

斜井TBM法 施工技术

雷升祥 编著

XIEJING TBM FA SHIGONG JISHU

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

斜井 TBM 法施工技术

雷升祥 编著



中国铁道出版社

2012·北京

内 容 简 介

依托新街台格庙矿,近一年时间来,作者就采用掘进机技术施工煤矿运输斜井巷道,开展了大量的预研工作。本书的内容就是一年来研究成果的综合体现。文章从项目分析入手,由理论性的研究分析,掘进机的适用性和安全性研究,设备的选型、斜井结构设计及相关设计、施工技术方案,直到关键问题处理及风险保障,进行全方位的表述。并就目前掘进机法在国内外类似工程中的应用,收集整理了大量的最新资料,针对性地进行了全面、系统的叙述研讨。

本书由雷升祥主编,参加编写的还有毛东晖、柴永模、邹春华、罗汝州、王占勇、刘树山、马天昌、李建强、王守国、刘伟。本书分为五个部分。第一部分重点介绍了掘进机技术的发展历史,目前在国内外的应用状况,所依托项目的基本情况,以及掘进机法在矿区运输斜井中适应性研讨;第二部分是介绍斜井运输巷道的结构设计和检算,从理论的角度论述项目的可行性和安全性;第三部分是全面、透彻阐述掘进机技术的工作原理,及设备选型、操作、管理等内容;第四部分分析介绍了在掘进机施工过程中可能遇到的通风、排水、运输、结构等问题,及应对策划;第五部分围绕施工安全风险作了重点表述,并提出了下阶段的科研方向和目标。

全书图文并茂,深入浅出,资料翔实,可参考性强,可供掘进机设计、施工、工程管理、科研等相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

斜井 TBM 法施工技术/雷升祥编著. —北京:中国铁道出版社, 2012. 6 (2012. 7 重印)

ISBN 978-7-113-13708-3

I. ①斜… II. ①雷… III. ①煤矿—斜井—盾构法
IV. ①TD262. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 203834 号

书 名:斜井 TBM 法施工技术
作 者:雷升祥

责任编辑:曹艳芳 陈小刚 电话:010-51873193 电子邮箱:cxgsuccess@163.com
封面设计:郑春鹏
责任校对:张玉华
责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京精彩雅恒印刷有限公司

版 次:2012 年 6 月第 1 版 2012 年 7 月第 2 次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:21.5 字数:538 千

书 号:ISBN 978-7-113-13708-3

定 价:75.00 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联系调换。

电 话:市电 (010)51873170,路电 (021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电 (010)63549504,路电 (021)73187

目 录

第 1 章 导 语	1
第 2 章 国内外斜井盾构法实例	4
2.1 国内类似工程的施工实例	4
2.2 国外类似工程的施工实例	4
2.3 国外复合式盾构机应用实例	11
第 3 章 研究背景工程	14
3.1 矿区概况	14
3.2 工程地质	16
3.3 水文地质	18
3.4 工程地质条件综合评价	21
第 4 章 斜井 TBM 法施工设计	22
4.1 设计说明	22
4.2 斜井平、纵断面设计	24
4.3 管片结构与检算	29
4.4 结构防水、防腐蚀设计	49
4.5 地层注浆加固、堵水、泄水设计	53
4.6 附属工程设计	55
第 5 章 掘进机选型	65
5.1 设备选型	65
5.2 复合盾构机的适应性分析	72
5.3 盾构机主要部件功能描述	83
5.4 盾构机关键参数计算	95
第 6 章 始发 U 形槽设计与施工	108
6.1 始发 U 形槽设计边界条件	108
6.2 始发 U 形槽设计与检算	108
6.3 始发 U 形槽工程特点及重难点分析	122
6.4 始发 U 形槽工程筹划	122

6.5	始发 U 形槽平面布置	123
6.6	U 形槽施工计划	125
第 7 章	掘进机始发与掘进	132
7.1	掘进机组装调试	132
7.2	掘进机拆卸及运输	136
7.3	掘进机始发、试掘进	139
7.4	掘进机正常掘进施工	143
7.5	掘进机检查、维修和保养	166
第 8 章	斜井施工通风系统	170
8.1	施工通风系统设计原则	170
8.2	污染源解析	170
8.3	斜井施工劳动卫生标准	171
8.4	通风方式选择	172
8.5	斜井($D=5.4\text{ m}$)施工通风计算	174
8.6	斜井($D=7.2\text{ m}$)施工通风计算	177
8.7	通风设备选择	180
8.8	通风运行管理	180
第 9 章	斜井排水	183
9.1	斜井涌水量预测	183
9.2	排水系统方案设计	185
9.3	排水流程	188
9.4	排水设备	188
9.5	水泵安装	191
9.6	管路布置	191
第 10 章	斜井物流运输	192
10.1	出渣及转渣系统	192
10.2	辅助运输系统	197
第 11 章	施工供电系统配置	200
11.1	施工供电系统策划	200
11.2	TBM 施工用电配置	202
11.3	强制抽排水系统用电配置	204
11.4	渣土皮带输送系统用电配置	205
11.5	通风系统用电配置	206
11.6	地面设备的用电配置	206
11.7	应急备用发电站	206

