

隧道及地下工程建设丛书

郜玉兰 赵队家 宿钟鸣 编著



浅埋小净距

黄土隧道工程

QianMai XiaoJingJu HuangTu SuiDao GongCheng



人民交通出版社
China Communications Press

隧道及地下工程建设丛书

Qianmai Xiaojingju Huangtu Suidao Gongcheng
浅埋小净距黄土隧道工程

郜玉兰 赵队家 宿钟鸣 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书收集、借鉴和参考了相关研究、设计、施工和管理成果,结合以往黄土隧道建设情况,提出黄土隧道围岩分级的方法;总结了黄土隧道支护措施及地表裂缝处治措施;重点分析了浅埋小净距黄土隧道围岩压力和荷载分布模式、围岩应力释放、埋深及净距对隧道初期支护的影响;探讨了浅埋偏压段小净距黄土隧道初期支护拱架选型问题以及系统锚杆的工作特性、拉拔荷载下的特性,及基于实测轴力反算围岩塑性区大小问题;在结合监控量测的基础上分析了支护结构的受力特性;同时对小净距黄土隧道的施工技术及质量控制问题进行了详细总结。

本书可供从事隧道工程科研、施工和管理相关人员参考和借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

浅埋小净距黄土隧道工程/郜玉兰,赵队家,宿钟
鸣编著. — 北京:人民交通出版社,2012.12
ISBN 978-7-114-10210-3

I. ①浅… II. ①郜… ②赵… ③宿… III. ①土质隧
道—隧道工程 IV. ①U459.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第277039号

隧道及地下工程建设丛书

书 名:浅埋小净距黄土隧道工程

著 者:郜玉兰 赵队家 宿钟鸣

责任编辑:周宇 贾秀珍

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:12.25

字 数:278千

版 次:2012年12月 第1版

印 次:2012年12月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10210-3

定 价:28.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

随着国民经济的发展,我国将在黄土地区修建大量的高等级公路,受地形及地质条件的限制,小净距黄土隧道的工程实例越来越多。

黄土是第四系形成的陆相沉积物,具有不同方向的原生与构造节理,垂直节理发育。由于黄土形成年代、成因、含水率及区域不同,其力学和工程性质差异较大,存在地质条件的多样性和复杂性。施工中应重视监控量测,结合监控量测的结果,及时反馈信息,修改支护参数,真正实现小净距黄土隧道动态监控、动态设计和动态施工的目的。隧道开挖形成临空面后,土体破坏区域大,埋深较浅时,较难形成承载拱,极易产生施工地表裂缝。黄土隧道初期支护变形大,尤其是净距较小时,后行洞的施工对先行洞产生的影响复杂,处理不当时容易发生局部坍塌失稳,影响施工安全。

新奥法提出了隧道围岩稳定的基本理念,即充分发挥围岩的自承能力。隧道围岩与支护结构共同作用,形成稳定的平衡体系,避免围岩出现有害的过大变形,实现“基本维持围岩原始状态”,达到“充分发挥围岩的自承能力”和确保隧道长期运营安全的目的。

本书收集、借鉴和参考了相关研究、设计、施工和管理成果,结合以往黄土隧道建设情况,提出黄土隧道围岩分级的方法;总结了黄土隧道支护措施及地表裂缝处治措施;重点分析了浅埋小净距黄土隧道围岩压力和荷载分布模式、围岩应力释放、埋深及净距对隧道初期支护的影响;探讨了浅埋偏压段小净距黄土隧道初期支护拱架选型问题以及系统锚杆的工作特性、拉拔荷载下的特性,及基于实测轴力反算围岩塑性区大小问题;在结合监控量测的基础上分析了支护结构的受力特性;同时对小净距黄土隧道的施工技术及质量控制问题进行了详细总结。

