

王梦恕 主编



隧道与地下工程  
技术及其发展

北京交通大学出版社

# 隧道与地下工程技术及其发展

王梦恕 主编

北京交通大学出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书收集了王梦恕院士及其学生科技论文,共计 66 篇。内容涵盖山岭隧道重大工程施工、浅埋暗挖法施工、城市地铁盾构法施工、辅助工法、安全风险、环境保护、爆破工程及基础研究等方面,较全面地反映了我国隧道及地下工程技术的现状及其发展。

### 图书在版编目(CIP)数据

隧道与地下工程技术及其发展/王梦恕主编. —北京:北京交通大学出版社,2004. 12  
ISBN 7-81082-466-X

I. 隧… II. 王… III. ①隧道工程-工程技术-文集 ②地下工程-工程技术-文集  
IV. ①U45-53 ②TU94-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 126723 号

责任编辑:高振宇

出版者:北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414 <http://press.bjtu.edu.cn>

印刷者:北京宏伟双华印刷有限公司

发行者:新华书店总店北京发行所

开本:185×260 印张:28.5 字数:686千字 彩插:4

版次:2004年12月第1版 2004年12月第1次印刷

书号:ISBN 7-81082-466-X/TU·10

印数:1~500册 定价:66.00元

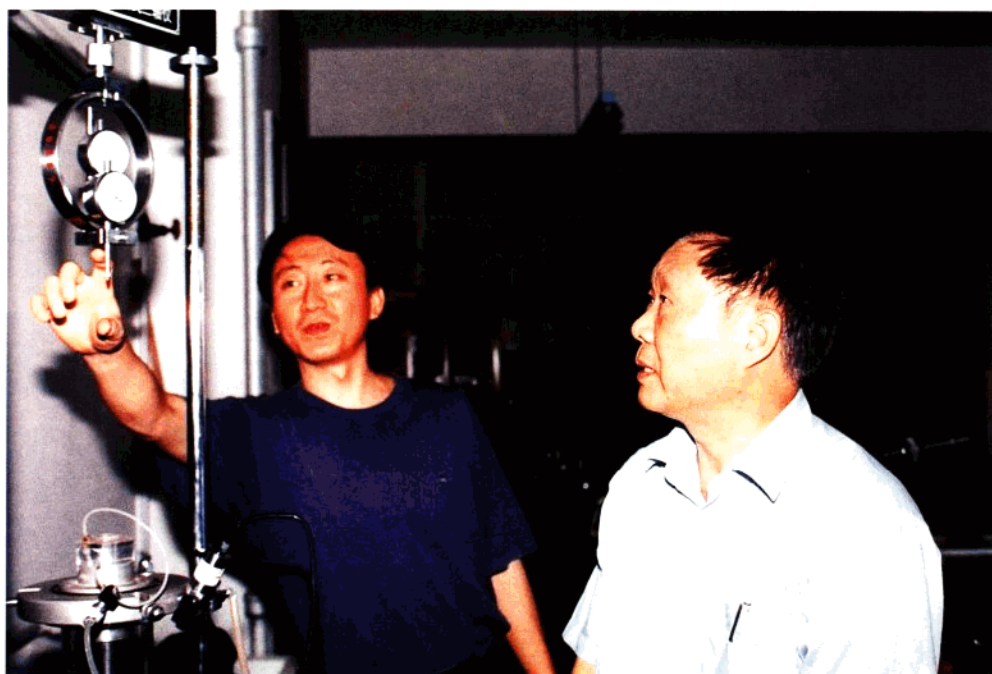
祝贺

中国工程院院士王梦恕先生 66 华诞

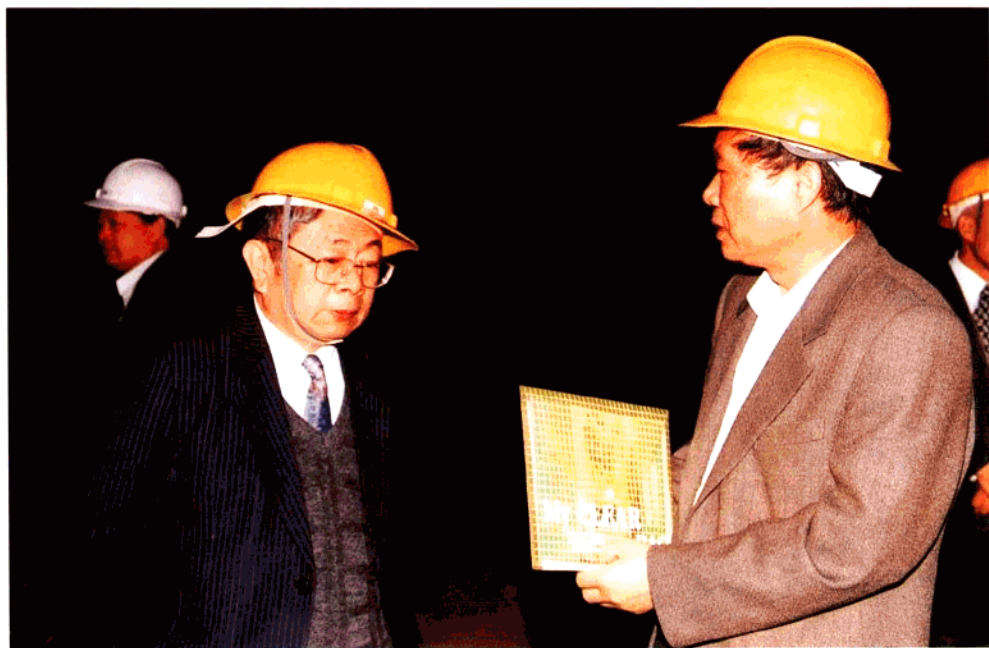




2004年3月,在人民大会堂参加第十届全国人民代表大会 (邓志芳 摄)