第 12 章 管片的工厂化生产	207
12.1 管片厂总体筹划	207
12.2 管片生产及供应计划	209
12.3 管片的钢模选择	210
12.4 管片厂资源配置	212
12.5 管片生产控制	215
12.6 管片检验与试验	219
12.7 管片缺陷修补	222
12.8 管片破碎防治措施	224
12.9 管片堵漏措施	225
12.10 管片冬季生产保障	226
第 13 章 不均匀沉降控制	229
13.1 不均匀沉降的主要影响与控制标准	229
13.2 斜井隧道不均匀沉降分析	231
13.3 斜井不均匀沉降控制	232
第 14 章 安全监控量测	236
14.1 监测目的	236
14.2 监控量测工作策划	236
14.3 监测仪器设备采购、检定	239
14.4 监测仪器设备的检验率定	241
14.5 监测控制标准	242
14.6 监测反馈程序	242
14.7 监测管理体系	243
14.8 瓦斯的安全监控	244
第 15 章 安全风险管理	249
15.1 风险的判别	249
15.2 施工主要风险源分析评估	251
15.3 施工安全风险管理措施	252
15.4 工程风险防范措施	253
15.5 应急反应策划	255
15.6 应急预案	259
第 16 章 结合工程实践的科研工作	261
16.1 衬砌管片结构受力研究	261
16.2 斜井隧道掘进机施工平、纵断面设计研究	262
16.3 掘进机选型及设备配套研究	263

16.4	长坡度、深埋、富水含煤复杂地层复合盾构施工关键技术·····	266
16.5	大坡度、长距离、富水复杂地层斜井隧道施工排水、通风技术研究·····	269
16.6	大坡度、长距离、深埋斜井隧道施工运输技术研究·····	269
16.7	软岩隧道变形的影响及控制措施研究·····	270
16.8	斜井 TBM 法施工安全控制技术研究·····	272
附录 A	·····	273
附录 B	大坡度斜井高压超大流量反坡排水典型案例介绍·····	278
B.1	工程概况·····	278
B.2	工程地质条件评价·····	278
B.3	施工进度简介·····	288
B.4	水仓、排水系统·····	288
B.5	1 [#] 、2 [#] 引水隧洞涌水简介·····	294
附录 C	盾构穿越钱塘江沼气地层工程实践·····	297
C.1	工程概况·····	297
C.2	浅层沼气对地下工程的影响·····	303
C.3	盾构隧道内沼气爆炸事故树分析·····	312
C.4	盾构隧道沼气爆炸控制·····	315
C.5	杭州地铁 1 号线沼气盾构隧道施工管理规定·····	327
C.6	结 论·····	335
参考文献	·····	336

第 1 章 导 语

斜井是与地面直接相通的倾斜巷道,其作用与立井和平硐相同。不与地面直接相通的斜井称为暗斜井或盲斜井,其作用与暗立井相同。在长隧道施工时,为了缩短工期,一般设置平行导坑、横洞、竖井或斜井,以增加工作面或通风洞。

在煤矿系统,按用途分类:主井用于矿石提升,副井用于人员、设备、材料、废石提升,混合斜井兼备主斜井和辅助斜井功能。

斜井的开挖方法如表 1-1 所示。

表 1-1 斜井的开挖方法

序号	斜井倾角	开挖次序	开挖方法
1	小于 6°时	由上而下,类似横洞	钻爆法、TBM 法
2	6°~30°	自上而下	钻爆法
3	大于 30°~45°	先导井,后扩挖。自上而下,自下而上	钻爆法、反井钻机法、爬罐法

在铁路、公路交通系统,斜井的设计基本趋势是:(1)从安全考虑,逐步取消有轨运输长斜井,一般均采用无轨运输设计;(2)斜井断面一般优先考虑由单车道变成双车道设计;(3)在特长隧道设计中,大量采用超过 1 km 的长斜井方案,宁可长一点,也要使斜井的位置、布局、穿越的地层更为合理。

在水电系统,斜井开挖常应用于水电站通风井、出线井、排水井、压力管道、运输(交通)井以及为隧洞施工的斜支洞,一般用钻孔爆破法施工,有全断面开挖和反导井扩挖两种。

斜导井断面较小。反导井开挖方法有普通法、吊罐法和爬罐法、反井钻机法 4 种,各种开挖方法同竖井开挖。在导井开挖后自上而下分段扩挖时,石渣用钢溜槽溜渣至井下通道出渣,必要时可在溜槽冲水润滑溜渣。在小型斜井当围岩稳定性较好时,导井开挖后也可采用溜渣法蹬渣钻孔爆破,自下而上扩挖。采用反导井扩挖时,支护必须及时,爆破前最末道支护距工作面的距离,一般不能太大。

