

高等学校试用教材

工程 机 械

中 册

中 国 铁 道 出 版 社

高等学校试用教材

工 程 机 械

中 册

西南交通大学编

中 国 铁 道 出 版 社

1981年·北京

高等学校试用教材
工程机械（中册）

西南交通大学编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：15 字数：310 千

1981年4月第1版 1981年4月 第1次印刷

印数：0001—6,500册 定价：1.55 元

内 容 提 要

《工程机械》教材分上中下三册出版。上册介绍土方工程机械、桥梁工程机械的构造及原理。中册介绍隧道施工机械，线路工程机械的构造及原理。下册介绍工程机械的理论及设计。

本书为高等学校试用教材，也可供从事工程机械设计、制造、修理及使用的专业人员参考。

本中册由西南交通大学覃骏编写，铁道兵工程学院、长沙铁道学院、重庆水电学院及西安公路学院审阅。主持审稿单位为长沙铁道学院。

目 录

第三篇 隧道施工机械

第七章 凿岩台车	1
第一节 概述	1
一、凿岩台车的作用	1
二、凿岩台车的组成	3
三、凿岩台车的分类	5
第二节 凿岩机的结构与原理	7
一、凿岩机	7
二、液压冲击转动式凿岩机简介	15
三、工作钎子	17
第三节 凿岩机推进装置	23
一、自动推进装置的类型	23
二、凿岩机的推进力分析	25
第四节 掘进钻臂	29
一、钻臂的形式	30
二、钻臂的结构及原理	33
三、钻臂的液压系统	38
第五节 凿岩台车的其它装置	40
一、台车的动力装置	40
二、台车门架及行走装置	42
三、锚杆钻孔	43
四、风马达和液控气阀	45
第八章 盾构机械	47
第一节 概述	47
一、盾构的作用及施工方法	47
二、盾构的分类及其施工方法简介	48
三、机械化盾构	56
第二节 盾构的切削机构	61
一、切削部分	61
二、切削轮支承机构	67
三、切削轮的驱动机构	68
第三节 盾构机械的其它装置	71
一、动力装置	71

二、盾构外壳构造	72
三、推进装置及调向动作	75
四、拼装机构	78
五、出碴装置	82
六、盾构施工的导向装置	85
第九章 联合掘进机	89
第一节 概述	89
一、联合掘进机的作用	89
二、掘进机的优缺点及其发展中的问题	89
三、掘进机的主要组成	91
四、掘进机的工作原理	95
第二节 切削头工作机构	104
一、刀具的形状及材质	105
二、切削头的刀盘	112
三、刀盘的支承方式及驱动装置	117
第三节 推进和调向装置	119
一、掘进机的导向装置	119
二、推进装置	119
三、掘进机的调向装置	123
第四节 掘进机的其它装置	126
一、出碴输送装置	126
二、除尘和粉尘控制装置	127
三、测量装置	128

第四篇 铁道线路机械

第十章 铁道线路捣固机械	135
第一节 概述	135
一、捣固作业的目的和要求	135
二、道碴捣固工作原理和机械类型	135
三、国内外捣固机械的现状	140
第二节 捣固车的总体结构	150
一、TYD-16型捣固车总体结构	150
二、TYD-16型捣固车的工作原理	151
三、TYD-16型捣固车主要技术特性	156
第三节 捣固车的动力装置及传动装置	158
一、动力装置	158
二、国外捣固车的传动系统及其分析	159
第四节 捣固头装置	161
一、捣固头的结构	161
二、双枕和三枕捣固头结构	166

三、道岔捣固头结构	167
四、捣固头的主要参数	168
第五节 车体架及行走装置	170
一、捣固车的车体架	170
二、捣固车行走装置	171
第六节 线路抄平原理及其装置	179
一、铁道线路抄平方法及原理	179
二、起拨道机构及其支撑	185
第七节 捣固车的自动控制简介	189
一、概述	189
二、捣固作业的程控及数控方法	190
三、抄平装置的自控原理	191
第十一章 道碴清筛机	193
第一节 概述	193
一、道碴清筛的作用及分类	193
二、道碴清筛机的作用原理	193
三、国内外现状及发展	195
四、清筛机的构造	200
第二节 挖掘装置	205
一、挖掘装置的组成	205
二、挖掘耙板链	211
第三节 筛分机构	213
一、筛子的分类及筛分顺序	213
二、振动筛的结构及工作原理	214
三、离心筛的结构及工作原理	219
第四节 行走装置	222
一、轨行式行走装置	222
二、其它行走装置	224
第五节 清筛机回填装置	229
一、摆动式回填运输机总体	229
二、皮带运输机及驱动装置	229
三、摆动机构及其液压控制系统	231

第三篇 隧道施工机械

隧道机械是指用于建筑铁路、公路隧道和地下铁道的所有机械的总称。它包括隧道开挖的机械，如凿岩台车、联合掘进机、盾构机械；隧道出碴运输机械，如装岩机、运碴列车等；支撑、衬砌、通风等工序所用机械等。这里我们着重介绍隧道开挖所用的机械。

第七章 凿岩台车

第一节 概 述

一、凿岩台车的作用

凿岩台车（又称钻孔台车）是为了提高隧道开挖效率，将数把凿岩机和支架安装在同一台架上，可以同时进行多个钻眼工序的一种机械。如图 7—1 所示，（a）为轨行门式凿岩台车；（b）为轮胎式液压凿岩台车。

