

GONGLU GONGCHENG GONGFA HUIBIAN

公路工程工法汇编

(2015)

下册 (隧道篇 养护篇)

中国公路建设行业协会 编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

Gonglu Gongcheng Gongfa Huibian

公路工程工法汇编

(2015)

下册(隧道篇 养护篇)

中国公路建设行业协会 编



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

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(2015)》。本书收录了147项有关公路路基、路面、桥梁、隧道与养护等方面最新的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. 2015 / 中国公路建设行业协会
编. —北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2016. 3
ISBN 978-7-114-12836-3

I. ①公… II. ①中… III. ①道路工程—工程施工—
规范—汇编—中国—2015 IV. ①U415-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 040573 号

书 名: 公路工程工法汇编(2015) 下册(隧道篇 养护篇)
著 作 者: 中国公路建设行业协会
责任编辑: 黎小东 郑蕉林 刘永超 李 喆 卢俊丽 韩 帅
出版发行: 人民交通出版社股份有限公司
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: 人民交通出版社股份有限公司发行部
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: 94.25
字 数: 2807 千
版 次: 2016年3月 第1版
印 次: 2016年3月 第1次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-12836-3
定 价: 360.00元(上、中、下册)
(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

中国公路建设行业协会文件

中路建协发〔2015〕127 号

关于公布 2015 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》(2013 年修订)相关规定,我会组织专家对 2015 年度公路工程工法申报材料进行了评审,经公示,审定 2015 年度公路工程工法 147 项(其中经申辩、专家复议通过 2 项),现予公布。

希望各单位加强公路工程工法管理工作,推进企业技术创新,提高企业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:2015 年度公路工程工法名单(略)

中国公路建设行业协会

2015 年 12 月 31 日

抄送:交通运输部总工办、公路局、科技司、安全与质量监管司,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。

中国公路建设行业协会综合部

2015 年 12 月 31 日印发

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2015年度公路工程工法管理工作。2015年共审定147项公路工程工法,其中:路基工程23项,路面工程7项,桥涵工程71项,隧道工程37项,公路养护9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艺、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呈现给读者,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、李彦武、袁秋红、刘鹏、胡钢、孙建平、杨会军、刘元炜、李梓丰、李宁和人民交通出版社股份有限公司的同志为本书的汇编和校稿做了大量的工作,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的工具书;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
二〇一六年二月十五日

目 录

上 册

路 基 篇

现役公路桩板式承载控制路堤沉降施工工法	赵 青 查水根 濮存富 等(3)
路基填方作业受限区夯实施工工法	李树繁 林芝敏 李 波 等(12)
高寒沼泽地区纤维素纤维水泥砂桩施工工法	徐宏钊 简 红 刘振东 等(19)
多孔隙水泥稳定碎石盲沟施工工法	程恩锋 卢 伟 郭加鑫 等(25)
高寒多年冻土区现役路基加铺路面施工工法	钟通道 先巴吉 任罗英 等(28)
预制装配式涵洞预埋注浆管快速回填台背施工工法	王少辉 孙宝志 彭正勇 等(36)
高速公路不中断交通石质路堑拓宽施工工法	白 著 邱 洲 蔡 旭 等(45)
柔性承插式市政共同管沟施工工法	聂振宇(57)
南方丘陵地区含水率高无黏性土改良路基施工工法	罗光财 谭 博 李志华 等(68)
高原季节性冻土区湿陷性黄土路基处治施工工法	高军帅 王 峰 王 侠 等(76)
软土地区泡沫轻质土拓宽拼接路堤施工工法	孙贵新 牛 浩 谢仕良 等(86)
山区公路巨粒土高填方路基施工工法	周金虎 周金旺 周金富 等(92)
HDPE 膜在道路防渗施工中的应用工法	李 景 韩志宾 张 霄 等(99)
网栅土工砌体生态边坡防护施工工法	尚久騄 燕 平 汪展翅 等(110)
公路边坡绿色生态防护体系施工工法	孙 杰 李 晋 孙 超 等(118)
高边坡抗滑处治跨雨季施工工法	刘志宏 夏孝畬 喻进全 等(128)
异型截面锚注式挡土墙施工工法	方俊杰 奚 兵 陶万涛 等(137)
路堑边坡加筋土支护体施工工法	牛曙东 袁 成 陈家凤 等(144)
高速公路挖方边坡框格梁护坡码砌植生袋绿化施工工法	吕 亮 徐定艳 邹旭君 等(151)
高原高寒区路基边坡移植原生草皮防护施工工法	李元洪 贺 昌 李元庆 等(162)
汽车试验场高速环道曲面路基成型施工工法	隆海健 刘春杰 刘 平 等(169)
高速公路高边坡施工及其灾害监测预警技术施工工法	任 刚 荆艳会 王述红 等(176)
桥涵台背回填液压夯实施工工法	王玉颖 周 军 卢立军 等(188)