本书第一章、第二章由郜玉兰编写,第三章、第五章和第六章由赵队家编写,第四章由申俊敏编写,第七章由孙志杰编写,第八章和第十章由宿钟鸣编写,第九章由薛晓辉编写。

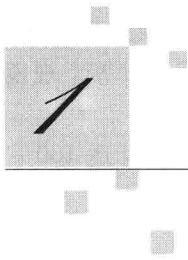
本书在编写过程中得到了山西省交通运输厅交通建设科技项目基金支持,由于时间仓促及编者水平有限,错误和不足之处在所难免,恳请同行专家和读者批评指正。

编 者
2012年10月

1	黄土及黄土隧道	1
1.1	我国黄土的分布及特征	1
1.2	公路黄土隧道的建设历史	4
1.3	黄土隧道建设现状	8
1.4	黄土隧道围岩分级	11
2	浅埋小净距黄土隧道支护措施及地表裂缝处治	15
2.1	概述	15
2.2	隧道围岩变形与支护机理	15
2.3	支护的力学模型	16
2.4	预支护应用分类	17
2.5	小净距黄土隧道支护设计原则	18
2.6	小净距黄土隧道支护措施	19
2.7	浅埋小净距黄土隧道地表裂缝预防及处治	33
3	浅埋小净距黄土隧道围岩压力和荷载模式分析	37
3.1	概述	37
3.2	围岩压力计算方法	37
3.3	浅埋小净距黄土隧道围岩压力分析	41
3.4	结论	46
4	围岩应力释放对浅埋小净距黄土隧道的影响分析	47
4.1	概述	47
4.2	有限元基本思想	47
4.3	土体本构模型	48
4.4	屈服准则	49
4.5	数值模拟的实现过程	50
4.6	工程概况	52
4.7	计算模型及参数选取	53
4.8	有限元分析计算	55
4.9	结论	60

5	埋深对小净距黄土隧道受力特性的影响分析	61
5.1	概述	61
5.2	深浅埋分界和围岩压力	61
5.3	不同埋深下围岩塑性区分析	63
5.4	不同埋深下围岩特征点位移分析	65
5.5	不同埋深下初期支护内力分析	76
5.6	结论	82
6	浅埋小净距黄土隧道净距优化及中间岩柱加固	83
6.1	概述	83
6.2	小净距隧道	84
6.3	无支护时净距影响分析	84
6.4	有支护时净距影响分析	87
6.5	合理净距评价准则	89
6.6	中间岩柱加固原理和措施	90
6.7	结论	91
7	浅埋小净距黄土隧道初期支护拱架选型分析	92
7.1	概述	92
7.2	力学参数的选取	93
7.3	有限元模型	94
7.4	特征点土体位移	94
7.5	支护结构内力分析	96
7.6	围岩塑性区大小分析	98
7.7	结论	98
8	小净距黄土隧道系统锚杆受力特性分析	99
8.1	概述	99
8.2	锚杆荷载传递和受力分析	100
8.3	黄土隧道中系统锚杆力学状态分析及作用机制	101
8.4	拉拔荷载作用下系统锚杆的受力特性分析	105
8.5	基于锚杆轴力反算围岩塑性区大小	109
8.6	结论	112
9	小净距黄土隧道监控量测及支护受力特性分析	113
9.1	概述	113
9.2	监控量测	113
9.3	位移监测管理及分析	114
9.4	支护结构受力现场试验	117
9.5	结论	129
10	小净距黄土隧道施工技术及质量控制	130
10.1	概述	130

10.2	黄土隧道洞口工程措施	130
10.3	小净距黄土隧道开挖方法	134
10.4	小净距黄土隧道防排水技术措施	144
10.5	小净距黄土隧道初期支护施工	153
10.6	小净距黄土隧道二次衬砌施工	156
附录	161
参考文献	181



