



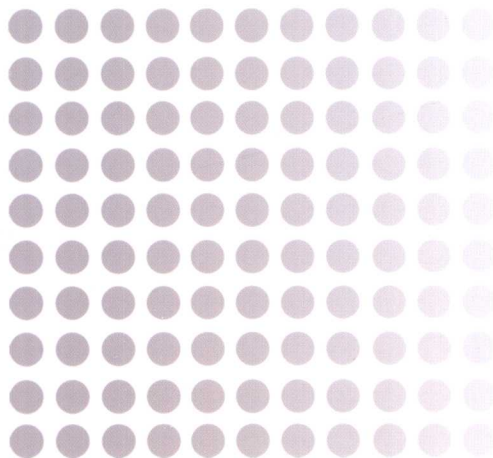
铁路科技图书出版基金资助出版

掘进机与盾构机

(第2版)

JUEJINJI YU DUNGOUJI

唐经世 唐元宁 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路科技图书出版基金资助出版

掘进机与盾构机

(第2版)

唐经世 唐元宁 编著

中国铁道出版社

2009年·北京

内 容 简 介

本书编译近代的掘进机与盾构机,以文、图、表叙述其工作原理、总体结构与主要部件的结构,主要参数与典型工程概况。

本书供从事工程建设的土木与机械方面的专业技术人员参考,亦可作为高等学校与中等专业学校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

掘进机与盾构机/唐经世,唐元宁编著.—2版.—北京:中国铁道出版社,2009.1
ISBN 978-7-113-09291-7

I.掘… II.①唐…②唐… III.①掘进机②盾构(隧道)—工程机械 IV.U455.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 176553 号

书 名:掘进机与盾构机(第2版)

作 者:唐经世 唐元宁 编著

责任编辑:徐 艳

电话:51873065

电子信箱:xy810@eyou.com

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(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司印刷

版 次:1998年7月第1版 2009年1月第2版 2009年1月第2次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:12.75 插页:4 字数:320千字

印 数:0001~2000册

书 号:ISBN 978-7-113-09291-7/TU·968

定 价:46.00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)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

谨以我们心中的至诚，辑译此书，奉献给中国中铁、中国铁建、中交、中建、中水等集团总公司及其所属各工程公司等我们最崇敬的、常年风餐露宿战斗在高山大河旁、崇山峻岭中以及城市隧道与地下工程的建设者。

作者

2008年9月

2009 版前言

1998年,铁路出版基金委员会曾经资助我出版了一本专业书籍,即《隧道与地下工程机械——掘进机》,以适应当时秦岭一线铁路隧道工程的需要。

10年过去了,弹指一挥间。国家经济建设飞速发展、风起云涌。全断面硬岩掘进机的姊妹机——盾构机受到施工部门特别的青睐。对于大量出现的松软土层乃至既有软土、泥砂,又会遇到砾石、卵石的软硬岩层,根据具体的工程对象,选用不同的盾构机则是再恰当不过的了。为了与时俱进,从机械角度,在原《隧道与地下工程机械——掘进机》一书的基础上延伸,出版一本《掘进机与盾构机》,是中国铁道出版社领导与有识之士希望我能完成的。

我从事工程机械教学与科研工作50多年,对于相关于工程机械的各种工作有浓厚的兴趣和责任心,也就欣然从命。在唐元宁的协助下,完成了全书的编著工作。

但是,我毕竟是一个步入耄耋之年的77岁的老人,精力远不如青壮年时期。加上编写书稿的关键时候,又受到四川汶川大地震的干扰,深感生命之须臾与脆弱,心痛之余,痛定思痛,唯有日夜兼程,整理资料尽早写完书稿,以实际行动,表达我对灾区大众的思念之情。

如果此书能成为一块引玉之砖,我也就满足了。

书成之日,我深深感谢给过我多方面指教、帮助的友人。其中,有中铁隧道集团魏忠良、韩亚丽、康宝生、何锋、吕传田、张红星、程永亮、王坤、杨书江、萧龙革、谭顺辉等,上海港机重工张振雄、李安芳、陈沪英、那宿燕等,中铁二局集团刘向阳、许发成、丁德宗等,中铁八局集团赵智、冀嵩山、谢录杲等,成都地铁公司萧中平、刘思宁、刘高峰等,中铁十三局集团徐润泽、侯刚、王树华等,中铁十六局集团刘进良等。还有其他各集团公司的友人,不一一枚举。实践者最聪明,脱离生产实践,什么事也干不成。在我有生之年,必将持之以恒地向你们大家学习。生命不息,奋斗不止。