近年来,反井钻机是水利水电竖井、斜井导井施工的一种高效、安全的开挖施工工艺。反井钻机的工作原理是:(1)将钻机安装在上平或地面,先向下钻小直径导孔,用清水或泥浆做循环洗井液排渣;(2)导孔钻透后,换大直径扩孔钻头,沿导孔自上而下扩孔。技术的关键在导孔的偏斜控制上。

在煤矿系统,采用立井比较多,而采用斜井比较少。尤其斜井采用 TBM 法施工可以说在国内基本属于空白。对这一问题开展研究具有划时代的意义,它对于我国煤矿建井技术是一场革命,为煤矿安全、高效生产具有极其重要的社会、经济、现实意义。

TBM 与常规钻爆法施工比较有以下特点。

(1)快速:开挖、衬砌、出渣同步进行,流水作业。掘进速度为钻爆法的 5~20 倍。

(2)优质:围岩扰动小,开挖面光滑,节省衬砌量。

(3)经济:就长隧道施工,可减少支洞数量和相应的临建、水、电、路等设施,缩短工期,提高经济和社会效益。

(4)安全:护盾保护加上及时衬砌支护,使施工人员和设备更加安全。

(5)文明:机械化程度高,劳动强度降低,工作条件与环境改善,实现了现代文明施工。

从 20 世纪 60 年代逐渐发展起来的 TBM 掘进技术,经过国内外科技人员多年的不懈努力已日趋成熟,在推进速度方面 TBM 表现出了绝对优势。这正是它能够迅速发展的主要原因,特别是在长隧洞中的运用被列为首选方案。1985 年,应用 TBM 贯通了世界著名的英吉利海峡。自 1992 年来我国在甘肃省引大入秦工程中首次成功运用 TBM,并在之后的万家寨引黄工程中,取得日最高进尺 113 m 的纪录。TBM 所具有的高速掘进能力有目共睹。

(1)挖得动

以往的研究数据表明,掘进机对岩石强度变化有很好适应性,能够在很大范围的地层内有效地切削单轴抗压强度 5~250 MPa 的岩层。如果没有足够的贯入度(20 mm/r 左右)贯入岩层掌子面或开挖刀具的磨损超过极限,则认为该岩层是不可钻掘的。

(2)快得了

与传统的矿山法施工技术相比较,掘进机技术有着无可比拟的速度优势。有资料显示双护盾 TBM 的月进度最高已超过 1.6 km;双模式的掘进机尽管国内应用较少,但掘进速率仍达到传统施工方法的数倍。

(3)行得畅

斜井施工,在平面掘进机作业功能需求的基础上,不但增加了推进的难度,给掘进机的稳定性和支护结构的安全稳定,也随之带来相应的困难。国内目前尚没有掘进机施工的大坡度长斜井施工记录,在国外已经是屡见不鲜。根据已经掌握的资料,大坡度斜井的掘进机施工项目过百项,最大斜井坡度达 47.7°,高速、安全、便捷的特性一览无遗。

(4)穿得通

就新街矿而言,掘进机的斜井推进过程中,穿越煤系地层。双模式掘进机因其密闭性和平衡性而凸显其特别的适应性。

(5)撑得起

当隧道穿越软弱破碎带、挤压带、富水带等特殊岩层,掘进机开挖可能会引发地层失稳、塌落,甚至可能会出现沉陷、卡机、空洞等灾难性事故。要求掘进机能够针对不同状况,通过掌子面加压、应急支护、深层注浆加固、管片超灌回填等技术措施,相应的作出处理。

(6)扛得淹

下坡斜井施工,不可避免的要面对地下水汇集的考验,掘进机在土压平衡模式下的密封阻水,在护盾模式下的设备高防水等级和强排水能力,配合沿程强排水系统,使得大坡度长斜井的反向推进,不再受水的困扰。

(7)稳得住

采用掘进机施工,是将钻爆法施工的破岩、装渣、运输、施工测量和通风降尘等工序,集成联合作业,工厂化、程序化完成,使隧道的修建速度、质量、安全可靠的修建能力、劳动条件、环境控制和保护都有很大的提高。因此强调稳定可持续。充分发挥其超过传统钻爆法施工的优势。

2010 年 10 月,我们成立了一个小组,开始研究煤矿斜井 TBM 法施工技术,从国内外工程实践经验出发,以神华集团新街台格庙矿为背景工程,结合具体项目开展有针对性的研究工作,把满足技术的可行性、施工安全性作为前提条件,进一步结合工程实际,开展项目的相关方

案设计、具体工艺细化,作了经济技术比较,较为系统地提出一套方案。可以说,这是国内在煤矿建井领域第一次比较系统地开展 TBM 法施工技术研究工作,可以说,仅仅是开篇,可能很不全面,甚至有不妥的地方,仅作为抛砖引玉。

我们推荐双模式复合盾构,是结合背景工程提出的,并不是说其他类型的 TBM 不可以,每一个项目都有自己的地质特点,需要具体问题具体分析。例如单护盾 TBM、双护盾 TBM、撑靴式 TBM 都有自己的适用性。

