

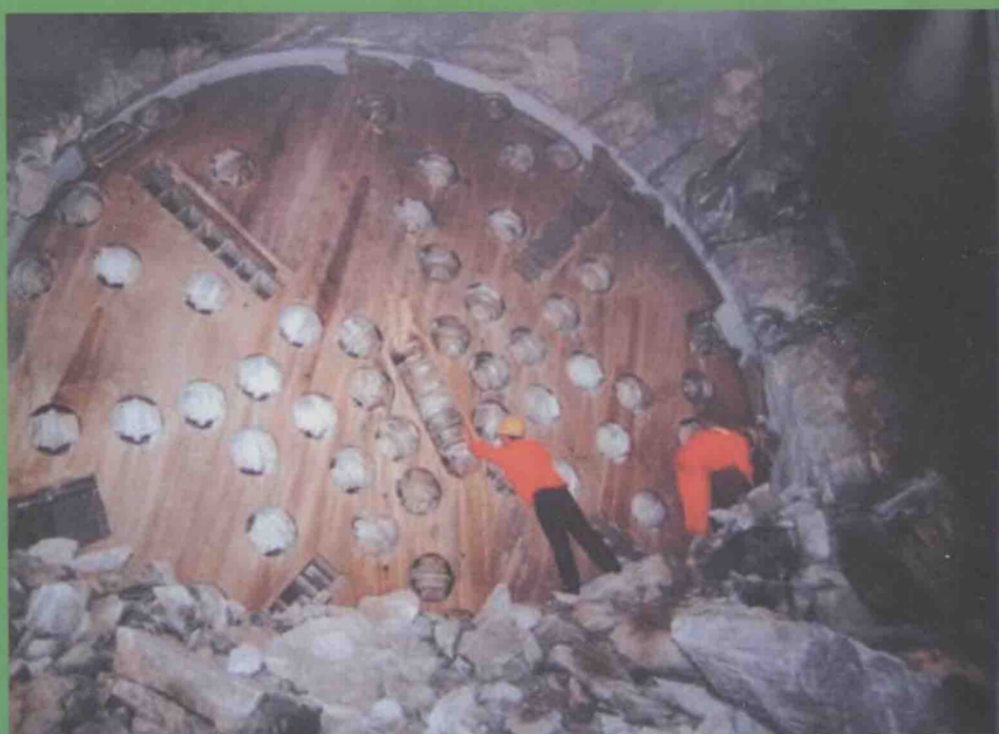
西安—安康铁路

秦岭隧道 TBM 掘进施工技术总结

XIAN—ANKANG TIELU

QINLING SUIDAO TBM JUEJIN SHIGONG JISHU ZONGJIE

铁道部工程管理中心



中国铁道出版社

西安—安康铁路秦岭隧道 TBM 掘进施工技术总结

铁道部工程管理中心

中 国 铁 道 出 版 社

2004年·北 京

西安—安康铁路秦岭隧道 TBM 掘进施工技术总结

铁道部工程管理中心

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 4 年 · 北 京

内 容 提 要

秦岭隧道位于西安—安康铁路青岔至营盘车站之间,是西安至安康铁路关键性工程,隧道全长18.465 km。秦岭隧道施工采用了TBM掘进技术,这在国内是首次采用TBM用于铁路隧道施工。TBM掘进技术和其他新技术的大量采用,标志着我国铁路隧道技术上上了一个新台阶,对于推动隧道工程的科技进步和发展具有重要意义,也标志着我国隧道建设的规模 and 水平步入世界先进国家行列。

本书较详细地介绍了采用TBM修建秦岭隧道工程中地质选线、隧道圆型断面及衬砌、整体道床、TBM选型、TBM施工以及所进行的科研成果、经验,对秦岭隧道工程是一个总结,对以后的TBM工程施工也具有指导和借鉴作用。

图书在版编目(CIP)数据

西安—安康铁路秦岭隧道TBM掘进施工技术总结/铁道部工程管理中心.
北京:中国铁道出版社,2004.2
ISBN 7-113-05391-2/TU·742

I.西… II.铁… III.铁路工程:隧道工程—井巷掘进—施工技术—秦岭 IV.U455.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2003) 第058096号