路面篇

行走式水泥混凝土道面传力杆压埋机配合三辊轴摊铺水泥混凝土道面施工工法	康成生	刘 成	王海军	等(195)
水泥混凝土旧路改扩建补强施工工法	姜广袤	周春庄	顾春艳	等(206)
高速公路拓宽处沥青面层拼接施工工法	陈万如	杨建平	李英豪	等(212)
大面积沥青混合料高精度动态广场施工工法	隆海健	刘春杰	胡培林	等(225)
汽车试验场高速环道曲面沥青路面施工工法	隆海健	刘春杰	胡培林	等(234)
沥青路面就地热再生复拌加铺施工工法	薛 成	张建军	史铁坤	等(242)
玄武岩预制板翻板预制施工工法	隆海健	刘春杰	胡培林	等(251)

中 册

桥梁篇

灌注桩隔离保护桩头钢筋整体去除桩头施工工法	吴 乐	孔 阳	陈 亮	等(261)
高原大温差大体积超厚混凝土承台施工工法	宋方华	张 军	祝年安	等(267)
高寒地区大体积混凝土冬季施工温度裂缝控制施工工法	谭 斌	于海涛	姚爱民	等(278)
淤质土层中钢底板法承台施工工法	贾明浩	吴 冬	陈 勇	等(286)
基底导渗减压及托底分层支撑超深钢板桩围堰施工工法	黄 宇	李 俊	王 禹	等(290)
悬浇连续梁冬季施工管道压浆电伴热加热施工工法	侯荣贺	刘景超	张 鹏	等(300)
轻型单壁大刚度底板钢吊箱施工工法	张国红	祁文前	李 佐	等(305)
邻近高铁桩基隔离桩施工工法	邓能纬	陆 跃	张 强	等(310)
采用后支点三角架挂篮浇筑斜拉桥主梁施工工法	刘宇峰	周拥军	荣劲松	等(318)
大倾角裸岩面深水大型套箱卧拼卧运安装施工工法	肖向荣	夏江南	梁 震	等(329)
钻埋式钢壁根式沉井施工工法	江俊波	肖向荣	余运良	等(342)
散拼大直径钢波纹管施工工法	李 文	王华东	李永强	等(355)
型钢栈桥“内植管锚岩”稳桩工法	张云昊	舒育正	钟 凯	等(371)
预制混凝土 U 形梁提运架施工工法	俞冀红	王法庭	潘寿东	等(379)