对于 TBM 进入煤矿建井,对于设备的认证与准入,可能程序很复杂,也不是我们做技术工作同志的长项。对于安全认证问题,我们没有深入的研究。从技术角度来说,我们所考虑的是,煤矿建井主要用于岩石巷道,可能局部穿过夹煤层、煤系地层,需要进行必要的安全防护,防止瓦斯爆炸工作。这是安全工作的重点。主要包括局部瓦斯抽排、施工通风、设备防爆等技术措施。新街项目可以作为国内第一个科研试验项目立项论证上马。

文森特·梵·高曾说:“不要熄灭你内心灵感与想象的火种,不要成为你原有行为模式的奴隶”。没有创新,就没有技术进步。煤矿斜井采用掘进机法是创新之举,可行之举,科学之举。它的意义决不仅仅是新街煤矿斜井掘进单一事项,而是给中国煤矿建井事业带来一场技术革命,具有极其重要的经济与社会价值。

凡事预则立,不预则废。工程建设,方案的前期研究为最后决策提供科学依据,有针对性地可能对可能遇到的问题超前进行研究,提出解决问题的对策与措施,胸有成竹则遇事不慌。设计是龙头,建立在科学研究的基础上开展设计工作,使我们的设计更合理、更可靠、更经济,在这一过程中,仍需要大量的优化工作,特别需要强调的是,毕竟这是第一个试验项目,我们应尽可能开展动态设计,结合现场实际,不断优化调整,使之更好满足安全与功能要求。

不怕困难怕盲目。隧道工程,包括斜井工程,可能会遇到各种地质问题,这是很平常的事。斜井掘进机法施工会遇到长斜井施工排水、施工运输、施工通风、设备选型、不均匀沉降、衬砌结构优化、不良地质段掘进等问题,我们要做的,正是基于了解地质而采取有效的措施和正确的决策,所谓知难则不难,关键在于我们的研究工作深度,以及对于成果的合理应用。

无论采用什么办法,决策都需要建立在对地质充分了解的基础上。设计前期的地质勘察与施工阶段的地质工作都极其重要。所谓隧道工程师也是地质工程师,地质为隧道“当半个家”,认识围岩、了解围岩、爱护围岩是对隧道建设者的基本要求。就怕盲目,就怕突发而手足无措,指挥者对隧道工作面地质始终要有一个基本判定,充分稳定、基本稳定、暂时稳定、不稳定。对应采取超前或跟进措施,以确保安全高效施工。

科学筹划,注重细节。斜井盾构法施工是充满技术挑战的项目,我们从事这一开创性工作,需要充满激情,更需要科学筹划,更需要关注细节。充满激情是工作态度,科学筹划是工作方法,科学筹划能反映决策者对客观事物运动规律的掌握和了解。它需要有一个明确的目标,目标明确,科学筹划才有意义。细节是决定成败的关键,有时我们疏忽了某一个细节,可能带来重大的隐患,带来潜在的风险,所以,要对每一项设计,每一项工艺,每一个流程都要认真论证,反复推敲。

神华新街煤矿斜井提出掘进机法施工,这是神华集团领导落实科学发展观的具体实践,是新街煤矿领导坚持科技是第一生产力的具体体现,他们讲科学,重安全,坚持以人为本,着眼于煤矿建设的长远发展,坚持科技创新,在他们的积极倡导下,才有了掘进机法施工技术的研究的基础条件。也是在他们的积极推动与指导下,我们有针对性地进行了一系列的研究,我们把一年来的研究工作成果集成一书,为工程正式设计与施工提供借鉴。

第 2 章 国内外斜井盾构法实例

2.1 国内类似工程的施工实例

目前,国内盾构隧道线路坡度大于规范规定的案例主要有南水北调中线工程的穿黄盾构隧道、南京长江盾构隧道、广州地铁 5 号线穿越珠江和广州地铁小—新盾构区间隧道等,具体情况如表 2-1 所示。

表 2-1 国内类似工程施工实例

工程名称	盾构形式	盾构外径(m)	巷道总长(m)	覆盖土层厚度(m)	地 质	坡度(%)
穿黄隧道邙山巷道段	泥水式	φ9	800		Q ₂ 粉质壤土、Q ₄ 砂层和砂砾(泥砾)石层	4.91
南京长江盾构巷道	泥水式	φ14.93	3 020	8.0~12.0	泥质粉质黏土、淤泥质粉质黏土夹粉土	4.5
广州地铁 5 号线穿越珠江段	泥水式	φ6.2	100	5.0~10	淤泥和中粗砂层	5.5
广州地铁小新盾构区间	土压式	φ6.14	1 598.3	8.37~15	砂质黏性土和岩层	5

从国内斜井 TBM 施工事例来看:(1)国内没有大坡度、长距离斜井采用 TBM 法施工的实践,而是在工程设计建设中,需要克服高差而出现的短距离斜坡段;(2)国内煤矿系统更没有采用 TBM 法建井的具体实践。