1.1 我国黄土的分布及特征

1.1.1 黄土的定义

黄土是第四系干旱、半干旱气候条件下,陆相沉积的一种特殊土,颜色由黄至红黄,疏松多孔,粉沙质,质地均一,层理不明显,富含碳酸钙。一般认为,不具层理的风成黄土为原生黄土,原生黄土经过流水冲刷、搬运和重新沉积而形成的黄土为次生黄土,它常具有层理和砾石夹层。颗粒组成以粉粒为主,同时含有砂粒和黏粒。表层多具有湿陷性,易产生前蚀形成陷穴。黄土还含有大量的易溶盐类,主要组成矿物为石英、长石、云母、碳酸盐类胶结物及黏土矿物,往往具有肉眼可见的大孔隙,孔隙比变化大多在 1.0 ~ 1.1 之间。

黄土按照形成时代分为早更新世的午城黄土、中更新世的离石黄土、晚更新世的马兰黄土和全新世的新近堆积黄土等。按是否具有湿陷性,黄土又可分为非湿陷性黄土和湿陷性黄土。在一定压力下受水浸湿,土体结构迅速破坏,并发生显著附加下沉的黄土称之为湿陷性黄土,主要为 Q_3 黄土和 Q_4 黄土,这类土形成年代较晚,土质较均匀,结构疏松,大孔隙发育,具有强烈的湿陷性。在一定压力下受水浸湿,土体结构不破坏,并无显著附加下沉的黄土称之为非湿陷性黄土,主要为 Q_1 黄土和 Q_2 黄土,这类土形成年代久远,土质密实,颗粒均匀,无大孔隙或略具大孔隙结构,一般不具有湿陷性。

湿陷性黄土又分为自重湿陷性黄土和非自重湿陷性黄土。在上覆土的自重应力下受水浸湿发生湿陷的黄土,称之为自重湿陷性黄土;在大于上覆土的自重应力下(包括附加应力和土的自重应力)受水浸湿发生湿陷的黄土,称之为非自重湿陷性黄土。

1.1.2 黄土的分布

黄土在全世界分布面积高达 1 300 万 km^2 ,主要分布在北纬 $30^\circ \sim 55^\circ$ 之间和南纬 $30^\circ \sim 40^\circ$ 之间的温带和沙漠前缘的半干旱地带,约占陆地总面积的 9.3%。

我国黄土以分布广、厚度大、地层层序完整、古土壤清楚而著称于世。分布在北纬 $30^\circ \sim 48^\circ$ 之间,以 $34^\circ \sim 39^\circ$ 之间最为发育。以西北地区和黄河中游地区最为发育,自西向东主要分布在新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西、山西、河南、河北、山东、辽宁、黑龙江等,分布面积约 64

万 m^2 , 约占国土面积的 6.6%。尤其在西起乌鞘岭, 东到太行山, 北起长城, 南抵秦岭的黄河中游地区, 地表几乎完全为黄土所覆盖, 连续面积高达 44 万 km^2 , 形成了地层连续、厚度大、面积广、蔚为壮观的黄土高原地貌景观, 为世界所罕见。我国西北的黄土高原是世界上规模最大的黄土高原, 华北的黄土平原是世界上规模最大的黄土平原。

各地区黄土总厚度不一, 一般来说, 高原地区较厚, 而以陕甘高原最厚, 可达 100 ~ 200m, 甘肃兰州九洲台黄土堆积厚度达到 336m。

1.1.3 黄土的特征

(1) 黄土的成分组成

黄土的颗粒成分以粉粒为主, 其含量(粒径 0.005 ~ 0.05mm)一般在 60% 以上。黄土中普遍含有砂粒, 但以极细砂(粒径 0.05 ~ 0.1mm)居多, 细砂含量很少, 一般颗粒均小于 0.25mm。黏土含量一般在 20% 左右。黄土中的矿物成分包括碎屑矿物和黏土矿物, 其中, 碎屑矿物主要是石英、长石和云母, 含量约占 80%, 还有少量的角闪石和磁铁矿等; 黏土矿物主要是伊利石、蒙脱石、高岭石和含水赤铁矿等。