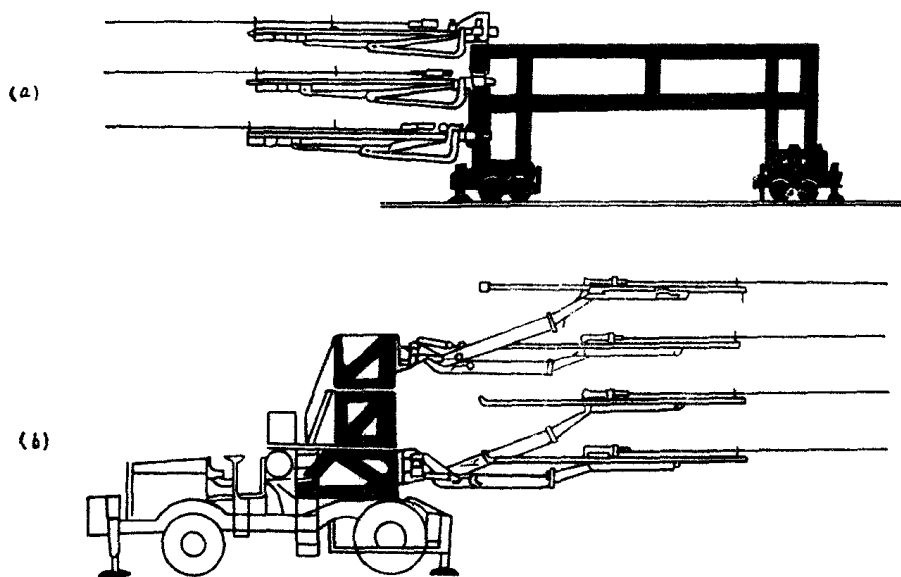


图 7—1 凿岩台车
（a）轨行门式凿岩台车；（b）轮胎式液压凿岩台车。

凿岩台车一般用于地质条件较好，基本不要临时支护的大断面（开挖面积 17米^2 以上）的隧道施工。但是，近年来也在岩质较差的隧道施工中试用，收效良好。

凿岩台车主要是作为钻眼的工作台（多层）；安装凿岩机支架；凿顶、支撑、装药和设备材料临时存放台。在轨行门式的凿岩台车上，常常装有平移调车起重机，能够在台车门架内横向调移空载运碴车辆。

凿岩台车的开挖施工工序：台车就位、多台凿岩机同时钻眼、利用台车架进行装药、台车退出掌子面、爆破、排烟凿顶、支护（视地质情况而定）、装碴机就位、装碴运输，同时也可进行上部钻眼。如此循环进行作业。

由于在紧固的钢架上安装凿岩机和支架，因此可装备中、重型大功率的凿岩机，并且冲击频率可以提高，凿岩机推进力得到了保证。所以，采用凿岩台车的凿岩效率高，钻进速度快，能适应各类岩层，在同等开挖断面下，可减少凿岩机台数。图7—2为隧道掘进工效发展情况。图7—3为凿岩机凿岩速度的发展情况。由图可看出，采用凿岩台车后对加快隧道建筑所起的作用。一般来说，采用凿岩台车建筑隧道日进尺在10米左右，月进尺可达200~300米左右。表7—1为60~70年代几个隧道使用凿岩台车的生产效率。

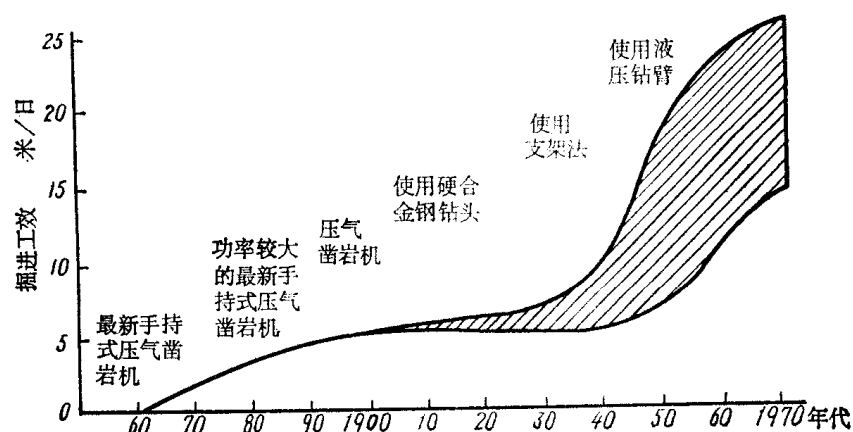


图7—2 隧道掘进工效的发展情况

六十~七十年代几个隧道使用凿岩台车的生产效率

表7—1

国别	隧道名称	隧道长度 (公里)	断面积 (米 ²)	凿岩台车	日进尺 (米)	月进尺 (米)	施工年代
日本	新清水单线 铁路隧道	13.49	30.0	凿岩台车, 11 和13把钻臂	最高 14.5	最高230 平均150~ 180	60
中国	嘎立铁路隧道 (成昆线)	2.26	45.6	梯架式凿岩台车, 17把钻机	最高6.1 平均3.4	最高125 平均83	1966
美国	佛拉蒂赫德 单线铁路隧道	10.76	53	门架式凿岩台车 11台钻臂, 1台 中空大直径钻机	最高 20.1	最高398 平均183	1966 ? 1969
日本	松原铁路隧道	2.4	30.6 ? 38.4	TYBP-J ₂ -10 型凿岩台车, 10把钻机	最高12	最高275	1968 ? 1969
瑞士	圣哥达 公路隧道	16.3	84	轮式液压凿岩台 车, 两台共4把 钻机并行作业	最高13.0		1969 ? 至今
日本	新关门铁路 (山阳新干线 海底隧道)	18.8	22.8 (上半断面)	门架式凿岩台车 8~10把钻机	最高9.0 平均2.5		1970 ? 1974

