

隧道与地下工程机械 ——掘进机

唐经世 编著

(铁路出版基金资助项目)

中 国 铁 道 出 版 社

1998年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书辑译 90 年代世界最新的几种隧道掘进机(TBM- Tunnel Boring Machine),以文、图、表叙述其工作原理,总体与主要部件的结构、主要参数与典型工程概况。

图书在版编目(CIP)数据

隧道与地下工程机械:掘进机/唐经世编.-北京:中国铁道出版社,1997.4

ISBN 7-113-02924-8

I.隧… II.唐… III.①隧道工程-施工机具②隧道掘进机 IV.U455.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 04532 号

书 名:隧道与地下工程机械——掘进机

著作责任者:唐经世

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:江新锡

封面设计:李艳阳

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:850×1168 1/32 印张:6.375 插页:4 字数:166千

版 本:1998年7月第1版 1998年7月第1次印刷

印 数:1—1000册

书 号:ISBN7-113-02924-8/TU·574

定 价:19.90元

版权所有 盗印必究

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。

**我谨以我心中的至诚,辑译此书,
奉献给铁道部隧道局、铁道部第一工
程局~第五工程局,铁道部第十一工
程局~第二十工程局、水利水电部各
局等等我最崇敬的、常年风餐露宿、战
斗在高山大河旁、崇山峻岭中的隧道
与地下工程建设者。**

作 者

1997 年 10 月

前 言

科学技术是第一生产力。

回顾建国 40 多年来,全国各地隧道掘进机的使用,有失败的苦恼,也有成功的喜悦。怎样才能争取成功,避免失败,根本在于人的因素。当一大批人员对隧道掘进机技术及其结构、性能、施工工艺,及其与岩石的相互作用机理有清楚的了解与掌握,就可以做到每战必胜。

作者不嫌孤陋寡闻,怀抛砖引玉之诚心,辑译本书。目的之一,乃是期望它能为今日之秦岭特长铁路隧道,他日全国适宜的隧道与地下工程,起应起的作用。

我自 1952 年毕业后工作以来,40 多年了,绝大多数年月在高校教书育人,长期接触的是一届又一届的莘莘学子。每当夜阑人静,浮于脑际的多是他们那一张张渴求知识的年轻秀丽的脸。21 世纪社会的进步,科学技术的发展,国家的兴旺发达都将担负于他们的双肩。我虽老迈,只要我一息尚存,还有劳动能力,我真想为学子们多做一点、再多做一点。这是汇编此书的又一目的。

书稿辑成之日,衷心感谢铁道部、铁路工程发包公司、中国铁路工程总公司、中国铁道建筑总公司及其所属部门的有关领导与友人,衷心感谢你们的指导、鼓励、关怀与帮助。也感谢外国公司 Wirth, Tamrock, V-A B, Atlas Copco 等提供的素材与资料。

在辑译书稿的日日夜夜里,我校 1938 级校友、全国劳模、铁道部隧道工程局高级工程师戴根法在大瑶山隧道的音容笑貌与艰苦奋斗精神,常在我脑际萦绕。是良师也是益友,令人怀念不已。愿昔日老一辈知识分子为国家建设拼搏奋进的精神,能植根于今日青年一代的心中。愿今日之青年一代出于蓝而胜于蓝,后人胜过前人,一代胜于一代。

本书专业性强,发行量少。如果没有铁路出版基金的资助;如果没有铁道部隧道工程局、铁道部第十八工程局的支持与鼓励;如果没有西南交通大学优秀描图员朱明露在节假日、在晚间的辛勤劳动,本书的出版将是极其困难的。

由于素材来源不广,难免挂一漏万。书中如有错误与不当,敬请读者不吝指正。

唐经世 志于 1997 年

目 录

第一章 Jarva 开式全断面掘进机	1
第一节 Jarva Mk 27/ 8.8 开式全断面掘进机基本部分	1
第二节 Jarva Mk 27/ 8.8 开式全断面掘进机 任选(可换)部分	19
第三节 变频驱动(VFD)	23
第四节 Jarva TBM 特点综合与评述	25
第二章 Robbins 开式全断面掘进机	27
第一节 总体结构	27
第二节 掘进循环过程	33
第三节 任选的设备	39
第三章 Wirth 开式全断面掘进机	43
第一节 结构综述	43
第二节 主要技术参数	52
第三节 附属设备	60
第四节 TBM 后配套及其主要技术参数	63
第五节 辅助装置的选型	64
第四章 Wirth TB 880E 开式全断面掘进机构造 与液压系统	67
第一节 滚 刀	67
第二节 推进装置	69
第三节 主 轴 承	71
第四节 刀盘驱动装置	72
第五节 后主支撑	75
第六节 后 支 承	76
第七节 护 盾	76