1998年,在北京交大动三轴实验室与科研人员交流 (右为王梦恕)(张鸿儒 摄)



2000年,与周干峙院士在广州地铁工地调研 (右2为王梦恕)(王振海 摄)



2003年8月,在青藏铁路风火山隧道施工现场 (右2为王梦恕)(李培安 摄)



2004年5月，与学生们在北京交大隧道中心门前合影  
(前排右3为王梦恕)(皇甫明 摄)

以诚悬待人，以勩劳补拙，以俭朴度日，  
心永怀祖国人民，汇聚众人之智，始完成大业！

王梦恕 2004.11.

# 隧道与地下工程技术及其发展

## 编 委 会

主 任	王梦恕			
副主任	刘招伟	张顶立		
委 员	洪开荣	杨小林	肖龙鸽	谭忠盛
	罗 琼	孙 谋	杨会军	孔 恒
	张成平	王占生	皇甫明	王 磊
	宋克志	姚海波		



## 序

王梦恕院士是1964年唐山铁道学院桥隧系隧道及地下铁道工程专业毕业的研究生,当时研究生毕业的人数极少。他在大学期间是隧道及地下铁道专业班的班长,在他大学四、五年级时,我刚从原苏联完成学业回校,曾当过他的班主任,并带他们到北京地下铁道工程局结合工程实践作毕业设计,参加试验工程。他团结全班同学、克服困难,取得了很好的成果,受到地铁工程局领导好评。他在青年时代就有股热情、奋力向上、创新的精神,为人正直。

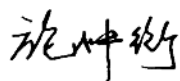
1965年他从学校调到北京地铁工作的目的是想通过工程实践后,再回到学校任教,但由于“文化大革命”的种种原因,他一直在现场奔波,造就了他能理论指导实践,又通过实践去充实理论。他攻克了许多重大工程技术难题,取得了许多重大科技成果,获得了许多奖励和荣誉,并于1995年较早、较年轻地被评为中国工程院院士,他是我值得骄傲的学生。他从不为成绩和荣誉而骄傲自大,一直是“老老实实做人,认认真真做事”。他经常讲,一个人要淡泊名利,要有团队精神,才能干好,成功地干任何大事情。他也经常这样严格要求他的博士生们。

