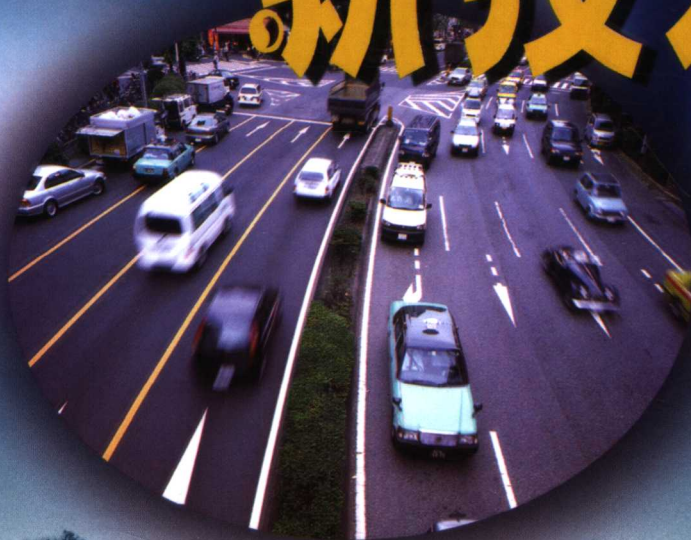


2005年中国铁道建设协会学术论文集

交通土建工程设计与施工 新技术



JIAOTONG TUJIAN
GONGCHENG SHEJI YU
SHIGONG XINJISHU

主编 华德洪 侯西程

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



2005 年中国铁道工程建设协会学术论文集

交通土建工程设计与施工新技术

主编 华德洪 侯西程

中 国 铁 道 出 版 社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

交通土建工程设计与施工新技术:2005年中国铁道工程建设协会学术论文集/华德洪,侯西程主编. —北京:中国铁道出版社,2005.9
ISBN 7-113-06661-5

I. 交… II. ①华… ②侯… III. ①道路工程:土木工程—设计—学术会议—文集②道路工程:土木工程—工程施工—学术会议—文集 IV. U41-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 098335 号

书 名: 2005 年中国铁道工程建设协会学术论文集
交通土建工程设计与施工新技术
作 者: 华德洪 侯西程 主编
出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)
责任编辑: 张永国
封面设计: 薛小卉
印 刷: 北京市彩桥印刷有限责任公司
开 本: 787×1092 1/16 印张: 25 字数: 624 千
版 本: 2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷
印 数: 1~1 000 册
书 号: ISBN 7-113-06661-5/U·1819
定 价: 50.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话:(市电)010-51873169 (路电):021-73169

网址:<http://www.tdpress.com>

编委会名单

- 主 编:** 华德洪 中国铁道工程建设协会秘书长
侯西程 中铁十九局集团有限公司总工程师
- 主 审:** 李向国 石家庄铁道学院
赵春虎 石家庄铁道学院
- 副主编:** 姚道先 石家庄铁道学院
王继红 中铁二十一局集团有限公司副总经理兼总工程师
王铭三 中国铁道工程建设协会咨询部主任
江拔其 中铁十六局集团有限公司总工程师
杨基好 中铁四局集团第七工程有限公司项目总工
赵永刚 中铁十九局集团有限公司工程科技管理部部长
李权福 中铁十五局集团第六工程有限公司副总经理
樊 东 中铁十二局集团第二工程有限公司项目总工
- 编 委:** 侯永瑞 石家庄铁道学院
崔淑斌 中铁十三局集团公司渝怀铁路指挥部
闫晓禾 中铁十六局集团有限公司
薄春莲 中铁十九局集团有限公司
庄金波 中铁隧道集团有限公司
胡 薇 中铁十六局集团有限公司
游组群 中铁十三局集团有限公司
冯建军 中铁二十一局集团有限公司