书 名:西安—安康铁路秦岭隧道TBM掘进施工技术总结

著作责任者:铁道部工程管理中心

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:张悦 时博 编辑部电话:(路)021—73141,(市)010—51873141

印刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:22.75 插页:6 字数:580千

版 本:2004年2月第1版 2004年2月第1次印刷

印 数:1~1050册

书 号:ISBN 7-113-05391-2/TU·742

定 价:63.00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。

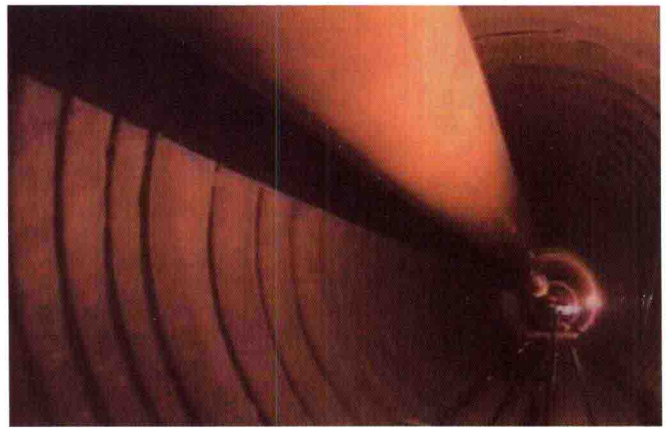
发行部电话:(路)021—73169,(市)010—51873169



开敞式 TBM 开挖的硬岩隧道



安装钢拱架



软弱围岩的掘进隧道



衬砌模板台车



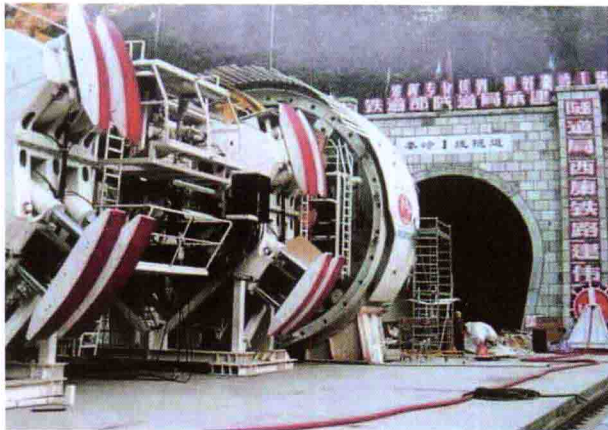
TBM 操作控制室



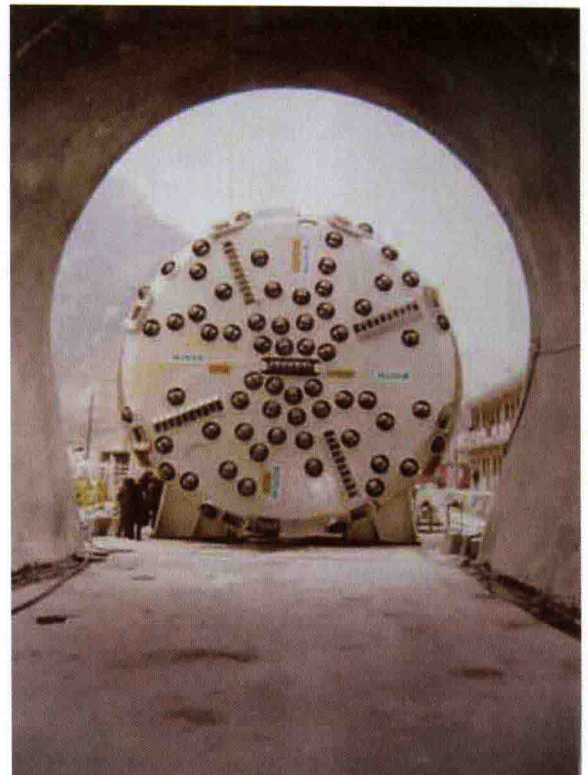
贯通面



切削石碴



秦岭隧道正在组装中的TBM



准备步行进洞的TBM



正在组装的TBM



秦岭隧道 TBM 切削岩面



锚杆作业



上部吊机吊装钢拱架



喷射混凝土

编 审 委 员 会

主 任 施德良
副 主 任 黄天生 郝光隆 姚宗弟 梁文灏
委 员 李典璜 王梦恕 宋成祥 李际中 刘 春 李洪奇
王在仁 彭道富 沙明元 郭大焕 崔 原

编 审 组

组 长 李典璜
副 组 长 刘 春 沙明元 秦淞君 刘 赓 齐景岳
主 编 刘 春 沙明元 宋成祥 秦淞君

编写人员

西康铁路建设指挥部 李典璜 茅伟才 阎启汉
铁道第一勘察设计院 刘 赓 舒 磊 刘孟山 梁文灏

中国铁路工程总公司

肖万弘	李才儒	邹振甫	张滋成	彭良增	郭卫社	李友强
卢建伟	谭忠盛	卢智强	孙 谋	王培琳	徐军哲	胡新朋
付卫新	胡 斌	刘占平	蔡振宇	陈 健	魏忠良	刘 军
