

文章编号:1006-2106(2015)03-0073-04

隧道出洞的设计研究与应用^{*}

徐加民^{**}

(北京市市政工程设计研究总院, 北京 100082)

摘要:研究目的:受地形、工程地质等环境条件的不利影响,隧道工程洞口段的围岩相对稳定性较差,施工难度和风险较大,一般采用由外而内进洞的设计、施工方式,由内而外出洞的设计鲜有资料。本文结合具体工程案例进行隧道工程出洞的设计研究,能较好地实现隧道工程的出洞施工,并提出隧道出洞的设计方法,总结其优势及应用推广价值,供广大设计与施工者参考。

研究结论:(1)隧道出洞设计需要研究洞口位置及洞门设计、施工方案、结构设计、辅助工程措施、洞口坡面处理等方面;(2)应用在工程实例中,验证了隧道出洞设计方案的可行和可靠,取得良好的社会、经济效益;(3)该隧道出洞方案具有优势及应用推广价值,尤其适用于中、短隧道或一端不利于进洞施工的隧道。

关键词:隧道;出洞;设计;方案;研究;措施;应用

中图分类号:U25;U45 文献标识码:A

Research and Application of the Design of Exit Tunnel

XU Jia-min

(Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute, Beijing 100082, China)

Abstract: **Research purposes:** Affected by the terrain and engineering geological environmental conditions, the relative stability of the surrounding rock in the portal section of tunnel engineering is poorer, the construction difficulty and the risk is bigger, the way of design and construction of entrance from the outside to the inside is generally used, and there is little information about the design of exit from the inside to the outside. This paper combined with specific engineering case for the design of tunnel engineering in the research, better realized the tunnel engineering of exit tunnel construction, put forward the design method of exit tunnel, and summarized its advantages and application promotion value, to provide the reference for the designer and constructor.

Research conclusions: (1) The design of exit tunnel need to study the hole location and tunnel portal design, construction scheme, structural design, aided engineering measures, hole slope treatment, etc. (2) Application in the engineering example, verifies that the design scheme of exit tunnel is feasible and reliable, and achieves good social and economic benefits. (3) This paper also summarizes its advantages and application promotion value of exit tunnel, especially suitable for medium and short tunnel or one end into the tunnel hole construction.

Key words: tunnel; exit tunnel; design; plan; research; measures; application

1 前言

隧道是处在各种地质环境中的地下结构物,是路

线中非常有价值的一种构造形式。隧道洞口段一般埋深浅、风化程度深、石质破碎、围岩较弱、稳定性差等,易引起滑坡、偏压、坍塌等事故,施工难度和风险较大,

^{*} 收稿日期:2014-10-30

^{**} 作者简介:徐加民,1971 年出生,男,教授级高级工程师,注册咨询工程师。

需要加强勘察,重点针对设计。洞口段的施工一般采用由外而内的进洞方式,根据地形、地质等特点采用刷坡、喷锚支护防护边坡、管棚超前支护、地表预加固等措施,设计、施工技术比较成熟。少数隧道在实施中采用了出洞方案并取得成功,但由内而外出洞的设计却鲜有相关资料,反映出理论与实践、设计与施工之间的脱节现象,也反映出动态设计的不足。对于中、短隧道或一端不利于进洞施工的隧道,有必要考虑出洞的设计方案。本文结合 111 国道改建工程中的头道穴隧道工程进行出洞的设计研究,同时分析并总结出洞方案的优势及推广价值。

2 工程概况

111 国道改建工程头道穴隧道位于北京市北部的怀柔山区,地处燕山山脉,设计为上、下行分离式两车道公路隧道,隧道建筑限界宽 10.25 m,高 5 m,上、下行隧道长度分别为 619 m、582 m。隧址区地貌为剥蚀构造低山区,相对高差 167 m,风化剥蚀作用强烈,山顶