目 录

01. 客运专线黄土隧道施工技术探讨	冯建军 符景龙	(1)
02. 极限平衡法原理与分析	李同安	(6)
03. ZLG386 型菱形挂篮的设计与应用	崔淑斌	(9)
04. 泵送防水混凝土施工技术	阮翔	(17)
05. 高寒多年冻土区耐久性混凝土技术浅析	胡薇	(23)
06. 长大管棚在隧道浅埋段的施工技术	李季峰	(30)
07. 贵州构皮滩电站乌江大桥施工技术	徐双民	(35)
08. 水泥土挤密桩在铁路既有线路基基床加固中的应用	刘宝新	(41)
09. 铁路深路堑拓宽安全快速石方控爆技术	李向国	(45)
10. 杉树沱隧道通过逆断层的处理措施	樊艳祥	(49)
11. 穿越深水填石、斜坡、溶洞钻孔桩施工技术	牛希顺	(53)
12. 大埋深隧道施工中岩爆的发生与防治	蒋绪鹏 孟凡荣	(56)
13. 大体积混凝土裂缝控制技术	牛子民	(59)
14. 低报价中标的风险分析及防范措施	孙辉	(67)
15. 低碱水泥混凝土配合比设计	李忠诚 孟凡荣	(70)
16. 乌鞘岭特长隧道 2 号斜井膨胀性泥岩地段施工技术	朱红庆 董世友	(73)
17. 长梁山隧道超前预注浆施工技术	李俊喜	(78)
18. 对项目管理与控制中统计的几点看法	姜铂	(86)
19. 苏昆太现浇预应力混凝土连续箱梁高架桥施工技术	王永文	(89)
20. 风水垭口隧道防排水施工方法	李季峰	(95)
21. 佛子岭隧道进口快速掘进施工方法	郑国新 周烨	(97)
22. 佛子岭隧道右线衬砌台车上浮的原因及控制办法	周烨 郑国新	(101)
23. 涪陵乌江大桥连续刚构梁高温天气合拢施工技术	朱君 李朝智 白国艳	(103)
24. 改性沥青混凝土路面施工控制要点	韩峰	(108)
25. 改性沥青加工技术	王宇峰	(113)
26. 高等级公路建设中的填石路堤施工工艺与质量控制	张卫华	(115)
27. 高墩、大跨连续刚构桥梁高墩翻模施工技术	杨基好	(119)
28. 高墩、大跨连续刚构桥梁真空压浆施工技术	杨基好	(126)
29. 薄壁预应力拱板预制与安装施工技术	蔡三庆	(132)
30. 高强流态混凝土的配制	张建华	(138)
31. 高速公路隧道光面爆破设计与施工	黄卫东	(142)
32. 高原冻土隧道一、二衬砌间注浆施工技术	陈明君	(146)
33. 关于锚喷支护的设计与施工	刘德强	(152)

34. 长大隧道压入式通风技术	姜长青	(154)
35. 邯郸路地道工程咬合桩施工技术	刘志罕	(159)
36. 黄草隧道施工技术	刘维平	(163)
37. 黄土路基病害成因、预防及处理技术	陈明君	(168)
38. 级配碎石配合比设计及质量控制	颜海建	(173)
39. TSP203 超前地质预报系统在隧道施工中的应用	张兴国	(177)
40. 神经网络技术在施工中的应用	黄发跃	(184)
41. 金洞隧道特殊岩溶的处理	宗书合	(188)
42. 金洞隧道岩爆防治施工技术	宗书合	(192)
43. 京沪高速交通运输新系统之我见	赵应彬 刘军	(195)
44. 静态破碎技术在岩石基础开挖中的应用	王立军	(198)
45. JQJ110 型公路架桥机导梁弦杆焊接变形的 控制	刘宏宇 薛洪涛 丁文澜 曹明辉	(204)
46. 冷冻技术在沉井施工中的应用	范明贵	(206)
47. 沥青混凝土桥面铺装早期病害原因分析	孙峰梅	(212)
48. 论施工企业造价管理与项目成本控制工作	李可禹	(215)
49. 论盐湖开采工程的黏土防渗	王海棠	(219)
50. 某地铁车站深基坑支护安全问题探讨	高广祥	(223)
51. 某桥悬浇施工 0 号托架构造方案探讨	张 勇	(226)
52. 砌块填充墙裂缝的预防	张承国	(229)
53. 浅埋偏压隧道施工技术	黄卫东	(231)
54. 浅谈 SMA 混合料的设计	王晓红	(237)
55. 浅谈山岭重丘区高等级公路 25 m 以下空心板梁 集中预制安装的利与弊	聂海岩 张秀英	(241)
56. 青藏铁路风火山隧道施工防融技术	王继红	(246)
57. 全断面液压衬砌钢模台车、泵送混凝土施工新技术	周烨 冷雅梅	(250)
58. 软土地基海堤施工技术	付志华	(254)
59. 赤岗跨线桥现浇箱梁施工工艺	张西科	(258)
60. 陕北湿陷性黄土地区百米超长人工挖孔桩施工技术	杨基好	(261)
61. 深导墙施工技术在地铁车站施工中的应用	樊建军 李志峰	(269)
62. 深孔台阶松动控制爆破施工技术	樊艳祥	(273)
63. 深水河中铁路顶进桥施工技术	刘树爱	(279)
64. 实施岗责管理是提高质量和效益的有效途径	张建华	(285)
65. 双联拱隧道改单洞隧道可行性探究	郭庆彪	(288)
66. 水泥深层搅拌桩的施工质量控制要点	师慧	(291)
67. 水泥深层搅拌桩在高速公路软土地基加固中的应用	房文明	(294)
68. 长管深孔注浆钢筋锚杆在浅埋暗挖地下人行通道中的 运用	李昊勇 任敬东 贺汉华	(298)
69. 四参数法在五洋水电站首级控制网建立中的应用	李天洪	(300)
70. 二郎山隧道在高地应力条件下大变形破坏机理的研究及治理原则	闫晓禾	(304)

