坑底隆起,坑底以下 3 m 范围设置 $\phi 850@600$ mm 三轴水泥土搅拌裙边加固,加固宽度 4 m,并在加固体与围护桩之间的间隙采用高压旋喷桩注浆加固。

一期基坑施工及结构回筑主要顺序如下:

(1)施工围护结构、封堵墙、立柱桩及坑底加固,分层开挖土方并架设支撑。

(2)待基坑开挖至南侧主线坑底后,依次浇筑主体结构至北侧主线纵向施工缝处,同步在北侧主线顶、底板之间设置临时隔墙和临时肋板(纵向间距约 4 m)作为 600 mm × 600 mm 传力支撑支座,顶板上设置临时牛腿作为 800 mm × 800 mm 传力支撑支座。北侧主线先浇筑的底板和封堵墙之间设置 400 mm 厚传力带。

一期结构施工完成时,典型横剖面见图 5。该状态需维持到二期基坑实施前,总时长约 1 a。为减小

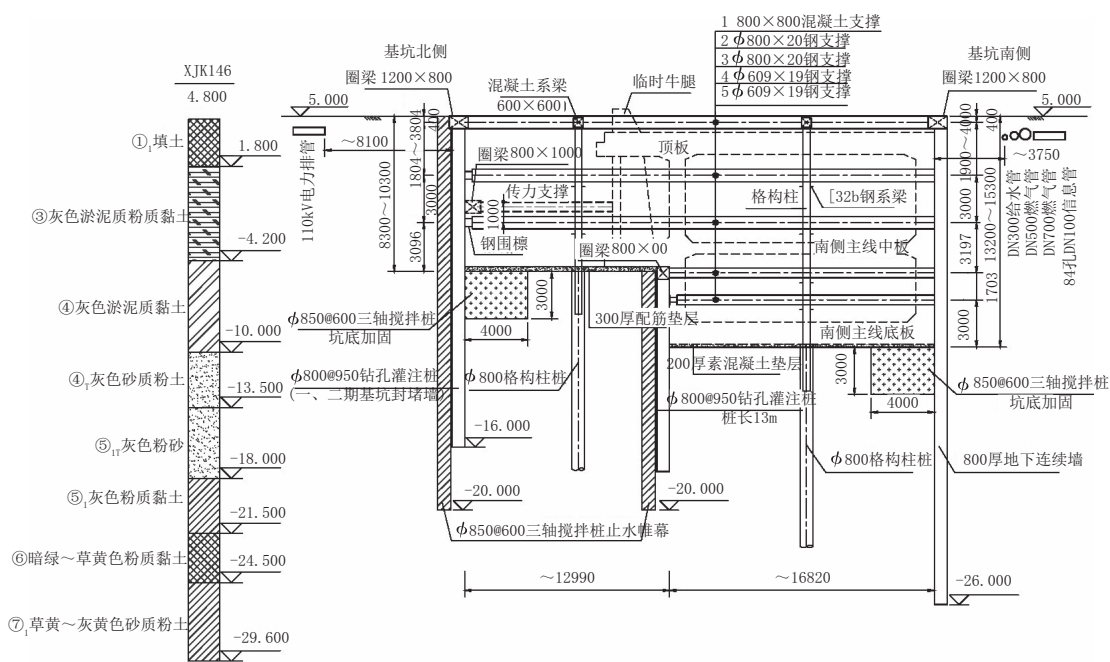


图 4 一期基坑典型横剖面(标高单位:m,尺寸单位:mm)

长时间暴露引起的围护变形和坑底隆起,传力带上覆盖一定厚度的中粗砂作为临时压重措施,并在坑内设置排水系统便于积水疏干。

3.3 二期基坑支护方案

二期基坑仅在北侧设置单排围护结构,南侧利用一期已完成的主体结构,北侧基坑开挖深度8.3~10.3 m,采用 $\phi 800@950$ mm 钻孔灌注桩结合 $\phi 850@600$ mm 三轴水泥土搅拌桩止水帷幕(套打一孔)。围护典型横剖面见图 6。