相对较平缓,受次级构造影响,山体局部形成陡崖。隧道通过区山体由中生代白垩纪花岗岩组成,一般为中风化花岗岩、微风化花岗岩,节理裂隙发育,围岩破碎~较破碎,呈镶嵌碎裂结构,围岩分级为Ⅲ、Ⅳ级。隧道进口位于陡壁之上,陡壁高差约 80 m,仰角约 70°,坡体稳定,陡壁下即为汤河。汤河为北京密云水库上游主要河流之一,此段河床宽约 80 m,一般流水宽度为 10~30 m,水深 0.2~0.8 m,隧道路面比汤河河床底高约 20 m,总体设计采用桥、隧相接,头道穴隧道进口平面如图 1 所示。出口相对场地开阔且远离现有河道。

从地形、地貌和场址看,隧道进口显然不利于作为施工场地,也不利于进洞施工。另一方面,由于隧道为中等长度的公路隧道,从一端单向掘进可以满足工程进度要求,也是较为合理的施工计划。为此设计会同施工方研究从一端单向掘进的方案,重点研究隧道出洞的设计施工方案。

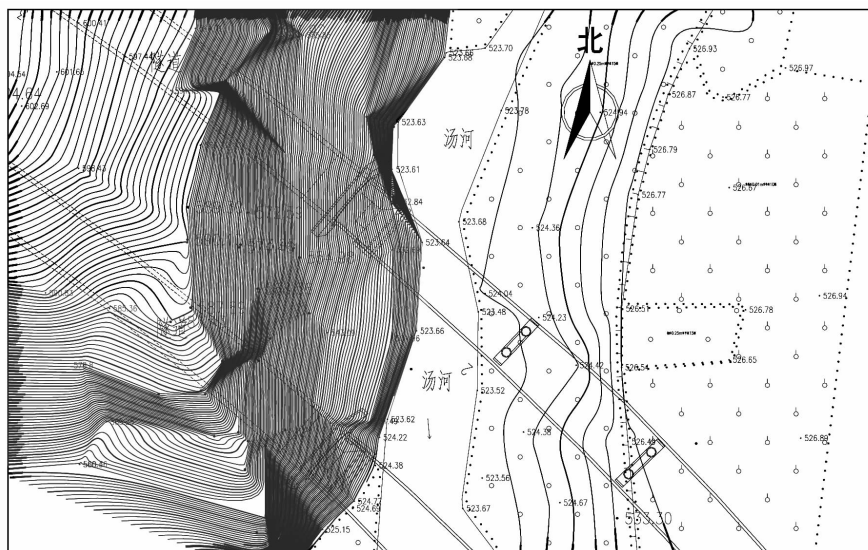


图 1 头道穴隧道进口平面图

3 出洞的设计研究

隧道出洞设计研究主要围绕洞口位置及洞门设计、施工方案、结构设计、辅助工程措施、洞口坡面处理等几个方面。

3.1 洞口位置及洞门设计

与进洞设计一样,出洞洞口位置也需要确定两个点,即临时洞口位置和永久洞口位置里程点。临时洞口位置即明、暗挖分界里程点,是施工过程中的洞口位置,主要基于施工安全角度考虑,一般结合地形、地质

和边坡防护等予以确定;永久洞口位置指隧道建成后洞口里程点,主要从运营安全和建筑景观角度考虑,一般结合自然环境、洞外工程等综合考虑设计。临时洞口位置也可能与永久洞口位置重合。

由于隧道由内而外出洞施工,明、暗挖分界里程点相对由外而内进洞施工有所延长,一般尽量外延至开挖出洞处。本隧道洞口位于陡壁下,围岩状况较好,坡体稳定,以设计开挖轮廓线拱顶标高露出地点位置作为明、暗挖分界里程点。头道穴隧道洞口纵剖面图如图 2 所示。

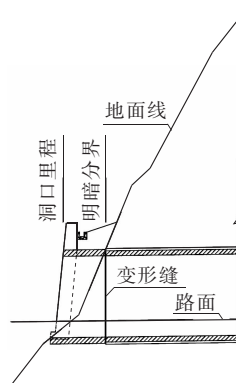


图2 头道穴隧道洞口纵剖面图

隧道洞口里程点根据地质、地形、环境等状况,结合洞门景观形式等予以确定,洞门基础应设置在稳固基础上,否则需进行地基处理。本隧道由于地形陡峭,结合相邻桥台设置进行平面布置,设计为端墙式洞门,并设置4 m 接长明洞,以保证桥、隧的顺接和与山体的总体协调以及运营安全等。