唐经世 2008年志于成都

1998 版前言

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的技术及其结构、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。这是辑译此书的又一目的。

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

第一篇 掘 进 机

第一章 Jarva 开式全断面掘进机	1
第一节 Jarva Mk27/8.8 开式全断面掘进机基本部分	1
第二节 Jarva Mk27/8.8 开式全断面掘进机任选(可换)部分	13
第三节 变频驱动(VFD)	15
第四节 Jarva TBM 特点综合与评述	17
第二章 Robbins 开式全断面掘进机	18
第一节 总体结构	18
第二节 掘进循环过程	21
第三节 任选的设备	25
第三章 Wirth 开式全断面掘进机	27
第一节 结构综述	27
第二节 主要技术参数	32
第三节 附属设备	36
第四节 TBM 后配套及其主要技术参数	38
第五节 辅助装置的选型	39
第四章 Wirth TB 880E 开式全断面掘进机构造与液压系统	41
第一节 滚 刀	41
第二节 推进装置	42
第三节 主轴承	44
第四节 刀盘驱动装置	45
第五节 后主支撑	46
第六节 后支承	47
第七节 护 盾	47
第八节 液压系统	48
第五章 Wirth 双护盾式全断面掘进机	51
第一节 结构与作业	51
第二节 技术特性	56
第三节 辅助设备	59
第六章 Robbins 双护盾式全断面掘进机	64
第一节 结 构	64
第二节 硬岩时的标准掘进循环	67

第三节	软岩时的标准掘进循环	68
第四节	辅助设备	68
第七章	Wirth 扩孔机	71
第一节	扩孔机工作原理	71
第二节	影响扩孔机应用的因素	71
第三节	扩孔机的结构	73
第四节	小 结	76
第八章	综述与结语	79
第一节	概 述	79
第二节	钻孔系统	80
第三节	刀盘切削头的驱动	85
第四节	TBM 主机体	87
第五节	TBM 性能与不同岩石的相互关系	88
第六节	当代全断面掘进机的总体参数	89
第七节	结 论	92
第九章	Tamrock & V-A B 臂式掘进机	94
第一节	Tamrock & V-A B	94
第二节	臂式掘进机总体结构与主要参数	94
第三节	述评臂式掘进机	96

第二篇 盾 构 机

第十章	盾构机综述	99
第一节	盾构与盾构法	99
第二节	普通盾构	101
第三节	特种盾构	102
第四节	插刀盾构	107
第五节	盾构的导向与纠偏(方向调整)	109
第六节	盾构主要技术参数的确定	112
第十一章	中铁隧道盾构机	121
第一节	构 造	121
第二节	技术参数	121
第三节	述 评	128
第十二章	上海港机重工盾构机	130
第一节	历程与分类	130
第二节	构 造	130
第十三章	罗威特(LOVAT)盾构机	134
第一节	概 述	134
第二节	构 造	135

第三节	参与成都地铁一号线投标的部分盾构机	138
第十四章	海瑞克盾构机	140
第一节	概 述	140
第二节	构 造	140
第三节	工程实例——西气东输底穿长江盾构隧道	142
第十五章	法马通(NFM)盾构机	146
第一节	概 述	146
第二节	北京地下直径线泥水盾构的技术参数	146
第三节	盾构制造公司与武汉长江隧道	153
第十六章	微型盾构与顶管技术	157
第一节	微型盾构	157
第二节	顶管技术	161
附录一	欧洲特长山底铁路隧道的施工准备	166
附录二	TBM 英中文名词与意义	183
附录三	Choice of Shield Machine for Subway Lines in Chengdu, China	190
参考文献	193

第一篇 掘进机

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,动力经中空的中心轴驱动切削刀盘 1,滚刀挤压剪切岩石,切下的岩砧经切削盘上的刮刀与铲斗装到输送带 6 的前端,向后送到其后配套装置,再送出洞外。