(2) 黄土的特性

在长期的工程实践和研究中, 工程技术人员和科学工作者把黄土的主要特性归纳为五个方面。

① 多孔性

由于黄土主要是由极小的粉状颗粒组成, 在干旱和半干旱的气候条件下, 它们相互之间结合得很不紧密, 一般肉眼可看到颗粒间具有各种大小和形状不同的孔隙和孔洞, 所以黄土也称大孔土。通常认为黄土的多孔性和成岩作用、植物根系腐烂和水对黄土的作用有关, 更重要的是和特殊的气候条件有关。

② 垂直节理发育

目前, 较多的观点认为, 垂直节理的形成主要是由于黄土在堆积加厚的过程中受重力的影响, 土颗粒之间的上下间距越来越小, 而左右间距不变。这样水和空气就沿着抵抗力最小的上下方向移动, 沿着黄土的垂直管状孔隙不断地升降运动, 就造成了黄土垂直节理发育的倾向。

③ 层理不明显

黄土的组成物质主要是尘土质物质, 在渐次堆积的过程中, 形成了非常薄的层理, 肉眼观察困难。

④ 透水性较强

黄土的多孔性及垂直节理发育程度越高, 黄土层在垂直方向的透水性越强, 而在水平方面的透水性越弱。

⑤ 湿陷性

粉末性是黄土颗粒组成的最大特征之一, 表明黄土粉末颗粒间的相互结合不够紧密, 在土层浸湿或重力作用影响下, 黄土层本身就失去了固结的性能, 因而就引起了湿陷和变形。

(3) 黄土分类和地貌

黄土的堆积年代主要在距今约 200 万年的第四系,包括老黄土(Q_1 与 Q_2)和新黄土(Q_3 与 Q_4)。老黄土一般没有湿陷性,土的承载力较高;新黄土土质均匀,结构疏松,垂直节理发育,一般具有湿陷性,土的承载力较低。

黄土地貌可分为堆积地貌、侵蚀地貌、潜蚀地貌和重力地貌等几种类型。形成原因除与黄土本身的特点有关外,还受流水作用、重力作用、地下水作用和风作用的影响。分别形成黄土塬(图 1-1)、黄土梁(图 1-2)和黄土峁(图 1-3)地貌。



图 1-1 黄土塬



图 1-2 黄土梁



图 1-3 黄土峁

(4) 黄土的结构性

土的结构即土粒的排列、形状和胶结情况,以及骨架抵抗外力的能力和强度,在力学性质上表现为保证原土粒结构不被破坏的能力。黄土结构发生破坏时,力学性质产生突变,这种特殊性质直接影响着黄土的力学性质和工程性质。

黄土的结构性来源于极为特殊的显微结构,黄土的变形与湿陷性质均与其显微结构有关。如图 1-4 所示,黄土由结构单元、胶结物和孔隙三部分组成。粗粉粒构成黄土的骨架,而细粉砂、黏土和腐殖质等胶结物聚集在大颗粒的接触点,与易溶盐溶液及碳酸盐一起形成胶结性联结,构成了黄土的微结构特征。图 1-5 为黄土大孔隙和发育的垂直节理。

常规岩土强度主要来源于黏粒的黏结力和分子力,而黄土的结构性主要来源于胶结物的联结。从力学强度和稳定角度分析,骨架颗粒是黄土结构体系的支柱,其联结形式决定了结构体系的胶结强度,黏胶粒的赋存状态和碳酸钙的存在形式对黄土的结构性有很大的影响。



图 1-4 黄土微观结构示意图



图 1-5 黄土大孔隙和发育的垂直节理

1.2 公路黄土隧道的建设历史

据资料记载,在陕西北部黄土高原修建的第一座隧道是黑山寺隧道,位于咸阳—宋家川公路的子长县黑山寺沟,单车道、青砖衬砌,净空 $0.35\text{m} + 3.5\text{m} + 0.35\text{m}$,限界高 4m ,全长 250m 。该隧道于 1958 年开始试验性修建,1965 年正式建成。