3.2 施工方案

施工方案是隧道出洞设计的关键之一。由于暗挖段延长,且一般由于洞口浅埋、风化程度深、石质破碎、围岩较弱、稳定性差等特点,暗挖施工难度和风险有所增加,为此需要采取降低安全风险的施工方案。总体设计原则是充分利用和改善围岩支承能力,降低施工对围岩的扰动。一般采用分部开挖、超前小导洞等方法,同时采取必要的辅助工程措施。

超前小导洞法是隧道出洞最常用的方法,通过超前开挖支护一个小导洞,再跟进扩大开挖支护大洞,实现隧道的出洞施工。其作用机理是通过减小洞室的大小开挖支护小洞,再在小洞的引导下扩大开挖支护大洞,从而减小对围岩扰动和坡体的影响,降低施工难度和施工风险,同时可以为洞口实施相关工程提供工作面。大、小洞施工方法根据围岩状况予以确定,一般小洞采用全断面法,大洞采用台阶法。对于围岩较差的地段,小洞可以采用台阶法,大洞采用CD法或眼镜工法等,实施长度和间隔距离根据地质、埋深等情况予以调整。分部开挖是将大洞分成若干分部,分别出洞,最后实现结构封闭完成隧道施工的方案,如采用分部台阶法、CD法或眼镜工法等,当地质状况较差时宜采用。

本隧道围岩状况较好,隧道采用台阶法施工,结合隧道地形、地质状况及施工工法,设计确定采用超前小导洞法。超前小导洞成洞尺寸宽×高为3.5 m×3.75 m,保证各种机械可以出入,采用全断面法施工,隧道(后续大洞)继续采用台阶法,开挖后及时支护,同时加强监测。为便于施工,将超前小导洞底部与隧道上台阶设

在同一高度,超前小导洞示意图如图3所示。在隧道上台阶开挖支护至临近洞口20 m处开始实施小导洞方案,两个断面间距5~8 m。

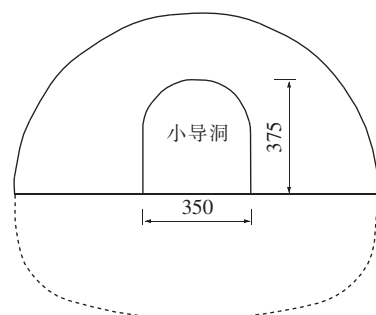


图3 超前小导洞示意图(单位:cm)

3.3 结构设计

由于一般洞口埋深小,难以形成适当的平衡拱,难以利用围岩自身支承能力,且由于洞口荷载作用不确定,加上易产生震害等状况,支护结构设计需要适当加强。一般对应围岩提高一个等级进行初期支护,初期支护宜采用早期强度高的型钢钢架,二次衬砌采用钢筋混凝土,并宜设置仰拱等。本隧道出口围岩为Ⅳ级,在计算基础上参照Ⅴ级围岩支护参数进行支护,以提高初期支护的刚度,同时考虑洞口的不利影响取消锚杆,二次衬砌采用钢筋混凝土;小导洞洞室较小,仅采用网喷混凝土支护,沿拱、墙设置,具体设计参数如下:

超前小洞:初期支护	C25 喷射混凝土 8 cm
	φ6.5 钢筋网 @15 cm×15 cm
隧 道:初期支护	格栅钢架 I18@100 cm
	C25 喷射混凝土 25 cm
	φ6.5 钢筋网 @20 cm×20 cm
二次衬砌	C30 钢筋混凝土 45 cm

3.4 辅助工程措施

辅助工程措施主要围绕围岩加固和增强洞口稳定性等考虑。进洞施工一般采用设置护拱、超前管棚、超前小导管注浆或地表加固等措施,出洞施工一般没有护拱,加上先行小洞洞室较小,主要设置超前小导管支护;大洞利用小洞进行扩挖,一般也采用超前小导管支护,对于稳定性较差且隧道跨度较大的隧道,可以在小洞贯通后利用小洞作为通道实施超前管棚或地表加固后再进行施工。由于本隧道围岩状况尚可,仅设置φ42 钢管作为超前支护,钢管沿开挖面拱部环向布置,长度3 m,环向间距330 mm,搭接1~1.5 m。