何其平	沈熙智	谭顺辉	吕建乐	周 俊	赵全民	刘占山
曾 保	刘瑞庆	何於莲	梁奎生	朱六兵	王守刚	张新伟
董天鸿	王镇春	杨路帆	薛 林			

中国铁道建筑总公司

姚宗弟	李洪奇	李重阳	王在仁	彭道富	魏贤坤	郭志强
陆晓辉	杨继明	陈德红	赵素志	张 杰	赵铁山	辛军响
肖艳霞	王 献	潘占法	张济宏	苗安洲	刘金良	沙明元
李培忠	万治吕	方炳杰	张家宏	王永福	王雅丽	齐梦学
王燕军	赵文华	陈红伟	李洪亮	杨 远		

前 言

秦岭隧道位于西安至安康铁路的青岔至营盘车站之间,是西安至安康铁路关键性工程。西康铁路是我国铁路战略布局中“八纵八横”骨架中的重要部分,它位于包柳通道(包头经西安、重庆、贵阳至柳州)北段陕西省境内,是西部地区南北向联络的重要铁路通道之一。西康铁路的修建将陕西省陕北、陕南地区连接在一起,形成陕西省境内南北向交通的主脊梁,它的修建对开发矿业、改善西北生态环境、促进老区脱贫致富和经济发展具有重要意义。

秦岭山脉是我国长江、黄河两大水系的分水岭,山高谷深,人烟稀少,地形、地貌及地质条件十分复杂。秦岭特长隧道的修建,揭开了秦岭中段地质构造的神秘面纱,是我国隧道工程的新的里程碑。TBM掘进技术和其它新技术的大量采用,标志着我国隧道设计、施工技术上了一个新台阶,也预示着我国隧道建设的规模和水平步入世界先进行列。

秦岭隧道地质条件复杂,岩石坚硬,干燥状态下的平均抗压强度130~200 MPa,在上地质构造有多条断裂,较大断裂带可能产生突然涌水坍塌等。隧道最大埋深达1 600 m,埋深超过1 000 m的地段长度大于4 km,自重应力、构造应力、残余应力的影响大,在深埋地段或受地应力影响的浅埋地段有可能发生岩爆。

国外从20世纪50年代就已经开始采用掘进机(TBM)进行隧道施工,采用掘进机施工的隧道长度已超过1万km,平均掘进速度在400 m/月以上。在掘进技术方面,已逐渐成型并成为高竞争力的隧道施工技术。我国对隧道掘进机技术的研究和应用起步较晚,在铁路隧道施工中采用全断面掘进机尚属首次。面对秦岭隧道这样坚硬的岩石和复杂的地质构造,我们完成了使用掘进机施工及管理技术的研究,不仅解决了本工程的世界性难题,确保秦岭隧道顺利建成,而且对促进我国铁路隧道和地下工程事业发展具有重要意义。

