

编 号: (78) 010

内 部

出国参观考察报告

美国岩石掘进机

科学技术文献出版社

出国参观考察报告

美国岩石掘进机

(内部发行)

编辑者: 中国科学技术情报研究所

出版者: 科学技术文献出版社

印刷者: 中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 9.5印张 231千字

统一书号: 15176 · 314 定价: 1.00元

1978年8月出版

一、	概况	(2)
二、	掘进机结构	(5)
	(一) 结构特征	(5)
	(二) 刀盘及铲斗	(23)
	(三) 刀盘大轴承、大密封和润滑	(24)
	(四) 刀盘驱动方式	(26)
	(五) 激光指向和调向机构	(27)
	(六) 电器与液压	(28)
	(七) 随机支护装置	(34)
三、	刀具	(37)
	(一) 各公司制造的刀具	(37)
	(二) 刀具的布置和保护	(47)
	(三) 所考察的几个工地的刀具情况	(49)
	(四) 刀具发展动态和 15 ¹ / ₂ 英寸盘形滚刀	(53)
四、	辅助系统	(56)
	(一) 隧道运输	(56)
	(二) 通风与除尘	(56)
	(三) 随机支护	(60)
	(四) 其他	(62)
五、	实验室和破岩机理	(63)
	(一) 实验室概况	(63)
	(二) 岩石可钻性研究	(65)
	(三) 盘形滚刀破岩机理的研究	(67)

六、 高压水射流技术	(75)
(一) 概况	(75)
(二) 连续水射流辅助掘进机盘刀破岩	(75)
(三) 水射流锚杆钻机	(92)
七、 隧道掘进的破岩新技术和设备	(94)
(一) 遥控连续爆破掘进法	(94)
(二) 高压水射流切槽掘进法	(96)
(三) 控制爆破法	(96)
(四) 锥形扩孔器	(97)
(五) 全液压竖井钻井机	(100)
(六) 无导孔天井钻机	(101)
(七) 岩石钻井机	(102)
八、 附录	(103)
(一) 华盛顿地铁工程和罗宾斯191—161掘进机概况	(103)
(二) 芝加哥城市隧道和蓄水库工程	(106)
(三) 东部煤炭联合公司联邦二号井	(110)
(四) 伯克斯金隧道工程	(113)
(五) 凡特引水隧道工程	(115)
(六) 罗宾斯公司简介	(116)
(七) 佳伐公司简介	(117)
(八) 罗宾斯盘形滚刀装配工艺和维修说明	(117)
(九) 高压水射流技术在其他部门的研究和应用	(143)

美国岩石掘进机

中国岩石掘进机考察组

根据中美双方学术交流协议，中国岩石掘进机考察组一行十人，于1977年10月4日至11月5日赴美考察。在美期间考察了十个州的五个工地、六个公司，六个学校和研究单位。详见附表。