3.5 坡面处理

由于从内而外施工避免或减少了进洞施工对坡体的开挖,但也应根据实际情况进行适当处理。如对于

地质状况较差的隧道,可以对坡体进行喷护处理,对危岩、落石等应予以清除或防护处理,设置截水沟等。本隧道洞口位于陡壁下,围岩状况较好,坡体稳定,对现状坡体可不予处理,也不设置截水沟。

4 施工验证

在设计文件指导下,施工方按照设计要求编制了隧道出洞的施工组织设计,遵循“弱爆破、短进尺、勤量测、早封闭”的原则,在隧道开挖至出洞 20 m 处开始实施超前小导洞方案。施工中利用小导管超前支护,全断面开挖、支护先行小洞,再采用台阶法跟进开挖支护大洞,随开挖随支护,稳扎稳打,临出洞时进一步减小爆破量,用多次爆破的方法减少对围岩扰动,安全顺利地实现出洞施工,施工实测变形较小,达到预期目的。实践验证了该设计方案的可行和可靠,通过延长暗挖和增加小导洞的方式实现隧道的安全贯通,取得了良好的经济、社会效益。

5 出洞方案的优势及推广应用

相对于进洞施工,隧道出洞方案表现出更多的优势,对于中、短隧道及一端不适于进洞施工的隧道不失为一个好的方案,有较高的推广应用价值,其优势体现如下:

一是,遵循隧道“早进洞、晚出洞”的原则,不开挖或减少边坡开挖,有利于坡体稳定;

二是,最大限度保护了原有地形地貌,减少边坡开挖及回填工作量,减少对绿化植被的破坏,避免了过多的人工修饰和人工痕迹,有利于水土保持和环境保护;

三是,在土地和拆迁利益日益紧张的情况下,从一端单向掘进减少了征地拆迁和临时占地,减少征、拆费用,降低工程社会风险;

四是,减少临水、临电、临时道路、临时房屋设施等临时工程,减少工程临时设施费用;

五是,减少施工设备,提高施工设备利用率和使用效益,节约施工成本;

六是,减少隧道工作面,有利于集中管理和安全管控。

6 结论

(1)隧道出洞设计需研究洞口位置及洞门设计、施工方案、结构设计、辅助工程措施、洞口坡面处理等方面。

(2)工程实例验证了隧道出洞设计方案的可行和可靠,取得了良好的社会、经济效益。

(3)隧道出洞方案有较大的优势和应用推广价值,尤其适用于中、短隧道或一端不利于进洞施工的隧道。

参考文献:

- [1] 关宝树. 隧道工程设计要点集[M]. 北京:人民交通出版社,2003.
Guan Baoshu. The Tunnel Engineering Design Points [M]. Beijing: China Communications Press, 2003.
- [2] JTG D70—2004,公路隧道设计规范[S].
JTG D70—2004, Highway Tunnel Design Specification [S].
- [3] 徐加民. 北京地铁浅埋暗挖施工坍塌预防与处理[J]. 城市轨道交通研究,2007(7):62-64.
Xu Jiamin. The Shallow Tunnel Construction of Beijing Metro Collapse Prevention and Treatment [J]. Urban Rail Transit, 2007(7): 62-64.
- [4] 徐加民. 浅谈隧道工程的动态设计与信息化施工[J]. 现代隧道技术,2013(5):1-5.
Xu Jiamin. Tunnel Projects of Dynamic Design and Information - based Construction [J]. Modern Tunnelling Technology, 2013(5): 1-5.
- [5] 徐加民. 浅谈引进装配式铺盖法修建地铁车站[J]. 铁道工程学报,2009(9):90-92.
Xu Jiamin. Preliminary Discussion on Introduction of Laying Fabricated Strap Method to Construct Metro Station [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2009(9): 90-92.