秦岭隧道是我国第一条由中国人自主确定TBM技术参数和配套设备、自行操作掘进、施工管理的隧道,主要技术指标和成果达到了同类条件下的国际先进水平,标志着我国隧道的设计、施工水平上了一个新的台阶。

本书较详细地介绍了采用TBM修建秦岭隧道工程中选线、隧道圆型断面及衬砌、整体道床、TBM选型、TBM施工以及所取得的科研成果、经验,对以后采用TBM施工的隧道工程具有指导和借鉴作用。

编 者

2003年12月9日

目 录

第一章 工程概况	1
第一节 工程简介	1
第二节 隧道设计概况	2
第三节 TBM 的主要性能及施工简介	4
第四节 建设管理工作的作用	12
第五节 隧道建成后的行车试验及运营质量	13
第六节 在我国铁路隧道建设史上的地位	14
第七节 建设经验和教训	17
第二章 TBM 的引进	22
第一节 秦岭 I 线隧道施工选用 TBM 简介	22
第二节 为 TBM 的引进和选型,开展国内外调研、考察和论证工作的要点	22
第三节 采用 TBM 施工的相关问题	26
第三章 TBM 隧道施工设计	28
第一节 秦岭特长隧道总体设计	28
第二节 秦岭 I 线隧道 TBM 施工地质工作	30
第三节 秦岭 I 线隧道 TBM 施工设计	33
第四章 进口工区 TBM 施工	44
第一节 施工准备	44
第二节 TBM 掘进	71
第三节 TBM 掘进地段的支护	100
第四节 TBM 的出碴、进料运输	105
第五节 TBM 的检查、保养与维修	111
第六节 洞内外主要技术工作的配合和物资供应	123
第七节 TBM 的拆卸	128
第八节 圆形隧道衬砌施工技术	140
第九节 施工统计数据	151
第五章 出口工区 TBM 施工	156
第一节 施工准备	156
第二节 TBM 掘进	188

第三节	初期支护和不良地质地段施工	241
第四节	出碴与进料运输	245
第五节	TBM 的检查、保养与维修	248
第六节	洞内外的主要技术工作配合和备件管理	276
第七节	TBM 拆卸	286
第八节	圆形隧道衬砌施工技术	300
第九节	出口工区施工数据统计	313
第六章	科研成果	322
第一节	TBM 施工技术研究	322
第二节	TBM 施工后配套选型及本地化研究	325
第三节	TBM 施工组织管理技术的研究	332
第四节	TBM 施工工程经济研究	337
第五节	TBM 施工需要的围岩裂隙等级划分及地质参数测试技术的研究	338
第七章	建设管理	345
第一节	概 述	345
第二节	TBM 施工组织编制原则与工期控制	346
第三节	TBM 施工监理与施工质量控制	347
第四节	建设单位的其他施工管理和工程检查	353
第五节	联络与协调工作	355
第八章	几点建议	356
第一节	开展 TBM 的各项技术培训	356
第二节	要进一步开展有关科研工作	357
第三节	对 TBM 部(构)件要逐步实现本地化	358
第四节	开展 TBM 施工的隧道降低造价措施研究	359

第一章 工程概况

第一节 工程简介

秦岭特长隧道(以下简称秦岭隧道)位于陕西省长安县和柞水县境内,在西安—安康铁路(以下简称西康铁路)青岔站至营盘镇站之间,参见彩色插页。

秦岭隧道由两座基本平行的单线铁路隧道组成,分别称之为秦岭特长隧道Ⅰ线隧道(以下简称秦岭Ⅰ线隧道)和秦岭特长隧道Ⅱ线隧道(以下简称秦岭Ⅱ线隧道)。两座隧道中线间距为30 m,秦岭Ⅰ、Ⅱ线隧道全长相等,均为18 456 m,是目前我国建成的最长的铁路隧道。在当今世界单线铁路隧道中,按长度排序名列第六。秦岭Ⅰ线隧道进口(北口)路肩高程为870.8 m,出口(南口)为1 025.30 m,秦岭Ⅰ线隧道较秦岭Ⅱ线隧道高0.24~0.56 m。秦岭Ⅰ、Ⅱ线隧道纵坡基本相同,由北口进洞后约14.7 km范围为11‰上坡,然后以长3.2 km、3‰的下坡出洞。隧道两端洞口均位于半径为500 m的曲线地段,详见彩色插页。