由于黄土公路隧道大跨径、大断面和扁坦状等特点,早期的施工方法主要是单侧壁和双侧壁导坑法,进入 20 世纪 90 年代后普遍采用环形开挖预留核心土工法,对于三车道和加宽段一般采用三台阶七步环形开挖法。

随着我国改革开放的不断深入和国民经济的快速发展,高速公路的建设得到了前所未有的发展,修建了大量的黄土公路隧道,如表 1-1 和表 1-2 所示。目前,修建的黄土公路隧道最大跨度为 17.66m (西安绕城高速公路南段的马腾空隧道,最大开挖高度 12.8m ,最小埋深仅 6m ,最大埋深 30m);最大开挖断面为 171m^2 (陕西榆林—商洛线神木至府谷高速公路的墩梁隧道,开挖高度为 12.19m ,最大开挖跨度达 17.32m ,最小埋深 10m);西北地区第一长黄土隧道是羊泉隧道(长 6146m);我国第一条黄土连拱隧道是离石隧道(青岛—银川国道山西省汾阳—离石高速公路,长 180m),其开挖宽度达 24.4m ,开挖高度达 10.05m (含仰拱),总开挖面积为 224.4m^2 。

部分公路黄土隧道数量

表 1-1

编号	线别	隧道数量	长度(m)	修建年代(年)
1	陕西咸阳—宋家川公路	1	250	1958~1965
2	国道 312 线甘肃段	2	1 520	1993~1995
3	国道 312 线陕西段	1	1 238	1997~1998

续上表

编 号	线 别	隧 道 数 量	长 度 (m)	修 建 年 代 (年)
4	国道 310 线甘肃天水—岷口公路	1	820	1998 ~ 2000
5	甘肃俛口—柳沟河高速公路	8	9 856.8	1999 ~ 2001
6	陕西铜川—黄陵公路	2	1 445	1999 ~ 2000
7	山西祁县—临汾高速公路	1	556	2001 ~ 2002
8	甘肃兰州—海石湾高速公路	2	730	2001 ~ 2003
9	西安绕城高速公路(南段)	2	1 000	2001 ~ 2003
10	陕西 205 省道公路	1	590	2002 ~ 2003
11	陕西榆林靖边—安塞高速公路	4	2 116	2003 ~ 2005
12	陕西黄陵—延安高速公路	2	2 910	2002 ~ 2004
13	山西汾阳—离石高速公路	1	180	2004 ~ 2005
14	陕西吴堡—子洲高速公路	2	2 516	2005 ~ 2006
15	山西离石—军渡高速公路	1	212.5	2006 ~ 2007
16	宝鸡—天水高速公路	2	3 420	2006 ~ 2008
17	甘肃平凉罗汉洞—定西高速公路	8	13 227	2006 ~ 2008
18	甘肃天水—定西高速公路	2	2 505	2008 ~ 2009
19	青岛—兰州高速公路陕西段	8	25 859	2008 ~ 2010
20	甘肃临洮县康家崖—临夏高速公路	2	6 618	2007 ~ 2010
21	西宁西过境公路	2	5 081	2007 ~ 2010
22	太原—佳县高速公路	6	16 251	2009 ~ 2010
23	延志吴(延安安塞经志丹至吴起)高速公路	4	2 499	2009 ~ 2010
24	天水过境段高速公路	2	3 472	2009 ~ 2010
25	陕西神木—府谷高速公路	2	2 743	2009 ~ 2011

部分公路黄土隧道概况

表 1-2

隧道名称	长度(m)	线 别	贯 通 时 间	备 注
羊泉隧道	6 146	青岛至兰州高速公路 陕西段	2010 年 8 月 7 日	目前西北地区第一长 黄土隧道
南阳山隧道	上行线长 3 290, 下行线长 3 328	兰(州)磨(憨)西部大 通道临洮县康家崖—临 夏高速公路	2010 年 11 月 9 日	

