

深立井与隧道工程 理论和实践

(2000—2008年学术论文选集)

张 馨 著

SHENLIJING YU
SUIDAO GONGCHENG
LILUN HE SHIJIAN

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

(2000~2008 年学术论文选集)

张馨著

中国铁道出版社

2008年·北京

2008年·北京

内 容 简 介

本书以重大地下岩土工程的关键技术研究、设计和施工为基础,以单篇论文的形式阐述了深立井井筒开凿、隧道施工理论和技术创新、发展及推广应用。

主要内容包括:深立井开凿实用钻爆新技术研究和应用,立井冻结基岩深孔钻爆掘进和大段高砌壁,深立井硬岩深孔钻爆参数的研究与应用,特厚表土层大直径深立井冻结法施工及关键技术研究,深冻结立井高膨胀巨厚黏土层安全快速施工,深立井综合机械化配套快速高效施工,立井井筒基岩段工作面预注浆,小直径深立井施工提升系统设计和应用,立井冻结段内壁可缩装置设计思路及安装工作,井筒装备设计与施工,两井共用一个转水站的排水系统设计与安装,隧道出口段高压旋喷注浆加固设计与施工等。

本书读者对象为深立井和隧道工程施工、工程爆破技术人员,管理人员和科研人员,对大学相关专业的硕士、博士研究生和教授探索深立井和隧道工程施工前沿新技术和新理论也有重大参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

深立井与隧道工程理论和实践:2000~2008年学术论文选集/张馨著. —北京:中国铁道出版社,2008.5
ISBN 978-7-113-08716-6

I. 深… II. 张… III. ①竖井井筒-竖井掘进-文集
②隧道工程-文集 IV. TD262.1-53 U45-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 034403 号

书 名:深立井与隧道工程理论和实践(2000~2008 年学术论文选集)
作 者:张 馨

责任编辑:江新锡 曹艳芳 电话:010-51873018

封面设计:薛小卉

责任校对:张玉华

责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街8号 邮政编码:100054)

印 刷:北京彩桥印刷有限公司

版 次:2008年5月第1版 2008年5月第1次印刷

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32 印张:7.125 字数:182 千

印 数:1~2 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-08716-6/TU·933

定 价:25.00 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,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)63549495 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

序

隧道工程和井巷工程同属一个学科,非常相近,只是空间和方位不同罢了。青年科技工作者张馨同志算是我的晚辈同行,能在工程实践中,总结并写出了许多有价值 and 创新的学术论文,我很敬佩,自然也就乐于为这位年轻人的论文集写序了。

读完这部从 2000~2008 年写的以深立井工程为主兼及隧道工程的学术论文集,我认为其独特之处有:

(1) 在深立井采用钻爆法技术的研究与应用中,提出了“周边辅助眼”新工艺,解决了立井掘进井帮超挖和欠挖问题。在冻结基岩爆破机理研究中,扩展了冻结基岩普氏硬度公式;提出和成功试验了冻结基岩深孔光面爆破,并保证了冻结管不断裂;突破了我国冻结立井施工规范规定的浅打眼、少装药、放震动性小炮掘进的传统施工工艺。完善了“锅底形中深孔光底光面爆破”和“硬岩低抛掷深孔减冲爆破”新技术;尤其创新了“软碎岩深孔立体微差爆破”理论和技术;确定了其技术实施要点及施工工艺,使深立井综合机械化施工成套技术和经济质量有了重大突破。

(2) 中小直径深立井施工中设计和应用了双提升、主副井共用一套排水系统等具有抗灾害能力的“节能型”新方法,探索出了深立井综合机械化设备配套的最佳模式,深刻体现了“打立井主要是打机电”的精品。

(3) 在穿越软弱特厚含水层、流砂层、高膨胀巨厚黏土层等复杂冲积层的深立井施工中,解决了井壁结构设计和井筒掘砌施工等关键技术难题,实现了深冻结段一次安全到底一次完整进行内壁挂衬砌的安全、快速和高效的施工方法。

张馨 1991 年参加工作,十七年来他一直坚持在现场从事深立井和隧道工程施工。对重大工程项目中所遇到的难题,设立课题,

深入研究,攻克关键技术;再将这些新技术、新工艺运用到工程施工中,最后再进行技术总结和理论提升。走出了一条很好的非常值得倡导的理论和实践相结合的科学道路,既取得了重大的技术实践成果,也取得了一定的理论研究成果。