71. 隧道超欠挖控制及其对隧道成本的影响——麻岷岭隧道右线超欠挖控制探析	周焯	冷雅梅	(309)
72. 隧道衬砌边墙纵向开裂处治措施	张泽富	洪景秋	陈江涛 (313)
73. 隧道衬砌气密性混凝土施工技术		王晓明	(318)
74. 隧道有轨运输铁路道岔结构设计	赵建平	张金星	(320)
75. 特殊钻孔桩质量事故案例分析		孙峰梅	(323)
76. 铁路铁磙坝车站路堑石方控制爆破方案		徐迟	(326)
77. 土工合成材料防治柔性路面反射裂缝处理技术与工艺研究	张克伟		(329)
78. 弯斜梁桥转体施工中的转盘改进技术	符景龙	冯建军	(334)
79. 地铁车站施工中地下微承压水的处理技术		樊建军	(339)
80. 小管棚处理隧道大塌方的施工技术		张小军	(342)
81. 扬中夹江二桥边跨直线段施工技术		王永文	(347)
81. 引水隧洞破碎围岩钻爆施工技术	程海涛	沈卫红	闫明东 (351)
83. 渝怀铁路黄草隧道衬砌结构受力测试及安全性评价		曲桂有	(355)
84. 元磨高速公路 K306+185 特大桥挂篮的设计		冯尚春	(360)
85. 圆梁山隧道毛坝向斜深埋大型溶洞成因分析		庄金波	(367)
86. 增设底板在双壁钢围堰施工中的应用		张景模	(373)
87. 钻孔灌注桩反循环工艺探讨		张成宝	(378)
88. 分质供水,势在必行		陆冰	(381)

01. 客运专线黄土隧道施工技术探讨

中铁二十一局集团有限公司 冯建军 符景龙

摘 要 本文结合郑西客运专线简要介绍了我国客运专线黄土隧道的概况和特点,阐述了客运专线黄土隧道的施工原则和施工方法以及施工中应该注意的问题,以供有关人员探讨、参考。

关键词 客运专线 黄土隧道 施工技术

1 引 言

《中长期铁路发展规划》的实施和国务院批准 9 条客运专线立项,标志着我国高速铁路建设高潮的到来。客运专线隧道要考虑空气动力学效应,使内净空面积增大(双线有效面积 100 m^2 、单线有效面积 70 m^2)。同时客运专线隧道广泛采用无碴轨道,对基础要求更高,对结构的沉降控制要求更严;而且客运专线较普速铁路隧道对工程质量有更高的要求,不允许结构开裂,更不允许有混凝土剥落现象。这就给设计施工带来一系列问题需要我们在工作中加以研究探讨,以便更好地解决问题,优质高效地建成铁路客运专线。

2 客运专线黄土隧道工程概况

郑西客运专线是路网规划“四纵四横”中徐州至兰州快速通道中的一段,全长 458.9 km 。全线合计新建隧道 38 座,总长 61.011 km ,占线路总长的 13.3% 。隧道均为双线隧道,最高行车速度 350 km/h ,线间距 5.0 m ,轨面以上内净空面积 100 m^2 ;隧道内轨道一般采用无碴轨道;隧道衬砌采用复合式衬砌。技术标准见表 1。

我国在黄土地区已经修建的最大断面的铁路隧道为神朔铁路霍家梁隧道(仅进口 120 m 地段拱墙部分位于新黄土中)开挖断面 141 m^2 ,最大断面的公路隧道为双车道公路隧道紧急停车带,其开挖面积 138 m^2 ,郑西客运专线黄土隧道是目前我国在黄土地区修建的断面最大的隧道,隧道开挖断面在 170 m^2 以上(图 1)。

2.1 工程地质

郑西客运专线线路位于豫西山地和渭河冲积平原,南倚秦岭及其东枝余脉,北临黄河及其支流,总体地势南高北低,西高东低。自东向西大致经过低山丘陵区、黄土台塬区、黄土丘陵区、山前(塬前)平原区、河流冲积平原区 5 个地貌单元。本线 80% 为黄土覆盖,不良地质主要有滑坡和错落、顺层、人为坑洞及地震区。

(1) 黄土的地层岩性

黄河Ⅱ级阶地表层为第四系上更新统风积砂质黄土所覆盖,下伏上更新统冲积砂质黄土,中间夹有数层古土壤层。

表 1 郑西客运专线设计标准

正线数目	双 线
速度目标值	线下部分 350 km/h,线上部分 200 km/h 及以上
最小曲线半径	一般为 9000 m,困难 7000 m
正线线间距	5.0 m
最大坡度	12‰
到发线有效长	700 m
牵引种类	电力
列车运行方式	自动控制
行车指挥方式	综合调度集中

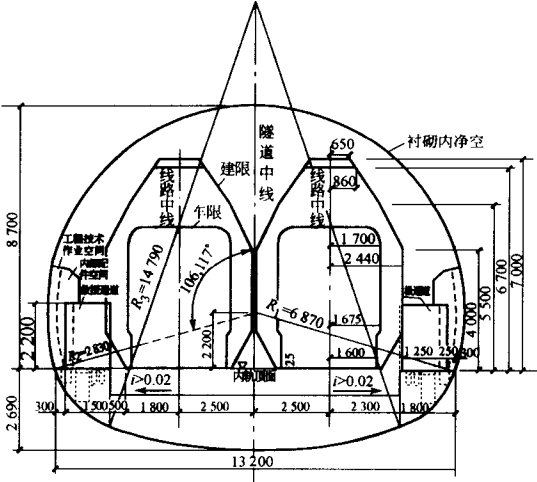


图 1 双线隧道建筑限界

黄土台塬区,表层为第四系上更新统风积砂质黄土,下伏第四系中、下更新统风积砂质黄土,中间夹有数层古土壤层,底部为冰湖积粉质黏土及砂层。

(2) 湿陷性黄土的特点

黄土在天然状态下处于非密实状态,在一定压力作用下变形较小,主要为压密变形,压密变形表现为压缩变形和湿陷变形,湿陷变形发展较快。

该区域黄土颗粒成分:大于 0.05 mm 占 12%,0.05~0.005 mm 占 60%,小于 0.005 mm 占 28%,黄土的含水量在 20%左右,孔隙比一般在 1.0 左右,湿陷系数平均 0.05,湿陷等级中等,湿陷敏感性中等。