2.2 国外类似工程的施工实例

采用盾构进行斜井施工目前在国外已有很多成功的实例。下面是国外采用盾构掘进斜井的几个工程实例。

2.2.1 俄罗斯圣彼得堡自动扶梯通道

俄罗斯圣彼得堡自动扶梯通道倾斜 30°(57.7%)向下,掘进机始发如图 2-1、图 2-2 所示。

本工程巷道最大埋深 50 m,总长度 120 m,采用土压平衡盾构机施工,盾构直径 10 690 mm,盾构机最小转弯半径 800 m,盾构机示意图如图 2-3 所示。

盾构机最大工作舱压 4.5 bar,功率 1 200 kW,刀盘旋转速度 1.5 r/min,最大推力 54 400 kN,刀盘扭矩 8 600 kN·m。衬砌环宽度为 1 000 mm,管片内径 9 400 mm,外径 10 400 mm,厚 1 000 mm,分块形式:5 个标准块+2 块连接块+1 个封顶块。每周掘进进尺记录如图 2-4 所示。

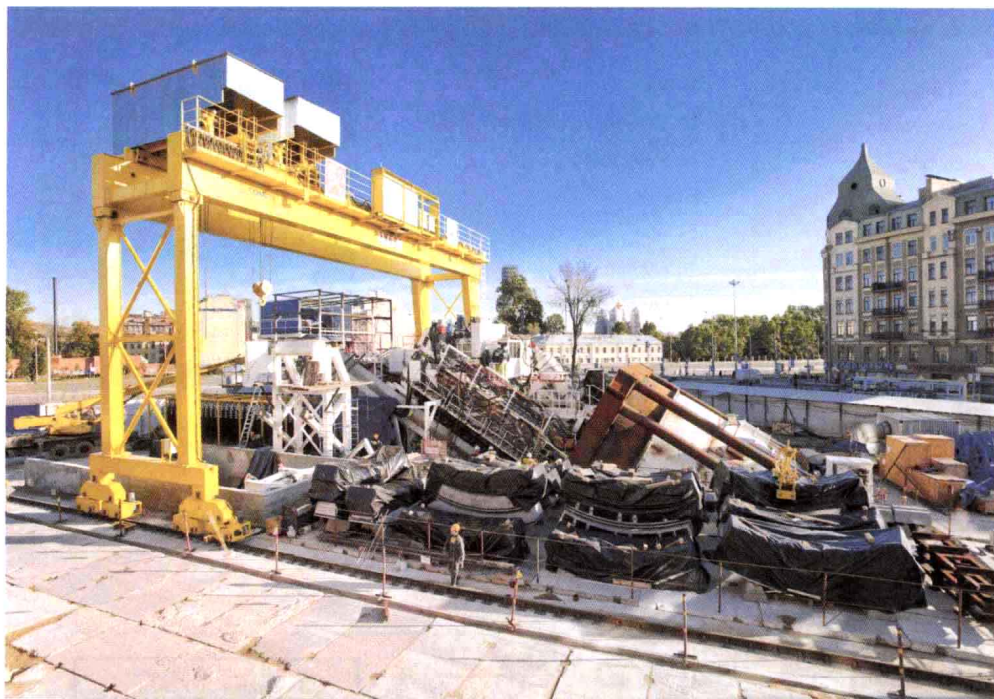


图 2-1 大坡度掘进机始发



图 2-2 大坡度掘进机始发(夜景)

2.2.2 瑞士 Kraftwerk Limmern 水电站输水隧洞(道)工程

瑞士 Kraftwerk Limmern 水电站输水隧洞工程巷道埋深 35 m, 总长度 $2 \times 1\,050$ m, 隧洞(道)坡度为 84%(40°)向上, 地层主要为硬岩, 岩石最大抗压强度 120 MPa。

MAIN	GEOLOGY	CONTRACT	TBM SPEC.	TBM PROGRESS	BACKGROUND
S-Number:	S-441				
Project Name:	St. Petersburg Escalator Tunnel				
Location:	St. Petersburg				
Country:	Russia				
Sales Region:	Europe				
Diameter:	10690 mm				
Total Tunnel Length:	120 m				
Machine Type:	EPB Shield				
Employment:	Person				
Project Status:	Tunnelling				