复杂水域倾斜岩面大直径钻孔灌注桩施工工法	张子贵	裴德社	刘胜林	等(391)
多点同步顶升桥梁支座更换施工工法	燕同凯	冯 波	刘 勇	等(401)
无塔架两岸顶推爬移式缆索吊拱桥吊装工法	陈宙翔	常 城	赵卫冬	等(408)
硬质基岩下桥梁桩基无浆施工工法	吴旭初	莫云波	蔡小明	等(424)
压力顶升法钢护筒无损回收施工工法	李卫炎	方俊杰	陶万涛	等(432)
墩身钢筋笼整体制作、安装施工工法	秦体达	毕来发	季英俊	等(441)
钢圆筒围埝外海桥梁埋置式墩台干法安装工法	李一勇	赵传林	张连江	等(459)
半潜驳出运桥梁墩柱工法	刘金秋	孙业发	白 虹	等(464)
基于机加工模具匹配的干接缝桥墩预制工法	岳铭滨	王海波	孙业发	等(475)
高墩自提升滑翻结合施工工法	孟 源	黄 宇	王殿会	等(486)
悬浇梁桥托架施工边跨现浇段边墩预应力加固施工工法	沈清卫	黄 宇	王桂军	等(496)
复杂地形八车道高速公路 160m 跨度双幅同转公跨铁“T 构”转体 系统施工工法	张 进	张长军	杨玉国	等(501)
大吨位小半径曲线双幅连续梁跨多线电气化铁路平转施工工法	张翠芹	富成玮		(515)
刚性悬索加劲钢桁梁架设与安装施工工法	颜海建	丛义营	杨 勇	等(529)
双曲面钢主塔制造施工工法	方 继	王炳岩	张成才	等(551)
轻型装配式钢板组合梁施工工法	储根法	吴德胜	朱志华	等(561)
平纵曲线组合段变截面现浇箱梁精细化复合支模施工工法	孔祥银	聂法山	赵 丹	等(570)
梁板预制采用泡沫芯模施工工法	曹 贵	李建刚	王国龙	等(581)
秦巴山区高速公路水泥沥青混凝土(CAC-20)桥面铺装施工工法	陶永宏	杨 渭	李延盛	等(587)
少量异型大跨度箱梁支架法预制和安装施工工法	林纪栋	纪江涛	陈 萍	等(599)
受限空间钢箱梁驮移施工工法	娄晓东	谢含军	陈 旭	等(606)
钢混叠合梁现浇顶板无支架施工工法	娄晓东	陈 旭	蒋晓孟	等(618)
既有桥钢箱梁整体顶升平移施工工法	陈永钟	刘昌国	王波东	等(628)
桥梁吊索智能张拉和调索施工工法	胡红波	肖泽林	罗 凌	等(636)
下穿高速公路小半径曲线桥预制 T 梁低空间安装 施工工法	申屠德进	郑竞友	傅程辉	等(644)
蟹钳式自锁三角钢管支架现浇箱梁施工工法	郑竞友	曾先才	韩学明	等(657)
T 梁钢筋骨架可移动组合式胎具整体制作施工工法	何懿成	闵晓阳	叶以挺	等(671)
桥梁预制空心板腹板混凝土自动凿毛施工工法	张志涛	周兴武	任全生	等(680)
钢桁拱桥单向全悬臂施工工法	袁 魁	荣 杰	刘 飞	等(686)
斜靠钢箱系杆拱一次合龙施工工法	李文广	罗金山	李建中	等(696)
拱结构支撑钢结构景观桥“飘带”施工工法	孔德法	朱俊浩	郑维通	等(706)
斜拉桥主塔索导管精密定位工法	周 文	杨学军	杨 杰	等(716)
大跨度提篮式钢箱拱整体安装工法	杜官民	周 文	朱志钢	等(723)