续上表

隧道名称	长度(m)	线 别	贯通时间	备 注
墩梁隧道	左线全长 1 328, 右线长 1 415	陕西榆(林)商(洛)线神木—府谷高速公路	2010年12月28日	隧道开挖高度为 12.19m,最大开挖跨度达 17.32m,开挖断面面积达 171m ²
土家湾隧道	上行线长 1 289.5, 下行线长 1 210	连云港至霍尔果斯国道主干线饒(口)柳(河沟)高速公路	2001年5月11日	
赵家楞杆梁隧道	上行线长 973.3, 下行线长 995	甘肃饒(口)柳(河沟)高速公路	2000年10月	
新庄岭隧道	上行线长 1 455, 下行线长 1 422	甘肃饒(口)柳(河沟)高速公路	2000年12月10日	
白虎山隧道	上行线长 1 235, 下行线长 1 277	甘肃饒(口)柳(河沟)高速公路	2000年	
大有山隧道	上行线长 2 553, 下行线长 2 528	西宁西过境公路	左线 2010年4月27日, 右线 2010年3月30日	
离石隧道	全长 180	青岛—银川国道山西省汾阳—离石高速公路	2005年	我国第一条黄土连拱隧道
临县 3 号隧道	左线 3 408, 右线 3 413	太佳高速公路吕梁段	2010年4月28日	
静宁隧道	上行线长 2 600, 下行线长 2 679	甘肃平凉(罗汉洞)—定(西)高速公路	上行线 2008年8月15日, 下行线 2008年10月26日	
卧龙隧道	上行线长 1 402, 下行线长 1 336	甘肃平凉(罗汉洞)—定(西)高速公路	上行线 2009年9月5日, 下行线 2007年11月12日	
老君隧道	上行线长 1 207, 下行线长 1 180	甘肃平凉(罗汉洞)—定(西)高速公路	2008年6月26日	
青岚隧道	上行线长 1 345, 下行线长 1 415	甘肃平凉(罗汉洞)至定(西)高速公路	2008年	
雷家碛 3 号隧道	右线全长 1 420, 左线长 1 455	太(原)佳(县)高速公路	左线 2010年4月30日, 右线 2010年2月24日	
西陵井隧道	右线全长 3 280, 左线长 3 275	太(原)佳(县)高速公路东段	右线 2010年7月19日, 左线 2010年7月31日	V 级黄土围岩长 1 713m
善化隧道	左线长 1 666, 右线长 1 660	青兰高速公路陕西段	2009年10月20日	
柯家庄隧道	左线长 2 528, 右线长 2 598	青兰高速公路陕西段	2009年11月20日	V 级黄土围岩长 1 550m

续上表

隧道名称	长度(m)	线 别	贯通时间	备 注
中梁隧道	左线长 400, 右线长 396	延志吴高速公路	2010 年 11 月 10 日	
梁山山隧道	下行线长 1 744, 上行线长 1 729	天水过境段高速公路	2010 年 12 月 31 日	
道南隧道	全长 2 910	黄陵—延安高速公路	2004 年 3 月 22 日	
吉家村隧道	左线长 2 575, 右线长 2 540	青(岛)—兰(州)高速公路陕西段	左线 2010 年 7 月 30 日, 右线 2010 年 5 月 1 日	
问沟隧道	左线长 1 308, 右线长 1 208	青(岛)银(川)陕西境内吴堡—子洲高速公路	左线 2006 年 10 月 6 日, 右线 2006 年 8 月 24 日	
王家会隧道	212.5	青(岛)—银(川)国道主干线山西离石—军渡高速公路	2007 年	黄土双连拱隧道
青土岬隧道	左线长 300, 右线长 430	兰州—海石湾高速公路	2003 年	
天赐隧道	上下行线均长 465	陕西榆林靖(边)安(塞)高速公路	上行线 2004 年 9 月 21 日, 下行线 2004 年 10 月 10 日	
马腾空隧道	1 000	西安绕城高速公路南段	2003 年	最小埋深仅 6m, 最大埋深 30m, 最大跨度为 17.66m, 最大开挖高度为 12.8m
甘泉隧道	1 710	宝鸡—天水高速公路	2008 年 11 月 15 日	
定西隧道	2 505	定西市—天水市高速公路	2009 年 11 月 10 日	
太峪隧道	1 288	国道 312 线陕西段	1998 年	
楼子沟隧道	上行线长 725, 下行线长 720	铜川—黄陵高速公路		
马路山隧道	上下行线全长 1 186	陕西靖(边)安(塞)高速公路	2005 年	
鲍家河隧道	590	205 省道	2003 年 5 月 31 日	
祁家大山隧道	860	国道 312 线甘肃段	1995 年 10 月	