在考察期间，我们看到了美国设计、制造和使用岩石掘进机的情况，弄清了基本的结构型式和技术关键，了解了破岩的新方法、新动向和基础理论应用研究的情况。

遵照毛主席关于“自力更生”“洋为中用”的教导，我们将考察到的有关岩石掘进机的情况（不包括土层掘进和铣削掘进）整理如下，供有关方面参考。

考察单位简况

地 点	单 位	天数	内 容
华盛顿	内政部矿业局	0.5	介绍开挖隧洞方法
	华盛顿地铁A ₆ 段	0.5	参观工程施工
	华盛顿地铁A ₁₁ 段	0.5	参观工程使用的罗宾斯191—161型掘进机
西弗吉尼亚州法维尔 (Fairview)	东部煤炭联合公司联邦2号井	1	参观在煤矿井下使用的卡威尔5.49米掘进机
俄亥俄州梭隆 (Solon)	佳伐公司	1	介绍和参观公司掘进机生产情况
伊利诺斯州芝加哥	伊利诺斯理工学院研究所 芝加哥城市卫生管理区隧道和蓄水库工程（简称芝加哥地下卫生工程）	1	介绍高压水射流和参观实验室
		2	介绍工程情况和讨论掘进机使用情况 参观两处使用MK 30型、MK 22型和罗宾斯222—183型掘进机
明尼苏达州	双城采矿研究中心	1	介绍各种采矿、隧道开挖方法，参观实验室。
明尼阿波利斯	明尼苏达大学	1	介绍并参观地下建筑以及实验室。
德克萨斯州	休斯刀具公司	1	参观刀具生产和介绍讨论有关掘进机、刀具、天井钻机等问题。
休斯敦	里德刀具公司	1	参观工厂及讨论刀具有关问题。
亚利桑那州派克镇 (Parker)	亚利桑那州引水工程 伯克斯金隧道	2.5	介绍工程情况，参观工地设备和罗宾斯233—172型掘进机。

地 点	单 位	天数	内 容
科罗拉多州	科罗拉多矿业学院	2	介绍隧道开挖新方法及水射流破岩。
丹佛	农垦局丹佛工程和研究中心	0.5	介绍工程情况。
	艾森豪威尔公路隧道	0.5	介绍参观隧道施工情况。
犹他州 盐湖城	犹他州中部引水工程凡特隧道	1	介绍水利工程情况，参观在工程中使用的罗宾斯1010-179型掘进机。
华盛顿州	罗宾斯公司	2	介绍公司掘进机设计情况，讨论有关的问题。 参观实验室、工厂和岩石钻井机生产情况。
西雅图	流体工业公司	1	介绍公司产品：水射流切割机。
	英格索兰德公司 劳伦斯分公司	1	介绍公司情况和刀具设计。

一、概 况

近些年来，随着采矿、水利、水电、交通运输、城市地下工程和军事工程的发展，地下岩石隧道掘进的规模日益扩大。据国外十八个国家的不完全统计，七十年代地下掘进的总长度将达六十余万公里，总费用将达五百余亿美元，比六十年代增加一倍，预计美国在近二十年中掘进费用将达六百九十亿美元以上。地下隧道掘进施工技术已越来越受到各国的普遍重视，五十年代以后，出现了用机械方法开挖隧道的岩石掘进机，其速度和效率比常规的钻爆法高得多。

欧洲各国的岩石掘进机是以美国为代表发展起来的。迄今国外已生产岩石掘进机约200多台，其中美国约130台，销售到二十多个国家，使用于244个工地。掘进机直径从2.13米到11.2米，开挖总长度达565公里。不仅用于平巷且可挖掘斜井，并能成功的使用在硬粘土，页岩，砂岩，石灰岩，花岗岩等各类岩石中，其发展过程，大致可分为三个阶段。五十年代以前处于摸索阶段。五十年代到六十年代中期为试验研究阶段。五二年开始设计制造软岩掘进机得到成功，以后对中硬岩掘进机进行了研制，通过实践进行修改，使中硬岩掘进机也初获成功，但能掘进的岩石硬度还不高。六十年代中期至七十年代初，中硬岩掘进机发展到成熟阶段，经过十五年的使用和改进，主机结构基本定型，技术性能日益完善，逐渐在世界各国地下工程中广泛应用，能在抗压强度为2000公斤/厘米²中硬岩石及2000公斤/厘米²以下的一般岩石中可靠的掘进。但对于硬岩掘进尚存在经济和技术上问题。七十年代初期至今，进一步开展了机械破岩理论的研究，并对复杂地层的掘进机主机结构进行了研制。在此期间，又发展了新的刀具，设计制造了新的主机结构型式，其中包括增设护盾，随机临时支护装置以及架设混凝土管片机构，做到边掘进边衬砌，一次成洞，这就大大提高岩石掘进机的工作效率和适应性。另外对高压水射流辅助掘进机切割硬岩进行了初步试验研究。目前正在西德煤矿作进一步试验。