他主持过 10 余项深立井井筒工程施工,并屡创全国立井施工新纪录,施工成本降低率达到 15%,大型工程项目利润率达到 20%~30%,做到了优质、高效施工,代表了我国行业建设水平和高质量经济结构。先后出版了《深立井开凿技术新发展》、《深立井快速施工成套新技术研究和推广应用》、《立井开凿安全技术操作手册》等专业学术论著 4 部,三年前我曾推荐他竞评中国科学技术发展基金会孙越崎青年科技奖,去年他如愿以偿,成为这个奖项设立十六年来,我国石油和煤炭基本建设工程处获奖的第一人。

张馨已于 2007 年底调入中铁十八局集团有限公司,那里有许多各种复杂地质结构和复杂技术难题的工程;从事科学研究和施工技术创新的平台和机会很多。我作为一位铁路隧道和地下工程老科技工作者,希望作者仍然扎根于知识创新源泉的现场,在工程施工过程中继续开展科学研究。抓住技术难点,不怕吃苦,勇于创新,取得更大更新的业绩。

中国工程院院士

2008 年 3 月 30 日

序 二

我第一次为自己学生的论著或论文集写序。

张馨,在我的记忆中,是非常清晰而深刻的一位学生。1987年9月,他从艰苦的湘南山区走入焦作工学院求学。1990年下学期,我担任他们班重要专业课——《钻眼爆破》的任课教师。他对岩土工程爆破参数计算公式的理论推导、野外爆破试验以及岩石力学很感兴趣,学习成绩很好。1991年上半年毕业论文答辩时,我就空气柱间隔装药结构的特点给他提了一个问题,他的回答是比较满意的。

大学毕业后,张馨去了一家建井工程处。由于他意志坚定,能吃苦耐劳,热心于技术创新,十多年来,一直坚持在矿山建设第一线,从事深立井施工技术和管理工作的,坚持走理论和实践有机结合的道路。曾经十多次创造我国建井新纪录。深立井单进水平达到220.6 m/月,是国家定额的5.95倍;全井平均建井速度达到141.52 m/月,是国家定额的3.81倍;特厚表土层大直径冻结深立井平均工效达到4.68 m³/工,接近国际先进水平,代表我国行业建设水平。2000年4月,由于他在矿山立井井筒及其井底巷道施工、爆破技术的创新和推广应用方面取得了突出成就,并获得了良好的经济效益和社会效益,由中煤建设集团、中央企业工委推荐,经国务院批准授予全国劳动模范。

张馨在工作中勤于思考,善于总结,勇于创新,擅长提炼。他的学术论文写作,大体上经历了两个阶段。从1996年到1999年为第一个阶段,论文着重于深立井施工技术的创新,每一篇论文就是一项新技术,或者一个新方法,观点新颖,语言流畅,具有先进性、可操作性和很强的实用性。代表性论文有收集在《深立井开凿技术新发展》一书中的“用周边辅助眼控制立井掘进井帮”、“宣

东二矿主井井筒冻结基岩段深孔光爆法施工”等。从 2000 年到 2007 年为第二阶段,论文重点走向了成套技术的创新或理论的提升,有代表性的是学术专著《深立井快速施工成套新技术研究和推广应用》,收集在本书中的论文“深立井开凿实用钻爆新技术研究和应用”、“特厚表土层大直径深立井冻结法施工及关键技术研究”等。内容充实,具有前沿性,使我国深立井综合机械化施工成套技术和经济质量有了重大突破。因此,他于 2007 年 4 月被中国施工企业管理协会评为全国科学技术奖技术创新先进人物;同年 10 月,他又荣获中国科学技术基金会第十六届孙越崎青年科技奖。

读张馨的学术论文或专著,不仅能从中获得某种新的知识,而且能感受到工程技术创新的脉动。细心的读者在深层次的思考中,还能寻求到一把能够打开人生价值大门的珍贵钥匙。谨以此序祝贺于本书作者,并致意于本书读者。

杨小林

2008 年 2 月 2 日于洛阳

杨小林:洛阳理工学院院长、教授,河南理工大学博士生导师。

目 录

深立井开凿实用钻爆新技术研究和应用	1
特厚表土层大直径深立井冻结法施工及关键技术研究	14
李堂矿主副井高膨胀巨厚黏土层安全快速施工	33
立井冻结基岩深孔钻爆掘进和大段高砌壁	51
主副井共用一个转水站的排水系统设计与安装	61
朝阳主井井筒基岩段工作面预注浆	69
深立井硬岩深孔钻爆参数的研究与应用	87
朝阳副井综合机械化配套快速高效施工	104
提出和运用新技术创立井基岩段掘砌成井全国 新纪录	116
李堂矿主副井内壁可缩装置设计思路及安装工艺	128
小直径深立井施工提升系统设计和应用	136
振兴二矿新副井井筒装备设计与施工	147
义桥矿主副井井筒施工	164
丁集矿副井井筒施工安全技术与管理	175
歌乐山隧道出口段高压旋喷注浆加固设计与施工	195
附 录	203