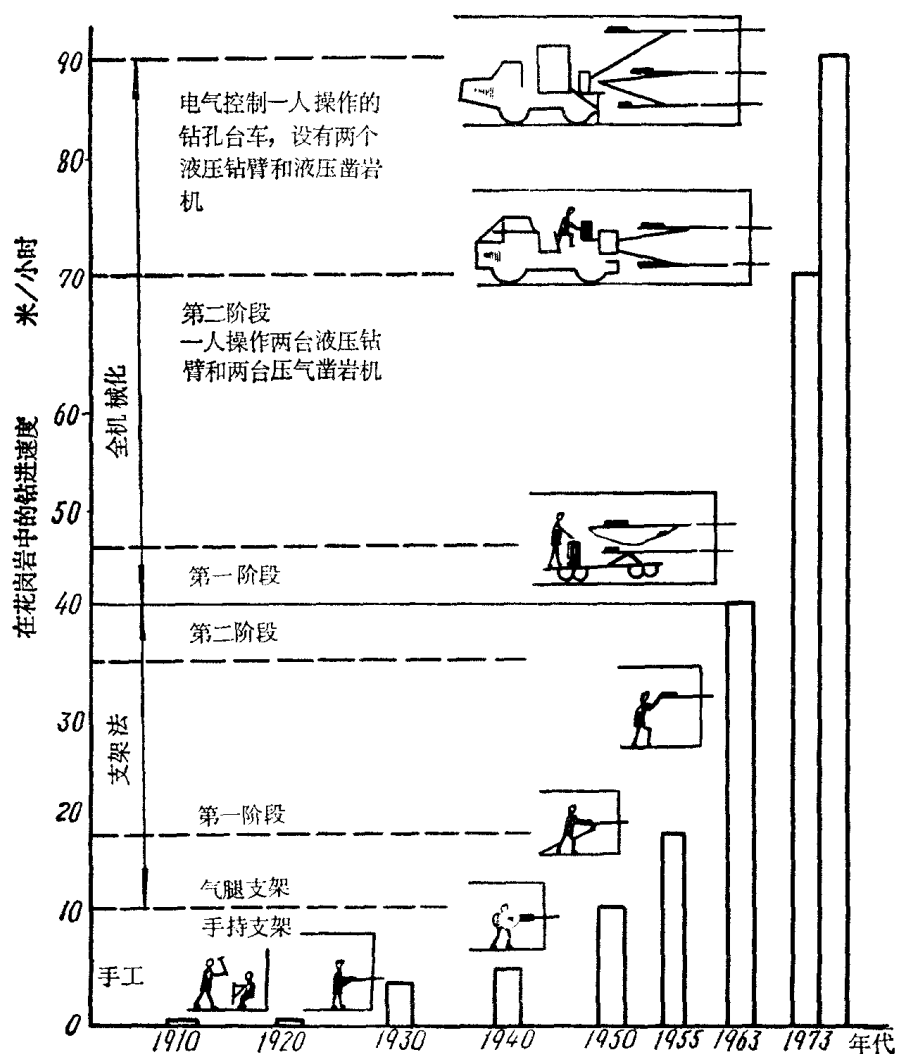


图 7-3 凿岩机凿岩速度的发展情况

二、凿岩台车的组成

凿岩台车以CGJ15-3型轨行式凿岩台车为例，如图7-4所示，有五层液压钻臂共十五把凿岩机1和液压钻臂2，另有三台垂直锚杆机12，可供对拱顶进行锚杆钻孔。车架4是用型钢焊接成的门式刚架，作为安装各种装置的基础，并承受着全部钻机的推进反力。整个车架是通过四个铰与行走轮3联结，这种结构允许行走轮绕联结销作垂直平面的摆动。当隧道铺设的线路不平时，减少台车刚架的扭曲载荷。风罐8为保证风压（5~6公斤/厘米²）的稳定，它具有1.5米³的蓄风量，保证凿岩机的用风量、使速度稳定。水罐6容量为1.5米³，共两个，保证凿岩机所用水压3~5公斤/厘米²，这是钻孔内除尘（排粉）和冷却钻头用水。液压钻臂运动所用液压油，全部由油泵站9供给，油泵站由TM10型风马达驱动YBC45/80型双联齿轮泵组成，共有三套装置。液压系统压力为60公斤/厘米²。为了台车上设备和零星材料上下吊装而装有起重能力为0.45吨的悬臂吊车11。吊车采用EJ450型风动绞车缠绕的钢丝绳起吊重物。在开挖电气化铁道隧道时，为适应断面增高（按我国部定增高550毫米），台车顶部设有加高平台14，在加高平台上的两台凿岩机可完成上部炮眼的钻孔工作。台车移动是依靠装碴机或其他动车牵引，台车完成就位后，可拆卸牵引梁一端的立销，将牵引梁转向一侧，开放台车门架内的通道。