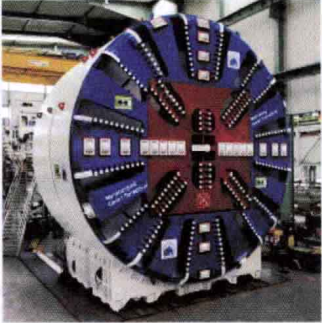


图 2-3 盾构机示意图

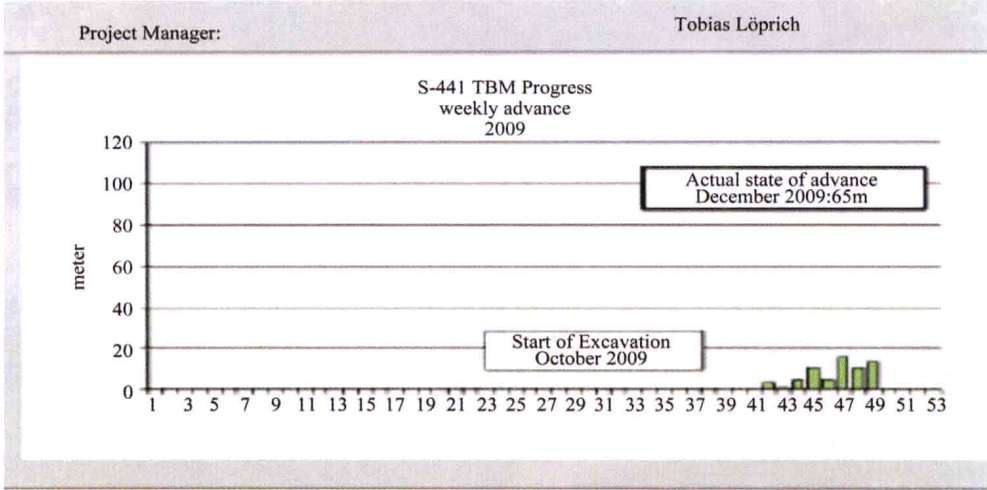


图 2-4 每周掘进进尺记录

采用直径 5 200 mm 的硬岩 TBM 施工,TBM 的总功率 2 205 kW,总推力 13 428 kN,总扭矩 3 337 kN · m,总重量 350 t,总长度 125 m,最小转弯半径 500 m,TBM 示意图如图 2-5 所示。

MAIN	GEOLOGY	CONTRACT	TBM SPEC.	TBM PROGRESS	BACKGROUND
S-Number:	S-575				
Project Name:	Kraftwerk Limmern				
Lot:	Los A2				
Location:	Limmern				
Country:	Switzerland				
Sales Region:	Europe				
Diameter:	5200 mm				
Total Tunnel Length:	2100 m				
Machine Type:	Gripper TBM				
Employment:	Hydropower				
Project Status:	Tunnelling				



图 2-5 TBM 示意图

该工程于 2010 年 11 月开始掘进,目前正在施工中。每周掘进进尺记录如图 2-6 所示。

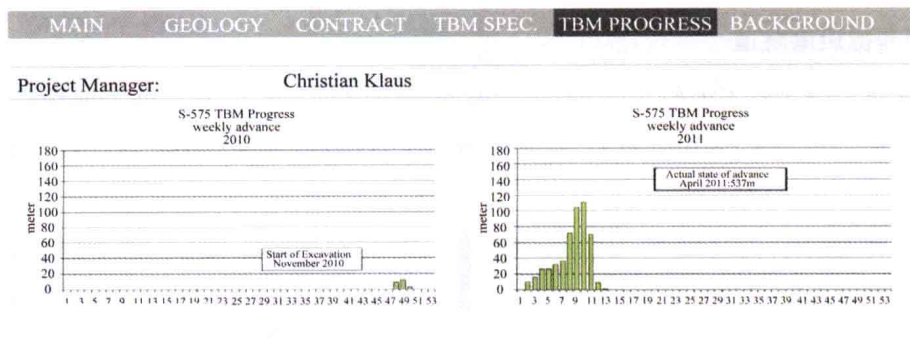


图 2-6 每周掘进进尺记录

2.2.3 英国 Glendoe 水电站引水洞工程

英国 Glendoe 水电站引水洞工程隧洞最大埋深 400 m, 最小埋深 5 m, 总长度 7 524 m, 隧洞坡度为 11% (6.3°) 向上, 地层主要为硬岩, 岩石最大抗压强度 200 MPa。

采用直径 5 030 mm 的硬岩 TBM 施工, TBM 的总功率 2 200 kW, 总推力 13 430 kN, 总扭矩 2 105 kN·m, 总重量 600 t, 总长度 200 m, 最小转弯半径 500 m, TBM 示意图如图 2-7 所示。