时间过得真快,转眼他步入66岁的老龄之年,我作为他的老师、同事,希望他在今后的岁月中,放慢工作的节奏,注意身体健康,为祖国、为人民培养更多、更好的国家栋梁之才。

在这里我特别要补充的是,要特别感谢与王梦恕院士共度艰辛、风雨几十年的老伴——何绍俭大夫,她始终陪伴着、关怀着、承担着王梦恕院士一家的日常生活和对子女的教育。

最后祝他们身体健康、长寿!

中国工程院院士



2004.11.15

## 前 言

转眼一瞬间，我已到了老年。

66岁，是人生最吉祥的岁月。我的学生们用最真挚、最有意义、最让我感到高兴和宽慰的方式，出版了这本反映隧道及地下工程发展历史并有很高学术水平价值的论文集（66篇）。学子们用这种真情、纯洁而高尚的情感来祝贺我66岁生日，使我感到非常幸福和满足。

每当看到学子们在不同的工作岗位上为祖国、为企业做出各种成绩时，我就从内心感到高兴；每当学子们在刚出校门遇到困难、处于进退两难时，我也感到焦虑和不安，我总是自觉和不自觉地牵挂着、倾听着每个学子的一切！我不愿表露内心的喜和愁，我虽没有更多时间和精力去和学子们进行更多的接触和交流，但我决不放松对学子们思想素质和解决工程技术能力素质的培养和教育。我要求学子们心中始终装着祖国、装着人民、装着母校、装着企业集体的荣誉，永远淡泊名利，具有团队精神，永远当好帅才，永远无愧于自己所从事的事业。

在我有生之年，我最大的愿望是带出更多更好的博士研究生和博士后，并使他们在各自的人生旅途上，做人有志，做事有为，做学问有才，做官有德。学生们也祝愿我，我也希望，在我当上“资深院士”的那一天，能看到学子们更精彩的由上、中、下3集组成的高水平论文集出版。

我衷心地祝福学子们身体健康、事业有成！



2004年12月24日

# 目 录

王梦恕院士简历	1
自序	3
<b>第 1 篇 王梦恕院士论文选编</b>	<b>9</b>
松散介质中圆形整体式衬砌的静力工作	11
盾构压缩混凝土模拟实验	25
浅埋暗挖法设计、施工问题新探	33
中国隧道修建法	39
可持续发展的六大难题和对策	43
开敞式 TBM 在铁路长隧道特硬岩、软岩地层的施工技术	50
公路隧道设计与施工的几个问题	57
大瑶山隧道的科研与施工	61
21 世纪是隧道及地下空间大发展的年代——长沙铁道学院 50 周年大会发言	80
大城市发展轨道交通势在必行	84
地下水封岩洞油库是储存油品的最好形式	90
<b>第 2 篇 王梦恕院士学生论文选编</b>	<b>95</b>
<b>第一部分 山岭隧道重大工程及其施工技术</b>	<b>97</b>
风火山隧道围岩冻胀对支护结构体系的影响研究	97
圆梁山隧道 2 号溶洞施工技术	102
圆梁山隧道毛坝向斜区岩溶施工之浅见	111
高海拔高寒隧道综合施工技术	119
圆梁山隧道高压岩溶涌水规律性分析	125
TBM 在不良地质地段的安全通过技术	133
风火山多年冻土隧道信息化施工	140
公路隧道结构防水质量控制	147
<b>第二部分 浅埋暗挖法施工技术与理论</b>	<b>151</b>
浅埋暗挖法修建地下工程中几个问题的探讨	151
关于明、暗挖结合地铁车站建筑结构型式的思考	157
浅埋暗挖法修建城市地铁隧道安全性分析及病害防治研究	164
动水中、细沙层渗透注浆机理探析	169
城市地铁隧道工作面开挖的地层应力分布规律	177
城市地铁隧道工作面开挖的地层变位规律	183
核心土留设对隧道工作面稳定性的影响	189
减小浅埋暗挖法施工对建构物影响的措施	194
热力隧道下穿地面建筑物的安全问题评价与对策	199