秦岭Ⅰ、Ⅱ线隧道,均采用与60kg/m特重型轨道配套的最新型弹性支承块整体道床结构,一次铺设超长无缝线路,采用先进的全补偿型接触网悬挂,以满足国家Ⅰ级电气化铁路的高标准要求。

秦岭Ⅰ、Ⅱ线隧道分别采用了不同的施工方法。秦岭Ⅰ线隧道的两端采用隧道掘进机(TBM)施工,其中段采用钻爆法施工。TBM的施工长度约10.85 km,钻爆法的施工长度约7.6 km。秦岭Ⅱ线隧道全长采用钻爆法施工,先在秦岭Ⅱ线隧道中线位置施工导坑,作为秦岭Ⅰ线隧道的平行导坑,为秦岭Ⅰ线隧道TBM施工进行地质超前预报,并通过秦岭Ⅰ、Ⅱ线隧道间每隔420m设置的横通道,在排水、通风、运输方面辅助Ⅰ线隧道在钻爆法段的施工。

由于秦岭隧道在设计、施工、运营安全和维修管理方面都有许多技术难关要攻克,且秦岭Ⅰ线隧道是铁道部系统首次采用TBM施工的隧道,为此有6类24项部(省)级重点科研项目立项研究。科研成果及时应用于设计和施工,在科研与生产相结合上闯出了新路。

秦岭隧道施工任务的承包单位,是中国铁路工程总公司(以下简称中铁工总)和中国铁道建筑总公司(以下简称中铁建总)。承担秦岭Ⅰ线隧道进口段TBM施工和部分中段钻爆法施工任务的施工单位,是中铁工总所属的中铁隧道局和中铁一局。承担秦岭Ⅰ线隧道出口段TBM施工和部分中段钻爆法施工任务的施工单位,是中铁建总所属的中铁十八局。承担秦岭Ⅱ线隧道进、出口段施工任务的施工单位,是中铁一局和中铁十八局。承担施工监理的单位,是中铁西南科学研究院秦岭隧道监理站(以下简称秦岭隧道监理站)。西康铁路(包括秦岭隧道)的设计单位是铁道第一勘察设计院(以下简称铁一院)。建设单位是铁道部工程管理中心(以下简称部工管中心)。

秦岭Ⅰ线隧道进、出口端,TBM掘进分别始于1998年1月19日和同年2月16日,该隧道于2000年12月20日建成。西康铁路于2001年1月8日开通,并交付临管运营,在交付临管运营后一年之内两次提高运营行车速度。秦岭Ⅰ线隧道交付临管运营后就能通过120 km/h

的设计行车速度。运营实践表明,秦岭Ⅰ线隧道的工程质量是优良的。

第二节 隧道设计概况

一、越岭方案选择和勘测技术

(一)越岭方案选择

西康铁路通过地形、地质的复杂地区,选择线路方案是一个精心的勘测设计过程,也是不断认识,逐步完善的过程。特别是通过秦岭的越岭方案选择,在更大范围内作线路方案设计,精心比选。先后经历了可行性研究、初测子阶段及初步设计等阶段,在可能穿越的秦岭地区,范围上从大到小,精度上由低到高,踏实地进行了越岭线路方案比选工作。1958年开始作可行性研究,1987~1988年进行了针对性更强的地质选线工作,在460 km²范围内,勘测了累计总长超过1 000 km的比选线路方案,提出了17个隧道走向比选方案。经过多次的现场比选、优化和专家会审、论证,最后选定了现在建成的隧道方案。施工实践表明,该越岭隧道方案是正确的。不仅优选出了符合自然条件、满足线路要求的合理方案,还缩短了线路长度,节约了建设资金。

