

GONGLU GONGCHENG GONGFA HUIBIAN

公路工程工法汇编

(2013)

下册 (隧道、交通工程、养护篇)

中国公路建设行业协会 编



人民交通出版社
China Communications Press

Gonglu Gongcheng Gongfa Huibian

公路工程工法汇编

(2013)

下册(隧道、交通工程、养护篇)

中国公路建设行业协会 编

人民交通出版社

内 容 提 要

为提高公路施工水平和工程质量,完善公路工程标准规范体系,中国公路建设行业协会组织编写了《公路工程工法汇编(2013)》。本书收录了208项有关公路路基、路面、桥梁、隧道、交通工程和公路养护的最新施工工艺和施工技术。汇编的工法符合国家公路工程建设的方针、政策和标准,具有先进性、科学性和实用性,对公路工程施工技术人员和管理人员有很好的借鉴指导意义。

本书主要供公路工程施工与管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程工法汇编. 2013 / 中国公路建设行业协会
编. — 北京: 人民交通出版社, 2014. 3
ISBN 978-7-114-11194-5

I. ①公… II. ①中… III. ①道路工程—工程施工—
规范—汇编—中国—2013 IV. ①U415.6-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 030081 号

书 名:公路工程工法汇编(2013)(下册)(隧道、交通工程、养护篇)

著 作 者:中国公路建设行业协会

责任编辑:孙 玺 郑蕉林

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:880×1230 1/16

印 张:27.75

字 数:837千

版 次:2014年3月 第1版

印 次:2014年3月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11194-5

定 价:360.00元(上、中、下册)

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

中国公路建设行业协会文件

中路建协[2013]115号

关于公布 2013 年度公路工程工法的通知

各有关单位：

根据《公路工程工法管理办法》的相关规定，我会组织专家对 2013 年度公路工程工法申报材料进行了评审，经报交通运输部公路局核备，并在交通运输部及协会网站公示后，审定 208 项为 2013 年度公路工程工法，现予以公布。

希望各单位以科学发展观为指导，加强公路工程工法管理工作，以科技创新驱动企业发展，提高企业的自主创新能力与核心竞争力，推动公路行业技术标准体系建设，促进公路工程新技术、新工艺、新材料和新设备的推广和应用，不断提高公路工程施工质量和建设水平。

附件：2013 年度公路工程工法名单（略）

中国公路建设行业协会

2013 年 12 月 27 日

抄送：交通运输部总工办、科技司、质监局，各省、自治区、直辖市、新疆生产建设兵团交通运输厅（局、委），上海市、天津市交通运输和港口管理局，天津市市政公路管理局。

前 言

受交通运输部委托,中国公路建设行业协会组织完成了2013年度公路工程工法管理工作。2013年共审定208项公路工程工法,其中:路基工程31项,路面工程22项,桥涵工程103项,隧道工程35项,交通工程11项,工程养护6项。

公路工程工法是我国公路建设从业单位科技创新成果的具体体现,是广大工程技术人员对先进、创新施工工艺和方法的科学总结。公路工程工法也是公路建设行业技术标准体系的组成部分,是对现有标准规范的延伸和补充,是指导公路工程施工管理的操作细则,对促进公路行业技术标准体系建设有重要作用。加强公路工程新技术、新工艺、新材料和新设备的推广和应用,能够使广大公路工程技术人员及时学习和掌握行业先进技术,并在公路工程建设实践中用新工法、新技术,实现工程技术的再创新和再实践,进而促进企业不断提高施工技术和项目管理水平,增强企业的科技研发能力与核心竞争力,从而推动公路建设行业技术进步和科学发展。为此,我们将评审通过的工法汇编成书,把近些年公路建设中先进的科技创新成果展现给读者,以此激励从业单位和工程技术人员继续坚持科技创新,促进资源节约型和环境友好型交通运输行业健康发展。

本工法汇编,凝结了工法完成单位和工程技术人员辛勤劳动和汗水,体现了公路建设行业有关专家的集体智慧。周纪昌、单长刚、袁秋红、刘鹏、程树本、葛钢锁、王中文、曹瑞、吴全立、徐国庆和人民交通出版社的同志为本书的汇编和校稿作了大量的工作,在此我们一并表示诚挚的谢意!在汇编过程中,尽管我们做了很大的努力,但由于时间紧迫,水平有限,加之又是一本专业性比较强的书籍,难免会出现一些疏漏或错误之处,敬请广大读者批评指正。

本工法汇编,施工技术含量高、应用广泛、内容翔实、图文并茂,文字表达准确,能指导公路建设工程的施工与管理,是公路建设从业单位工程技术人员必备工具书;同时也可供科研、设计、教学等单位从事土木建筑专业的技术人员学习与参考。