二期基坑施工及结构回筑主要顺序如下。

- (1)施工北侧围护结构、立柱桩及坑底加固。
- (2)开槽施工第一道混凝土支撑,其中原顶板以上 800 mm × 800 mm 传力支撑受力钢筋采用钢筋接驳器和新浇筑混凝土支撑连接形成整体。
- (3)开挖至第二道钢支撑底,原封堵墙随挖随凿,架设钢支撑并施加预应力,钢支撑架设于临时肋板对应位置。
- (4)拆除原 600 mm × 600 mm 传力支撑,开挖至第三道钢支撑底,架设钢支撑并施加预应力。
- (5)开挖至坑底,及时浇筑垫层,拆除原底板传

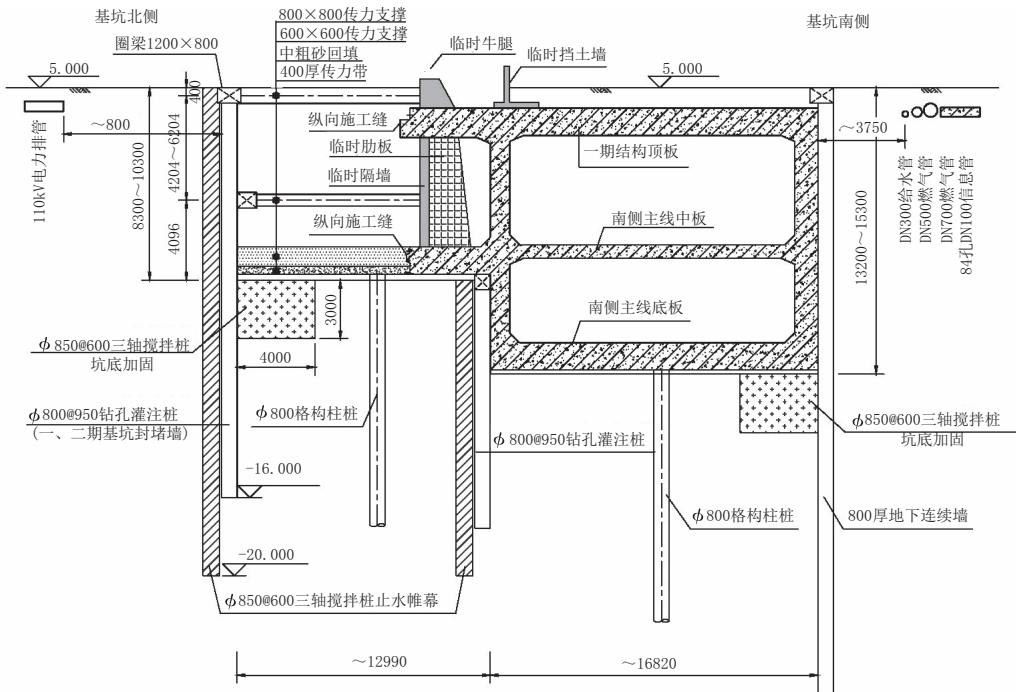


图 5 一期结构典型横剖面(标高单位:m,尺寸单位:mm)