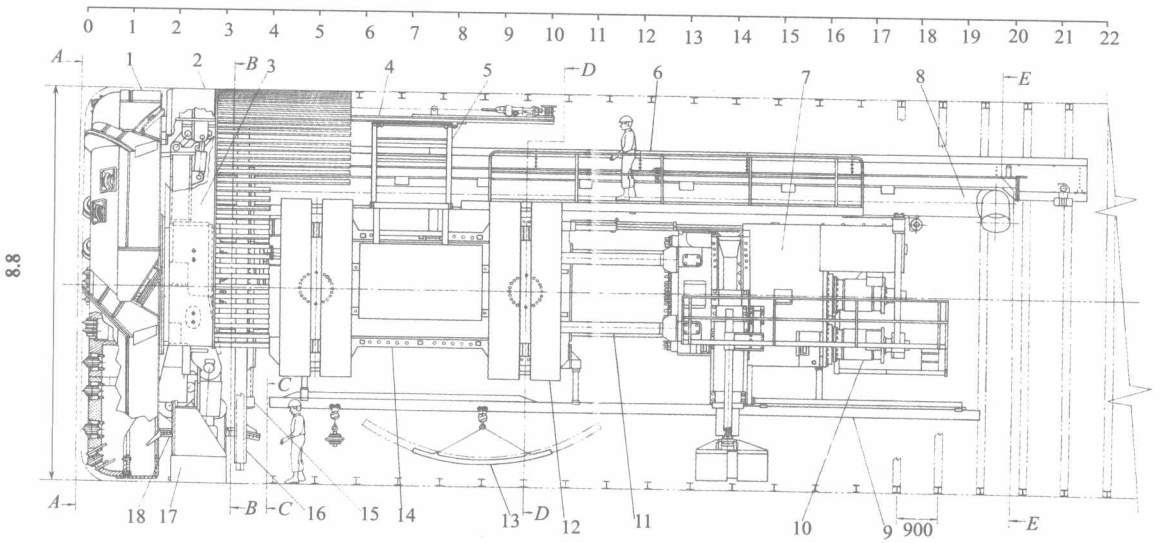
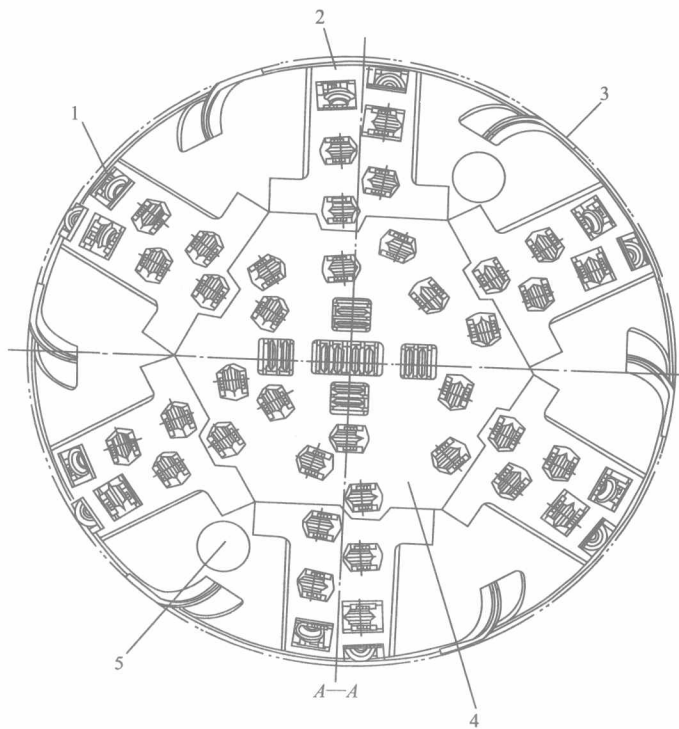


图1—1 Jarva Mk 27/8.8型掘进机

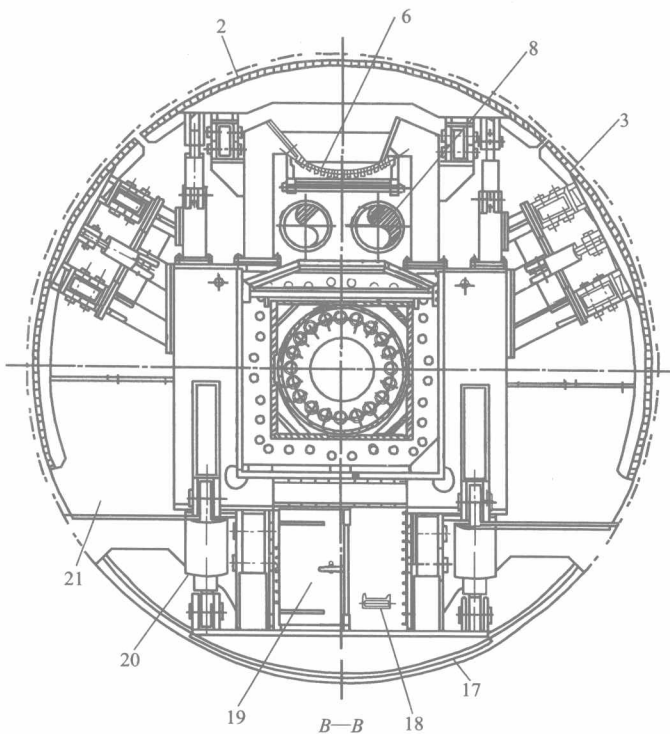
- 1—切削盘;2—可调节的顶部防尘护盾;3—左右可调节的两侧护盾;4—两探测孔凿岩机导轨(任选);
- 5—两探测孔凿岩机导轨架(任选);6—输送带;7—齿轮箱;8—通风管;9—起重轨道;10—六台刀盘驱动电动机;
- 11—四推进液压缸;12—支撑靴(前二后二);13—圈梁吊篮;14—主机架;15—两部顶部孔凿岩机(任选);
- 16—圈梁架装置;17—仰拱刮削装置;18—(仰拱处的)输送装置(任选)