第八节 液压系统	79
第五章 Wirth 双护盾式全断面掘进机	82
第一节 结构与作业	82
第二节 技术特性	91
第三节 辅助设备	94
第六章 Robbins 双护盾式全断面掘进机	99
第一节 结 构	99
第二节 硬岩时的标准掘进循环	105
第三节 软岩时的标准掘进循环	106
第四节 辅助设备	107
第七章 Wirth 扩孔机	112
第一节 扩孔机工作原理	112
第二节 影响扩孔机应用的因素	113
第三节 扩孔机的结构	116
第四节 小 结	120
第八章 综述与结语	123
第一节 概 述	123
第二节 钻孔系统	125
第三节 刀盘切削头的驱动	135
第四节 TBM 主机体	138
第五节 TBM 性能与不同岩石的相互关系	139
第六节 当代全断面掘进机的总体参数	142
第七节 结 论	147
第九章 Tamrock & V-AB 臂式掘进机	149
第一节 Tamrock & V-AB	149
第二节 臂式掘进机总体结构与主要参数	149
第三节 述评臂式掘进机	152
附录一 欧洲特长山底铁路隧道的施工准备	157
附录二 TBM 英中文名词与意义	186
主要参考文献	195

第一章 Jarva 开式全断面掘进机

第一节 Jarva Mk27/ 8.8

开式全断面掘进机基本部分

开式全断面掘进机用于在中硬岩与硬岩中掘进。图 1—1 为 Jarva Mk27/ 8.8 开式掘进机。

由图 1—1 可见, 主机架 14 上装有前后支撑靴 12, 当支撑靴伸出撑于洞壁上时, 推进液压缸可将切削刀盘前推, 顶到作业面上, 开动刀盘驱动电动机 10, 动力经中空的心轴驱动切削刀盘 1, 滚刀挤压剪切岩石, 切下的岩碴经切削盘上的刮刀与铲斗装到输送带 6 的前端, 向后送到其配套装置, 再送出洞外。

因此, 由可在主机架 14 中前后滑动的中空的前后大轴承箱, 轴承箱中用轴承支承着的中空的扭力管, 切削盘 1, 刀盘旋转驱动装置, 后支承腿与支承靴 27(见图 1-1(e)), 岩碴输送带 6 构成了掘进机的工作部分。参看图 1—1(a) 至图 1—1(l) 可理解其全部结构的原理。

如有必要, Jarva Mk27/ 8.8 还可装以前支腿于前支撑处, 如图 1—1(g) 与图 1—1(h) 所示。两图中, 为清晰起见, 未画出起重轨道。

探测孔凿岩机(任选) 的作业覆盖面粗略的尺寸, 如图 1—1(j) 所示。

图 1—1(k) 为两台打顶部孔的凿岩机在作业时, 即打锚杆时, 可能的覆盖面。

图 1—1(l) 为主轴承布置示意图。

Jarva Mk27 的主轴承布置是该公司专利, 如图 1—1(l) 所示, 是由三个分置的轴承组成。可以承受 TBM 的全部 18500kN 的推力, 其最大钻孔直径达 12.4m。

一前径向轴承 39 置于前轴承箱 32 内。前轴承箱 32 装在扭力管的前法兰盘上。径向轴承 39 承受刀盘切削头的重力与作用在其上的任何径向力。后轴承箱 34 与传动齿轮箱 35 结为一体, 接装到扭力管 33 的后端。后轴承箱 34 内的两个轴向轴承 6 与 7 传递全部推力, 承受后端驱动轴与齿圈等的全部重量。

图 1—1(a) Jarva Mk27/8.8 侧视图

- 1—63 个 17 英寸后装式滚刀; 2—切削盘的 6 个轮辐;
3—出碴斗; 4—中心部; 5—切削刀盘的两人孔。

三个轴承均为球面滚柱轴承。双排自位前轴承 39 可在前轴承箱 2 内轴向浮动, 轴向力经刚度足够的空心驱动轴(直径为 1.9m)传到 TBM 后部, 这里装着另外两个单排轴承 36 与 37。当在规定

的最大负荷下连续作业时,此三轴承的计算寿命超过 10000h。

将重负荷轴承置于 TBM 后部的优点,在于留给 TBM 前部紧靠刀盘切削头处较大的空间,这就有可能减小最小钻孔直径到 6.4m。

图 1—1(b) Jarva Mk27/8.8 之 B—B 剖视图

- 2—可调节的顶部护盾; 3—左右可调节的两侧护盾; 6—输送带;
8—通风管; 17—仰拱刮削装置; 18—(仰拱处的)输送装置(任选);
19—通向刀盘人孔的门; 20—仰拱刮削装置液压缸; 21—胸部护盾。

后面的两个轴承的前面一个,即图 1—1(1)之前轴向轴承 37,传递全部推力。后面一个,即后轴向轴承 36 在推进时,实际上不承

受轴向载荷。只是在刀盘切削头从作业面回缩时,才承受轴向载荷。因为这两个轴承 37 与 36 型号相同,大修时可将它们位置对调,也就在实际上使 TBM 机组的寿命翻一番。

图 1—1(c) Jarva Mk27/8.8 之 C—C 剖视图

15—二顶部孔凿岩机(任选),在收拢位置;16—圈梁架设装置(任选);
18—(仰拱处的)输送装置(任选);22—扭力管;23—刀盘后视显示图。

全部三个轴承由全滤式油液润滑系统进行润滑,重载的后面的轴承同时用油液冷却。多级的油封装置在油封与油封之间注入润滑脂,以使污物与水不至于进入前径向轴承 39。在作业区这些污物大量存在。