中国公路建设行业协会
二〇一四年三月三日

目 录

上 册

路 基 篇

三向土工格栅处理新旧路基搭接施工工法	赵利利	王 辉	武建军	等(3)
中导管注浆处治路基变形施工工法	陆宏新	李明俊	杨守平	等(10)
复杂环境微差减振智能爆破施工工法	谢 铭	谢广言	王荣全	等(16)
深孔预裂与硐室控制爆破一次成型施工工法	罗桂军	刘 君	易石其	等(25)
土质路基柔性桥头搭板施工工法	杨金堤	曾作良	黄正帅	等(31)
灰土挤密桩处治湿陷性黄土地地区路基施工工法	武良缮	任 斌	马东静	等(37)
码头后方堆场珊瑚回填料振动碾压施工工法	袁求武	吴 浩	吴文峰	等(45)
井下墩柱法治理采空区施工工法	丁国盛	张建国	吴敦彬	等(55)
高速公路低湿水田软基区路基直填施工工法	陈常友	王海峰	白 杨	等(59)
高填路堤涵洞减荷技术施工工法	孙忠海	王 乔	陈青艳	等(69)
石膏碱渣与废橡胶粉双掺固化轻质土路基施工工法	周新国	李 勇	缪克棋	等(75)
Z形悬臂支架定位导向贝雷栈桥桩基施工工法	李 寒	李永明	陈轩区	等(85)
湿陷性黄土振动沉管碎石挤密桩施工工法	宋大成	王 栋	王吉强	等(93)
软基路堤薄层轮加填筑施工工法	王盛源	徐小庆	刘吉福	等(99)
限高路段砂井接管施工工法	刘吉福	魏贤华	谭祥韶	等(107)
软土路基电磁式机械强夯施工工法	肖 剑	刘 锋	梁彦伟	等(115)
公路路基膨胀土 PAS 改性层施工工法	陈宙翔	陈 建	李志清	等(121)
公路桥梁台背回填泡沫轻质土过渡段施工工法	刘元炜	孙贵欣	谢仕良	等(133)
大粒径土石混填路基施工工法	沈建成	武良缮	陈 欣	等(139)
多元劲芯桩复合地基加固软基施工工法	周建亮	方潇潇	祝健民	等(147)
软土地质条件下的平行顶管施工工法	刘永福	朱长亮	宋乃伟	等(156)
公路深基坑复合微钢管止水加固与自进式锚杆土钉墙支护施工工法	李昌文	范金虎	王广田	等(167)
膨胀土与冻胀土地区石笼网柔性挡土墙施工工法	陈 彬	周广东	朱天明	等(178)

泡沫轻质土加固边坡施工工法	杨朝辉	何建明	宋伟程	等(182)
生态袋边坡防护施工工法	袁继敏	王传高	汤 泉	等(189)
拉压分散型锚索岩质边坡防护施工工法	李柏森	毛根明	吴慧莉	等(198)
混凝土劈离 M 型砌块复合型挡土墙施工工法	沈建浩	陈建平	廖志浩	等(207)
水泥土桩内设置微型钢管桩基坑支护施工工法	朱伟人	彭海敏	杨富民	等(216)
改扩建工程高填方旧路边坡上的桥梁施工工法	师建博	郝秋生	张良周	等(223)
灌乔木护坡快速施工工法	何寿海	程 翔	刘汉龙	等(232)
泥水平衡式大直径顶管施工工法	崔占奎	李 文	靳志强	等(241)

路 面 篇

旧路无机结合料基层全深式就地冷再生施工工法	纪 续	韩作新	林占胜	等(253)
水泥稳定碎石厂拌再生施工工法	陈 建	陈金彪	郑 涛	等(265)
水泥混凝土路面碎石化及再生利用施工工法	朱伟杰	梁夫喜	戚乐方	等(273)
抗滑露石水泥混凝土路面施工工法	严 军	钱 岚	蔡 斌	等(283)
低噪声多孔水泥混凝土路面施工工法	顾永成	何学进	翟金军	等(290)
水泥混凝土路面上加铺沥青层反射裂缝防治施工工法	陆宏新	唐双美	莫志凡	等(296)
沥青路面摊铺碾压免直切施工工法	张志建	陈 刚	熊保恒	等(302)
交织化改性沥青混凝土面层施工工法	蔡献东	郝培文	孟兵宇	等(306)
高寒地区公路大修水泥混凝土路面冲击破碎压实施工工法	刘忠刚	李立歆	彭继光	等(318)
高等级公路沥青混凝土面层铺设高强防裂钢筋网片施工工法	崔 剑	孙雪峰	王 刚	等(323)
高寒地区高等级公路基层防反射裂缝抗裂贴施工工法	宋君威	孙雪峰	王 刚	等(328)
高速公路大宽度抗车辙改性沥青混凝土施工工法	李金杰	罗云峰	庞秀春	等(332)
彩色陶瓷颗粒防滑路面施工工法	王继东	刘松涛	褚英文	等(338)
耐寒抗高温添加剂改性热拌沥青混合料路面施工工法	王成鑫	吕振国	范永忠	等(343)
SBS 改性沥青混凝土路面施工工法	李 文	王志刚	连佳机	等(354)
树脂沥青组合体系钢桥面铺装施工工法	单光炎	陈正发	张 瑜	等(364)
阻热降温式沥青路面施工工法	朱伟人	彭海敏	杨富民	等(378)
高模量沥青混凝土桥面铺装施工工法	董光坤	王 林	刘士林	等(386)
沥青路面红外光谱法测定改性沥青中 SBS 含量施工工法	王涛利	熊分清	裘秋波	等(399)
混凝土桥面防水卷材连续自动铺设施施工工法	王晓乾	刘士林	王咏梅	等(406)
多断面中央分隔带与路缘石滑模施工工法	高敏峰	张 丽	张永胜	等(418)
缝隙式路面集水沟施工工法	陈宙翔	张 亮	陈 建	等(425)