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 28 与支承靴 27(见图1—6、岩砧输送带 6 构成了掘进机的工作部分。参看图1—2 至图1—12 可理解其全部结构的原理。



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

图1—2 Jarva Mk27/8. 8侧视图



- 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

图1—3 Jarva Mk27/8.8B—B剖视图

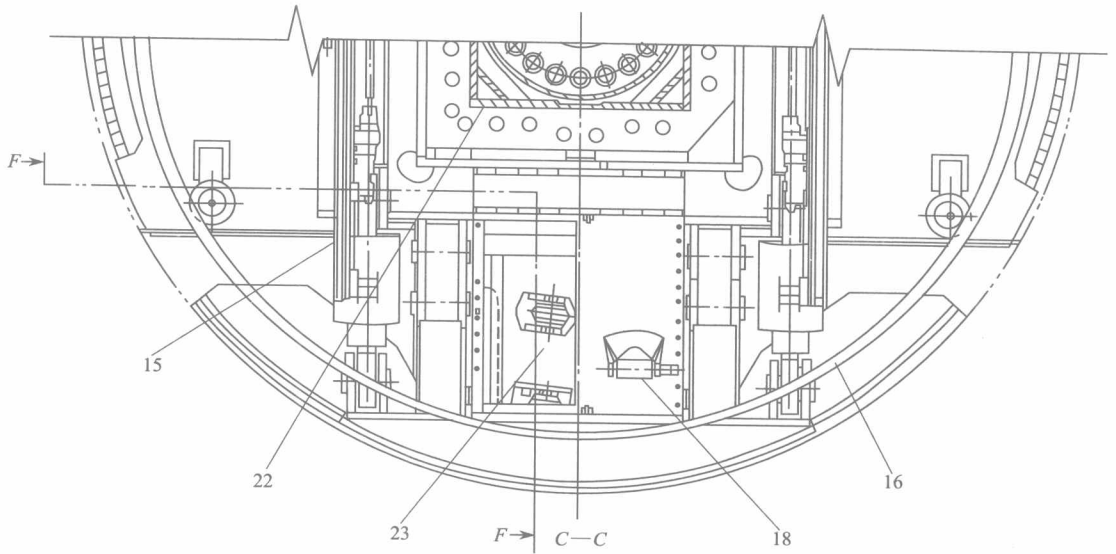
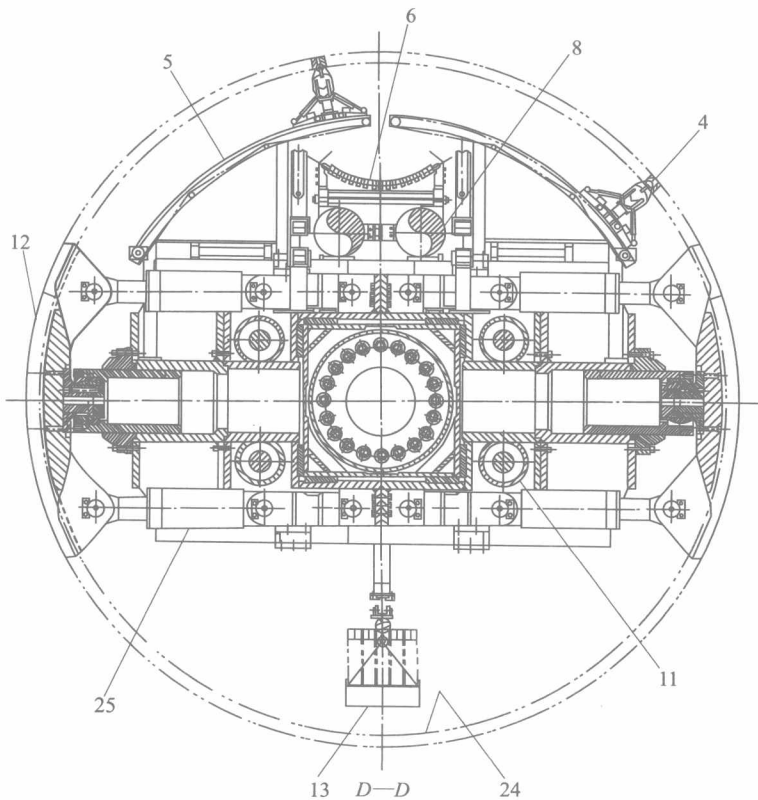