该工程于 2006 年 9 月开始掘进, 2008 年 1 月 7 日贯通, 每周掘进进尺记录如图 2-8 所示。



图 2-7 TBM 示意图

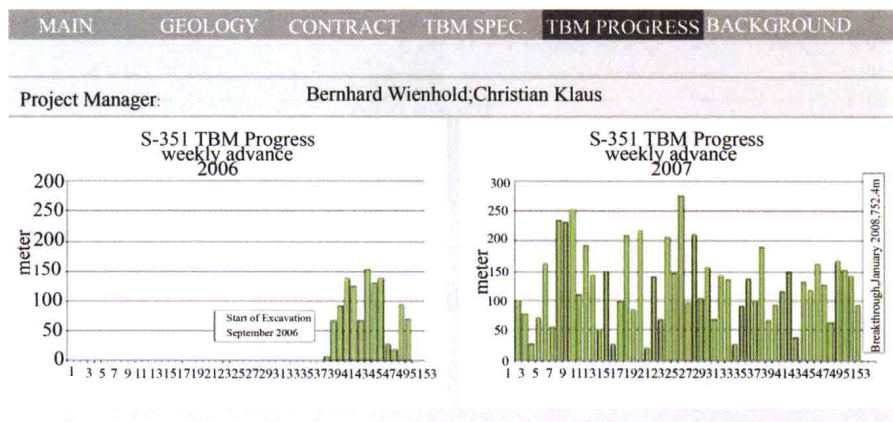


图 2-8 每周掘进进尺记录

2.2.4 南非德班港隧道

南非德班港隧道最大埋深 35 m, 最小埋深 5 m, 总长度 492 m, 20% 的上坡和下坡, 地层主要为港口沉积层和砂层, 采用直径为 5 150 mm 的 Mixshield 泥水盾构机, 盾构示意图如图 2-9 所示。

MAIN	GEOLOGY	CONTRACT	TBM SPEC.	TBM PROGRESS	BACKGROUND
S-Number:	S-327				
Project Name:	Durban Harbour Tunnel				
Location:	Durban				
Country:	South Africa				
Sales Region:	Middle East & Africa				
Diameter:	5150 mm				
Total Tunnel Length:	492 m				
Machine Type:	Mixshield				
Employment:	Road				
Project Status:	Finished				



图 2-9 盾构示意图

盾构机刀盘总功率 640 kW, 总推力 19 000 kN, 总扭矩 2 345 kN · m, 刀盘转速 5 r/min, 最大工作舱压 3.5 bar, 总重量 330 t, 总长度 62 m, 最小转弯半径 300 m。隧道衬砌环分块由 3 块标准块 + 2 块连接块 + 1 块封顶块组成, 衬砌环长度 1 200 mm, 衬砌内径 4 400 mm, 外径 4 900 mm。

2006 年 4 月开始掘进, 2006 年 8 月 13 日贯通, 每周掘进进尺记录如图 2-10 所示。

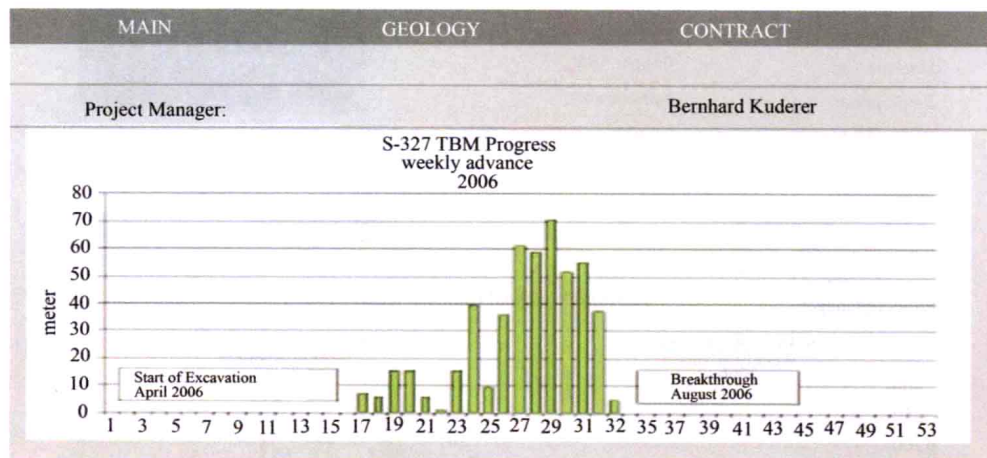


图 2-10 单周掘进进尺记录

2.2.5 西班牙 Pajares 2 标隧道

西班牙 Pajares 2 标隧道总长 9 426 m, 地层主要为砂岩和板岩, 采用直径为 10 160 mm 的

双护盾硬岩 TBM 掘进机施工,TBM 示意图如图 2-11 所示。

MAIN	GEOLOGY	CONTRACT	TBM SPEC.	TBM PROGRESS	BACKGROUND
S-Number:		S-281			
Project Name:		Pajares			
Lot:		Lot 2			
Location:		Pajares			
Country:		Spain			
Sales Region:		Europe			
Diameter:		10160 mm			
Total Tunnel Length:		9426 m			
Machine Type:		Double Shield TBM			
Employment:		Railway			
Project Status:		Finished			



图 2-11 TBM 示意图

盾构机刀盘总功率 5 600 kW,总推力 180 000 kN,总扭矩 23 000 kN·m;总重量 330 t,总长度 62 m,最小转弯半径 300 m。巷道衬砌环分块为 7 块,衬砌环长度 1 500 mm。