按照铁路规范的划分标准,隧道洞口分布的湿陷性黄土为Ⅲ级自重湿陷,湿陷深度约 18 m。

2.2 黄土隧道设计参数(表 2)

表 2 黄土隧道设计参数表

围岩 级别	初 期 支 护							拱部超 前支护	预留 变形量 (cm)	二次衬砌	
	喷 层 cm	锚杆(Φ22)		钢筋网 Φ8		钢 架				拱墙 仰拱 (cm)	衬砌 主筋
		长度 (m)	间距 (m)	位 置	间距 (cm)	钢架 类型	间距 (榀/m)				
Ⅳ	26	3.5	全断面	1.0×1.0	25×25	I20a	1/1	小导管	10	50	4φ22
Ⅴ	30	4.0	全断面	1.0×0.8	25×25	HW175	3/2	管棚	10	55	4φ22
Ⅵ	30	4.0	全断面	1.0×1.0	20×20	HW175	2/1		12	60	4φ25
Ⅳ偏	26	3.5	全断面	1.0×0.8	25×25	I20a	3/2	小导管	10	55	4φ25
Ⅴ偏	30	4.0	全断面	1.0×1.0	20×20	HW175	2/1	管棚	10	60	4φ25

注:表中锚杆间距为:环×纵;层中微纤维掺量为 1.2 kg/m³。

3 客运专线黄土隧道施工技术

3.1 施工原则

- (1) 按新奥法原理组织施工的原则。
- (2) 依靠信息反馈,实行动态设计、信息化施工的原则。
- (3) 突出超前地质预测预报并纳入施工工序的原则。
- (4) 坚持“管超前,少扰动,早喷锚,强支护,紧封闭,勤量测”原则。
- (5) 严格控制隧道内施工用水,并做好施工用水排放管理的原则。
- (6) 加大设备投入,组织机械化、专业化施工的原则。
- (7) 施工机械与施工方法配套,优化资源配置的原则。
- (8) 突出科技创新的原则。

3.2 施工组织

根据具体隧道的特点进行实施性施工组织设计,施工通风采用长管路压入式和射流正洞式通风,运输一般采用无轨运输,特长隧道采用有轨运输或前期无轨运输后期有轨运输相结合的方法。根据总工期的要求,合理安排隧道工期。制定有效措施以达到质量、安全、工期、环保目标。

施工作业线按4条主作业线、3条辅助作业线布置。4条主作业线即开挖作业线、装碴运输作业线、喷锚支护作业线、衬砌作业线;3条辅助作业线为通风降尘作业线、注浆作业线、排水作业线。

3.3 隧道施工技术

(1) 开挖方法

由于双线隧道断面积大,开挖跨度达15.7 m,开挖面积170 m²,黄土隧道开挖宜采用分部开挖。正洞隧道V、Ⅵ级围岩地段宜采用CD法开挖;Ⅳ级围岩地段采用台阶法或弧形导坑法开挖;土质隧道采用人工配合机械开挖,严禁放炮,以减少对围岩的扰动,避免坍塌。同时注意仰拱超前施工,严格控制围岩的暴露时间,施工全过程进行监控量测,并保证锁脚锚杆的施工质量。开挖方法施工工序见图2~图5。

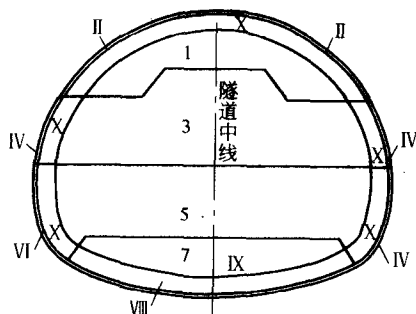


图2 弧形导坑法施工工序图

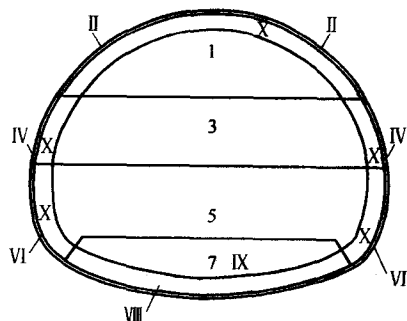


图3 台阶法施工工序图

(2) 初期支护

采用锚喷网、钢支撑联合支护,开挖后及时进行初期支护,及早封闭成环,提高围岩的承载能力,喷射混凝土中加入防止混凝土开裂的聚丙烯微纤维网(一般为 1.2 kg/m^3)。喷射混凝土采用湿喷技术,已达到降低混凝土回弹损失、改善作业环境和提高喷射混凝土质量的目的。初期支护施工顺序如下:

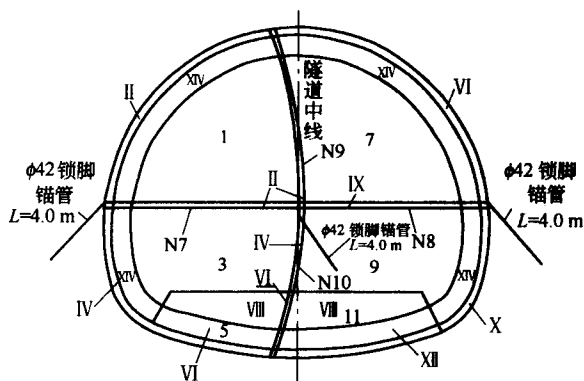


图4 弧形导坑法施工工序图

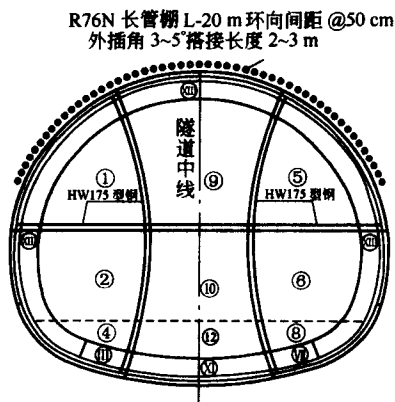


图5 双侧壁导坑法施工工序图

开挖→初喷混凝土封闭→锚杆安装→钢筋网安装→架设钢支撑→补喷混凝土至设计值

(3) 监控量测

加强超前地质预测预报和围岩变形量测工作,及时反馈施工,为正确采用、修改相应的开挖和支护参数提供依据,以确保施工安全和工程质量。

(4) 二次衬砌

二次衬砌一般采用曲墙带仰拱的复合式钢筋混凝土衬砌,厚 $55\sim 60\text{cm}$,以保证足够的安全储备系数。

根据监控量测结果及时施作二次衬砌,二次衬砌采用先墙后拱法施工。采用全液压整体衬砌台车,混凝土由电子计量拌和站搅拌,运输车运输,混凝土泵泵送,以保证二次衬砌内实外美,表面光洁平整。

(5) 隧道防排水

结合黄土隧道特点,隧道防排水采取“以防为主、防排结合”的原则,达到防水可靠,排水畅通,经济合理的目的。隧道内均采用双侧水沟排水;初期支护与二次衬砌之间敷设复合防水板及纵、环向盲沟,施工缝设橡胶止水带;纵向盲沟通过边墙泄水孔与侧沟连通。个别地段采取“以堵为主、限量排放”。

复合防水板敷设采用无钉铺设防水板技术,对集中出水点特殊处理,做到防水有效,排水畅通,保证隧道不滴、不渗、不漏。

由于黄土的特殊性质,在施工中必须严格控制施工用水,做好施工用水的排放管理,以防黄土遇水变形坍塌。

3.4 黄土隧道软基加固

客运专线对线下部分的基底和工后沉降有严格的要求,特别是无碴轨道对下部的要求更是极其严格。这就要求对黄土隧道底部进行加固处理,以消除隧道底部黄土的湿陷性,提高基

底的承载能力,避免隧道在高频振动下下沉,进而因引起衬砌开裂、道床变形等破坏。

基底处理采用灰土挤密桩、树根桩、换填、压浆等方法,主要采用灰土挤密桩处理(图 6)。桩径 0.5 m,桩长 3~4 m,梅花形布置,桩间距仰拱底部 1.2 m×1.2 m、边墙底部 1.0 m×1.0 m(一般仰拱底部应力小于边墙底部应力。灰土挤密桩施工工艺见图 7。

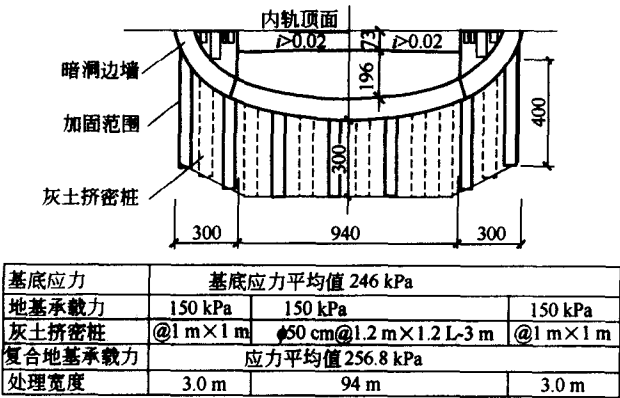


图 6 灰土挤密桩加固布置示意图

灰土挤密桩施工可采用锤击式沉管法造孔及成桩。

施工前,先清理平整场地,准确放线标定桩孔位置,确定桩顶标高,拟定成孔顺序并编号。成孔顺序应先周边后中间,同排宜间隔 1~2 孔跳孔施工。有条件时,施工前应先在现场作原位成孔试验,核定各项技术参数。