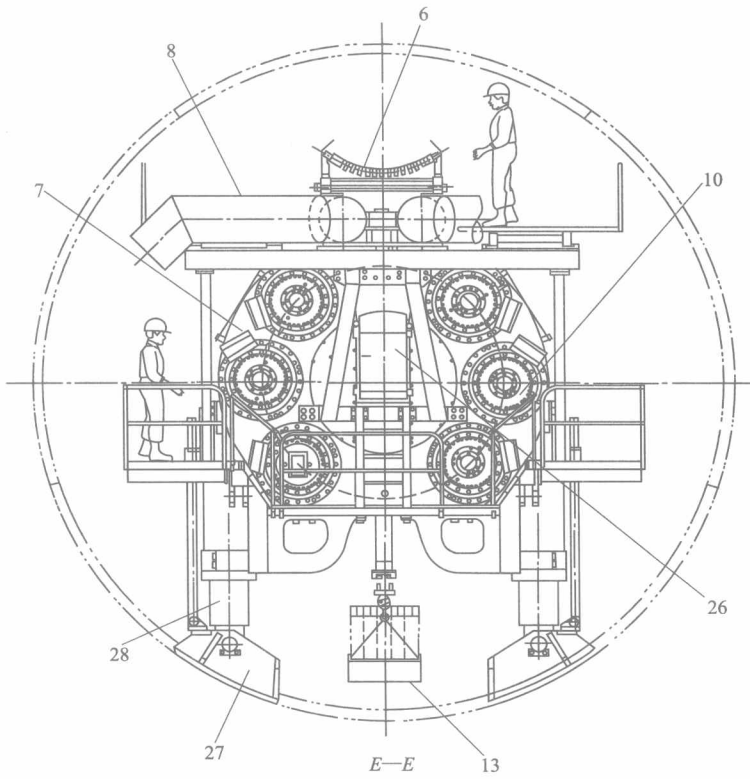
图1—4 Jarva Mk27/8.8C—C剖视图

15—二顶部孔凿岩机(任选), 在收拢位置; 16—圈梁架装置(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



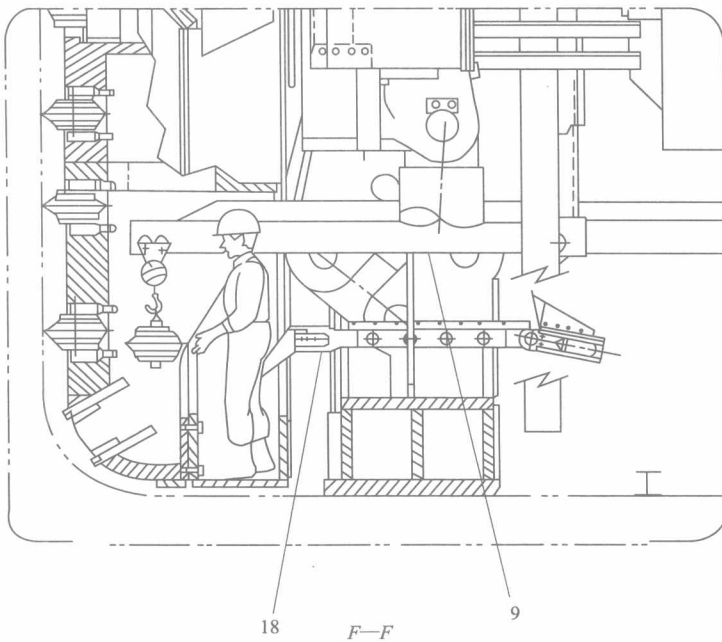
4—两探测孔凿岩机(任选);
5—两探测孔凿岩机导轨架(任选);
6—输送带;
8—通风管;
11—四推进液压缸;
12—支撑靴(前二后二);
13—圈梁吊篮(任选);
24—示圈梁(16号工字钢)内径之圆;
25—支撑靴液压缸, 共16个

图1—5 Jarva Mk27/8.8D—D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;
- 28—后支撑腿