Contents

Research and Application of the New Practical Drilling and Blasting	
Technique in the Sinking Deep – vertical Shaft	1
Freezing – way Construction of the Large – diameter Deep – vertical	
Shaft with Extra – thick Surface Clay and Research on Key Technol-	
ogy	14
Safe and High – speed Construction for the High Inflation and Extra –	
thick Surface Clay Strata of the Main Vertical Shaft and the Ancil-	
lary Shaft in Litang Mine	33
Drilling and Blasting Driving with the Deep – hole and Large Section	
– height Wall – lining in Frozen Rock Strata of Vertical Shaft ...	
.....	51
Design and Installation for the Water – discharging System of One Wa-	
ter Station Used by the Main Vertical Shaft and the Ancillary Shaft	
Together	61
Pre – injection of the Working face in Rock Strata Section of Chaoyang	
Main Vertical Shaft	69
Research and Application on the Drilling and Blasting Parameter for	
the Deep – hole of the Hard Rock in the Deep Vertical Shaft ...	
.....	87
Fast and High – efficiency Construction equipped with the Integrated	
mechanization in the Ancillary Vertical Shaft of Chaoyang Mine	
.....	104
Put forward and Employ the New Technique to Set the New National	
Record in Drilling and lining Shaft – finished for the Rock Strata	
Section of the Vertical Shaft	116

Design Thinking and Installation Process of the Elastic Device for the Internal Shaft – wall of the Main Vertical Shaft and the Ancillary Vertical Shaft in Litang Mine	128
Design and Application of the Hoisting System for the Construction of Small – diameter Deep Vertical Shaft	136
Design and Construction of the Shaft Equipment Facility for the New Ancillary Vertical Shaft in the Second Mine of Zhenxing Colliery	147
Construction of the Main Vertical Shaft and the Ancillary Vertical Shaft in Yiqiao Mine	164
Safety Technology and Management of the Ancillary Vertical Shaft Construction in Dingji Mine	175
Design and Construction of the Injection – strengthening of the High – pressure Rotation – Shot at Exit Section of Geleshan Tunnel	195
Appendix	203

深立井开凿实用钻爆新技术研究和应用

摘 要 根据深立井井筒工程的特点,概述了作者近二十年来钻爆研究中关于周边辅助眼工艺、光面光底锅底形爆破、硬岩低抛掷减冲深孔爆破、软岩立体微差深孔爆破等新技术、新理论。介绍了在大量深立井井筒工程推广应用中所创造的7项全国纪录和8项企业纪录,取得了显著的经济效益和社会效益,提高了企业的核心技术,丰富和发展了我国工程控制爆破的理论体系和实践成果。

关键词 深立井开凿 周边辅助眼 光底锅底形爆破 低抛掷减冲爆破 立体微差爆破

1 深立井开凿钻爆作业特点

全井筒深度超过700 m的深立井采用钻爆法掘进。钻爆系统原则上要实行深孔爆破,提高爆破效率,减少钻爆循环。实现安全、优质、快速建井,必须选用一次行程超过4.5 m、钻眼深度达到4.0 m以上的大型伞钻。研究和运用立井控制爆破新技术,炮眼利用率要达到95%以上,保证井筒内悬挂设施及低空砌壁模板和低强混凝土的安全。

立井井筒钻爆作业的特点是:

(1) 立井钻爆最大的特点是工作条件差,环境恶劣。

一般立井净直径为3.5~9.0 m,掘进断面为15.20~78.54 m²,而以净直径6.0 m、掘进断面37.39 m²的立井居多。在井筒这有限的空间内,要布置吊盘、大抓、管路、电缆、风筒等众多设施,开展钻眼或装药工作时,人员、设备和材料提放不便,辅助工