中 册

桥 梁 篇

桥梁预应力高强混凝土管桩基础施工工法	陈明洋	戴安健	时修彬	等(437)
并排双主(箍)筋钢筋笼滚焊机械化制作施工工法	锥建奎	王生辉	陆登柱	等(446)
大直径钻孔灌注桩双钢护筒施工工法	胡 跃	贾明浩	吴 冬	等(454)
基于“活动”钢护筒冲击钻孔桩施工工法	申屠德进	叶水标	郑竞友	等(458)
深水砂卵石层河床双层轴销式钢护筒钻孔灌注桩成孔施工工法	陈林涛	施全华	陈冠汴	等(467)
嵌入超厚砂层的海上超深嵌岩钻孔灌注桩施工工法	周拥军	刘宇峰	叶其奎	等(473)
钢板桩围堰施工无焊接可拼装支撑系统施工工法	任钰芳	李元博	张 雷	等(486)
旋挖机组合气举反循环钻机钻孔桩施工工法	郑维武	王 炜	杨小刚	等(493)
深水大型钢吊箱围堰计算机控制同步下放施工工法	徐秋红	丁以伟	韦理仁	等(500)
水中承台沉井围堰施工工法	田绍义	刘世安	刘玉霖	等(509)
水上桥梁裸岩区“环切法”植入钢管桩施工工法	寇海军	王国群	李旭东	等(516)
邻近既有建筑物溶洞桩基旋挖钻施工工法	刘吉福	许永青	李伟根	等(527)
陆上超大沉井全过程施工工法	杨志德	王德怀	汪成龙	等(541)
有底钢套箱吸泥下沉施工工法	陈超华	孙 琦	穆清君	等(559)
山区深水河流陡峭坚硬裸岩钻孔桩施工工法	陈理平	刘学明	文 献	等(565)
软塑淤泥质土层钻孔桩钢筋骨架砂浆护筒施工工法	马召军	刘习生	白 静	等(576)
大直径岩层桩基分级旋挖成孔施工工法	朱长亮	李晓雪		等(582)
强潮水域埋置式承台双壁钢围堰下沉施工工法	罗超云	谭立心	李嘉明	等(591)
浅水区大型无底钢围堰施工工法	蔡建军	程建新	盖国晖	等(604)
应用于桩基工程中的自平衡法施工工法	夏孝奋	汪 华	陈国胜	等(614)
薄壁空心高墩模架法钢筋安装施工工法	郑竞友	蔡小明	叶水标	等(620)
宽幅桥梁墩台盖梁分段续接施工工法	张国森	曹巧芹	熊 军	等(628)
悬索桥软岩地层重力式锚碇施工工法	王宝善	李小利	李鸿盛	等(636)
悬索桥大直径索塔钢管现场制造与拼接直焊缝施工工法	黄振燕	阳华国	李鸿盛	等(644)
移动式施工平台辅助墩身施工工法	李宗平	方成武	郭迎苟	等(653)
跨海大桥混凝土墩柱透水模板布和表面涂装联合防护施工工法	王胜年	邵新鹏	岑文杰	等(665)
墩柱钢筋整体安装及模架一体化施工工法	张雅平	刘跃生	李其洪	等(674)
超高钢筋混凝土索塔环缝切割与梯度养护施工工法	殷永高	王德怀	杨 敏	等(685)

拱形钢筋混凝土塔柱变曲率模板施工工法	殷永高	吕奖国	王嗣江	等(695)
复杂外形钢壳混凝土索塔施工工法	陈 明	翟洪志	程方宏	等(706)
附着式自爬升钢管桥塔安装施工工法	刘 晟	黄振燕	光 明	等(718)
稀索斜拉桥索塔新型锚固体体系施工工法	邵新鹏	欧阳瑰琳	郭保林	等(726)
大型钢箱梁跨越障碍物连续滚装装船施工工法	邵新鹏	周汉平	郭保林	等(735)
悬索桥索股双缠包带与新型拽拉器防扭转法架设施工工法	殷永高	章 征	欧阳祖亮	等(743)
桥梁高墩柱吊具辅助钢筋对接施工工法	叶锦华	田云涛	高 峰	等(753)
新型桥梁三角钢塔架空中拼接施工工法	郭冬春	叶锦华	叶春琳	等(760)
真空辅助法灌注拱肋钢管混凝土施工工法	韩 玉	冯 智	秦大燕	等(771)
提升式摇臂抱杆安装塔架施工工法	秦大燕	冯 智	韩 玉	等(780)
采用预应力反张拉加载预压的施工工法	陈荣凯	王蜀元	沈炳军	等(786)
城市景观桥梁干挂石材施工工法	刘晓东	崔晓东	毕建伟	等(792)
预制预应力 30mT 梁封锚端施工工法	李东华	潘广学	李广柱	等(797)
悬索桥加劲梁轨索滑移法架设施工工法	张念来	苏巧江	盛 希	等(802)
钢桁腹预应力组合箱梁桥施工工法	管鹤楼	赵秀娟	邵伯贤	等(814)
大节段钢箱梁海上吊装施工工法	邵新鹏	程建新	郭保林	等(824)
大节段钢箱梁精确调位施工工法	季 辉	程建新	郭保林	等(833)
高墩大跨径钢混叠合梁悬臂混凝土工程施工工法	张君瑞	吴旭初	朱培良	等(842)
高墩钢构连续钢箱梁制作安装施工工法	吴旭初	朱培良	张君瑞	等(849)
用环氧砂浆快速精确定位盆式支座施工工法	申屠德进	胡兵良	叶水标	等(864)
混凝土防撞墙内置式夹板制缝施工工法	韩小华	徐建国	陈叶刚	等(871)
连续体系斜拉桁架桥上部结构搭支架现浇施工工法	谢 铭	谢广言	金群纲	等(881)
下承式系杆拱桥节段预制拼装施工工法	潘茂贵	闻爱祥	程华斌	等(891)
跨既有双幅 T 构同步平衡转体施工工法	邬苏凡	杨 军	黄 平	等(899)
悬索桥超宽加劲钢箱梁分块拼装支架滑移架架设施工工法	程方宏	翟洪志	毛家序	等(911)
中承式系杆拱桥两跨端锚整束挤压式柔性系杆施工工法	田 丰	贾志强	李军锋	等(927)
V 形峡谷大吨位悬索吊装施工工法	师建军	李玉碧	石 敏	等(933)
曲线形全焊接钢塔制作工法	常彦虎	王岁利	李栓林	等(948)
预应力混凝土曲线箱梁两点限位顶推施工工法	徐升桥	刘永锋	焦亚萌	等(966)
大跨度斜拉桥斜拉索套筒式照明灯具安装及检查维修施工工法	徐升桥	刘永锋	焦亚萌	等(975)
独柱柔性墩超宽连续刚构节段预制拼装施工工法	杨 晖	刘防震	陈剑波	等(983)
悬臂梁无走行轨三角挂篮走行施工工法	刘延坤	周宪东	谢 东	等(1001)
PC 梁预应力管道三维一体精确定位施工工法	郭 英	张庆华	彭 飞	等(1011)
中承式系杆钢箱拱原位拼装施工工法	田 丰	贾志强	李军锋	等(1020)
PC 梁智能测控及反馈施工工法	张庆华	郭 英	高 华	等(1027)
曲线桥梁混凝土防撞护栏砂浆标高带施工工法	汪 华	和郁富	和建华	等(1035)