空腹式刚构桥三角区斜拉扣挂与移动模架组合施工工法	杨金龙	孙晓伟	彭成明	等(735)
变截面钢箱梁步履式顶推施工工法	肖伯强	汪文霞	刘海庆	等(745)
利用缆索吊机实现拱肋翻转吊装施工工法	钱育强	单晓东	庞庆	等(759)
浅滩区钢箱梁吊装施工工法	孙新海	胡文柱	谢志华	等(766)
不对称吊具悬臂吊机吊装宽幅整体式钢箱梁节段施工工法	江俊波	肖向荣	陈祥君	等(775)
单悬臂法拼装大跨度多线铁路斜拉桥钢桁梁施工工法	李加才	黄小妙	廖世强	等(789)
预制装配式箱涵施工工法	李文	高增	何继选	(803)
“自行式整体液压模板”箱梁预制施工工法	隆海健	谢国沈	胡培林	(811)
大跨径曲线形钢箱梁制作工法	薛宏强	李军平	王岁利	等(820)
小曲率异型钢箱梁转体施工工法	田儒洲	李宁	冯栋栋	等(856)
托架式内模支撑系统施工工法	张森	高禄巍	陈伯军	等(865)
超高双薄壁矩形桥墩型钢贯穿式悬挑托架体系施工工法	宋其忠	宋方华	张军	等(872)
空腹式连续刚构桥空腹区施工工法	韩洪举	伍亭垚	刘小飞	等(879)
钢筋混凝土箱形拱桥悬臂浇筑施工工法	何志军	韩洪举	郭吉平	等(890)
附着花槽式防撞墙施工工法	刘勇	廖纪明	李川兵	等(900)
超宽大跨异形拱桥施工工法	于跟社	刘宇峰	张晓东	等(906)
不中断交通下的空心板梁天桥快速拆除施工工法	师建博	张楨	郝秋生	等(938)
逆做法公路路基改桥梁现浇箱梁施工工法	姚斐	王宪国	王静华	等(944)
艰险峡谷山区薄壁高墩大跨连续刚构桥快速施工工法	傅重阳	周秋来	张民栓	等(953)
既有多跨桥梁整体顶升施工工法	刘永	邓伟	李汉军	等(972)
超大断面矩形顶管施工工法	荣亮	杨红军	段树涛	等(984)
老桥钢筋混凝土桩柱水中切除施工工法	郝智明	王如宝	唐谦	等(1000)
缆索吊装锚索式锚碇施工工法	张昶	黄小良	刘平	等(1006)
跨海大桥固定式高架柔性拦阻索防撞系统施工工法	成水武	储爱华	孙健	等(1013)

下 册

隧 道 篇

下穿塌腔段隧道改扩建爆破施工工法	周世生	石银峰	孙西濛	等(1025)
公路超大断面黄土隧道改进 CD 法施工工法	米小强	马德科	李善英	等(1037)
基于多功能升降式台车隧道锚杆施工工法	郑竞友	袁卫红	赵云强	等(1050)

多台阶黏土层围护桩干钻孔施工工法	廖正根	李计金	徐 波	等(1060)
大跨度双连拱隧道双层初期支护工法	张周平	董军谊	王天明	等(1071)
竖井进洞水下穿越隧道施工工法	白玉国	秦立鹏	陈 亮	等(1079)
双连拱隧道台阶法施工工法	张立忠	赵慧君	王丛泉	等(1089)
地铁区间下穿公路破桩进洞快速盖挖施工工法	隆海健	牛 文	王广文	等(1098)
隧道高压水平旋喷桩内插长管棚预支护施工工法	陈红开	雍 毅	王铁法	等(1109)
超浅埋隧洞群下穿繁忙铁路干线隔孔暗挖施工工法	崔雄飞	路 亮	蔡忠泽	等(1117)
基于 BIM 技术的盾构机分体始发工法	王家亮	杨会军	许满吉	等(1126)
长大隧道陡坡斜井有轨运输施工工法	赵香萍	田晓峰	张卫业	等(1136)
大跨浅埋隧道极软岩富水界面段施工工法	田仁东	刘红专	苏仲双	等(1144)
运营地铁车站结构混凝土静力切割施工工法	尹亚坡	白纪军	黄学军	等(1151)
隧道二次衬砌与矮边墙整体浇筑施工工法	樊卫红	蒋 斌	张 舜	等(1165)
液压墙锯配合破碎锤拆除隧道二衬钢筋混凝土施工工法	高新民	张伟利	姜 红	等(1173)
隧道仰拱施工缝错位施工工法	罗建明	普瑗能	王兴洪	等(1181)
隧道长明洞整体式无拉杆钢模板施工工法	陈 勇	乔艳云	李 荐	等(1187)
盾构管片自动化流水线施工工法	雷玉锋	李献忠	陈跃英	等(1197)
隧道掘进扇形转体法施工工法	董 君	戴兴民	董贤顺	等(1211)
内张拉预应力施工工法	马 栋	刘明保	宫剑飞	等(1217)
地铁隧道单层锚喷永久衬砌施工工法	徐华生	隗志远	张 振	等(1224)
盾构机穿越竖井覆土回填施工工法	邓能伟	张 成	张发亮	等(1237)
现浇隧道路面缝隙式排水沟施工工法	胡建全	石 凌	吕 俊	等(1247)
大断面黄土公路隧道水泥旋喷桩地基加固施工工法	闫有民	杨艳春	王永军	等(1251)
盾构前舱设备检查可视化系统应用工法	张英明	施瑾伟	王伟金	等(1263)
超大直径泥水盾构穿越上软下硬地层掘进工法	张英明	姚占虎	夏鹏举	等(1274)
圆形深竖井逆作法施工工法	秦立鹏	陈 亮	蒲国彦	等(1283)
超小净距盾构重叠隧道始发到达施工工法	陈训明	王义强	王雄友	等(1290)
基于单护盾的 TBM 施工工法	齐梦学	杨庆辉	王宝友	等(1303)
浅埋粉质黏土层公路框架隧道下穿既有铁路施工工法	赵立财	付秀英	赵 健	等(1313)
全套管拔除柱排式钻孔灌注桩施工工法	吴庆红	胡锦涛	赵兴丁	等(1325)
上软下硬岩溶地层中地下连续墙成槽施工工法	郭银波	苏周勃	李晓亮	等(1335)
长江漫滩高承压水大型超深基坑分区组合式降水施工工法	史庆涛	牟 政	李 兵	等(1345)
深大基坑大型设备配套快速开挖施工工法	任国宏	周维宝	左 龙	等(1358)
水下隧道盾构法施工溶洞探测与预处理施工工法	谢文斌	李 科	王军民	等(1366)
大型盖挖地铁车站中间桩柱施工工法	曹保利	杜华林	王明胜	等(1375)