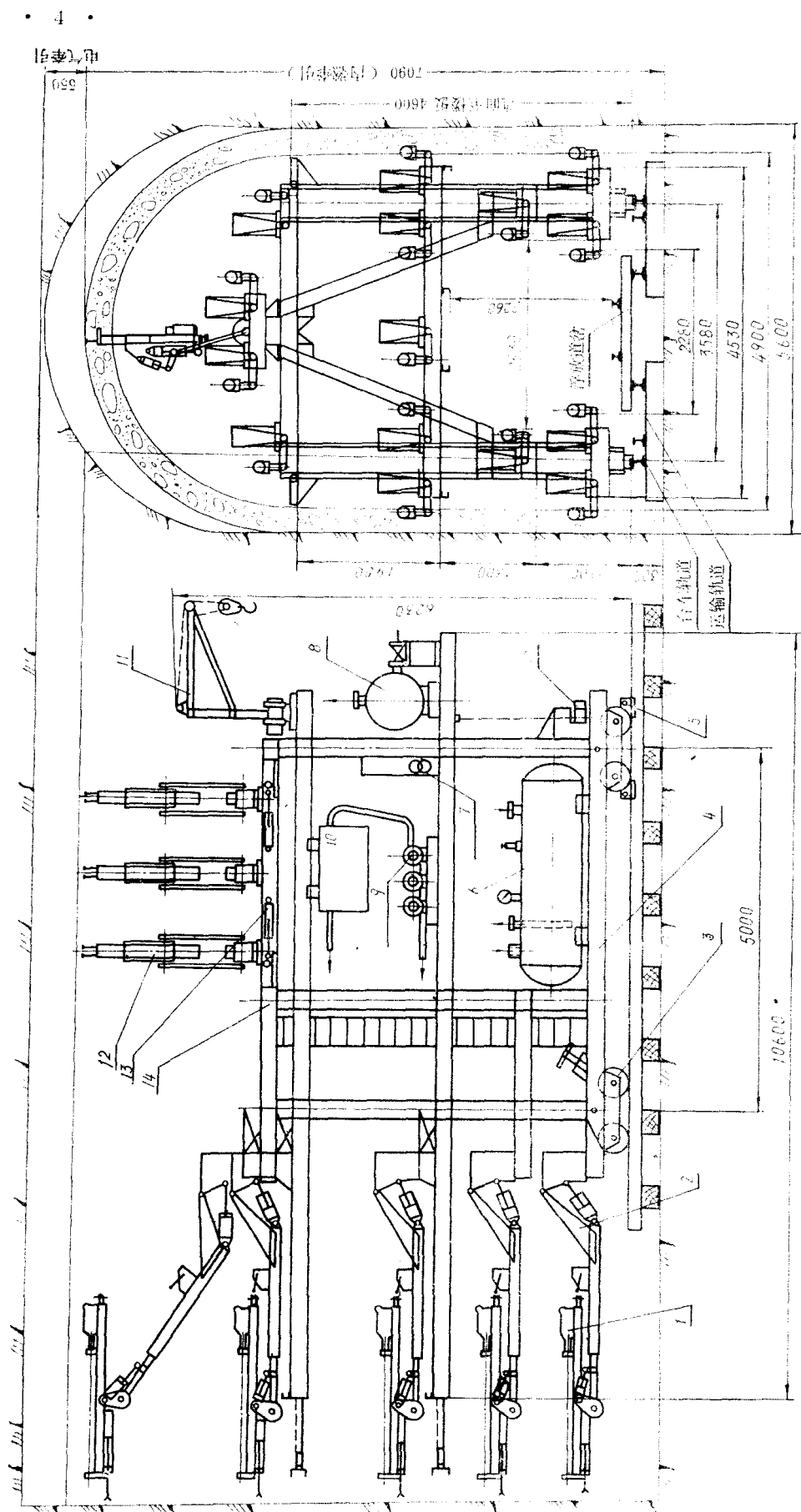


图7-4 CGJ15-3型轨行式磨岩台车

- 1——YG40型磨岩机；2——液压缸臂；3——行走轮；4——车架；5——铁鞋；6——水罐；7——配电箱；8——风罐；9——油泵站；10——液泵站；11——起重臂；12——起重机构；13——锚杆移动机构；14——加高平台。