钢结构制梁台座预制梁施工工法	彭文志	张建国	李新波	等(1040)
钢箱梁邻孔梁上拼接喂梁架设施工工法	熊 宇	何威特	王 稳	等(1046)
预制梁跨内提梁架设施工工法	何威特	熊 宇	王 稳	等(1053)
拱桥钢构件跨墩龙门及少支架法吊装施工工法	张 力	李志双	林 江	等(1060)
钢—混叠合梁斜拉桥定时合龙施工工法	谢泽福	吴小海	王荣勇	等(1073)
自行式移动模架水上顶推拼装施工工法	鞠加元	刘大成	罗 浩	等(1081)
预制小箱梁方钢拼接芯模施工工法	薛 江	陶善波	张德祥	等(1092)
大跨钢箱拱桥缆索吊装施工工法	陈 鸣	彭 强	刘小勇	等(1097)
整跨(大节段)钢箱梁吊装施工工法	宋祥云	吴圣兵	高纪兵	等(1115)
组合拱桥陆上整体接装施工工法	周光强	舒大勇	姚 平	等(1133)
桥面吊机安装支架区钢箱梁施工工法	唐 衡	何承海	彭琳琳	等(1141)
斜拉桥结合梁钢梁整节段吊装施工工法	陈超华	李 鉴	孙晓伟	等(1159)
斜拉桥平行镀锌钢绞线斜拉索安装工法	李 鉴	孙晓伟	华 勇	等(1166)
钢槽梁与预制桥面板结合施工工法	徐斯林	陈超华	连井龙	等(1176)
U形箱梁架桥机架设施工工法	王玲才	孙九春	何友水	等(1184)
无推力拱肋自平衡竖转提升安装施工工法	孙九春	王玲才	何友水	等(1199)
钢混叠合梁悬臂段施工工法	张水根	蒋国平	王祥真	等(1214)
非金属材料预应力筋张拉施工工法	黄知元	李明根	林春安	等(1221)
大跨度连续刚构桥 0 号段施工工法	甘廷华	瞿智超	赵 杰	(1231)
循环托举式多点同步连续顶推施工工法	杨卫平	余运良	肖向荣	等(1237)
大跨径钢筋混凝土拱桥超高现浇组合拱架施工工法	刘永福	杜佐龙	夏扬帆	等(1247)
基于充盈度的预应力孔道压浆施工工法	单光炎	葛黎明	徐向前	等(1256)
桥梁单柱单支座改双柱双支座施工工法	王信棠	顾智勇	欧代军	等(1269)
超长桩拉—锚法荷载试验施工工法	李红金	王春堂	李锦峰	等(1278)
桥面抛丸拉毛同步碎石防水层施工工法	莫志凡	曹剑锋	李英魁	等(1288)
复合浇注式沥青混凝土钢桥面铺装施工工法	陈常杰	周 凯	左洪利	等(1295)
水泥混凝土桥面全幅浇筑摊铺施工工法	李志刚	徐振海	丁小平	等(1314)
胶粒半刚性混凝土施工工法	汪君睿	胡立峰	周玉兵	等(1323)
公路钢桥陶质衬垫 CO ₂ 气体保护焊施工工法	欧代军	王祥真	蒋国平	等(1331)
外挂预制板钢护栏混凝土基座施工工法	张海燕	赵鹄鹏	门华建	等(1343)
下穿多股道铁路长箱体框架桥对顶施工工法	杨基好	踪高峰	陈亚丽	等(1351)
高水位粉砂土地质下穿多股线路框架桥顶进施工工法	杨基好	武尊杨	房瑞泉	等(1361)
山区高速公路预制装配式涵洞施工工法	周大庆	徐贵荣	尤 诏	等(1372)
桥梁墙式防撞护栏施工工法	李志刚	徐振海	丁小平	等(1380)
基于精铣刨技术的桥面混凝土超强黏结防水层施工工法	李国锋	蒋 鹤	李昌洲	等(1389)
沿海桥梁混凝土表面滚涂防腐施工工法	叶仁亦	许子彦	黄湖锋	等(1398)
既有线下多孔大跨度框构桥现浇施工工法	唐永强	邬苏凡	杨 军	等(1405)