养 护 篇

钢桥面铺装破损快速小修保养施工工法	蔡明征	潘诚文	张 威	等(1385)
沥青路面裂缝处“V”形开槽深度修复施工工法	韦金城	李秋忠	付建村	等(1394)
低噪声钢渣微表处施工工法	李 涛	潘光森	荣德建	等(1403)
中面层乳化沥青就地冷再生施工工法	潘忱成	谭建军	徐 君	等(1411)
沥青混凝土桥面装配式石质排水明沟施工工法	吴 涛	吴 祥	龚 靖	等(1418)
公路隧道墙身涂层机械化翻修施工工法	覃 坚	盛昂挺	钱 亭	等(1425)
刚性自锁式预应力碳纤维板锚固系统加固混凝土桥梁 施工工法	吴赞平	孟春麟	夏振雪	等(1436)
公路特长隧道水泥混凝土道面超薄磨耗层防滑处置施工工法	刘 涛	陈仲明	张星宇	等(1445)
老桥墩台上满堂支架施工工法	胡云峰	王忠伟	褚新法	等(1457)

隧 道 篇

下穿塌腔段隧道改扩建爆破施工工法

GGG(京)D1001—2015

周世生 石银峰 孙西濛 陈旭东 陈克大

(北京市政路桥股份有限公司 中交一公局第一工程有限公司)

1 前言

为了提高交通服务水平,确保交通安全,同时发展山区旅游经济,既有公路的升级改造和新建公路的高等级化势在必行,由此所带来的环境地质灾害问题亦日益突出。

以北京市东长峪隧道(幸福隧道)改扩建工程为背景,北京市政路桥股份有限公司与北京工业大学、中交一公局第一工程有限公司合作,通过立项研究、现场试验,总结出下穿塌腔改扩建隧道爆破技术,经北京市住房和城乡建设委员会组织的鉴定委员会确认,其成果水平处于国际先进水平。

北京市政路桥股份有限公司通过系统总结,形成了下穿塌腔改扩建隧道爆破技术的企业级工法。该工法在东长峪隧道等工程中获得了成功的应用,通过优化爆破设计,保证了施工安全,取得了良好的经济效益和社会效益。

2 工法特点

(1)既有隧道与新建隧道的相互位置不断变化,爆破开挖施工方案随之相应改变。

(2)既有隧道拱顶上方有塌腔段。既有隧道改扩建爆破,可充分利用既有临空面。既有隧道原位扩建,不需进行掏槽爆破设计;新建隧道部分包括既有隧道,主体部分采用常规爆破设计,爆破设计可利用既有临空面,同时控制爆破振动对既有隧道的影响。