国内外几种凿岩台车的技术参数见表 7—2。

三、凿岩台车的分类

按隧道开挖断面分为：

全断面台车；半断面台车；导坑台车。

按台车车架形式分为：

门架式；

框架式，如图 7—5 (a)。

按行走装置分为：

轨行式；

轮胎式，图 7—5 (a)；

履带式。

按钻臂形式分为：

液压钻臂式，如图 7—5 (b)。

梯架式，如图 7—5 (c)。

按钻臂运动原理分，有相似三角形形式和平行四边形式。

凿岩台车是目前隧道全断面开挖的主要机具之一，它具有下列优点：

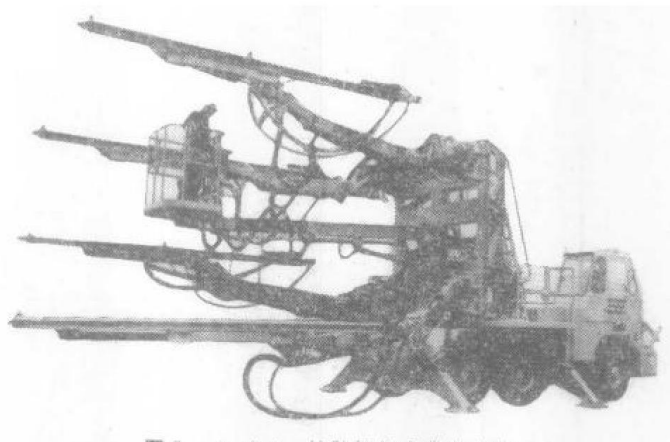


图 7—5 (a) 轮胎框架式凿岩台车

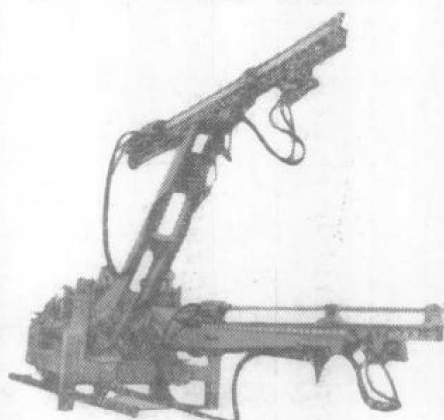


图 7—5 (b) 液压式钻臂

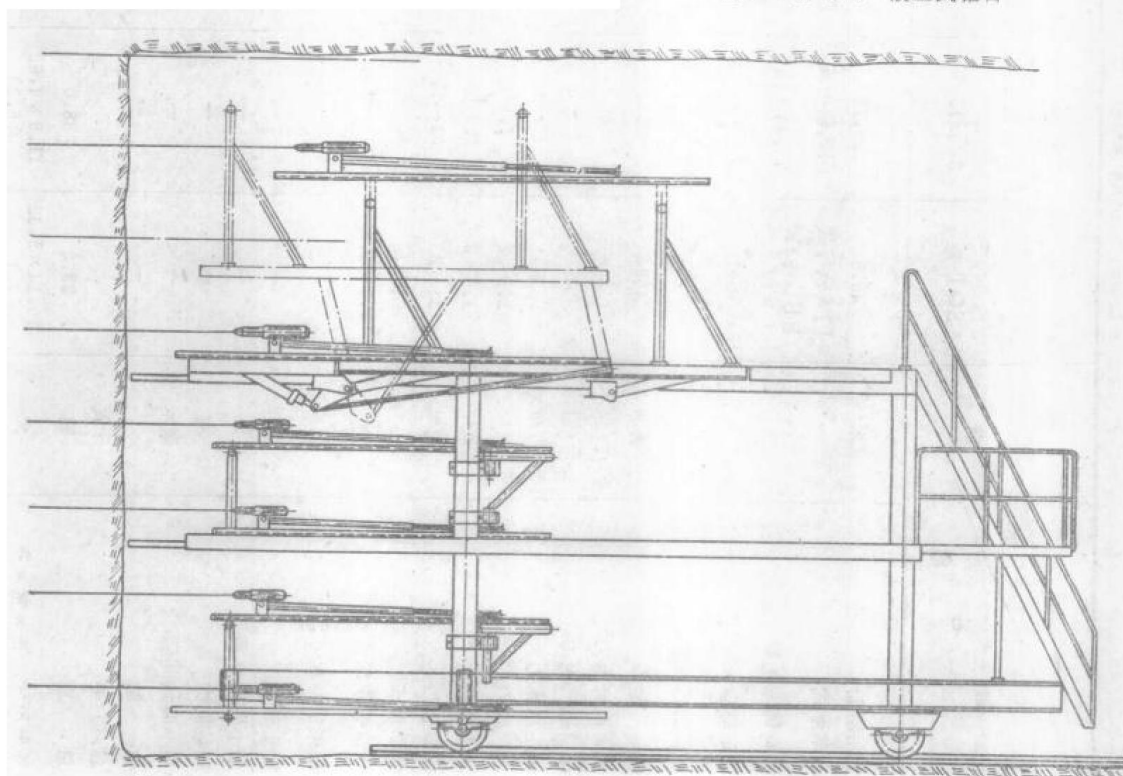


图 7—5 (c) 梯架式钻臂

几种执行门式和轮式汽车型凿岩台车技术参数

表 7 — 2

参 数 名 称		国 别		中 国		日 本		瑞 典			
		型 号 及 参 数		SQT-2	CGJ15-3	ZC-500	TYBP-J ₂ -10	全液压 7 臂	JTH-2	TH480	TH286
适用断面	米 ²			45.3	42.78	44.8	30.6	75.2	约21.0	约100	约130
台车形式		门式执行式		门式执行式	门式执行式	门式执行式	门式执行	门式执行	铰接轮式	轮式, 整体	轮式, 整体
凿岩机型 × 数		BBC-24W × 12		BBC-24W × 12	YG40 × 15	35-D × 15	F11 × 10	RPH400 × 7	HD100 × 2	1038HD × 4	1038HD × 4 (升降平台)
推进器型 × 数		BMN30B × 12		BMN30B × 12	FJZ25 × 15	5GS-20LA × 15	AF5-V × 10	CC2000	GH100-33 × 2	BMH600 × 4	BMH618 × 4
钻臂形式 × 数		梯架式 × 12		梯架式 × 12	Z型液压 × 15	BHF-9 × 15	JBS型 × 10	BVAN 1500F	JE100TR × 2	BUT15 × 4	BUT15 × 4
轨 距	毫米	4800		4800	3580	3500	3500	5700	轮距1950	轮距2100	轮距2100
液压系统压力	公斤/厘米 ²	—		—	60	60	—	170~200	170	250	250
压缩空气压力	公斤/厘米 ²	6		6	5~6	7	5~6	—	—	3	3
除尘水压力	公斤/厘米 ²	6		6	5~6	7	5~6	—	—	4~10	4~10
汽包容积	米 ³	1.5 × 2		1.5 × 2	1.5	1.6 × 2	2	—	—	—	—
水包容积	米 ³	1.5 × 2		1.5 × 2	1.5 × 2	1.6 × 2	36~38	—	—	—	—
钻眼直径	毫米	31~33		31~33	42~46	35	闸 瓦	45~125	34~125	43~51	43~51
制动形式		闸 瓦		闸 瓦	闸 瓦	闸 瓦	闸 瓦	闸 瓦	4轮, 液空盘式	4轮, 气式, 蹄式	4轮, 气式, 蹄式
一次钻眼深度	米	1.6~3.2		1.6~3.2	2.5~4.0	1.5	2.1~2.4	3.2	3.3	3.7~5.5	3.7~5.5