PLC 液压控制桥梁整体同步顶升施工工法	李君强	辛崇升	王 磊	等(1416)
预应力数控张拉施工工法	辛崇升	彭红涛	王 鹏	等(1426)

下 册

隧 道 篇

大断面软弱围岩隧道三台阶七步开挖施工工法	李俊均	罗含友	杨东来	等(1435)
公路隧道初期支护湿喷混凝土施工工法	张国军	宋建军	刘永超	等(1441)
煤系地层大断面公路隧道铣挖与爆破联合施工工法	许中彦	胡 涛	张学民	等(1456)
隧道初期支护换拱施工工法	刘云付	董亚奎	傅立新	等(1463)
邻近建筑物爆破振动控制施工工法	孙 杰	李伟祯	陈金文	等(1471)
地铁隧道开挖地段顶注结合加固桥基施工工法	金 宝	王钰博	孙 杰	等(1481)
抗落石冲击明、棚洞洞顶垫层施工工法	邹善荣	陈祥义	王志义	等(1491)
大跨度浅埋双连拱隧道 V 级围岩三导坑开挖施工工法	竺 辉	冯鸿登	罗炎波	等(1499)
偏压、浅埋隧道斜交正做套拱进洞施工工法	钟 祺	黄振燕	光 明	等(1508)
露天深孔蓄势聚能装置爆破施工工法	白 著	张良荣	程玉泉	等(1521)
流变地层大型地铁车站盖挖法立体平行施工工法	徐会斌	陈勇书	刘宝许	等(1527)
隧道爆破振动监测与施工工法	邓家胜	荣劲松	陈光宇	等(1536)
隧道全长黏结型特长锚杆施工工法	杨家松	刘士恩	沙宗天	等(1549)
锚筋桩控制隧道软岩大变形施工工法	杨家松	刘士恩	沙宗天	等(1555)
小断面大坡度隧道快速掘进施工工法	李 江	徐国洪	雷安民	(1561)
穿越滑坡群地段隧道施工工法	张志军	畅建伟	李彩莲	等(1567)
隧道沉砂池施工工法	王学军	赵香萍	田晓峰	(1578)
破碎围岩隧道快速支护施工工法	张庆华	胡晓军	郭 英	等(1585)
公路隧道通风道垂直挑顶施工工法	吴红军	宋全贵	杨 鑫	等(1594)
浅埋大跨度黄土公路隧道偏心 CD 法施工工法	余 斌	于 涛	乔红彦	等(1600)
复杂地质大跨度双连拱隧道三导洞并行施工工法	刘华荣	余 斌	王元清	等(1607)
软岩地层特大断面隧道“中柱岩墙联合支护”施工工法	李 文	王国喜	靳志强	等(1619)
利用膨润土浆液控制盾构施工土压施工工法	赖荣辉	薛永利	林 春	等(1628)
超大直径盾构隧道聚丙烯钢筋混凝土管片预制工法	姚占虎	夏鹏举	张 宇	等(1634)
隧道圆形水沟充气芯模浇筑施工工法	徐登票	周红星	肖 剑	等(1643)
浅埋湖底隧道变形缝防水施工工法	冯科军	代贵铸	刘 平	等(1649)
隧道施工排出废水循环再利用快速处理施工工法	刘录刚	何智钢	林大千	等(1655)

单斜井双正洞隧道通风施工工法	李永生	杨立新	罗占夫	等(1661)
公路隧道聚合物改性水泥混凝土路面施工工法	梁胜国	王 磊		(1669)
地铁屏蔽绝缘层施工工法	周建云	徐书剑	官承波	等(1676)
公路电缆防盗报警系统设备安装施工工法	陈 建	张星江	董瑞常	等(1681)
隧道全工序平行流水施工工法	许志忠	李关次	刘 建	等(1689)
复杂环境下地铁深基坑施工工法	刘文兵	马海贤	匡建国	等(1695)
控制爆破拆除城市深基坑围护支撑结构施工工法	李检平	谭志明	姜银归	等(1709)
大坡度斜井有轨运输施工工法	李有兵	白国峰		(1718)

交通工程篇

填石路基导孔法护栏立柱施工工法	储根法	张玉清	王恒福	等(1727)
公路防撞折叠活动护栏施工工法	杨 晶	马德军	潘 宇	等(1736)
旧波形梁护栏纳米喷塑施工工法	潘 宇	张明伟	赵 军	等(1740)
钢管桩基混凝土防撞护栏施工工法	王剑波	陈宏伟	金 尧	等(1744)
AWP 水溶性雨夜反光标线施工工法	江志红	贺海伟	俞良君	等(1752)
公路视错觉立体防滑减速带施工工法	李 旭	吕海东	王根华	等(1757)
预应力防撞活动护栏施工工法	于群智	魏建国	李华胜	等(1764)
高速公路动态计重系统安装施工工法	马孟黎	周景新	刘中华	等(1769)
公路弯道旋转式弹性柱组复合护栏施工工法	李 霞	徐国峰	朱 伟	等(1777)
贵州地区石灰岩质块片石自密实混凝土施工工法	母进伟	周大庆	任达成	等(1785)
浮置板预制短板拼装与轨排二次浇筑施工工法	谭仕波	盖青山	程万祥	等(1792)