(二)勘测技术

穿越秦岭线路方案的勘测设计任务,既要进行大面积、多方案地质选线,确定越岭隧道的最佳位置。还要查明已确定的越岭隧道的地质条件,为设计提供较为准确的地质资料,并有针对性地做好隧道工程设计,以保证施工顺利和运营安全。为此,采取了3项技术措施。

1. 增加了“初测子阶段”。这一改革勘测程序之举,加深了地质工作和预初步设计,解决了不同施工方法的比选、辅助坑道的选择、施工组织及运营实施的比选,为合理选择隧道的越岭方案提供了技术支持。

2. 大规模开展了综合地质勘探。改变了过去以地面调绘及钻探为主的习惯做法,在大面积地面地质调绘中,研究和广泛应用了3个不同层次5个片种的遥感图像解释和计算机增强处理技术;在对深部地质情况的探查中,研究采用了以航空物探和音频大地电磁探测法为主的11种物探方法,并辅以少量验证性钻探的综合勘探方法,取得了很好效果。所采用的“点、线、面结合,深、浅结合,多层次、多参数的立体化”综合勘探模式,已在其他各线的勘察中推广应用,并成为中铁工总制定的《铁路综合勘探暂行规定》的主要依据。

3. 认真开展了利用平导对正洞的施工地质预测预报工作。由于平导与正洞相距仅30 m,隧道地区又处于东西向的纬向构造带,平导与正洞的地质情况有很强的可比性,所以通过平导的施工地质编录,加上必要的物探侧向探索核对和地应力测试,平导对正洞的地质预报取得了明显成效。

经过隧道施工验证了:不良地质和特殊地质的分布及特征与设计预测的基本吻合;反映工程综合特性的围岩分类准确率达88%;不良地质、特殊地质与设计预测基本一致;对地应力较高条件下(包括断层带在内)围岩稳定性的判定基本正确;隧道地质条件较为单一,洞轴及隧道位置选择较合理。

二、隧道工程设计

秦岭隧道在工程设计中研究和应用了多项新技术,主要表现在以下几方面:

(一)圆形衬砌结构研究和新型衬砌设计

为秦岭隧道科研立项的“圆形衬砌结构研究与接触网下锚技术试验”课题,通过研究提出:各类围岩圆形衬砌的结构形式及相应参数;单线圆形断面隧道内锚段关节不开挖下锚技术条件;单线圆形断面隧道接触网悬挂和定位技术及零部件选用形式等。使秦岭Ⅰ线隧道的圆形衬砌和下锚段设计达到我国铁路隧道设计的先进水平。

秦岭隧道还采用了湿喷钢纤维混凝土新型衬砌。这种衬砌在国内外已做过大量研究和应用,但在西康铁路应用尚属铁路系统的首次应用,设计和施工均无把握,且对喷射面的平整度缺乏质量验收标准。因此,由设计单位牵头组织研究,先在该铁路南段的两座隧道,各选一段作为试验段,试验成功后再在秦岭隧道中采用。同时,由建设单位牵头,组织有关专家、教授在调查研究的基础上,结合我国隧道工程实际情况,编写出了《喷钢纤维混凝土衬砌质量验收标准》供工程质量验收之用,这是我国铁路建设系统,首次编写这类衬砌的质量验收标准。在秦岭Ⅰ、Ⅱ线隧道中,采用喷钢纤维混凝土衬砌的长度各约5 424 m和4 194 m。这项新技术的工艺和设备简单,它的应用不仅能降低隧道工程造价,还因工序单一可大大提高施工进度。这项技术应在铁路隧道中,特别在TBM施工的隧道工程中大力推广。