3 适用范围

本工法适用于隧道改扩建工程的钻爆开挖施工。

4 工艺原理

对于塌腔段,通过加固设计对既有隧道进行预先加固,然后充分依托既有临空面进行基于振动控制的爆破设计。台阶法掘进施工,以既有隧道为自由面,进行逐排毫秒延期爆破,开挖循环进尺控制在1.5m左右。同时配合爆破振动、粉尘和噪声、围岩应力、围岩沉降与收敛等监测手段,严格控制爆破振动,优化爆破设计和掘进参数,确保塌腔段施工安全和工程质量。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程

减震钻爆施工工艺流程如图1所示。

5.2 操作要点

1) 隧道塌腔段加固技术

既有隧道拱顶有一因塌方引起的空洞,塌腔段长约29m,宽约2.5~6m,高约2.7~5.5m,塌腔段顶

部已超出新建隧道开挖轮廓线。塌腔段为V级围岩(图2),经充分论证,拟采用如下施工技术:

(1)塌腔段施工前,先用II14型钢对塌腔段既有隧道临时加固,工字钢间距1m,工字钢两侧用锚杆及锁脚锚杆固定,确保临时支付结构的稳定。

(2)隧道掘进至塌腔揭露后,主洞停止施工,由塌腔最高点下侧的原隧道拱顶钻孔,其余拱顶孔洞全部堵住,由最高点处泵送C25混凝土,混凝土高度为1m,分两层浇筑,层间铺设 $\phi 20$ 钢筋网,网格尺