采用岩石掘进机开挖隧道和钻爆法相比较有如下优点:

掘进速度快 掘进机可以实现连续掘进。克服了钻爆法作业间断性和工时利用率低等缺点,为提高掘进速度提供了可能性。1967年美国采用掘进机开挖隧道创造了月进2088.95米的世界纪录,比钻爆法掘进的世界纪录(月进1237.6米)提高69%。而且创造了日进127.8米的最佳纪录。这是钻爆法在目前无法达到的。

效率高,作业人员少 由于使用一台机器完成岩石的破碎、装运和隧道的支护,提高了机械化水平,加快了速度,工作人员可大大减少,我们在美参观的小直径隧道可少到十人,大直径的隧道只有40~50人。掘进效率大幅度提高。据美国一些水工隧洞的统计,人工可减少40%,效率也可提高40%。

安全可靠 采用掘进机掘进减少工人的体力劳动,改善了劳动条件,事故大大减少。据美国统计,全国使用掘进机的工地,在25年中只有一个人由于塌方造成了死亡。一般工伤事故也很少。

施工质量好,支护费用少 掘进机掘进的隧洞,岩壁完整,稳固光滑,可以减少通风阻力。通常钻爆法超挖量不下于20%,而掘进机挖掘的隧道超挖量可以小到5%,支护的混凝土用量可以大大减少,从而减少了支护费用。

对周围岩层影响小 由于避免了爆破,周围岩层不受破坏,减少了对地面建筑物及其他设备的影响,因而特别适用于城市地下和水体底下的开挖。

由于掘进机具有以上的优点,所以被广泛地应用在各个部门。如农田水利的引水隧道,环境保护的污水储洪处理工程,城市地下交通和饮水工程,公路隧道,矿山的运输巷道,原子能工程隧道,水电部门的水工隧道,以及军事部门的工程隧道等。目前在美国凡是可以使用岩石掘进机的工程,均优先采用掘进机。如我们参观的伯克斯金水利工程有五家承包商投标,工程允许用各种方法施工,其中有四家计划采用岩石掘进机,一家计划采用钻爆法。在芝加哥地下卫生工程就是四台掘进机同时作业(我们见到的有三台)另外,最近又在设计制造三台,准备投入使用。

我们考察了五个工地,看到了七台掘进机正在工地使用。详见表1—1。

目前岩石掘进机的基本结构型式一般按岩石硬度(软、中硬、硬岩、坚硬岩)分类。在软岩中使用护盾、楔齿无大梁式;(这次参观中没有见到);中硬岩中一般用支撑式,可分水平支撑和四角支撑,(一组或两组);在破碎带或节理发育的岩层中用支撑护盾式,其中有的有大梁,有的没有。

目前,美国岩石掘进机的主要部件,采用如下的结构型式:

大轴承:有两种型式。一种为交叉滚子轴承,寿命在三千小时左右。另一种为双排圆锥滚子轴承,寿命可达一万小时,这两种型式的轴承均由专业厂生产。大轴承的润滑采用循环稀油润滑。密封除采用一般方式外,还用低压空气充入密封圈内,阻止污物侵入。

驱动方式:有电力驱动和液压驱动两种。目前除卡威尔掘进机采用液压驱动外,其他机型均采用电力驱动。

传动方式:罗宾斯掘进机,其电动机、减速箱直接装在刀盘后面导向壳体上,而佳伐公司掘进机将电动机、减速箱装在机尾,通过长轴传动到机头,最近佳伐公司新设计的MK30型机,抛弃了原有的扭力臂和长轴,也采用了机头传动方式。