(二)新型整体道床研究与设计及超长钢轨无缝线路施工新工艺

隧道整体道床在我国有近40年历史,它曾为铁路隧道建设和运营起过重大作用,但随着运营时间的增长,整体道床的缺陷逐渐暴露出来,诸如:结构弱、刚度大、可维修性差、铺设施工进度慢、质量难以保证、结构的使用寿命较短、运营中发生的病害较多等,给铁路运营维修带来很大困难。因此,运营单位曾一度不欢迎隧道整体道床。但因秦岭隧道太长,如采用有碴道床则养护维修量太大,必须采用技术先进、结构合理、施工快捷、运营少维修或免维修的新型弹性无碴轨道结构及超长无缝线路。为解决这一难题,提出了“弹性整体轨道结构及施工工艺、机具的研究”课题,此为上述24项科研项目中经费投入最多的项目。经过设计、施工、科研、教学等单位的科研人员联合攻关,并通过现场试验获得成功。达到的目标是:新型的整体道床型式具可维修性(轨枕等易损件便于更换)、足够的弹性(接近有碴轨道)、可调性(允许轨距调整+12~-8 mm,可调高10 mm)和耐久性(弹性材料的寿命可达30年以上);在施工工艺上能满足月施工进度1 000 m以上要求;在施工机具研制上做到完善、配套等。上述科研和设计成果应用于施工生产,及时满足了生产需要,使我国最新型的铁路隧道整体道床得以在秦岭隧道中诞生。

秦岭Ⅰ线隧道铺设的新型整体道床,也是一次铺设超长钢轨无缝线路。科研课题组与施工单位紧密配合,先后在陇海铁路宝天段的白清隧道,和当时正在修建的西康铁路大瓢沟隧道选试验段做现场施工及运营试验,经反复试验获得成功。这种弹性整体道床,采用组合式轨道排架铺设、套靴式预制钢筋混凝土弹性短轨枕、现场浇筑混凝土道床方法进行,这项新技术在国内首次采用。在施工进度方面,该隧道进口段由中铁隧道局和中铁一局分段施工,出口段由中铁十八局施工。创造了单口月平均进度2 265 m、月最高进度3 019 m的快速施工成绩。进、出口段的快速施工,在施工进度和质量上都创造了我国铁路隧道整体道床建设史上的最好成绩。

超长无缝线路全长18.477 km,采用60 kg/m PD3型全长淬火钢轨,这种新型轨道一次开通的行车速度可达120 km/h;超长无缝线路钢轨焊接运输方案,采用专运列车将250 m厂焊钢轨运抵工地,长轨铺设后再用移动式气压焊焊接成超长无缝线路。一次铺设无缝线路长钢轨新工艺为国内首次研制应用,其施工机具配套,功能完善,技术进步,构思巧妙。

(三)运营通风方案的研究和设计

电气化特长单线铁路隧道是否要设置运营通风设备,初步设计时,还不能回答这问题。在铁道部有关部门牵头组织下,“电气化特长单线隧道运营通风必要性及综合配套技术的研究”课题立项研究。课题组通过研究和试验提出了:秦岭隧道有害气体浓度及温度、湿度分布状况预测分析报告;秦岭隧道是否设置运营通风的依据和结论的分析报告;秦岭隧道运营通风方案及配套设备选型的报告。在各方共同努力下,通过理论分析和模型试验,按要求完成了既定研究任务,满足了设计和施工需要。在我国电气化特长单线铁路隧道中,首次采用了射流风机运营通风方案。

第三节 TBM 的主要性能及施工简介

一、引进 TBM 问题的提出

国外从 20 世纪 50 年代开始采用 TBM 施工,现已成为长大隧道施工最有效的手段之一。据不完全统计,目前世界上已生产 TBM 约 1000 余台,采用 TBM 完成工程的长度达 10 000 km,主要为水利、城市污水处理和铁道、公路等工程。