养 护 篇

路瑞达水泥混凝土路面预防性养护施工工法	过晓良	孙忠海	王 乔	等(1807)
隧道路面橡胶颗粒微表处施工工法	朱小侠	毕智渊	胡 波	等(1814)
纤维同步碎石封层施工工法	侯曙光	岳学军	李忠玉	等(1821)
碳纤维筋和碳纤维布联合加固 T 梁施工工法	孙建华	边瑞明	胡俊华	等(1834)
大跨径悬索桥缆索系统养护巡检工法	张晓锋	张继东	汤 焕	等(1840)
同步施工沥青混凝土磨耗层施工工法	侯 芸	田丽萍	李秀芳	等(1847)

大断面软弱围岩隧道三台阶七步开挖施工工法

GGG(粤)D1157—2013

李俊均 罗含友 杨东来 刘奕辉 谢书良

(广东省长大公路工程有限公司)

1 前言

目前在公路隧道工程施工实践中,根据不同的工程条件,形成了众多不同的开挖方法,各种开挖方法的适用性、工效、成本等有显著差异。当隧道通过软弱围岩地段时,由于围岩的整体性差,自稳能力低,开挖轮廓外岩体难于形成稳定的承载拱,围岩变形过大而易出现失稳坍塌。同时采用现有成熟的施工方法难于在工效上取得突破,且不利于节约资源和降低建设成本。在工程地质条件差、工期紧张的情况下,要实现安全、快速掘进是施工亟待解决的技术问题。

广东省长大公路工程有限公司以广东省江肇高速公路大王顶隧道工程为依托,开展了“长大隧道软质围岩施工力学行为及结构稳定与变形控制技术”科研课题研究,研究成果经鉴定,总体达到国际先进水平。在产研过程中,对隧道软弱围岩地段不同开挖方法的施工力学行为分析,提出了有利于控制软弱围岩变形和结构稳定的开挖方法并形成关键技术,很好地实现了科研与实践结合,并在后续施工的多个项目进行了推广应用,取得良好的技术经济社会效益,形成了一套快速、高效、安全的大断面软弱围岩隧道开挖施工工法。

2 工法特点

- (1)适应不同跨度和断面形式隧道,方便机械化施工,便于灵活及时地调整施工方法。
- (2)工序简单,各工作面平行流水作业,提高生产效率,节约工期。
- (3)减少对围岩扰动,缩短仰拱封闭时间,确保施工安全。
- (4)无需拆除的临时支护,降低工程成本。

3 适用范围

本工法适用于非浅埋、非偏压、岩体非流塑状的分离式隧道Ⅳ、Ⅴ级围岩段施工。

4 工艺原理

本工法以岩土力学理论和软弱围岩分部开挖过程渐进破坏机理为基础,对于大断面软弱围岩隧道开挖,在超前支护条件下,将隧道开挖断面按上、中、下三台阶分割并分别预留核心土,上台阶弧形导坑开挖,中、下台阶左右侧马口跳槽开挖,利用多工作面平行流水作业来减少开挖邻空面与时间,加快初期支护及二次衬砌闭合成环。工艺原理是通过预留核心土对掌子面稳定提供支撑反力和约束变形,并利用初期支护的空间支撑作用和超前辅助措施对围岩的承载力以及其耦合形成承载拱效应,同时减少围岩扰动,采用多工作面来加快初期支护封闭,增强开挖段时空效应,控制围岩的变形。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程(图1)

5.2 操作要点

1) 超前地质预报



图1 施工工艺流程图

隧道开挖前,做好超前地质预报,根据对开挖面前方地质情况预测,预判是否适合采用三台阶开挖方法和选择合适的分部台阶长度。

2) 三台阶开挖设计控制参数

(1)对于Ⅳ、Ⅴ级围岩,上、中、下台阶设计高度一般按成洞开挖高度的25%~30%、35%、35%~40%划分。

(2)上台阶预留核心土宽度视岩体稳定情况,一般不小于上台阶开挖跨度的1/3。

(3)上台阶长度一般按微台阶控制,长度为3~5m。中、下台阶视岩体稳定情况,一般采用短台阶或微台阶长度控制,当采用短台阶时长度控制在5~10m为宜;采取左、右马口错开开挖方法,其马口开挖长度宜控制在3~5m。仰拱至下台阶距离15~20m,二次衬砌至仰拱端头不大于50m。

3) 辅助措施施工

采用三台阶开挖前,需采用超前预支护辅助施工方法对掌子面前方围岩进行预加固。超前预支护可采用常规的单层或双层超前注浆小导管,并结合设计和围岩情况,为利于上覆荷载向前后方和两侧传递,可适当加大超前支护环向范围和加长超前支护纵向长度或减少超前小导管间距。同时结合地下水情况,选择采用具有止水加固岩体作用的注浆液,如地下水富集地层,还需辅助采用超前钻孔排水等措施。

4) 施工操作步骤

测量放样出开挖轮廓线,人工配合挖掘机开挖为主,弱爆破为辅。各分部开挖循环进尺长度需结合地质条件和衬砌设计情况确定,Ⅳ级围岩一般控制在1.5m左右,Ⅴ级围岩一般控制在1.0m左右。各分部开挖后,修整轮廓面,初喷,然后及时进行拱架、钢筋网安装,打设锚杆,复喷混凝土至设计厚度。各分部开挖流程如图2所示。