激光仪只作指向用,通过机器上的调向装置,能使隧道达到工程上的要求,一般调向精度可达到上下、左右偏差不超过三厘米。复杂的自动激光导向跟踪,还在研究中。

广泛使用大直径盘形滚刀。美国用于岩石掘进机的刀具基本为两类，即盘形滚刀（单

表1-1 五个工地七台掘进机情况

工程名称		华盛顿地铁	联邦2号	芝加哥地下卫生工程			伯克斯金	凡特隧道
		A ₁₁ 段	煤矿	I 段	II 段	III 段	隧道	
岩石情况	种类抗压强度(公 斤/厘米 ²)	花岗片麻岩	页岩	石灰岩	石灰岩	石灰岩	安山岩 火 山岩 凝灰岩	硬砂岩 粉 砂岩 页岩
		704—1760	420—600	1000—2100	1125	1125	700—2800	140—1270
隧道情况	直径(米)	5.79	5.49	6.7	9.17	6.73	7.16	3.25
	全长(米)	2926	1830	6705.5	8458.2	7315	10668	11814
使用机型		罗宾斯 191—161	卡威尔	罗宾斯 222—183	佳伐 MK-30	佳伐 MK-22	罗宾斯 233—172	罗宾斯 1010—179
施工时间		1977	1975	1977	1977.4	1976.10	1976.8	1976
已开挖长(米)		2013	671	3232	305	458	2300	3277
日平均速度(米)		18	3	22	5	3.2	15.5	20
使用刀具		单刃盘刀	单刃盘刀	单刃盘刀	单刃盘刀	多刃盘刀	单刃盘刀	单刃盘刀
支护方法		锚杆环形 钢拱架	永久支护 锚杆砼板	锚杆	锚杆	锚杆	永久支护 (预制管片)	环形钢拱架和 预制砼底板
备 注								

刃、双刃、多刃)及球齿滚刀。几乎大部份都使用盘形滚刀，而且在刀形上有各种变化。刀圈材料采用 SAE 4160、4340 一类钢种。刀具轴承均采用梯姆肯公司生产的双列圆锥滚子轴承，轴承向大承载能力发展，刀具也随着加大，现在普遍采用 356 毫米(14 英寸)、394 毫米(15½ 英寸)的刀具。堆焊刀圈，等离子喷焊以及镶硬质合金等强化刀具的方法，正在研究试验中，在中硬岩中掘进的刀具寿命一般可达 200~500 米。

为了换刀方便，最近正在设计一种新型结构刀盘，作业人员不需要进入工作面，可以在刀盘后面换刀。

后配套采用移动道岔平台运输系统(美国称加利福尼亚道岔系统)，保证破碎下来的岩石能连续高速的运出洞外。保证机器连续掘进。

针对不同的地层情况有一套相配合的随机支护设备。

总的看来，美国岩石掘进机可以在松软、较破碎到很坚硬的岩石中可靠地掘进，而且有一套相配合的完善的辅助系统和支护方法。在地质条件较正常情况下，一般日进度可达 12—20 米，月进约为 200—500 米。但在岩石抗压强度超过 3000 公斤/厘米² 的极坚硬岩层中掘进时，由于刀具磨损严重，在经济上认为是不合理的。当前，除继续研究改进硬岩用的刀具外，还对高压水射流辅助机械破岩进行试验研究。

当然，我们不能说岩石掘进机可以完全代替常规钻爆法，由于使用中还存在一定的工程局限性，即短隧道中使用不太经济，以及初期投资高，机器较重，灵活性差等等。但是，随着冶金和工艺技术的发展，岩石掘进机的使用范围肯定会不断的扩大，在未来的隧道和巷道开挖中必将担负起更多更复杂的任务。