该巷道于 2005 年 9 月开始掘进,2007 年 11 月 25 日贯通,单周掘进进尺记录如图 2-12 所示。

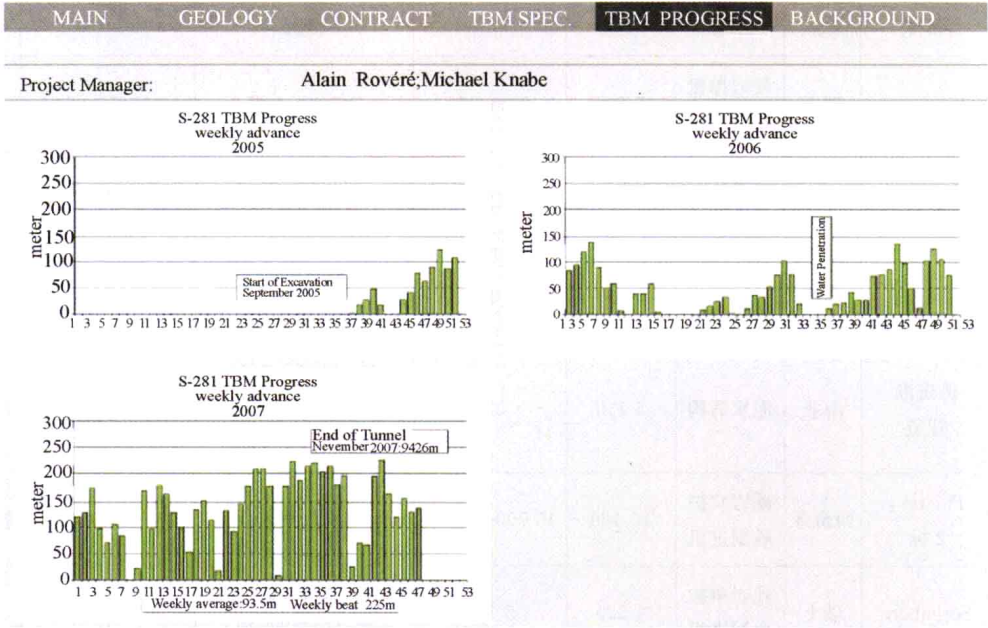


图 2-12 单周掘进进尺记录

2.2.6 埃及苏伊士运河隧道

埃及苏伊士运河隧道长度 3 200 m,线路为 20%上坡和下坡,地层主要为砂层和黏土层,采用直径为 6 560 的 Mixshield 泥水盾构机施工,盾构机示意图如图 2-13 所示,盾构机切削刀盘总功率 640 kW,总推力 35 000 kN,总扭矩 3 500 kN·m,刀盘转速 8 r/min。巷道衬砌环长

度 1 200 mm,衬砌内径 5 740 mm,外径 6 340 mm。

MAIN	GEOLOGY	CONTRACT	TBM SPEC.	TBM PROGRESS	BACKGROUND
S-Number:	S-092				
Project Name:	El Salaam Tunnel under Suez Canal				
Location:	Port Said				
Country:	Egypt				
Sales Region:	Middle East & Africa				
Diameter:	6560 mm				
Total Tunnel Length:	3200 m				
Machine Type:	Mixshield				
Employment:	Water				
Project Status:	Finished				

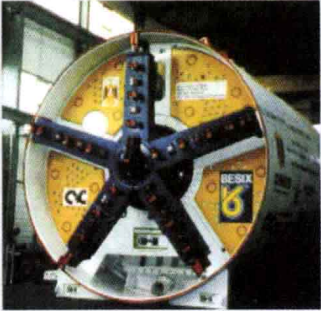


图 2-13 盾构机示意图

2.2.7 国外其他斜井施工实例(表 2-2)

表 2-2 大坡度隧道(斜井)施工实例汇总表

设备 编号	项目 名称	项目 地点	设备 描述	盾体直径 (mm)	隧道长度 (m)	地质 情况	坡度	用途
S-575	Limmern	瑞士	硬岩撑靴式掘进机	5 200	2×1 050	Quintnerkalk	40°(84%),向上	水电站
S-441	圣彼得堡	俄罗斯	土压平衡盾构	10 690	120	软和硬黏土	30°(58%),向下	自动扶梯井
S-351	Glendoe	英国	硬岩撑靴式掘进机	5 030	8 100	花岗岩,花岗闪长岩和石英片岩	6.3°(11%),向上	水电站
S-327	德班港隧道	南非	泥水盾构	5 150	530	海港沉积层(致密的粉质黏土,夹砂和砂质黏土),砂岩	11.3°(20%),向上和向下	服务隧道
S-281	Pajares, 2 标	西班牙	硬岩双护盾掘进机	10 160	10 700+3 700	砂岩,页岩	3.4°(6%),向下	铁路隧道
S-163	Sörenberg	瑞士	硬岩单护盾掘进机	4 520	5 300	黏土和泥灰岩,页岩,砂页岩夹层	2.86°(5%),向上	燃气管道隧道
S-155	Erschließungsstollen Tschärner	瑞士	硬岩撑靴式掘进机	9 530	2 322	灰岩,泥灰岩,黏土	1.15°(2%)和 5.14°(9%),向上	材料运输隧道
S-92	EL Salaam Tunnel under Suez Canal	埃及	泥水盾构	6 560	4×800	砂,黏土	11.3°(20%),向上和向下	水工隧洞