序多。井帮大多有淋水,井下工作人员穿上雨衣雨裤行动不便。伞钻在打眼过程中,噪音能达到 $100 \sim 120 \text{ dB}$,井下工人必须配带耳塞和耳罩双级保护用品,打完一个循环的炮眼上井后,仍感到耳朵嗡嗡作响,听力迟钝,要几天才能恢复正常。伞钻在工作面凿岩时,井下工作面粉尘浓度高达 $500 \sim 1\,600 \text{ mg/m}^3$,即使采取洒水降尘措施,也不能达到国家规范所要求的标准。

(2)立井钻爆第二个特点是安全工作的至关重要性。

井下工人从事钻爆作业时,从井上封口盘、固定盘到井下吊盘及中间转水站必须防止坠物。伞钻下井支钻后必须有悬吊保护绳,防止钻架倒下。为了防止崩坏井下悬吊设施和尚未凝固的混凝土井壁,爆破装药量必须按设计进行,不可过多。工作面装药、联线前要检查杂散电流,如杂散电流超过 30 mA 时应采取有效措施,或者采用电磁毫秒雷管和专用起爆器。炮头的加工制作、炸药雷管运送和井下使用、瞎炮的处理均要严格按照《煤矿安全规程》的规定执行。

(3)立井钻爆第三个特点是对钻爆作业人员的素质要求较高。

立井开凿打眼专业班要完成钻眼、炮头制作、装药、炮泥封填、联线放炮及伞钻的检修和维护。要求操作人员熟悉伞形钻架和凿岩机的构造、性能、操作步骤和检修方法,熟悉钻眼、装药、联线、放炮各个工序的操作方法和技巧,还要掌握安全技术知识,更要有高度的安全意识,严格按照安全规程、作业规程和操作规程开展钻爆工作,严禁“三违”现象的发生。

2 深立井实用钻爆新技术研究概述

2.1 立井掏槽爆破技术

立井钻爆法掘进成败的关键是掏槽爆破技术。掏槽的形式、深度、位置、炸药种类、装药结构、起爆顺序等直接影响到爆破循环进尺和掘进速度、井筒内悬挂设施的安全、正规循环的劳动组织立

井掘进和砌壁的经济效益。

我国立井钻爆炮眼深度划分,目前还没有统一的标准,作者初步把一次钻眼深度 L_b 划分为:

当 $L_b < 1.7$ m 时,称为浅孔。

当 $1.7 \text{ m} \leq L_b < 3.0$ m 时,称为中深孔。

当 $3.0 \text{ m} \leq L_b < 5.0$ m 时,称为深孔。

当 $L_b \geq 5.0$ m 时,称为超深孔。

立井爆破掏槽眼,按炮眼深度可分为浅眼掏槽和深眼掏槽两种。如果按单个炮眼钻进方向可以分为直眼掏槽和斜眼掏槽。随着我国立井凿岩设备研究、制造、开发发展的进步,爆破技术的迅速发展,作者认为,立井掏槽应按全断面掏槽眼的空间和形状来进行分类,因此可以分为圆锥形掏槽、筒形掏槽、锥筒混合掏槽三种。

圆锥形掏槽可分为:无(有)中空眼单阶圆锥形掏槽、无(有)中空眼双阶同深(不同深)圆锥形掏槽、无(有)中空眼三阶同深(不同深)圆锥形掏槽。圆锥形掏槽适宜于组织立井半机械化或普通机械化配套施工。

筒形掏槽可以分为:无(有)中空眼单阶筒形掏槽、无(有)中空眼双阶同深(不同深)筒形掏槽、无(有)中空眼三阶同深(不同深)筒形掏槽。筒形掏槽适宜于组织立井综合机械化配套施工。

锥筒混合掏槽可以分为:有中空眼和无中空眼锥筒混合掏槽两种,但目前已很少使用。

目前国内外立井施工钻眼爆破的掏槽方式中,圆锥形掏槽和锥筒混合掏槽在浅孔爆破中采用单阶掏槽时,槽孔的深度、角度和圈径还比较容易掌握,可以获得比较好的掏槽效果。在深孔爆破中,肯定需要多阶掏槽,这两种方式的槽孔数目多,各阶掏槽孔的深度、角度、偏斜和圈径难以掌握,爆破效果也难以达到预期目的,特别容易崩坏井筒内的悬吊设备,影响施工的正常进行。另外,这两种掏槽方式的炮孔无法用伞形钻架配套重型凿岩机打眼,如果槽孔越深,在工作面使用长扫眼器吹出孔内岩粉浆时,操作难度大,操作时相互之间要受到空间的影响。往槽孔内装炸药时使用