5) 施工控制要点

(1)做好洞外地表水和洞内水疏排。

(2)做好工序紧凑衔接,减少围岩暴露时间。

(3)灵活调整分部台阶长度和循环进尺,开挖后及时进行初喷封闭围岩面。

(4)局部需爆破开挖时,尽量采用浅孔、密眼、小药量进行弱爆破,减少对围岩扰动。

(5)拱架落底处预留30cm人工开挖,严禁超挖造成拱架悬空。

(6)加强分部钢拱架锁脚锚杆(管),上、中、下台阶的每榀钢拱架在拱脚处需增设两根锁脚锚杆(管)。

(7)尽量减少仰拱与分部开挖面距离,尽快施作仰拱,使初期支护及时封闭成环。

(8)仰拱采用全断面或左右分幅或马口跳槽开挖方法,开挖长度控制在2~4m,并及时完成初期支护和回填进行封闭。采用全断面开挖时,用栈桥予以配合施工。

(9) 二次衬砌至仰拱间距以满足 2~3 倍衬砌循环作业长度为宜,但应不大于 50m。

(10) 加强监控量测及信息反馈。监控量测反馈结果异常时,停止分部开挖,加快仰拱封闭和衬砌施工。

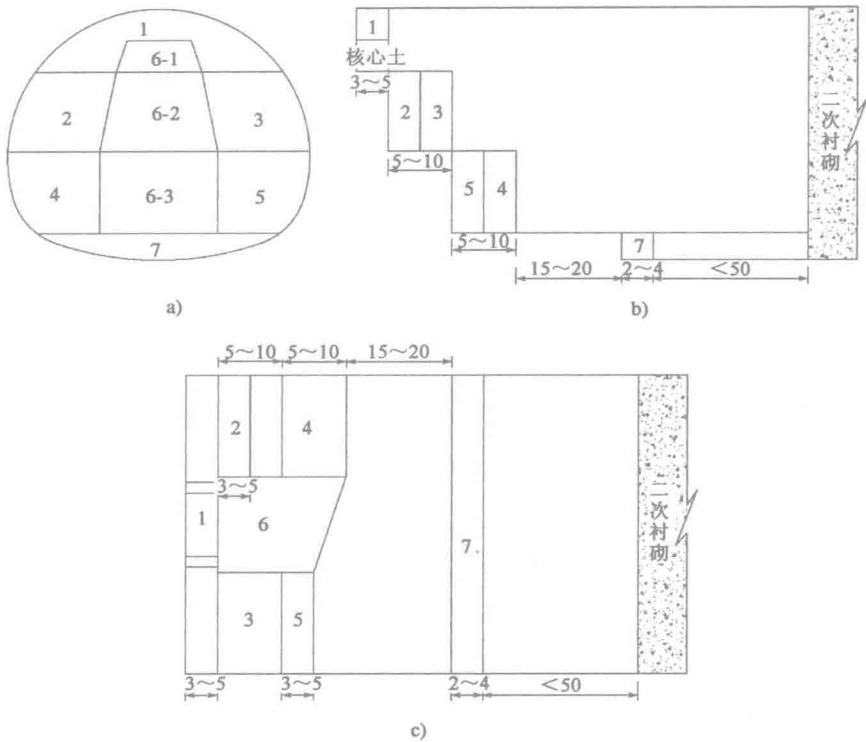


图2 分部开挖施工流程示意图(尺寸单位:m)
a)立面示意图;b)剖面示意图;c)平面示意图

6 材料与设备

本工法所用材料主要为钢管、钢筋、混凝土、工字钢、锚杆、炸药、雷管、导爆索、炮泥、钻杆、钻头等。采用的主要设备见表1。

主要配套施工设备 表 1

序号	设备名称	规格型号	单位	数量	用途
1	移动式变压器	(根据隧道掘进深度选择)	台	1	供电
2	备用发电机	300kW	台	1	供电
3	空压机	20m ³ /min	台	2	供风
4	多功能开挖工作架	(按开挖断面,型钢加工制作)	台	1	测量放样、装药等
5	挖掘机	≥1.00m ³	台	1	清理、平整场地、排险
6	装载机	(可选择)	台	1	出渣
7	凿岩机	(可选择)	台	15	开挖
8	冷弯机	(可选择)	台	1	钢拱架加工
9	混凝土喷射机	(可选择)	台	2	
10	全站仪	(可选择)	台	1	测量放样、轴线控制
11	水准仪	(可选择)	台	1	断面高程测量、监控量测
12	收敛仪	(可选择)	台	1	监控量测
13	激光断面仪	(可选择)	台	1	断面复核

7 质量控制

7.1 工程质量控制标准

本工法施工质量控制标准和相应检测方法除应符合《公路隧道施工技术规范》(JTG F60—2009)、《公路隧道施工技术细则》(JTG/T F60—2009)及《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1—2004)的规定外,还应符合下列要求:

- (1)小间距隧道开挖,左右洞掌子面之间距离应大于2倍洞径。
- (2)超前支护纵向搭接长度宜大于1.5m。
- (3)各分部钢拱架应设置不少于两根锁脚锚杆(管),并确保锚杆(管)与钢架焊接牢固。

7.2 质量保证措施

- (1)严格按照施工组织方案设计的作业顺序和台阶长度进行施工。
- (2)做好超前地质预报和监控量测,及时反馈信息。
- (3)控制好超欠挖,各分部拱角和边墙1.0m禁止欠挖。
- (4)宜采用早强混凝土及时封闭岩面。
- (5)加强施工过程管理和工序紧凑衔接。
- (6)做好三级技术交底和施工过程的“三检”制度落实。