“七五”期间,铁道部在利用外资、引进技术上做了大量工作,取得了成绩。极大地推动了隧道设计、施工技术水平的提高。大瑶山隧道建设,成功地实现了单口开挖平均月进度 100 m 的目标,缩小了我国隧道施工与世界水平的差距。在大秦铁路建设中,隧道建设技术水平得到了巩固和提高。在南昆铁路米花岭隧道施工中,单线铁路隧道施工机械化配套和快速掘进技术的成功,使单口掘进平均速度达到 150 m/月,使铁路隧道钻爆法施工技术水平接近国际水平。与此同时,TBM 施工在国内外得到前所未有的发展,如英吉利海峡隧道采用 11 台 TBM,仅用 50 个月就完成了 150km 隧道的工程任务;国内甘肃“引大入秦”工程,TBM 创造了 1 300 m 的月进度记录。面对我国铁路隧道建设技术水平的现状和差距,大大激发了学习和引进世界先进技术的热情。中铁工总借米花岭隧道准备修建的时机,最先提出引进全断面 TBM 的建议,直到秦岭隧道建设提到议事日程,为缩短工期、解决施工通风等难题需要,由中铁工总和铁一院共同提出在秦岭隧道使用 TBM 的要求,得到铁道部领导的重视。经多次论证会上专家们的赞同推荐,并得到部领导的认可。结合秦岭隧道情况,开始了 TBM 的选型和国内外的调研、考察和论证工作。1993 年 5 月铁一院完成了秦岭隧道 TBM 施工方案并报到部。由此可见,引进 TBM 问题的提出和决策是积极的、慎重的,是符合我国铁路隧道技术发展要求的。

二、TBM 的选型和主要技术参数

我国从 20 世纪 60 年代已开始研究 TBM,但真正意义上采用 TBM 施工是从 20 世纪 80 年代开始,主要用于水利工程,大部分直径小于 6 m,且主要由外国承包商施工。秦岭隧道不仅是我国第一次采用 TBM 施工的铁路隧道,也是第一次由中国人自己确定 TBM 主要技术参数和自主操作大断面 TBM 施工的隧道。

为了确保 TBM 在秦岭 I 线隧道的成功应用,铁道部组织了有关单位就 TBM 的选型及几个关键问题,进行了大量的调研、考察和论证工作。通过各方的共同努力主要在以下几方面形成共识:

(1)在秦岭地质条件下使用 TBM 是可行的。TBM 选型上要充分考虑硬岩的特点,结合

开展的科研项目成果,可保证在硬岩条件下顺利施工,并可控制和降低工程投资。

(2)TBM 的使用寿命。一般 TBM 主轴承的寿命在 1 万~2 万 h,换算成正常情况下的隧道掘进长度为35 km左右。在不更换 TBM 主轴承进行大修的条件下,考虑秦岭岩石坚硬和国内首次使用等不利因素后,一台 TBM 可完成10 km掘进长度。秦岭隧道完成后,每台 TBM 仍能再承担其他的长隧道工程施工。

TBM 是典型的非标设备,每台 TBM 都要根据隧道的开挖直径、地质条件提出所需的技术性能,确认其驱动形式、控制、测量、记录,以及后配套系统等规格和关键参数。在引进采购 TBM 之前,铁道部组织有关专家,进行了大量的国内外考察和调研工作,合理的选定了 TBM 的型式、直径、刀盘、支护系统、主要技术参数和后配套系统。秦岭隧道采用的开敞式 TB880E 型 TBM 的主要配置和主要技术参数详见表 1—1。

表 1—1 TB880E 型 TBM 的主要配置和技术参数

	参 数 名 称	技 术 参 数
	掘进直径	8 800 mm
TBM 主 机	外形尺寸	22 m×8.8 m×8.8 m
	掘进速度	(岩石饱和抗压强度 325MPa 时) 1.0 m/h
	刀 盘 驱 动	
	刀盘功率	3 440 kW
	刀盘直径	432 mm
	刀盘转速	2.7/5.4 rpm
	最大推进力	21 000 kN
	扭 矩	5 800 kN·m
	机器行程	1 800 mm
	支撑系统最大支承力	60 000 kN
	刀 具	
	刀具数量	6 把中心刀、62 把面刀
	刀间距	约65 mm
	刀具承载力	25 t/把
	变压器容量	5 400 kVA
	输送机输送能力	1 150 m ³ /h
后 配 套 系 统	轨 道	
	支架轨距	隧道支架轨距2 980 mm
	轨距	后配套轨道系统900 mm
	安全系统	手动、机械制动
	后配套长度	210 m
	曲线最小半径	500 m
	皮带机系统:	
	输送能力	1 150 m ³ /h
	装碴溜槽移动距离	80 m