3.5 施工中应注意的问题

(1) 选择合理的施工方案以保证施工进度及施工安全。

(2) 坚持少扰动地层的施工作业原则,严禁放炮开挖。

(3) 加强施工中的变形观测,及时反馈信息,以有效地指导施工,确保施工安全。

(4) 坚持仰拱超前施工,及早封闭成环,有效地控制变形。

(5) 严格控制超欠挖,尽可能使开挖断面圆顺,以避免局部应力集中。

(6) 加强施工中的变形观测,及时反馈信息,以有效地指导施工,确保施工安全。

(7) 二次衬砌采用全断面衬砌台车,以提高二次衬砌的整体性。

(8) 对隧道通过承压水可能溃底的地段,加强预报预测工作,及时施作初期支护,及时封闭出水点。

(9) 施作仰拱前,对软弱基底进行处理。

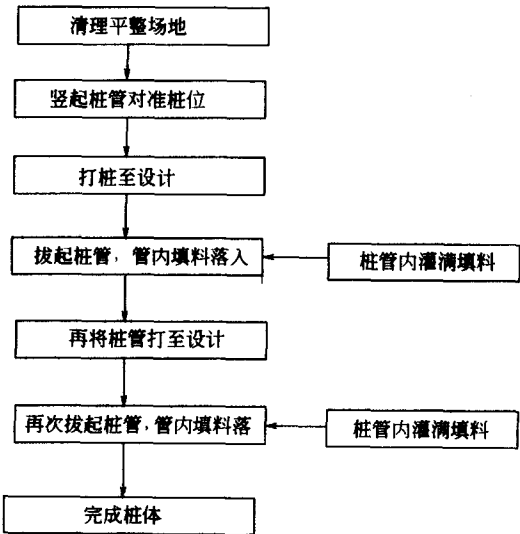


图 7 灰土挤密桩工艺流程图

4 结 语

铁道部对客运专线建设提出了“一流的工程质量、一流的装备水平、一流的运营管理”的目标,目前国内尚没有如此大断面的黄土隧道施工的先例,因此,施工参数的选用需要结合黄土隧道施工中的收敛变形量测情况进行验证和调整。这就需要广大技术人员在学习、总结国内外经验的同时要努力钻研,攻克技术难关,为客运专线建设做好充足的技术储备,以达到铁道部提出的客运专线建设目标。

02. 极限平衡法原理与分析

中铁十八局集团建筑工程公司 李同安

摘 要 分析了在边坡稳定性计算中所通常采用的极限平衡法的基本原理,对常见的毕肖普法、斯宾赛法、摩根斯坦—普赖斯法三种条分法结合算例进行了对比说明,由计算结果可见在不同计算方法下边坡的安全稳定系数存在细微的变化。

关键词 边坡稳定性 极限平衡 条分法

1 极限平衡法原理

土质边坡的稳定性是土力学中的一个经典问题,自 1916 年彼得森提出条分法概念以来,基于极限平衡原理的各种条分方法得到了广泛的发展。

极限平衡法采用条分法进行边坡的稳定分析计算,该方法先假定若干剪切破坏面。然后将破坏面之上的土体分成若干垂直土条,对作用于各土条上的力和力矩进行平衡分析,求出在极限平衡状态下的土体安全系数,并通过一系列方法确定最危险滑裂面位置和最小安全系数。

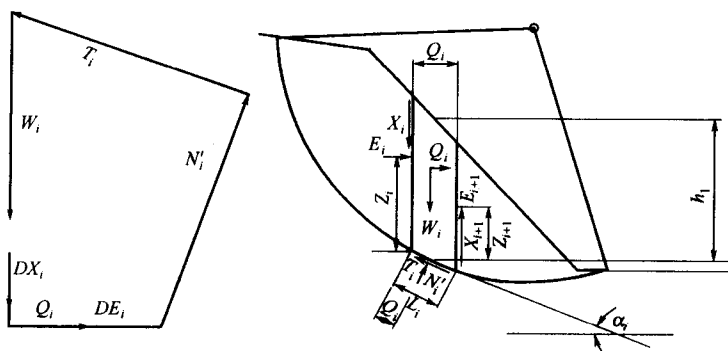


图 1 条分法原理图

Bishop 将边坡稳定安全系数 F , 定义为沿整个滑裂面的抗剪强度 τ_f 与实际产生的剪应力 τ 之比, 即:

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau} \quad (1)$$

如图 1 所示: 对滑动土体上任意取一土条 i , 分析其上面的作用力为: 重力 W_i 、水平作用力 Q_i 等。当破坏面形状确定后, 土条的几何尺寸也成为定值, 因此为确定整个滑动土体力的平衡所要确定的未知量为:

- (1) 每一土条底部的有效法向反力 N_i' , 共计 n 个;
- (2) 两相邻土条分界面上的法向条间力 E_i , 计 $n-1$ 个;
- (3) 两相邻土条分界面上的切向条间力 X_i , 计 $n-1$ 个;
- (4) 每一土条底部 T_i 及 N_i 合力作用点位置 α_i , 计 n 个;
- (5) 两相邻土条条间力 X_i 及 E_i 合力作用点位置 Z_i , 及 $n-1$ 个;
- (6) 安全系数 F_s , 一个。