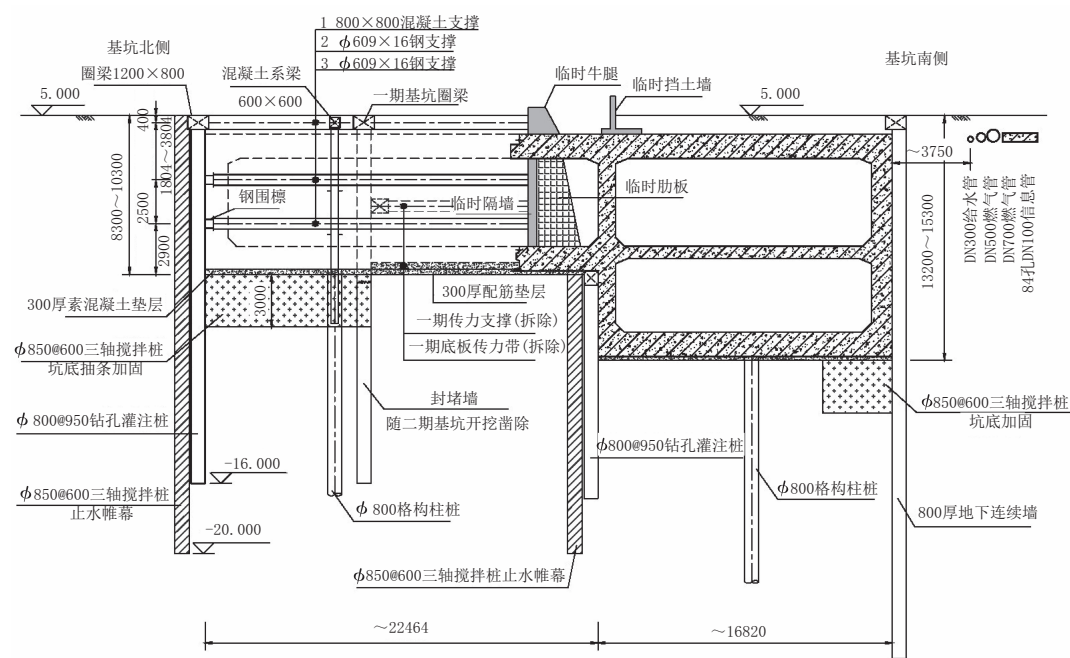


图6 二期基坑典型横剖面(标高单位:m,尺寸单位:mm)

力带,依次回筑剩余主体结构。

(6)待主体结构达到设计强度后,拆除临时隔墙、临时肋板、临时牛腿及第一道混凝土支撑,覆土至设计地面标高。

4 主体结构设计方案

4.1 结构受力分析

隧道暗埋段为长条形钢筋混凝土框架结构,主体结构计算取单位长度按支承在弹性地基上的平面框架分析^[4],因此常规施工缝以横向设置为主。本工程受电力排管限制,须设置纵向施工缝。

本工程暗埋段结构施工缝所在跨最大净跨达22 m,结构净高约5.2~6.1m,顶板上平均覆土厚度1.5 m,顶、底板厚1.4 m,侧墙厚1.3 m,中隔墙厚1 m。采用MIDAS Civil有限元软件建立二维模型进行计算分析,计算采用水土分算原则,侧向土压力按静止土压力,侧压力系数取0.6,温度作用考虑顶板上下温差为±10℃,顶板上工作超载按照20 kPa考虑。结构弯矩计算结果见图7。

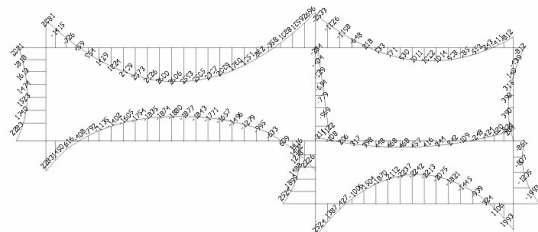


图7 永久使用工况暗埋段弯矩(单位:kN·m)

由图7可知,永久使用工况下,大跨段顶、底板承受较大的弯矩作用,由于纵向施工缝处结构受施

工质量影响大,为受力薄弱点,宜设置在结构受力较小位置。同时考虑到先浇筑的结构跨度不宜过大,以减小其挠度和裂缝的发展。因此,将纵向施工缝设置在距中隔墙约4 m处的弯矩反弯点附近。结构纵向分缝横剖面见图8。