二、掘进机结构

我们参观了美国几家掘进机制造公司和有关研究单位，了解到他们在掘进机设计中考虑的一些观点：

掘进机是机械化开挖隧道的大型设备。首先要充分地了解地质情况和施工的要求及特点进行合理设计。但隧道地质往往变化很大，人们予先难以准确地判断，因此，在掘进机设计中要考虑到意外变化的情况，能让机器顺利掘进。如犹他州凡特引水隧道使用的掘进机，设计时考虑到隧道塌方压在机器上，而机器也能掘进。据介绍南非某隧道，岩石抗压强度局部达3,150公斤/厘米²也能掘进。当然，设计不可能都完善，在遇到意外时可以改装机器。如伯克斯金引水隧道的机器在遇到工作面较大塌方时，机器不能前进，刀盘及护盾经过改装后机器照样可以掘进。

掘进机设计时要重视随机配套的设计，如出碴系统、支护装置、维修等等以保证连续掘进，提高机器的利用率。即使这样，目前掘进机利用率一般尚在50%左右。

掘进机工作条件很差，各部结构力求可靠，讲究实用。例如在驱动方面不采用液压无级变速，而采用调速性能较差但工作可靠的交流电动机变极数和齿轮箱换挡的方法。激光指向后，仍用手动调整方向，而不采用自动调向。一切液压阀件均是手动操纵，不采用电磁或液动阀等。

为了可靠，机器需要有一定的力量储备，这种储备可以是技术上的或机构上的。例如：凡特隧道在设计时预计岩石十分破碎的，有无法支撑的危险，即整机有被塌方压住的危险。支撑改为护盾支撑并在尾部增设八个辅助推进缸，必要时可支撑在支护的环形钢梁上，使机器继续推进，而且前进的推力可达正常推力的三倍。又如伯克斯金隧道，在设计时留下一只推进缸位置和构件，以备岩层变化，推力不够时用。他们的液压系统压力均较低。看来，一则是为了可靠性，另一方面，考虑了必要的储备。

为了满足每一隧道的不同需要，每台掘进机都有自己的特点。因此，原则上是专用设备，但同时注意可能的通用性。因为每台掘进机不是打一次就完了，而是要打几条隧道。为此，机头、刀座、动力、传动部分、支撑推进等部分能适用各种隧道，这样便于简化设计和制造。同时他们在液压、电动机、传动齿轮箱、刀座等方面已有一定程度的标准化。

(一) 结构特征

目前，美国制造的掘进机按其结构特征大体上可分为护盾式掘进机、支撑式掘进机和支撑护盾式掘进机三种类型。每一类型掘进机按工程的特殊要求均有它们独有的特点，但在某种程度上又有相同之处。三种类型掘进机的共同之点有：采用旋转式的刀盘、在刀盘上装有滚刀和装碴的铲斗、刀盘安装在导向壳体上、并装有大轴承及密封装置，以及出碴系统和后配套系统等。

此次在美国考察，我们所见到的是支撑式掘进机和支撑护盾式掘进机两种类型。

支撑式掘进机

支撑式掘进机适用于岩层不易塌落或比较稳定的隧道。机器结构比较简单，方位调整灵活，机器在洞内空间较大，因此作业条件好，便于维护和修理。

罗宾斯和佳伐型支撑式掘进机使用比较广泛。随机设有临时支护装置，当掘进机穿过岩层不良的地段时就采用临时支护。其办法有安装锚杆支护和环形钢支架二种。一旦地质条件很复杂，以上二种随机临时支护无效，支撑靴板也不能有效地撑紧在洞壁上，在这种情况下，该类型掘进机的应用就会遇到很大的困难（图2—1，2—2）。