框架中空尺寸高	毫米	—		—	—	—	—	3800	—	—	—
行走速度	公里/时	—		—	—	—	—	4400	—	—	—
最小回转半径	米	—		—	—	—	—	—	0~7	—	—
爬坡能力	度	—		—	—	—	—	—	6	—	—
最小离地间隙	毫米	—		—	—	—	—	—	15	—	—
轮 胎		—		—	—	—	—	—	300	—	—
总 功 率	千瓦	—		—	—	—	—	—	16:00-24-16	—	—
总 重	吨	22.0		22.0	38.0	34.3	26	140	80	4 × 45	4 × 45
外形尺寸, 长 × 宽 × 高	米	10.14 × 5.32 × 7.3		10.14 × 5.32 × 7.3	11.9 × 4.53 × 6.23	9.8 × 4.3 × 6.7	10.08 × 4.3 × 5.0	17.0 × 8.8 × 6.5	13.3 × 2.4 × 2.8	15.0 × 3.5 × 4.3	15.0 × 3.5 × 4.3

1. 节省劳动力, 可一人操纵 2 ~ 4 把凿岩机。劳动强度低, 操纵者不直接承受凿岩机的振动。

2. 钻眼速度快, 由于采用液压或压缩空气推进而且推进方向和钻机方向一致, 钻孔平均速度达 20 ~ 30 (厘米/分), 最高可达 60 (厘米/分)。

3. 可利用长钻杆 (最长钻杆达 7180 毫米), 减少换杆时间, 还可钻凿较大较深的炮眼, 以满足用油铵炸药。

4. 定向性好 (开门性), 提高作业效率。

5. 机动性好, 尤其采用轮胎式钻孔台车。

6. 采用全液压钻, 可在洞内直接用内燃机或电动机拖动液压泵作动力源, 提高了能量利用率。

7. 液压钻臂可进一步发展自动化控制, 确保炮眼方向, 深度等等。

因此, 近年铁路隧道、公路隧道、地下铁道广泛采用凿岩台车进行全断面或半断面开挖, 甚至导坑开挖也多应用凿岩台车。

第二节 凿岩机的结构与原理

一、凿 岩 机

凿岩机是凿岩台车上的主要设备, 它担负着近百个炮眼 (就目前单线铁路隧道开挖断面面积为 46 米² 而言) 的钻凿工作, 钻眼时间占钻眼爆破总工作循环时间的 45 ~ 64 %, 是控制隧道掘进速度的主要因素。

(一) 凿岩机的分类

1. 按钻进的工作原理分:

(1) 冲击转动式——风动式的如 YG40 型; 电动式的如 K3ZP-28 型; 液压式的如 COP1038HD 型。

(2) 旋转式——以电动为主 (通称电钻)。

(3) 旋转冲击式——具有独立的旋转机构及冲击机构, 如潜孔钻机。

2. 按驱动钻机的动力分:

(1) 风动——如国产 YG40 型, YT-23 型 (即 7655 型);

(2) 电动——如国产 YD30 型, K3ZP-28 型;

(3) 液压——如瑞典 COP1038HD;

(4) 热力 (即内燃凿岩机) ——如国产 YN-23 和 YN-30 (宜春风动工具厂)。

3. 按冲击频率分为:

(1) 低频凿岩机——其冲击次数在 2000 次/分以下;

(2) 中频凿岩机——其冲击次数在 2000 ~ 2500 次/分;

(3) 高频凿岩机——其冲击次数在 2500 ~ 4000 次/分;

(4) 超高频凿岩机——其冲击次数大于 4000 次/分。

冲击次数是凿岩机性能的主要技术指标之一。一般来说, 冲击频率低, 冲击力高, 而冲击频率高, 相应冲击力有所降低。

4. 按配气机构的特点分为:

- (1) 活阀式——配气阀的换向依靠活塞压缩终了的空气（又称废气）；
- (2) 控制阀式——配气阀的换向依靠进入凿岩机的压缩空气；
- (3) 无阀式——无单独的配气装置，而是通过活塞的往复运动自行配气。

5. 按排粉方式可分为：

- (1) 湿式凿岩机——按其供水方式又分为中心供水式和旁侧供水式；
- (2) 干式捕尘凿岩机——也分成中心和旁侧捕尘两种。

一般来讲，凿岩机大部分是指钻孔直径在100毫米内，孔深在10米以内的钻机。当钻孔直径在100~400毫米，孔深达100~500米的钻机，常称之为潜孔钻机。这种钻机近年来也用于隧道施工中探测开挖面前方的地质情况，孔深达2000米，孔径达187毫米（如日本的FS-400型水平钻机）。目前钻孔台车上主要使用前一类型的凿岩机，就工作原理而言，主要使用冲击转动式的。为此，我们着重介绍风动、电动冲击转动式凿岩机，对液压式凿岩机只作简单介绍。

(二) 冲击转动式凿岩机构造

1. 种类及其优缺点：

风动冲击转动式凿岩机的优点是结构比较简单，工作安全可靠，缺点是效率低。一台钻径为38毫米的风动凿岩机要近20千瓦的能源。动力投资费用高、噪声大。

电动冲击转动式凿岩机的优点是能源利用率高，如一台K3ZP-28型电动凿岩机约耗电3千瓦，仅为风动的1/6。对于台车来说，使动力单一化，此外噪声小。

液压冲击转动式凿岩机最突出的特点是噪声小，其次效率高，在花岗岩中的平均钻进速度达1.5~2米/分（COP1038HD型钻机用38毫米钻杆和51毫米钻头）；此外还能调节转动方向和冲击频率以及冲击行程。随着液压技术的发展，这类凿岩机势必将得到大力推广。

按凿岩机每分钟冲击次数（频率）分，还有普通型凿岩机，其冲击频率在2500次/分以下；高频凿岩机其冲击频率达6000次/分。目前各国生产的凿岩机日趋高频方向发展。表7-3为几个主要国家生产凿岩机的技术参数。

2. 凿岩机构造

YG-40型冲击转动式风动凿岩机是轻型导轨式凿岩机。其构造如图7-6所示。从结构上可分成气水供给部分、气缸体和机头三个部分。三部分用两条长螺杆20和螺母21联结。

(1) 气水供给部（又称机尾）

压缩空气由进气管18进入凿岩机。气管由弹簧卡环19固定在机尾体上。圆筒形操纵阀2，阀开有孔a，阀端有操纵把22，转动操纵把即使操纵阀2转动。与气孔a相对应的外圆周，设有五个楔形缺口（见图7-6中C-C剖面），是为操纵阀2的定位销定位而设。

冲洗炮眼用水由进水管1进入凿岩机，用卡环固定在进水螺母上，螺母靠螺纹拧在机尾体上。螺母上装有水针14，它是细长管，沿凿岩机轴线直到机头部。

(2) 气缸体部

气缸体部分位于凿岩机的中部。它与机尾有定位销3固定其相对位置，气缸体中有冲击活塞9，转动机构7、阀柜4、阀5、阀套6和导向套11。与转动机构螺旋棒相配合的螺旋母8，装在活塞大端内。

转动机构的结构见图7-6中剖面A-A，有周边带气孔的棘轮、棘轮爪弹簧和螺旋棒7几个零件。螺旋棒穿过阀套6中心和气缸后腔与活塞大端的螺旋母8啮合，水针14套在气针13内、水气针同时穿过螺旋棒中心插入活塞里。而活塞杆前端外圆作成矩形花键形，与转动套尾端的内花键啮合。

表 7 — 3

钻孔台车用凿岩机的技术参数

技术 指 标	单 位	中 国			瑞 典		日 本	法 国	中 国	日 本	日 本
		YG40	K3ZP-28	YG80	BBC-24W	COP 1038HD					
凿岩机动力	公 斤	36	28	74	29.1	145	风 动	风 动	风 动	液 压	风 动
机器重量	公斤	5 ~ 6	电·380	5	6	150 ~ 250	55.2	110	63	130	90
工作压力	次/分	1600	2700	1750 1800	2050	2300 ~ 3600	5 ~ 6	5.5	5	140 ~ 175	5
冲击次数	转/分		150		200		1600	2000	1900	3000 ~ 4000	1500
缸筒直径	毫 米	85	—	120	70	0 ~ 300	190	175		0 ~ 360	200 ~ 360
活塞行程	毫 米	80	—	70	70		95	95	120		95
压气消耗量	米 ³ /分	5	—	8.5	4.4	—	95	93	55		96
冲水压力	公斤-米	3 ~ 5	5	3 ~ 5		4 ~ 10	4.4	5.0			6.5
冲击功	马 力	—	3.0	18	—	—	—	—			
凿岩机功率	公 斤-米	—	2.5	—	—	—	—	—			
最大扭矩力矩	毫 米	3.8	1.5	10	—	—	—	—	8 ~ 10	15 ~ 20	
风 (油) 管内径	毫 米	φ25	—	φ38	φ25		φ25		φ24		φ25 ~ φ32
水管内径	毫 米	φ13	—	φ19	φ13		φ12		φ22		φ12
钎尾规格	毫 米	φ32 × 97		φ38 × 97	22 × 108			φ25 × 159	φ32 × 380		φ25 × 159
直径 × 长度	毫 米	40 ~ 55	38 ~ 42	50 ~ 75	31 ~ 33	45 ~ 51		32 ~ 34		38 ~ 125	36 ~ 44
钻眼直径	毫 米		4000	1260	1600 ~ 3200	3700 ~ 5500	1500 ~ 2000	3150	1200		890 × 237
钻杆尺寸	毫 米	680 × 225 × 180	610 × 315 × 270	900 × 310 × 190	760	980 × 260 × 225	758		800		× 318
长 × 宽 × 高	毫 米										