图1—6 Jarva Mk27/8.8 E—E剖视图



- 9—起重轨道(可向前伸出以更换滚刀);
- 18—(仰拱处的)输送装置(任选)

图1—7 Jarva Mk27/8.8 F—F剖视图

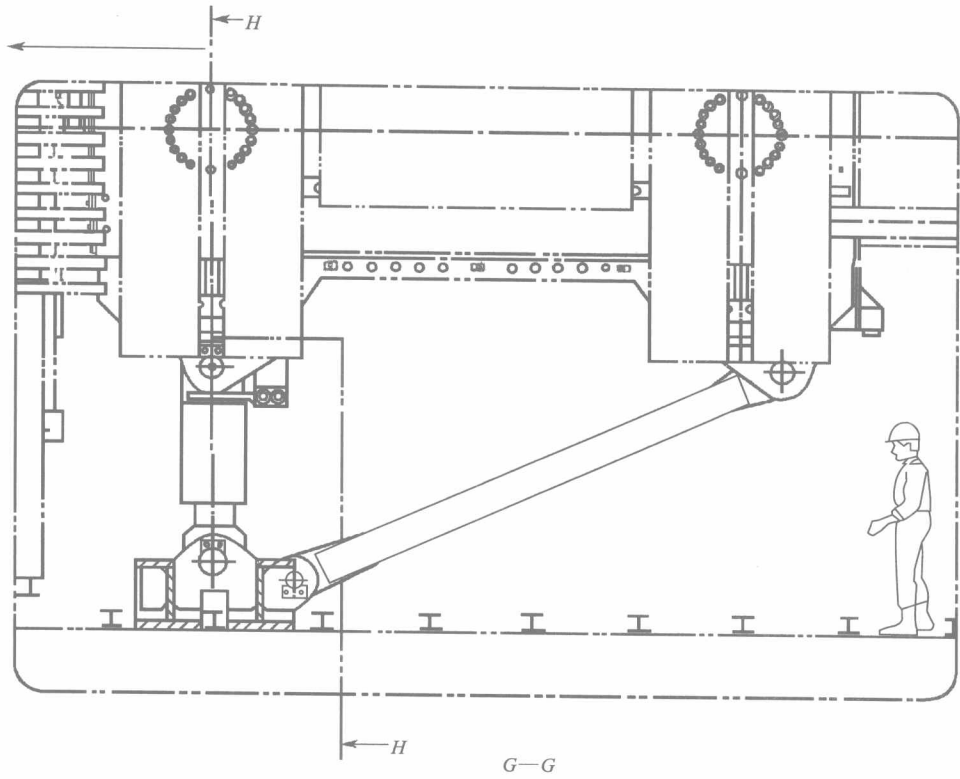


图1—8 Jarva Mk27/8.8前支腿(可装, 亦可不装, 任选)