续上表

隧道名称	长度(m)	线 别	贯通时间	备 注
燕家岭隧道	556	山西省祁临高速公路	2002年11月	
车道岭隧道	660	国道312线甘肃段	1995年	
王甫梁隧道	820	G310线天水—岷口公路	2000年4月	
黑山寺隧道	2 510	咸阳—宋家川公路	1965年	单车道,青砖衬砌,陕西北部黄土高原修建的第一座隧道

1.3 黄土隧道建设现状

进入21世纪以来,我国又开始了大规模的铁路建设,一批高标准、高速度的铁路项目建成投产,其中就有不少黄土隧道。比如郑西客运专线、石太客运专线、包头—西安铁路,大西客运专线、西安—平凉铁路、天水—平凉铁路、太原—兴县铁路等,均设计有不少黄土隧道。其中,郑西客运专线大断面黄土隧道(图1-6)和石太客运专线黄土隧道(图1-7)的建设成果,代表了现阶段黄土隧道技术的进步。

(1) 郑西客运专线大断面黄土隧道概况

郑西客运专线2009年6月28日全线铺通,2010年2月6日正式投入商业运营,全线新建隧道38座,总延长76 879m,其中,黄土隧道28座,总长53 061m,占全线隧道总长的69%。全线最长的黄土隧道为函谷关隧道,长7 851m;其次为秦东隧道,长度为7 684m,是目前中国最长的两座黄土隧道。郑西客运专线黄土隧道的施工方法汇总如表1-3所示,其概况见表1-4。



图1-6 郑西客运专线秦东黄土隧道

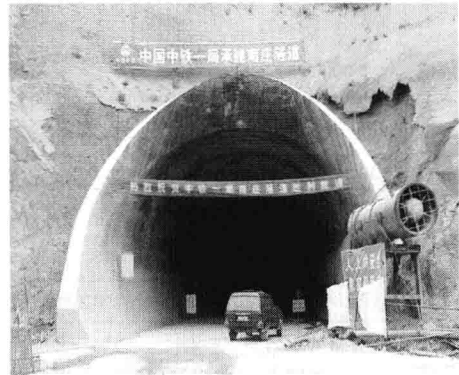


图1-7 石太客运专线南庄黄土隧道

郑西客运专线黄土段隧道施工方法

表1-3

施工方法	台阶法	双侧壁导坑法	CRD法	CD法	明挖法	合计
长度(m)	35 955	472	10 037	330	984	47 778
比例	75.3%	1%	21%	0.7%	2%	100%