支撑护盾式掘进机

这种机型在美国伯克斯金引水隧道和凡特引水隧道工程中开始使用，实掘效果良好。它具有支撑式和护盾式掘进机某些结构之综合，适用于掘进较破碎的硬岩和软岩以及地质条件

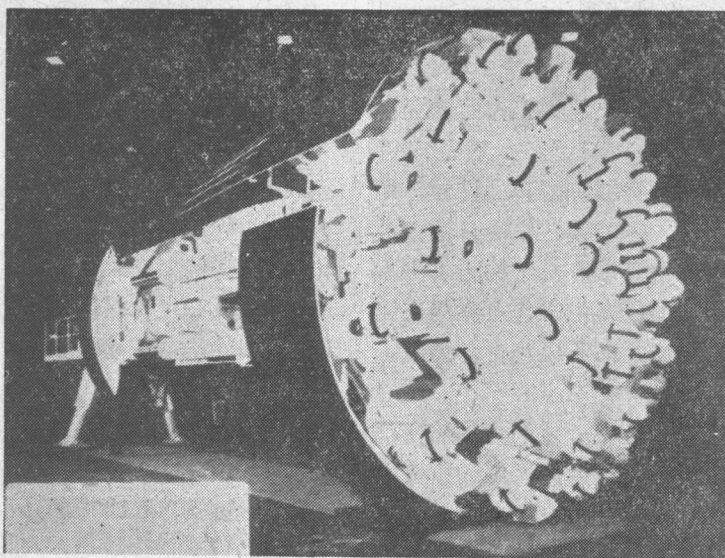


图2—1 芝加哥卫生工程使用的罗宾斯222—183型掘进机

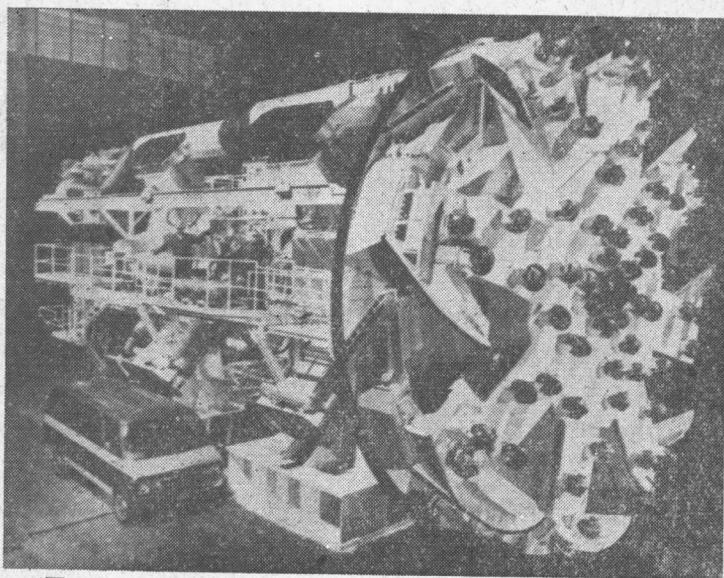


图2—2 芝加哥卫生工程使用的佳伐MK30—3001型掘进机

比较复杂的岩层。机体被护盾掩护着，护盾分前后二节，一般情况下前护盾套在后护盾外并依靠推进缸来伸缩。支撑护盾式掘进机的机身有大梁和无大梁两种，有水平支撑和护盾支撑两种。机身无大梁和无水平支撑的掘进机一般适用于软岩。但这种掘进机转弯半径较大，方位调向比较不方便（图2—3，2—4）。