<b>第三部分 城市地铁盾构法施工技术</b> .....	206
地铁隧道盾构法施工引起的地表沉降分析.....	206
盾构隧道穿越广州火车站站场设计与施工.....	211
我国盾构隧道发展中的几个问题.....	217
土压平衡盾构隧道始发技术.....	222
武汉长江隧道工程建设中当需重点关注的几个问题.....	227
盾构隧道施工引起地表下土体变位的分析评估.....	244
地铁盾构法与矿山法施工比较.....	252
盾构工法的新动向.....	264
盾构隧道地表沉降的一种可靠性分析方法.....	268
<b>第四部分 辅助工法、安全风险与环境保护</b> .....	274
城市地铁安全施工第三方监测的研究与实施.....	274
城市的安全发展与地下空间利用.....	280
对建立地铁工程风险评估体系框架的研究.....	285
CFG 桩在地基加固工程中的应用 .....	290
论北京旧城保护与地下空间开发风险分析.....	294
“冻土+管棚”复合结构的承载性能研究及其应用分析.....	298
填土荷载下深层搅拌桩复合地基的沉降变形特征研究.....	304
深圳地铁施工影响区环境安全与第三方监测.....	308
地下工程围岩稳定分析方法存在的问题与思考.....	313
锚杆支护巷道安全监测技术.....	319
城市地下空间开发规划设计的风险分析与决策.....	323
隧道衬砌厚度检测技术研究.....	331
超前地质预报在隧道工程中的应用.....	338
城市地铁建设中的安全风险分析与管理.....	347
<b>第五部分 工程爆破技术</b> .....	352
爆破对岩体基本质量的影响及试验研究.....	352
爆破损伤岩石力学特性的试验研究.....	358
爆生气体作用下岩石裂纹的扩展机理.....	363
复线隧道施工爆破对既有隧道的影响分析.....	370
青藏线冻土爆破特性的研究.....	376
<b>第六部分 基础理论研究</b> .....	382
深埋隧道基岩裂隙水渗流分析.....	382
弹性力学平面问题一般解——变量迭代法用于解弹性力学问题之二.....	391
高速列车突入隧道时产生压缩波的数值模拟.....	402
琼州海峡铁路隧道可行性研究探讨.....	407
高速列车穿越有竖井隧道压力场的特性研究.....	414
计算隧道排水量及衬砌外水压力的一种简化方法.....	421
山岭隧道堵水限排衬砌外水压力研究.....	425

隧道衬砌与围岩间空洞的形态分析.....	429
隧道底板隆起的成因、分类与控制 .....	434
非均匀岩石裂纹扩展机制的数值分析 .....	440

## 王梦恕院士简历

王梦恕院士 1938 年 12 月出生于河南省温县，中国共产党党员，工程院院士、教授，现担任北京交通大学土建学院隧道与地下工程研究所所长，北京交通大学·中国铁路工程总公司隧道及地下工程试验研究中心主任，中铁隧道集团(原铁道部隧道工程局)副总工程师，第九、十届全国人大代表、全国政协委员。

学习经历：1952 年 9 月—1955 年 8 月，天津铁路工程学校，大型建筑专业，中专；1956 年 9 月—1961 年 8 月，唐山铁道学院桥隧系，隧道及地下工程专业，本科；1961 年 9 月—1964 年 12 月，唐山铁道学院桥隧系，隧道工程专业，硕士研究生。