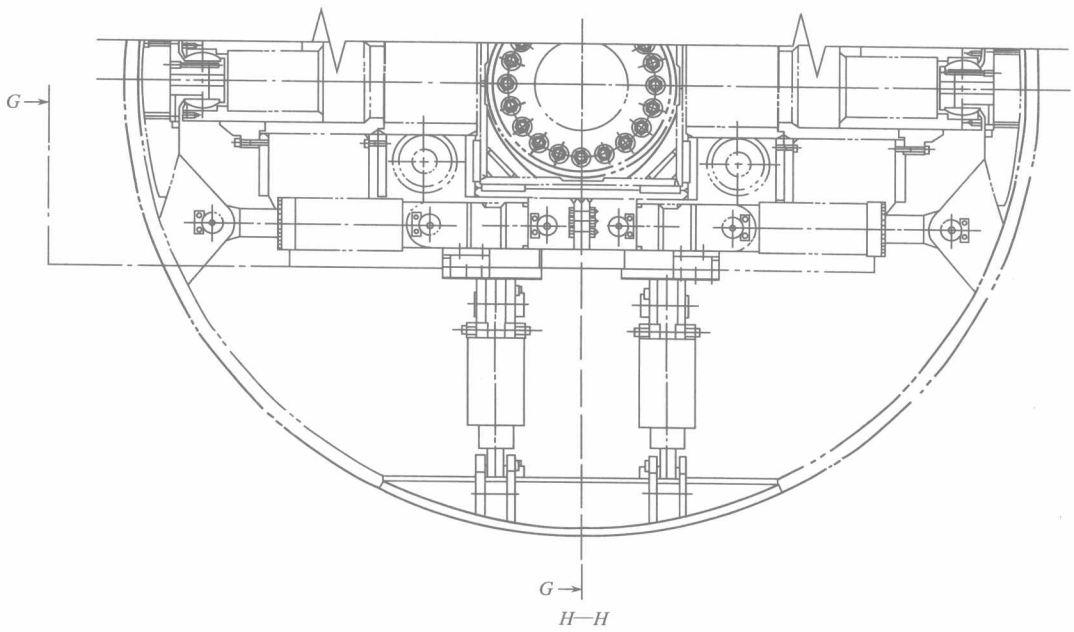


图1—9 Jarva Mk27/8.8前支腿后视图

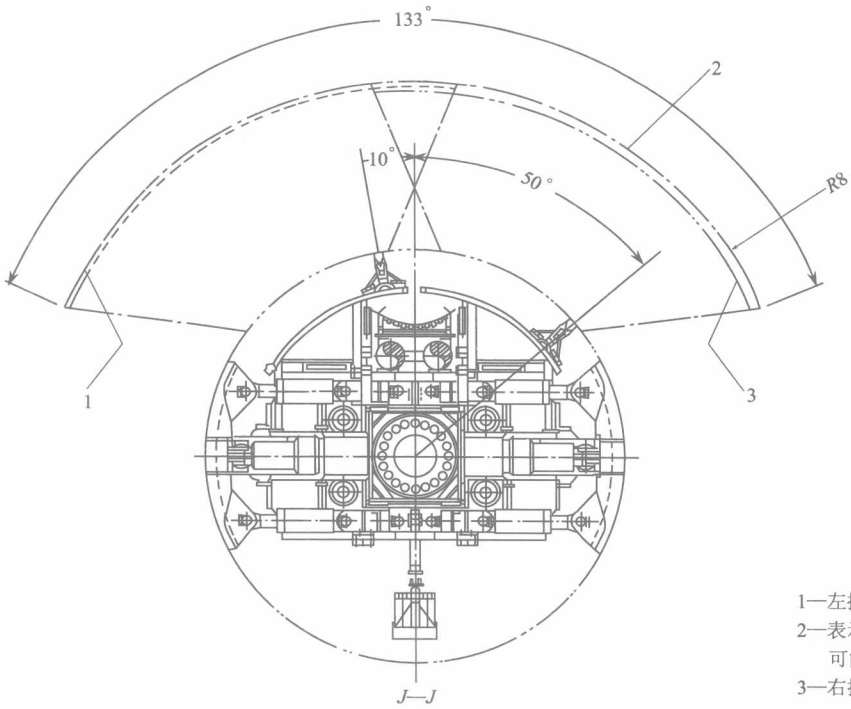


图1—10 Jarva Mk27/8.8的探测孔凿岩机作业覆盖面

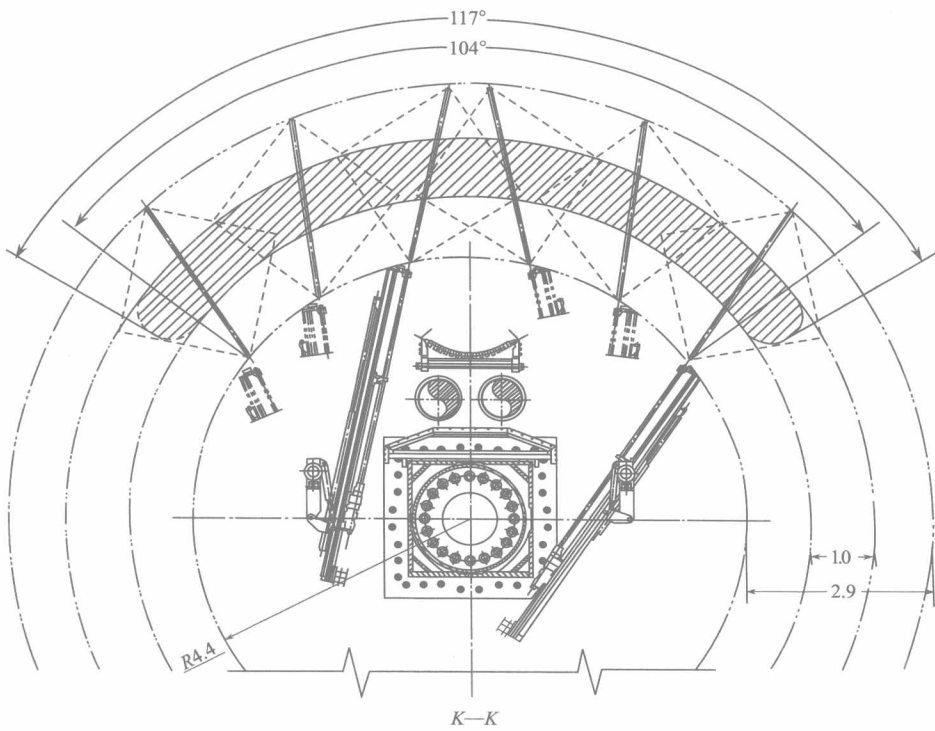
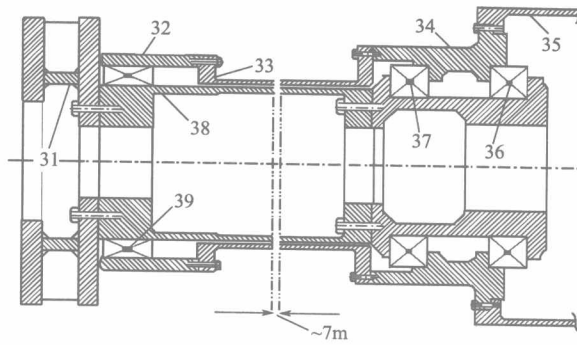