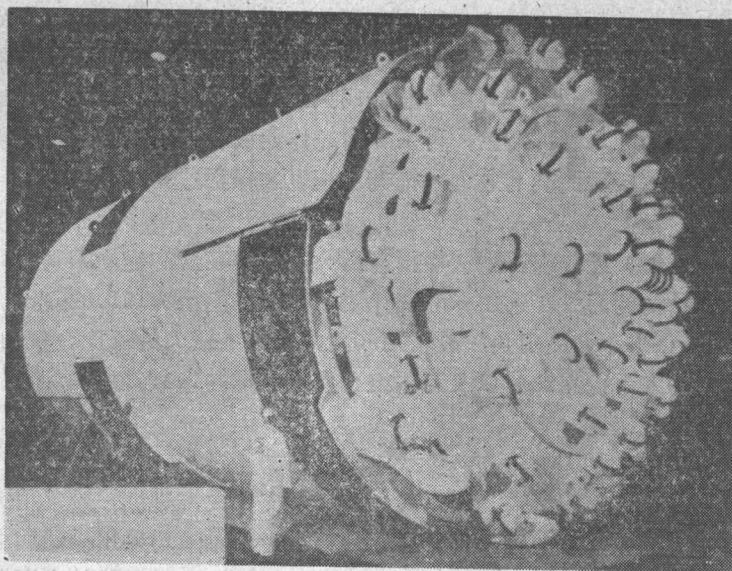


图2—3 罗宾斯233—172型支撑护盾式掘进机

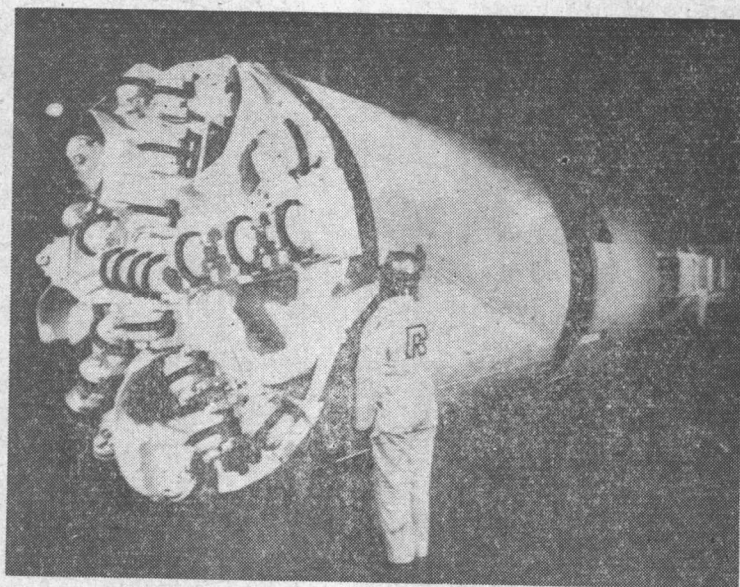


图2—4 罗宾斯1010—179型支撑护盾式掘进机

1. 支撑式掘进机结构特征

美国罗宾斯和佳伐两公司均生产支撑式掘进机。这种机型系由：刀盘及铲斗、刀具、大轴承及密封、导向壳体、大梁、支撑及推进系统、前后下支承及调向机构、胶带运输机和随机支护等构成。此外，还有保证连续掘进所需要的后配套系统以及风、水、电的供应等。

(1) 罗宾斯222—183型、185—178型和191—161型掘进机。

①刀盘及铲斗

刀盘采取钢板焊接拼装构件。它利用大型的双排圆锥滚子轴承支承在导向壳体上。刀盘端面为球面形状，其外缘装有铲斗，刀座焊在刀盘面上。222—183型刀盘外缘装有12只铲斗，185—178型和191—161型刀盘外缘均装有10只铲斗。铲斗把已破碎的岩碴从底部铲起，随刀盘转动提升到上部倾入卸碴溜槽，再由导向壳体内胶带运输机经机尾转载运输机排卸到运碴矿车内。在铲斗舌板后面装有边刀一把其舌板也起保护边刀的作用。

②刀具

刀具采用大直径刀。近年来，罗宾斯掘进机为能掘进硬岩和提高刀具寿命制造了大直径（15 $\frac{1}{2}$ 英寸）新型结构的刀具。选用标准圆锥滚子轴承，内径为101.6毫米，外径为212.73毫米，厚度为66.68毫米。刀圈刃角一般采用90度，刃尖有较大的弧度。新的刀具承载能力达22.7吨，刀圈耐磨寿命提高25%以及刀体组合件寿命提高100%以上。而且在额定的刀盘转速下可降低刀具旋转速度。