因此共有 $5n-2$ 个未知量, 而由力和力矩的平衡只能得到 $3n$ 个方程, 故而边坡的稳定问题是一个高次超静定问题。如果将土条取得极薄, 则土条底部 T_i 与 N_i 之间的合力作用点可近似的认为作用于土条底部的中点, α_i 可认为已知, 从而减少 n 个未知量。对其他 $n-2$ 个多余未知量则需要相应的处理才能够进行计算。

建立在极限平衡理论上的各种条分法的不同在于通过采用不同的计算假定, 以减少未知量或增加方程个数的方法来解决上述 $n-2$ 个多余未知量, 从而使超静定问题转化为静定问题。由于极限平衡法没有考虑岩土材料本身的应力—应变关系和实际工作状态, 因此所求出的土条之间的内力或土条底部的反力均不能代表边坡在实际工作条件下的内力或变形。

2 极限平衡法分析

2.1 计算假定

基于极限平衡原理的不同条分法在于采用不同的计算假定, 本文针对毕肖普法 (Bishop Method)、斯宾赛法 (Spencer Method)、摩根斯坦—普赖斯法 (Morgenstern-Prince Method) 3 种方法进行了分析。其计算假定分别为:

2.1.1 毕肖普法 (Bishop Method)

Bishop 的简化方法中, 假定了所有各土条之间的切向条间力为 0, 也就是假定条间力合力方向为水平。

2.1.2 斯宾赛法 (Spencer Method)

Spencer 假定相邻土条之间的法向条间力 E 与切向条间力 X 之间有一固定的常数关系, 即各条间力合力 P 的方向是互相平行的:

$$\frac{X_i}{E_i} = \frac{X_{i+1}}{E_{i+1}} = \tan(\theta) \quad (2)$$

2.1.3 摩根斯坦—普赖斯法 (Morgenstern-Prince Method)

Morgenstern-Prince 在对任意曲线形状的滑裂面进行分析的基础上, 建立了满足力和力矩平衡的微分方程式, 然后假定两相邻土条法向条间力和切向条间力之间存在一个对水平方

向坐标的函数关系,根据整个滑动土体的边界条件求出问题的解答。

$$X=\lambda f(x)E$$
 (3)

2.1.4 对比分析

Morgenstern-Prince 法是对边坡进行极限平衡分析的最一般方法。如取 $f(x)=C$ 、则结果与 Spencer 法一致;如再取 $f(x)=0$ 的特殊情况,则计算结果与简化 Bishop 法一致。

表 1 三种条分法对比

计算方法	是否满足平衡条件				滑裂面形式	条间力假定
	整体力矩	土条力矩	垂直力	水平力		
Bishop	是	否	是	否	圆弧	$X=0, E\geq 0$
Spencer	是	是	是	是	任意	$X/E=\tan(\theta)$
Morgenstern-Prince	是	是	是	是	任意	$X/E=\lambda F(x)$

3 算 例

某采用风化泥岩填料的边坡,填料重度 $\gamma=20.4\text{ kN/m}^3$,内聚力 $\varphi=16.8^\circ$,采用 Bishop、Spencer、Morgenstern-Prince 3 种方法分别计算了在不同内聚力 C 下的边坡安全系数。

表 2 不同内聚力下边坡安全系数

内聚力(kPa)	Bishop	Spencer	Morgenstern-Prince
60	1.481	1.483	1.484
90	1.83	1.829	1.831
120	2.174	2.177	2.178

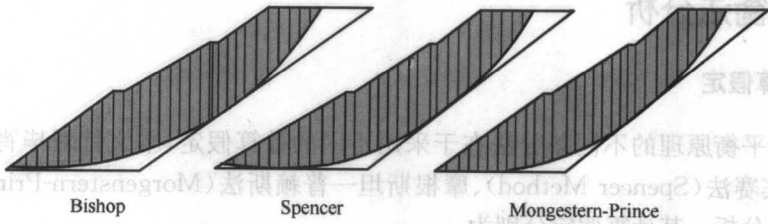


图 2 内聚力 C=60 kPa 不同条分法下潜在危险滑动面

由图 2 和表 2 的计算结果可见:不同的条分方法由于计算的简化不同,故而得到的安全系数存在差异,潜在的最危险滑动面的位置也有所不同。

4 结 论

- (1) 本文分析总结了极限平衡方法的基本原理,可见基于极限平衡原则的边坡稳定性分析是一个超静定的问题,对其求解应附加相应的条件;
- (2) 基于极限平衡原则的各种条分法采用了不同的计算假定,在滑裂面形式、条间力作用、力和力矩的平衡条件满足上存在不同的设定;
- (3) 由于不同的条分法采用了不同的简化和假定,因此对同一问题的计算得到的结果存

在差异,对于此类较小的差异应予以接受。

参考文献

- ① 吕鹏. 高填石路堤修筑技术研究. 北京:北京交通大学土建学院,2004
- ② 钱家欢,殷宗泽. 土工原理与计算(第二版). 北京:中国水利水电出版社,1996
- ③ Bishop A. W., The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes, Geotechnique, Vol. 5, No. 1, 1955.
- ④ Spencer E., A Method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces. Geotechnique, Vol. 17, No. 1. 1967.
- ⑤ Morgenstern N. R. and Price, V. E., The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces, Geotechnique, Vol. 15, No. 1. 1965.