工作经历：1965 年 4 月—1970 年 5 月，铁道部北京地下铁道工程局施工处科研室，任技术员、专题组长；1970 年 5 月—1979 年 2 月，成都铁路局峨眉内燃机务段、局科研所，任主任技术员、工程师；1979 年 2 月—1997 年 5 月，中铁隧道集团(原铁道部隧道工程局)科研所、局总工办，高级工程师，任研究室主任、专题组长、科研所总工程师、北京地铁指挥部副指挥长、总工程师、局副总工程师，1995 年当选为中国工程院院士；1997 年 5 月至今，北京交通大学土建学院隧道与地下工程研究所所长、博士生导师。

王梦恕院士从事铁路工程科技工作三十余年，他科学态度严谨，实践经验丰富，有强烈的事业心和责任感。在隧道及地下工程的理论研究科学试验，开发新技术、新方法、新工艺，指导设计、施工方面做出了突出贡献，取得了丰硕成果，推动了我国隧道建设技术的发展。1990 年被铁道部评为有突出贡献中青年专家，同年被评为国家级有突出贡献的中青年专家；1994 年获得首届詹天佑成就奖(大奖空缺)；1999 年获得詹天佑大奖，同年荣立国家人事部一等功。

王梦恕院士在隧道及地下工程领域的主要贡献如下。

(1) 开拓了铁路隧道复合衬砌新型结构领域的理论研究、室内及现场试验，摸清了结构受力特点、机理，确定了施工要点及工艺，从而大大提高了地下结构的承载能力和抗裂性能，并首次在大瑶山隧道应用成功。该项研究获 1987 年铁道部科技进步二等奖、国家科技进步三等奖。目前已在全国长大铁路、公路隧道、地下铁道、地下停车场全面推广应用。

(2) 为衡广复线大瑶山隧道修建采用新原理、新方法、新结构、新技术、新工艺、新材料、新设备做了大量科学技术攻关工作，使新奥法标准作业工艺、深孔光面爆破、喷锚支隧道围岩变位监控量测有新的发展和突破，为大瑶山隧道修建提供了技术数据和施工模式。实现了大断面、大型机械化的新奥法快速施工，彻底改变了我国多年的传统施工方法。提前两年半建成大瑶山隧道，被视为我国铁路隧道发展史上的一次重大飞跃。1990、1992 年“大瑶山长大铁路隧道修建新技术”分别荣获铁道部及国家科技进步特等奖。

(3) 主持黄土浅埋地层大跨度新奥法设计、施工试验工程。证明了新奥法原理在软弱围岩地层中的可行性，首次系统、完善地创造了超前小导管稳定工作面支护体系的理论分析和工艺应用，研制了新型网构钢拱架支护。这些研究成果已在全国地下工程领域中广泛应用。该项目 1989 年获铁道部科技进步二等奖。

(4) 主持创造了浅埋暗挖法施工配套技术。该方法经济效益显著，为城市地铁建设开辟了一条新路。在北京地铁复兴门折返线首次应用就获得了极大的成功。1988 年“浅埋暗

挖法施工技术”获北京市科技进步一等奖。

(5) 主持完成了应用浅埋暗挖法在北京进行的三拱两柱大跨度车站试验段工程,跨度达 21.6 m,覆跨比小于 0.4,采用柱洞法施工,解除了能否采用浅埋暗挖技术修建地铁车站的疑虑,掌握了主要关键技术,为用该法修建地铁车站做了充分的准备。1990 年该项成果获北京市科技进步二等奖。

(6) 主持了隧道爆破动、静态应力场叠加作用的现场试验,进行了大量现场量测和室内动态模型试验、分析计算,得出的结论已被推广应用。

(7) 完善了浅埋暗挖法综合配套技术,并推广到各个领域,1996 年被国家科委评为国家科技进步二等奖。

王梦恕院士在以上科研和工程中获国家科技进步特等奖 1 次,二等奖 3 次,三等奖 1 次;铁道部科技进步特等奖 1 次,二等奖 5 次;北京市科技进步一等奖 1 次,二等奖 3 次。王梦恕院士结合研究成果,先后在国内外、省部级、国家级杂志上发表论文 28 篇;担任主持、主编并已出版图书 3 册,任副主编并已出版图书 1 册,参编 2 册,主编待出版图书 2 册。