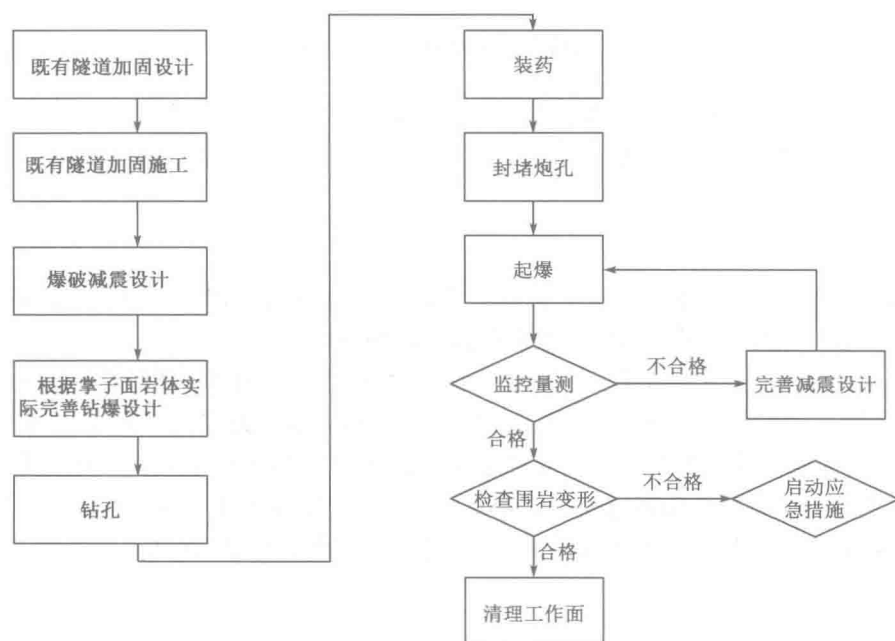


图1 减震钻爆施工工艺流程图

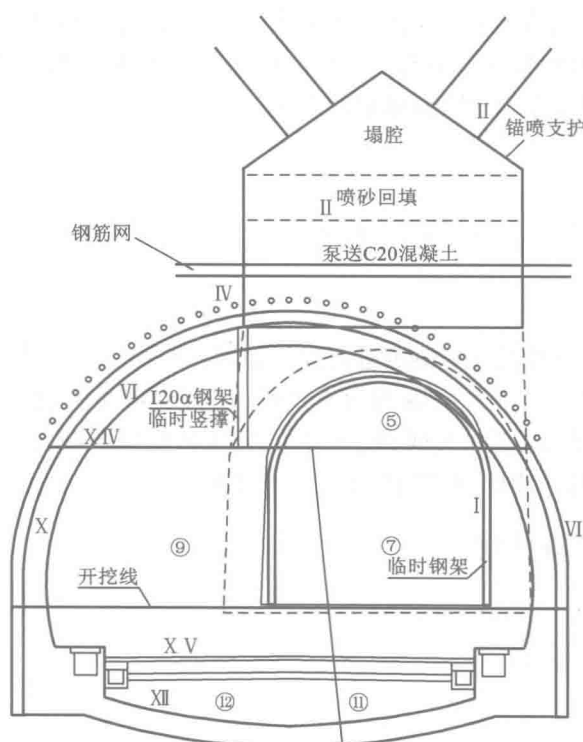


图2 V级围岩洞身塌方段扩建施工

寸为 50cm × 50cm, 钢筋网设在距底面三分之一层厚处, 设有伸出筋, 伸出筋入侧壁 50cm 并与两侧锚杆连接固定, 每隔 2m 设置一道伸出筋, 待回填混凝土强度达到 70% 以上后, 在现浇的混凝土层上喷砂回填, 喷砂层厚 50 ~ 100cm。喷砂完成后, 根据隧道开挖循环进尺, 分段拆除既有隧道临时加固钢拱架, 由进口向出口方向进行钻爆开挖及初支。

(3) 选择典型断面进行监测, 在掌子面前方既有隧道临时支护钢拱架上, 埋设传感器, 监测该塌腔段爆破掘进时的爆破振动、应力应变变化, 根据监测结果, 实时修正施工方法、爆破参数等, 以控制围岩失稳、坍塌, 确保隧道施工的安全。

(4) 塌腔段回填混凝土达到设计强度后, 对上台阶施作超前小导管, 每两榀打设一次, 小导管长 3.5m, 环向间距为 0.4m。

2) 控制爆破设计

根据既有隧道的存在及其位置的不同, 爆破开挖方案也应相应变化。取三个典型断面进行爆破设计, 分别是洞口扩建段、洞身扩建段与洞身分离段, 其横断面图如图 3 ~ 图 5 所示。

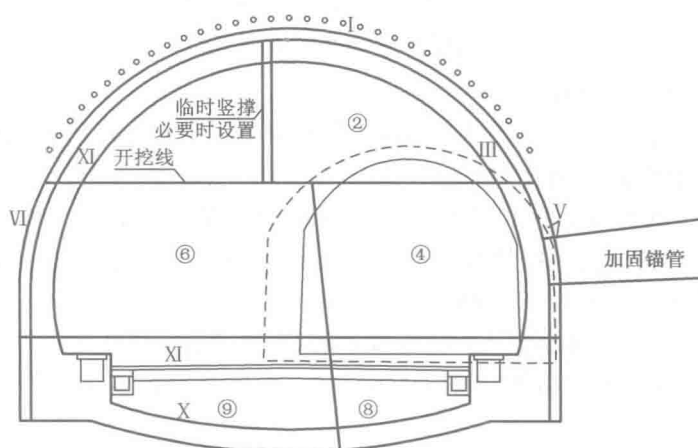


图 3 隧道洞口段扩建施工(V 级围岩)

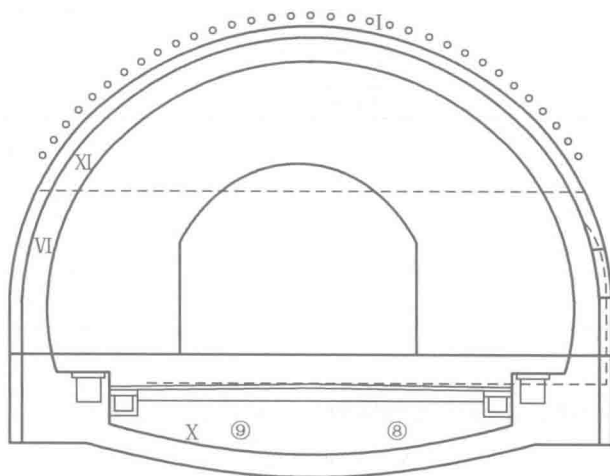


图 4 洞身扩建段施工(V 级围岩)