表 1-4

郑西客运专线黄土隧道概况表

编号	隧道名称	长度 (m)	埋深 (m)	黄土性状及分布	施工方法	开挖断面 面积(m ²)	初期支护	超前支护	二次衬砌 厚度(cm)	预留变 形量(cm)	与周边环境 关系
1	吴沟隧道	178	10~26	表层 Q ₃ 砂质黄土, 洞身 Q ₂ 黏质黄土	CRD 法	164	I _{25a} 钢架 + 锚喷网	大管棚小导管	60	15	
2	杨里隧道	557	20~36	表层 Q ₃ 砂质黄土, 洞身 Q ₂ 黏质黄土	CD 法, CRD 法, 台阶法	162~164	I _{25a} 钢架、I _{25a} 钢架 + 锚喷网	大管棚小导管	55, 60	10~15	
3	山神庙隧道	158	15	Q ₃ 砂质黄土	明挖法, CRD 法	164	I _{25a} 钢架 + 锚喷网	大管棚小导管	60	15	
4	巩义隧道	3 368	35~45	Q ₃ 砂质黄土 Q ₂ 黏质黄土	双侧壁导坑法, CD 法	157~164	I _{25a} 钢架、I _{25a} 钢架 + 锚喷网	大管棚小导管	55, 60	12~15	下穿 310 国道 及城区
5	张茅隧道	8 483	100	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 35cm + I _{25a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	地下水位线下
6	堯渠 1 号隧道	276	30	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
7	堯渠 2 号隧道	278	50	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
8	交口隧道	4 012	135	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 35cm + I _{25a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	地下水位线下
9	南交口 1 号隧道	520	80	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	地下水位线下
10	南交口 2 号隧道	505	70	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
11	南交口 3 号隧道	238	35	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
12	朱家沟 1 号隧道	171	20	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
13	朱家沟 2 号隧道	960	45	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
14	师家沟隧道	1 332	80	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	有砂层

续上表

编号	隧道名称	长度 (m)	埋深 (m)	黄土性状及分布	施工方法	开挖断面 面积(m ²)	初期支护	超前支护	二次衬砌 厚度(cm)	预留变 形量(cm)	与周边环境 关系
15	富村1号隧道	672	75	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
16	富村2号隧道	639	70	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
17	贺家庄隧道	1 815	40	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 30cm + I _{20a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
18	黄龙村隧道	400	11	Q ₂ 黏质黄土	三台阶七步开挖法	160~170	喷 35cm + I _{25a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
19	吕家崖隧道	776	30	Q ₂ 砂质黄土	CRD 法	160~170	喷 35cm + I _{25a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
20	函谷关隧道	7 851	210	Q ₂ 及 Q ₃ 砂质黄土	CRD 法 三台阶	160~170	喷 35cm + I _{25a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	55~60	12~15	
21	阆乡隧道	770	20	Q ₂ 黏质黄土	CRD 法 双侧壁法	175	下穿高速公路段 双层初期支护	双层大管棚	55	12~15	长距下穿 高速公路
22	盘东隧道	3 240	95	Q ₂ 黏质黄土	CRD 法 三台阶	160~170	喷 35cm + I _{25a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	50~60	12~15	
23	盘西隧道	442	50	Q ₂ 黏质黄土	CRD 法	170	喷 35cm + I _{25a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	50~60	12~15	
24	台村隧道	1 622	30	Q ₂ 黏质黄土	CRD 法	170	喷 35cm + I _{25a} 钢架 间距 0.8m	φ50mm 小导管, L = 5m	50~60	12~15	
25	秦东隧道	7 684	210	Q ₂ 黏质黄土	CRD 法 双侧壁法	155~164	型钢钢架 + 轴网喷	φ108mm 大管棚 φ42mm 小导管	50~60	10	
26	潼洛川隧道	3 817	155	Q ₂ 黏质黄土	CRD 法 三台阶	155~164	型钢钢架 + 轴网喷	φ108mm 大管棚 φ42mm 小导管	50~60	10	
27	高桥隧道	1 458	110	Q ₂ 黏质黄土	CRD 法 三台阶	155~171	型钢钢架 + 轴网喷	φ108mm 大管棚 φ42mm 小导管	50~60	10	下穿南同 蒲铁路
28	凤凰岭隧道	839	100	Q ₂ 黏质黄土	CRD 法 三台阶	155~164	型钢钢架 + 轴网喷	φ108mm 大管棚 φ42mm 小导管	50~60	10	