# 自序

1964年我毕业于唐山铁道学院。当时,许多学子是冲着交大土木系茅以升所从事的桥梁专业而来的,但是我却非人所常,选择了刚刚起步,施工技术还十分落后,施工条件异常艰辛、危险的隧道及地下铁道专业。面对亲人、朋友的不解,我讲述了这个我将铭记终生的一幕:那是在1959年,我在成昆线进行认识实习的第二天,隧道发生了山崩地裂的大塌方,多少位同志多少天的日夜奋战在瞬间化为一座废墟,到处是巨石断木和龇牙咧嘴的周壁,那是全体同仁的心血和汗水呀!面对八位工人壮烈殉职的悲壮场面,面对同窗学友越南留学生的腿被砸断的凄惨情景,面对死难者家属们声泪俱下悲痛欲绝的痛哭,我的内心深处受到了极大的震撼。我深感我国隧道及地下工程设计、施工理论技术水平已经到了急需研究、提高的时刻,攻读隧道专业、改变落后面貌、解救工人工作条件的决心也就油然而生。面对困难、面对危险,别人退却了,我却把困难和危险当做了挑战和机遇,祖国的需要就是自己的志向,我毅然选择了这个专业。而且告诉自己:选择它就要爱上它!因为我时刻牢记着父亲的教诲。从小,父亲就给我讲述祖父如何跟随革命先驱——孙中山先生干革命而四处奔波,为拯救中国的危亡而奋斗一生的感人经历,教育我要有责任感、事业心。我把父亲的这些话深藏心底。我立下誓言:为了隧道事业我将奉献出我的一切。的确,也就是这一选择造就了我不同常人的坎坷人生。

40年过去了,我们的祖国发生了翻天覆地的变化,我为祖国日新月异的发展而骄傲,我为祖国综合国力的增强而自豪,同时我也为自己实现了当初的誓言,为建设祖国奉献了我的一切而深感欣慰。回想40年的工作经历,我和祖国一起成长着,也就有了很多我和祖国共同的“第一次”。

1965年,我参加了我国第一条自行设计、自行施工的地下铁道——北京地铁的建设。毛主席亲笔批示:“精心设计,精心施工,在建设过程中一定会有错误,失败,随时注意修正。”这些话对参加建设的每一位工作者既是鼓舞,又是鞭策!这是长中国人志气的一件大事,我有幸参加了北京地铁的建设,我时刻提醒自己牢记主席的话,也就在这个过程中,我第一次用自己所学的知识纠正了“隧道内净空确定未考虑施工误差、贯通误差的重大设计失误”,受到领导的高度赞扬,接着,我又第一次独立承担了第一段钢筋混凝土衬砌的施工工艺试验,做到了结构滴水不漏,强度满足要求。还承担了具有国外先进水平,在我国第一次用“压缩混凝土衬砌代替管片机械化盾构”的大型工艺模拟受力试验;主持参加设计制造了当时国外所没有的我国第一台直径7.3m的大型机械化压缩混凝土盾构的设计和制造。我深感勇于承担前人未干的工作,就需要有拼搏精神和创新意识,这是为自己奠定创新的外部环境和条件。参加现场施工的实践,在实践中我又可以用自己的创新去改变施工方法和工艺。

5年的奋战,我自感无愧于人民,对得起祖国,对得起自己所从事的事业。从这一段难忘的经历中我深深地认识到:隧道及地下工程虽然深奥,但并不是不可以认识的。只要紧密地将理论知识和工程实践相结合,热爱它,不断地钻研,不断地实践,不断地探索,就会有新



的发现,就会有所突破与创新。这种结合,这种探索是要经受许多挫折,会遇到来自各方面的打击和压力;但我看准了方向,我坚信只要持之以恒,排除干扰,就会逐渐实现理想和目标。由于传统观念的存在严重阻碍着创新的产生;因此我必须去战胜它,否则就会被传统观念所吓倒!