长炮棒也出现类似的影响情况,大大降低了施工速度。

20 世纪 70 年代末期开始采用的筒形掏槽方式,单阶掏槽适用于浅孔或软岩中的中深孔爆破,双阶掏槽和多阶掏槽适用于深孔或硬岩中深孔爆破。这种掏槽方式完全能够用伞钻凿眼,便于实现全面机械化作业,钻眼的深度、角度、圈径等容易掌握,凿眼、扫眼、装药和联线等全过程的操作,各个工序之间相互影响很小,爆破不易崩坏井筒内的悬挂设备,有利于安全施工。

大量施工实践证明,同深筒形掏槽是立井掏槽的最佳方式。

2.2 立井钻爆周边辅助眼新工艺

立井钻爆法掘进,有两种情况产生井筒荒壁超挖和欠挖:一是使用 FJD—6 型小伞钻凿眼,如井筒掘进直径大于 6.8 m 时,由于动臂支撑范围不够,周边眼无法按设计角度钻眼,势必造成超挖和欠挖。二是采用短段掘砌作业方式施工的立井井筒,如果浇筑好的混凝土井壁和模板离出完矸石、清完底的钻眼工作面高度小于 1.2 m 左右,因模板的阻碍,伞钻上的导轨式凿岩机无法按工作面所划轮廓线钻周边眼,不得不将周边眼圈径缩小钻斜眼,爆破后出现超挖和欠挖现象严重。

井筒平均超挖量和欠挖量计算公式为:

$$\Delta V = \frac{\pi h D_h^2 (K_r^2 - 1)}{4}$$

式中: ΔV ——井筒平均超挖量或欠挖量,当计算结果为正数时是超挖量,为负数时是欠挖量, m^3 ;

h ——井筒掘进或砌壁段高, m ;

D_h ——井筒掘进直径, $D_h = D + 2B$, D 为井筒设计净直径, B 为井壁设计厚度, m ;

K_r ——断面超欠挖系数, $K_r = r_s / r_h$;

其中, r_s 为井筒实际掘进半径, r_h 为井筒设计掘进半径,实测 r_s 时在同一水平面上取 8 个方位进行量测,再计算平均值。

欠挖 ΔV , 必须打浅眼放小炮开帮。超挖 ΔV , 必须多出矸石量

和砌壁时多填混凝土。

多出矸石量计算公式为：

$$V_g = K \cdot \Delta V$$

式中： V_g ——比设计多出的松散矸石量， m^3 ；

K ——岩石爆破后的松散系数，砂与砾石取 1.05 ~ 1.20，砂质黏土取 1.20 ~ 1.25，中硬岩石取 1.30 ~ 1.50，坚硬岩石取 1.50 ~ 2.50。

混凝土的超耗系数为：

$$K_{\text{超}} = \frac{V_{\text{实}}}{V_{\text{设}}} \approx 1 + \frac{\Delta V'}{\pi B(B + D)h}$$

式中： $K_{\text{超}}$ ——井筒在段高 h 内混凝土超耗系数；

$V_{\text{实}}$ ——砌壁段高 h 内实际消耗混凝土， m^3 ；

$V_{\text{设}}$ ——砌壁段高 h 内设计需要混凝土， m^3 ；

$\Delta V'$ ——段高 h 内多填混凝土量， m^3 ；

B ——井壁设计厚度， m ；

D ——井筒设计净直径 m ；

h ——砌壁段高， m 。

作者于 1996 年提出“周边辅助眼”这个学术概念，运用伞钻或换成 7655 型凿岩机在周边眼外，增加一圈深度 1.0 ~ 2.0 m 的炮眼。前者钻的是斜眼，不用换凿岩机；后者钻的是垂直眼，爆破效果优于前者。两者均能成功地避免井筒掘进的超挖和欠挖现象，使立井掘进分项工程质量达到验收规范要求，避免施工成本的超支。

2.3 立井光面光底锅底形爆破新技术

所谓光面光底锅底形爆破，就是立井钻爆法掘进中，在光面爆破的基础上，在有涌水的井底工作面，炮眼布置由井筒中心向外，逐圈提高落底高度，每个循环爆破后，新工作面形成光面锅底形。

锅底实际上是一个球缺，其参数有最大下坡角 α 、第 i 圈炮眼落底高度 h_i 、圈径 $2r_i$ 和掘进直径 $2R$ ，其中 α 的取值范围为 $25^\circ \sim$