图1—11 Jarva Mk27/8.8打锚杆孔时的作业覆盖面



- 31—刀盘切削头中心部;
- 32—前轴承箱;
- 33—扭力管;
- 34—后轴承箱;
- 35—传动齿轮箱;
- 36—后轴向轴承;
- 37—前轴向轴承;
- 38—刀盘切削头空心驱动轴;
- 39—前径向轴承

图1—12 Jarva Mk27/8.8的主轴承布置示意图

如有必要, Jarva Mk27/8.8 还可装以前支腿于前支撑处, 如图1—8 和图1—9 所示。两图中, 为清晰起见, 均未画出起重轨道。

探测孔凿岩机(任选)作业覆盖面粗略的尺寸, 如图1—10 所示。

图1—11 为两台打顶部孔的凿岩机在作业时, 即打锚杆孔时, 可能的覆盖面。

图1—12 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—12 所示, 是由 3 个分置的轴承组成。可以承受该 TBM 全部 18500kN 的推力, 其最大钻孔直径达 12.4m。

见图 1—12, 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 33 的前法兰盘上。前径向轴承 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 结成一体, 接装到扭力管 33 的后端。后轴承箱 34 内的两个轴向轴承 36 与 37 传递全部推力, 并承受后端驱动轴与齿圈等的全部重量。

3 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 32 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 3 个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, 这就有可能减小该掘进机最小钻孔直径到 $\phi 6.4\text{m}$ 。

后面两个轴承的前面一个, 即图1—12 后部中的前轴向轴承 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, 相当于在实际使用 TBM 机组的寿命翻一番。

全部 3 个轴承由全滤式油液润滑系统进行润滑, 重载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

支撑部分由主机架 14(图1—1)和 4 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。4 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—5, 使靴板可均匀地抵靠在洞壁上, 从而消除点接触或线接触, 避免挤坏岩壁。

可调的青铜滑动方的导轨(有自动注润滑脂系统)支持着工作部分于主机架 14 内, 经由

此滑动导轨将刀盘切削时扭矩的反力矩传到主机架。工作部分在润滑良好的方形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—12,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、后支腿与石砟输送带 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。

置于 TBM 后面的 6 台电动机 10 共同驱动刀盘 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尤为重要。在 Mk27,刀盘切削头的慢动与启动,是通过驱动主电动机的变频驱动(Variable Frequency Drive-VFD)系统实现的。

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。

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—12 传递此推力。它的作用,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,从而无论何时都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 1 个中心部和 6 个可拆卸的辐条,见图 1—2。中心部 31 示于图1—12,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。

刮刀置于辐条上,舀起岩砟,装入安装在刀盘切削头后的铲斗中。另外还提供 1 个岩石破碎器,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形式的盘形滚刀:2 个双盘式中心滚刀,见图1—2,另有 8 个滚刀在定位区,也就是说在边上,二者之间则有若干正刀。正刀数的选择,取决于 TBM 的直径,也取决于根据岩石种类而选择的切痕间距。

4. 岩砟输送带

用岩砟输送带将破碎下来的岩石从刀盘切削头区域运送到 TBM 后部。输送带置于 TBM 的上部,石砟经前轴承箱上方的料斗装入输送带。为了安全起见,输送带封闭在易开启的板壁之中,开启板壁就可以维护其所有的部件。

石砟输送带运送石砟的最大能力,相应于 TBM 推进速度为 6m/h。

一套液压马达驱动的链传动机构可将输送带从料斗下面面向后退,以便保养前面的托辊,