在那个年代,家庭出身的干扰,使我离开了地下铁道专业,到成都铁路局峨眉内燃机务段从事机电工作。当时,在一般人眼中我是有严重政治问题的;的确,在逆境下我戴上了臭老九、黑尖子的帽子;但在工人阶级宽宏的胸怀中,我不感到压抑、自卑。相反,他们很尊重我的知识,有爱才之心,我们共同创造了全国第一个内燃机车架修机务样板段。

“四人帮”被打倒了,我38岁才被定职机械工程师,并被调到成都筹建成都铁路局科研院所。这是个科技、思想解放的春天。当时领导要重用和提拔我为成都局科研院所所长,但我放弃了生活条件优越的成都,服从部领导的命令而来到了居住和生活环境较差的中原城市,这是我人生的第三次选择。不少人感到很不理解,孩子也不习惯北方的生活,常闹着要回成都;但事业在我心中是至高无上的,个人利益又算得了什么。后来4501工程指挥部改名为铁道部隧道工程局。

为了发展华南,修建衡广复线大瑶山隧道,隧道全长14.295km。当时,它是我国最长的双线铁路隧道。施工技术的跨度很大,20世纪70年代我国仅能建成单线7km的隧道,如何用最短的时间安全高速地建成,这是对隧道建设的严峻考验,这也是自我参加工作以来面对的第二个大难题。在领导的支持下,我带领20多位工程技术人员在大瑶山隧道之旁的雷公尖隧道进行施工全过程试验,没有参考资料和规范,必须选用新原理,研究新方法、新结构、新技术,我们运用新材料、新设备、新仪器,创造新工艺,进行了与传统方法完全不同的隧道施工方法的全工艺试验。在试验中大胆突破了我国许多隧道施工的规范、规程,创建了许多国内一流的关键技术,取消了木支撑,突破了全断面深孔(5.2m)、光面爆破技术应用、喷锚技术,实现了对松动围岩迅速支护技术,用监控量测进行隧道安全稳定反馈分析,为大型机械化快速施工提供了很大的空间,为大瑶山隧道全面开工、快速掘进提供了宝贵的数据资料和施工模式,彻底改变了传统的不安全的小断面开挖、木支撑的慢速施工方法,把工期从8年缩短到6年零6个月,将施工水平从“落后国外30年”迅速提高到“20世纪80年代末世界先进水平”,被誉为我国隧道修建史上第三个里程碑。其中,10项配套技术,42项技术难点达到国际、国内先进水平。1990、1992年分别荣获铁道部、国家科技进步特等奖。第一次面对巨大的成功,我在自己的工作日记中写下这样的句子:我只是沧海一粟,集体的力量是战无不胜、攻无不克的!成功,是群体智慧的结晶!

回顾这许许多多的第一次,仿佛又回到了那奋斗的日日夜夜,最让我难忘的是为什么许多的第一次在我身边出现呢?这说明一个理念:我是从小就不习惯学别人干事,而总爱独出新招,这新招绝不是凭空脱离实际的新招,而是能解决实际问题的新主意。

一个人要干事业,不要平庸一生,是家庭的传统和教育,这就培养了我爱干工作、干有利于人民的事,同情弱者、帮助弱者是父亲身教的结果,我尊重在第一线的工人,愿用自己的创造来减轻他们的劳动,这就是我最大的幸福,这就是我的动力所在,也是我不断找机会去拼搏的原因。

在1984年4月,我主动到铁道部要求对大秦线军都山隧道的进口黄土地层采用双线浅埋暗挖法试验,以取代明挖施工,这个建议取得了成功,少拆4个村庄,这又是第一次的开创