30°。

球缺高度的计算公式为：

$$H = R(\csc\alpha - \cot\alpha)$$

第 i 圈炮眼落底高度的计算公式为：

$$h_i = R\csc\alpha - \sqrt{R^2\csc^2\alpha - r_i^2}$$

要实现光面光底锅底形爆破的良好效果，必须落实以下技术要点：

(1) 要按设计要求打眼，保证炮眼的角度、间距和深度在控制范围内。

(2) 周边眼或周边辅助眼装药不耦合系数 $K_c = 1.57 \sim 1.72$ ，炮眼间距 $E = 500 \sim 600$ mm，装药长度系数 $\Psi = 0.3 \sim 0.45$ ，最小抵抗线 $W = 350 \sim 450$ mm，达到光面爆破目的。

(3) 掏槽眼采用反向连续装药结构，辅助眼采用正向连续装药结构，并且装药必须到孔底，有利于保证掏槽效果，提高爆破进度，新工作面锅底形光底的成型更规整。

立井掘进采用光面光底锅底形爆破新技术，具有以下突出优点：

(1) 在出矸后期即清底阶段，用铁锹和抓岩机集碴和出碴的速度比平底工作面提高 4~5 倍，比高差 0.5 m 以上的凹凸不平工作面速度提高 5~6 倍。

(2) 在排水时，由原来用风镐支水窝聚水改为自动集水，直接可用风泵和吊桶排水，大大提高了排水效率，减少了漫水影响。

(3) 容易保证清底质量，伞钻在打眼时没有浮碴碎石，定眼快且准确，岩粉能够从炮眼内吹出，不卡钻、不夹钻，全断面打眼速度比平底或凹凸不平工作面提高 20%~40%。

(4) 打眼时自动集水，岩粉浆流到低处的锅底，用风泵排入吊桶，减轻了扫眼难度，使水胶炸药能够顺利地装到炮眼底部，避免了炸药在传爆过程中因岩粉浆介质的隔离而产生传爆中断的现象，炮眼平均利用率能提高到 96% 以上。

(5) 锅底自动集水速度不低于 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ ，只要排水系统正常，

井筒施工时涌水量达到 $10 \sim 30 \text{ m}^3/\text{h}$, 均能继续进行钻爆作业, 综合机械化设备配套凿井速度能达到 $80 \sim 100 \text{ m}/\text{月}$ 。

2.4 立井硬岩低抛掷减冲深孔爆破新技术

立井硬岩深孔爆破, 如果装药量过少, 容易产生“拔筒”现象, 但炮孔上口部位破碎的岩石抛掷距离高, 如果装药量过多, 只要能达到破碎岩石, 就有多余能量在瞬间释放出来, 起破坏作用。爆破产生的飞石、爆破冲击波和爆破地震波崩坏井筒内悬挂的设备设施, 将浇筑时间不超过 8 h 的混凝土井壁接茬震出环向裂缝。还容易出现线性尺寸大于 1.2 m 的大块岩石, 不利于中心回转抓岩机抓岩。修复崩坏的井筒内悬吊设施和处理大块岩石大大影响正常施工时间。

立井掘进爆破空气冲击波产生的主要原因是: 在爆破作业中, 炮眼堵塞质量不好, 硬岩体内存在随机分布的弱面, 使高温、高压、高速的爆生气体沿着这些弱面迅速逸出, 被爆岩体沿井筒抛散, 像管道内的活塞一样推压井筒内的空气。

井下爆破空气冲击波沿井筒传播的过程, 可以等效为理想气体状态下, 一定能量的点爆源在井筒中心爆炸产生的空气冲击波沿井筒不断发生反射而改变特性的过程。由于立井断面、炮眼布置、装药和起爆等是关于井筒轴对称, 若认为在有限的井筒断面内岩性近似对称或不变, 则产生的空气冲击波沿轴线也是对称的, 不可能在某一径向方向中有所增强。立井掘进爆破各类炮孔起爆时差大于井下爆破空气冲击波正作用时间, 从爆源开始的、相当大的范围内先后起爆的各类炮孔产生的空气冲击波不会叠加, 因而可用最大齐爆药量作为计算空气冲击波的装药量。

对于立井掏槽爆破, 密集布置在井筒中心的掏槽眼面积只占井筒断面的很小部分, 深度较大, 每孔装药量大, 爆破夹制力最大, 有效能量利用率最低, 空气冲击波逸出系数最大, 可视为空气冲击波的一个点源。辅助眼在掏槽眼爆出槽腔后才起爆, 但它的最小抵抗线垂直于井筒轴线, 空气冲击波的逸出亦朝此方向, 根据对称