8 安全措施

(1)本工法执行应符合《公路工程施工安全技术规程》(JTJ 076—95)及其他相关安全法规的规定要求。

- (2)建立、健全安全保障体系,加强施工作业人员的培训和安全技术交底。
- (3)加强洞内防排水体系管理,避免拱脚浸泡。
- (4)洞内施工用电必须严格按经审批的临时用电施工组织设计进行安装、使用、维护。施工设备动力用电必须采用三相五线制输送线路,实施“一机一闸一漏”措施。
- (5)采用三台阶开挖具体施作过程必须严格控制如下几点关键问题:
 - ①三台阶开挖要严格控制上、中、下台阶开挖高度且每循环开挖进尺以及保留核心土宽度;
 - ②中台阶、下台阶开挖分左右两侧进行,马口错开长度3~5m左右;
 - ③上、中、下台阶每榀钢拱架拱脚处设锁脚锚杆(管),控制钢拱架下沉;
 - ④采用预裂爆破,控制爆破中的震动效应;
 - ⑤拱部适当加强超前支护;
 - ⑥采取合适的仰拱开挖方法和控制单次开挖长度;
 - ⑦加强监控量测,特别关注地表及拱顶下沉。
- (6)洞内作业范围应有足够的灯光照明。
- (7)各分部开挖需备批牢固的作业平台。
- (8)进入掌子面前需观察开挖面或支护面有无异常情况,如围岩掉块、掌子面围岩异动等情况。
- (9)作业人员需佩戴安全帽、防滑鞋。
- (10)采取爆破作业时,凿打炮眼时严禁在残眼上打孔,装药与钻孔不得平行作业,作业人员严禁穿着化纤衣物,装药前电灯及电线应撤离开挖面,严禁烟火和明火照明,装药前应对炮眼进行验收和清理。
- (11)装渣过程需有专人指挥,出渣车与装载机相互配合,装渣机与运渣车之间不得有人,岩堆上禁止站人。
- (12)注浆作业人必须按要求佩戴防护眼镜、口罩、手套。
- (13)做好安全应急预案,储备应急医疗器械、药品和钢管、拱架等应急物资。

9 环保措施

- (1) 严格遵守国家有关环境保护的法律法规、标准规范、技术规程和地方有关环保的规定。
- (2) 建立环境保护保证体系,成立环境保护工作小组,明确职责。
- (3) 制订培训计划,建立培训、考核程序,定期对参与环境管理的人员进行专业知识培训。
- (4) 与当地水土保持部门共同协商确定,选择适宜的弃土场。
- (5) 洞口设置施工污水处理池,经过沉淀、过滤后方可排入自然水系,禁止散排造成环境污染。
- (6) 洞内必须设置完善的洒水防尘系统,并加强通风,减少粉尘排入大气中。
- (7) 洞外施工场地、道路硬化,设专人维护,加强洒水,避免扬尘污染环境。

10 资源节约

(1) 本工法执行《公路工程节能管理规定》要求,隧道施工应用过程中,与双侧壁导坑开挖法、CRD开挖法、CD开挖法等相比,节省临时支护的工、料、机等资源消耗,同时避免临时支护拆除后废弃带来的环境污染。

(2) 采用本工法进行隧道施工,能有效提高工效,缩短工程工期,节省社会资源消耗。

11 效益分析

采用三台阶开挖施工工法,突出体现在于提高工效,缩短工期,减少临时支护投资成本,安全性好,具有良好经济效益、社会效益和环保效益。

1) 经济效益

(1) 本工法与双侧壁导坑等开挖方法相比,平均每天开挖进尺提高约3m,有效缩短工程工期。

(2) 采用三台阶开挖,与双侧壁导坑等开挖方法相比,节省大量临时支护投入,有效降低建设成本。

(3) 采用三台阶开挖,减少对围岩的二次扰动,基于超前地质预报和监控量测手段辅助,能实现安全、快速掘进成洞,减少超欠挖和安全措施费用投入。

2) 社会效益

本工法围绕隧道施工安全、节能、高效、环保理念,降低了能源消耗,缩短施工工期,丰富了大断面软质围岩隧道开挖快速施工方法,提高了行业施工技术水平,对广东省以及国内其他地区类似工程的修建具有重要的类比参考价值,也为丰富和完善公路隧道行业的规范、标准提供技术支持。

3) 环保效益

采用本工法,避免拆除临时支护等废弃物污染环境,适合当今工程建设绿色环保要求。

12 应用实例

江肇高速公路大王顶隧道左、右线分离,按双向六车道设计,左线长2200m、右线长2159m。围岩为强~弱风化砂岩夹泥岩,受地质构造影响较严重,岩体呈压碎结构,节理裂隙较发育,充填泥质物形成软弱夹层,爆破时亦掉块,有渗水现象,围岩自稳能力较差。原设计V级(IV级)围岩采用双(单)侧壁导坑法开挖。项目于2008年12月开工,2010年12月完工,施工中IV、V级围岩段采用三台阶法开挖,实现快速开挖、少扰动围岩、早封闭、保质量、保安全,取得了良好的效果。

开工初期,该隧道左洞出口端按原设计采用超前支护30m ϕ 108mm长管棚及双侧壁导坑法开挖进洞。从2008年12月30日至2009年1月7日,共开挖进尺4.8m,平均每天进尺0.53m。经过计算,采用双侧壁导坑法开挖无法按合同工期完成施工任务。经过方法调整,将双(单)侧壁导坑法改变为三台阶法施工,实现平均每月进尺160m。使隧道左右线分别于2010年5月11日和8月8日顺利贯通。节省工期近5个月,节省大量管理费用成本投入,同时,改变施工方法后,取消大量临时支护,节省约1400