03. ZLG386 型菱形挂篮的设计与应用

中铁十三局集团公司渝怀铁路指挥部 崔淑斌

摘 要 ZLG386 型菱形挂篮是依托渝怀铁路黄草乌江大桥研发设计的,本文对该挂篮的设计、检算、试验及应用进行了介绍。

关键词 连续刚构 挂篮 设计 应用

1 工程概况

渝怀铁路黄草乌江大桥位于重庆市武隆县境内,是渝怀铁路一座技术复杂的大桥,全长 410.65 m,桥跨布置为 1×32 m 预应力混凝土简支梁 + (96 + 168 + 96) 双线预应力混凝土连续刚构桥,为我国铁路双线同类结构最大跨度。梁体全长 361.6 m。梁体为单箱单室变高度变截面箱梁结构,箱梁顶板宽 11.0 m,箱宽 7.8 m,梁高 5.5~11.0 m。支墩处梁高 11.0 m,跨中及边跨梁端处梁高 5.5 m,梁体下缘除中跨中部 10 m 梁段和边跨端部 17.8 m 梁段为等高直线段外,其余按二次抛物线变化。除梁端附近区段外,顶板厚 60 cm,底板厚 50~110 cm,腹板厚 50~100 cm。本桥梁部连续刚构部分 1 号~21 号段为悬灌段,采用挂篮悬灌法施工,挂篮浇注箱梁分段长度为 3 m、3.5 m、4 m,挂篮混凝土悬灌最大节段重量 2707 kN。

2 挂篮设计

挂篮是大跨径箱梁悬臂浇注法施工的主要设备,在施工中受深水、高墩、峡谷及气候等影响小,可以充分利用有限的空间,多次重复使用,易于掌握施工工艺和保证施工质量,在施工中对节段的施工误差可以不断地进行调整,从而保证悬浇施工的精度。

通过对国内外现有挂篮的施工特点、操作工艺、用料情况等进行分析 and 研究,结合本桥的具体情况进行了比选,参考了国内近年来使用的挂篮,决定研制 ZGL386 菱形轻型桁架式挂篮。

2.1 挂篮设计参数的选定

根据黄草乌江大桥连续刚构梁的结构特点和有关钢结构规范的要求,确定出挂篮设计参数。

- (1) 挂篮混凝土悬灌最大节段重量 2 707 kN;施工机具和人群荷载重 100 kN。
- (2) 挂篮满足浇注箱梁分段长度 3 m、3.5 m、4 m 的需要。
- (3) 挂篮浇注箱梁高度变化范围 11~5.5 m,挂篮浇注箱梁高度变化范围按二次抛物线 $f(x)=x^2/999.6364+5.5$ m 变化。
- (4) 箱梁底宽 7.8 m,顶宽 11 m。
- (5) 结构刚度
 - ① 构件受荷载后弹性挠度为相应结构的 1/400。
 - ② 底模板本身的最大计算挠度变形 <16 mm。
 - ③ 结构表面外露的模板挠度为模板构造挠度的 1/400。
 - ④ 结构表面的模板挠度为模板构件的 1/250。
- (6) 挂篮设计中所采用的系数
 - ① 灌注混凝土时,梁段混凝土动力系数 1.2;空载移动时挂篮动力系数 1.3。
 - ② 灌注混凝土时的稳定系数均大于 1.5。
 - ③ 挂篮行走时抗倾覆稳定系数大于 2。
 - ④ 容许应力的提高系数 1.3~1.5。
 - ⑤ 结构的稳定系数 >1.5。
- (7) 挂篮构件具用通用性,可全部或部分周转性使用于其他桥梁,以降低摊销费用。

2.2 挂篮设计与结构介绍

(1) 挂篮主桁架尺寸的选择

挂篮主桁架尺寸选取原则主要基于以下 4 点:

- ① 满足悬臂浇注的要求,能够适合不同长度的浇注梁段。
- ② 满足施工工作面的要求,使施工人员有作业空间。
- ③ 各个杆件受力基本相等,即按等强度设计,这样可以优化结构,节约钢材及制造费用。
- ④ 本桥施工中挂篮浇注分段长度为 3 m、3.5 m、4 m,其中 1 号至 6 号段长度为 3 m,7 号至 9 号段长度为 3.5 m,10 号至 21 号段长度为 4 m。因此每个杆件的水平方向投影长度为 5 m (图 1)。

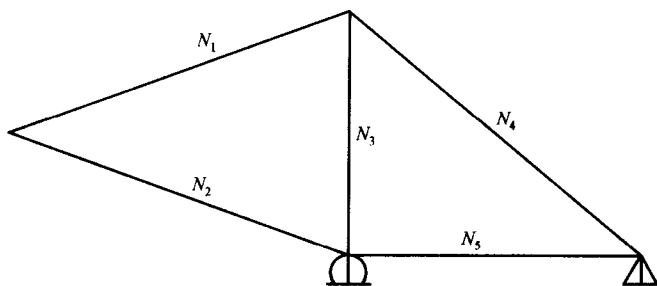


图 1 主桁架立面图