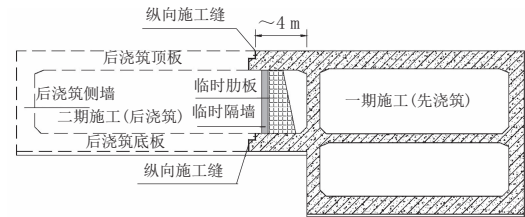


图8 结构纵向分缝横剖面示意图

一期结构施工完成后处于临时受力工况,作用于结构上的主要荷载基本同永久使用工况一致,对临时工况下一期结构进行受力分析,弯矩计算结果见图9。

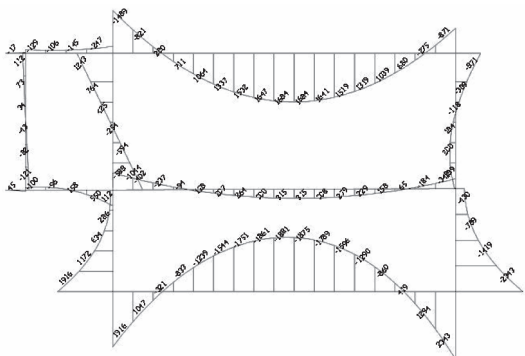


图9 临时工况一期结构弯矩(单位:kN·m)

从图9可以看出,临时工况下,北侧主线先浇筑的顶、底板受力较小,最大弯矩仅为永久使用工况的9%(顶板)和25%(底板),说明施工缝位置选取较为

合理。南侧主线顶板跨中弯矩增大,增幅 65%,应在永久使用工况的基础上增加配筋。中隔墙上、下支座处产生较大弯矩,应双侧对称配筋。顶板中支座弯矩减小约 40%。

4.2 结构构造措施

为加强施工缝处结构抗剪和防水能力,顶板施工缝设置企口,企口上部设置一道中埋式钢板止水带。底板施工缝设置剪力凸榫,同样设置一道中埋式钢板止水带。考虑到底板水压力较大,底板施工缝迎水面增设一道外贴式橡胶止水带。

顶底板横向受力主筋采用钢筋接驳器连接,由于施工缝处钢筋接头面积百分率达到了 100%,因此接驳器应满足 I 级接头的要求。

5 结 论

本文以上海市漕宝路隧道工程为例,在基坑受现状电力排管影响无法整体实施的限制条件下,采用沿长条形基坑纵向设置临时封堵墙的措施避让电力排管,通过在反弯点位置设置纵向施工缝将主体结构分两期浇筑,并通过计算分析验证了纵向施工缝位置选取的合理性。主要结论和建议如下:

(1)对于横向施工空间受限的基坑工程,采用横向分幅的措施分区实施是一个可行的选择。

(2)横向分幅的基坑可采用临时隔墙、临时肋板、临时牛腿及传力带等一系列临时措施,实现先、后期结构的衔接和转换。

(3)纵向施工缝宜设置在反弯点附近,且先期施工的结构顶、底板跨度宜尽可能小。

(4)先施工完成的结构在临时工况下,顶板跨中弯矩较永久工况有所增大,增幅可达 65%,结构配筋应包络考虑。

(5)纵向施工缝处可采取的加强措施包括顶板设置企口、底板设置凸榫、增设止水钢板、增设外贴式止水带等,能起到较好的抗剪和防渗漏效果。

本文所述的做法和措施,可为今后类似工程的设计提供参考。

参考文献:

- [1] 齐振宇,李康,胡承桢.分仓开挖技术在深基坑土方开挖中的应用[J].天津建设科技,2020,30(4):49-51.
- [2] 顾晓卫,王达,张霄,等.复杂小场地下的狭长深基坑分块施工探讨[J].市政技术,2017,35(4):181-184.
- [3] DG/TJ 08-61—2018,基坑工程技术标准[S].
- [4] DG/TJ 08-2033—2017,道路隧道设计标准[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱:cdq@smedi.com 电话:021-55008850 投稿网站:<http://www.csdqyfh.com>