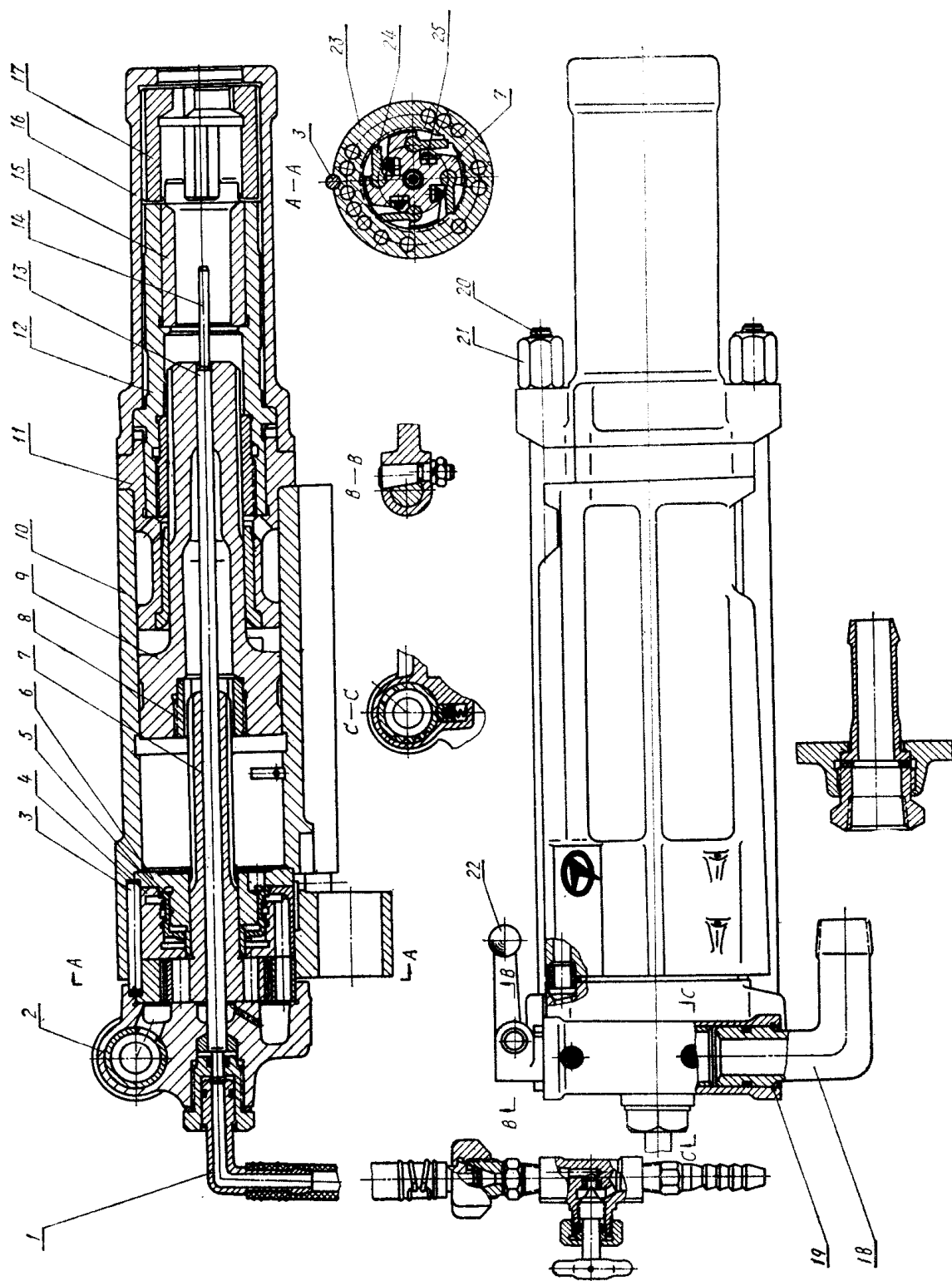


图 7-6 YG40 轻型导轨式凿岩机

1—进水管, 2—操纵阀, 3—定位销, 4—阀柜, 5—活套, 6—阀套, 7—螺旋母, 8—螺旋母, 9—活套, 10—气缸, 11—导向套, 12—转动套, 13—气针, 14—水针, 15—钢套, 16—机头, 17—活塞, 18—气管, 19—气管卡环, 20—螺母, 21—螺母, 22—螺母, 23—螺母, 24—螺母, 25—螺母。