(1) 爆破参数计算

①炮孔深度。炮孔深度决定了一个循环的钻眼装渣工作量、循环时间以及施工组织和掘进速度。结合东长峪幸福隧道 K3 + 557 ~ K3 + 586 段围岩特点, 炮孔深度选择为 1.5 ~ 2.5m。

②炮孔直径 d 。隧道开挖现场常用的炮孔直径为 35 ~ 45mm, 本隧道采用的钻孔机具是手持式气动

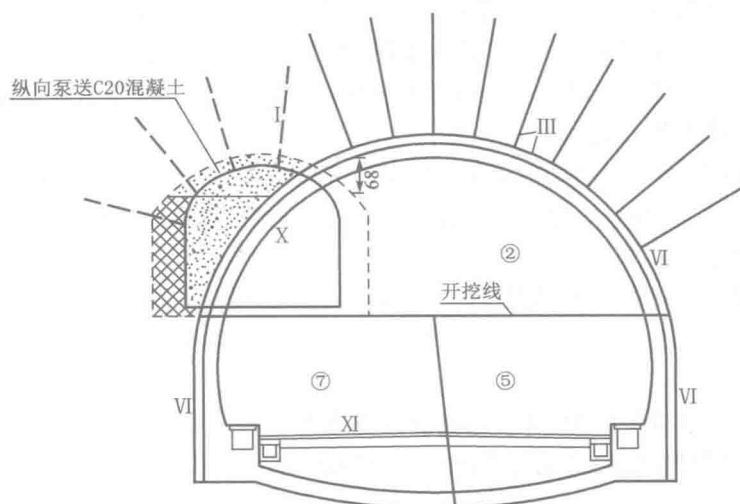


图5 隧道出口分叉段施工(IV级围岩)

凿岩机,采用的炮孔直径 d 为 42mm。

③周边孔间距 E 。软岩和层理节理发育的围岩,孔距减小而抵抗线加大;坚硬稳定围岩,孔距加大而抵抗线减小。隧道光面爆破,周边孔距取设计 50 ~ 60cm。

④最小抵抗线 W 。合理的最小抵抗线 W 对光面爆破效果有控制作用。经验表明,对于大跨度隧道, W 一般取 70 ~ 80cm。另外,最小抵抗线与岩石性质和地质构造有关,硬岩可取 50 ~ 60cm,软岩取 80 ~ 90cm。根据围岩特点及试爆结果,设计取 $W = 60 \sim 80\text{cm}$ 。

⑤炮孔密集系数 m 。炮孔密集系数也称炮孔邻近系数,它表达了炮孔间距 E 与最小抵抗线 W 之间的关系,即 $m = E/W$, m 是光面爆破参数中的一个关键值。实践经验表明, $m = E/W = 0.7 \sim 1.0$, 光面爆破效果较好。

⑥隧道掘进的炸药单耗 q 值由掘进断面的面积和岩石普氏系数 f 确定,对于既有隧道改扩建,还与临空面的位置有关。本工程选用 2 号岩石乳化炸药,炸药单耗 q 设计取值为 $0.6 \sim 1.2\text{kg/m}^3$ 。

⑦炮孔装药量 Q_i 按式(1)计算,其中 λ 为炮孔所在部位系数,按表 1 取值。

$$Q_i = qawl\lambda \quad (1)$$

炮孔部位系数

表 1

岩石软硬程度	辅助孔	掘进孔	周边孔	底板孔
软岩	1.5 ~ 2	1	0.5 ~ 0.8	1.5 ~ 2
中硬岩	1.20	0.95	0.85	1.1
硬岩	1.2	0.9	0.85	1.1

⑧炮孔数目和炮孔布置。

采用隧道掘进爆破设计方法(不考虑光面爆破),隧道炮孔布置数目:

$$N = 3.3 \times \sqrt[3]{f \cdot s^2} \quad (2)$$

式中: f ——岩石坚固性系数;

s ——隧道实际爆破断面面积。

⑨装药结构。

隧道掘进爆破有正向起爆和反向起爆,研究表明:临近自由面的首段应采用正向装药起爆,其他孔采用反向装药起爆。东长峪隧道改扩建工程不设置掏槽孔,所以装药结构全部采用反向装药起爆,如图 6 所示。