1. 支撑部分

由主机架 14(图 1—1)、四个水平布置、对放着的支撑靴 12 组成。支撑靴压向隧道壁以固定主机架,从而使全机固定。四个支撑靴可分别操作,从而可以实现水平面内的调整方向。支撑靴板由球形铰与导杆相连,见图 1—1(d),使靴板可均匀地抵靠在洞壁上,从而消除点接触或线接触,这会挤坏岩壁。

可调的青铜滑动轴承(有自动注润滑脂系统)支持着工作部分于主机架 14 内,经由此滑动轴承将刀盘切削时扭力矩的反力传到主机架。工作部分在方的润滑良好的青铜导轨内前后滑动,摩擦阻力微小,意味着几乎是全部的推力传到滚刀以剪切岩石。

2. 工作部分

见图 1—1(1), 工作部分由刀盘切削头、前轴承箱 32、扭力管 33、后轴承箱 34、驱动系统, 后支腿与石碴输送带 6(图 1—1) 组成。扭力管 33 为正方形截面, 将前轴承箱 32 与后轴承箱 34 连接为一体, 支承在主机架 14 上。

图 1—1(d) Jarva Mk27/8.8 之 D—D 剖视图

4—两探测孔凿岩机(任选); 5—两探测孔凿岩机导轨架(任选); 6—输送带;
8—通风管; 11—四推进液压缸; 12—支撑靴(前二后二); 13—圈梁吊篮(任选);
24—示圈梁(16 号工字钢)内径之圆; 25—支撑靴液压缸, 共 16 个。

置于 TBM 后面的若干台电动机 10 驱动刀盘 1。每一台电动机额定功率为 560kW, 驱动一两级行星减速箱, 其输出轴装一小齿轮。这些小齿轮驱动同一齿圈, 由齿圈经穿过扭力管 33 中心的

空心驱动轴 38 传递力矩到刀盘切削头 31。

刀盘切削头可慢进或慢退。这一特性对于更换滚刀或保养刀盘切削头最为重要。在 Mk27, 刀盘切削头的慢动与启动二者, 是通过驱动主电动机的变频驱动(Variable Frequency Drive—VFD)系统实现的。

图 1—1(e) Jarva Mk27/ 8.8 之 E—E 剖视图
6—输送带; 7—齿轮箱; 8—通风管; 10—六台刀盘驱动电动机;
13—圈梁吊篮(任选); 26—刀盘驱动部分人孔的门;
27—后支撑靴(二); 28—后支撑腿(二)。

每一主驱动电动机装有一制动器, 可锁定刀盘切削头, 以便过人到 TBM 头部做各种作业与检查。

在每一台电动机与行星减速器之间, 装设一 Safeset 型极限力

矩联轴节。当刀盘切削头突然卡住时,此安全装置可防止传动链的损坏。

图 1—1(f) Jarva Mk27/8.8 之 F—F 剖视图

9—起重轨道(向前伸出以更换滚刀); 18—(仰拱处的)输送装置(任选)。

推进液压缸 11(见图 1—1)将刀盘切削头向前推进。从主机架 14 经齿轮箱 7、驱动轴 38(见图 1—1(l))传递此推力。它的实现,是将推进液压缸装于主机架上,其活塞杆装到后轴承箱 34 上。

3. 刀盘切削头

刀盘切削头的前部由厚钢板制成,以确保其结构刚度,从而无论何时可将推力均匀地分布给全部滚刀,也避免了强大的推力引起的弯曲应力。

刀盘切削头的端面,要做得使所有的滚刀均匀地突出,以便使滚切作业平衡而滚刀寿命延长。滚刀座要用榫接精确地设置。刀盘切削头分成一中心部和六个可拆卸的辐条,见图 1—1(a)。中心部 31 示于图 1—1(l),由 TBM 主支撑支承着。辐条与辐条之间的开口覆盖以钢板,在必要时可以迅速打开,以便人员与材料进入工

图 1—1(g) Jarva Mk27/ 8.8 可装可不装之前支腿(任选)

图 1—1(h) Jarva Mk27/ 8.8 之前支腿后视图

作面。

刀盘切削头的周边,在辐条与铲斗之间也覆盖以钢板,俗称“滚动筒”(“Rolling Can”),用以防止在不稳定的围岩中掘进时,岩石从隧道顶部落下来挤住刀盘切削头。

图 1—1(j) Jarva Mk27/8.8 的探测孔凿岩机作业覆盖面

- 1—左探测孔凿岩机覆盖面的外缘;
- 2—表示作业面前 30m 处,探测孔可能达到的位置;
- 3—右探测孔凿岩机覆盖面的外缘。

刮刀置于辐条上,舀起岩碴,装入安装在刀盘切削头后的铲斗中。另外还提供一岩石破碎器,以便在大块岩石装入铲斗后,进输送带以前,将大块岩石击碎。

刀盘切削头装了不同型式的盘形滚刀:两个双盘式中心滚刀,见图 1—1(a),另有八个滚刀在定位区,也就是说在边上,二者之