③大轴承及大密封

大轴承是掘进机关键部件之一。70年代，罗宾斯支撑式掘进机一般采用大型双排圆锥滚子轴承。据罗宾斯公司介绍这种轴承寿命可达一万小时。轴承均采用稀油润滑。大轴承密封材料采用聚氨基，密封件为对口粘接，在密封槽内填放微孔塑料条起储存润滑油作用，并在密封件内通入低压空气以利于排除油污。

④导向壳体

导向壳体是一个重型的焊接构件，其上安装大轴承，大轴承外圈套在刀盘内，内圈与导向壳体相连。行星齿轮减速机套入导向壳体内并与壳体端面相连接。减速机与驱动电机间装有气动离合器，一同组成驱动装置。根据掘进机功率的大小可选配几组驱动装置。如222—183型机选配有八组驱动装置，而191—161型机采用六组驱动装置。

在导向壳体两侧装有侧向支撑装置。其作用有三点：i. 当侧向支撑靴板撑紧洞壁时可稳定机头；ii. 侧向支撑可辅助机器导向有助于机器调向；iii. 侧向支撑靴板接触洞壁把前部岩碴推向前面，再由铲斗运出，使

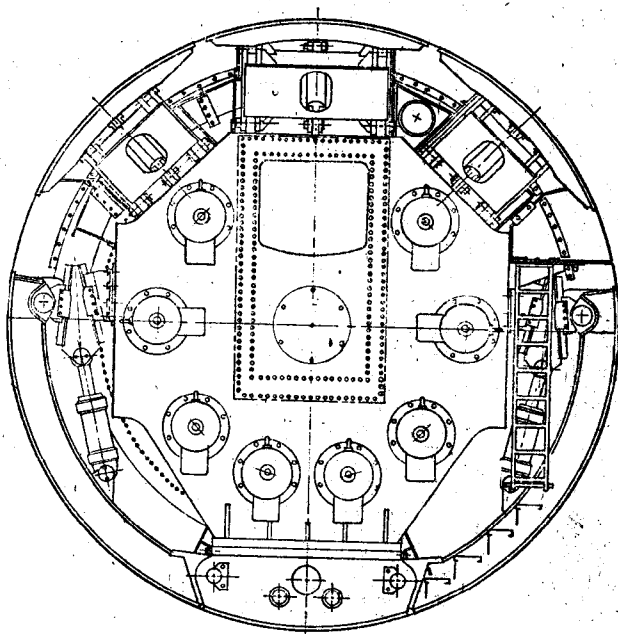


图 2—5 222—183型掘进机A—A剖视导向壳体装置

洞壁比较干净。侧向支撑靴板下端与前下支承板铰接，油缸装在侧支撑靴上，活塞杆端装有槽形楔块，当油缸伸长时推动槽形楔块向上移动使靴板撑紧洞壁，当油缸缩回时靴板渐渐松开洞壁。这种侧向支撑是罗宾斯掘进机新的结构之一。

顶部设有三组护板支撑。中间一组护板支撑位于导向壳体顶部，另外二组分别位于左右两侧，可在 120° 范围内掩护隧道顶部。每组护板支撑装有油缸一只都铰接在导向壳体上。每组护板支撑用液压阀单独操纵。护板的后半部分开成槽形，以便锚杆钻机钻孔和架设临时环形钢支架，同时使护板具有柔性（图2—5）。

⑤大梁

罗宾斯支撑式掘进机的机身一般采用上部单大梁。大梁由钢板焊接成箱形结构，前端用螺栓与导向壳体后部相连，末端与司机室连接。大梁中部下缘两侧焊有精加工的梯形滑道为水平支撑鞍座的滑动面。滑道长度是根据推进缸行程加上鞍座宽度而定。主机胶带输送机在大梁中穿过。吸尘风管架设在大梁上面或一侧。

司机室有开放型和封闭型。两种结构都是单人操作。所有附属的油压装置、电气设备、除尘装置、强制润滑装置等等，都集中在司机室进行操作。同时在油压、电气和压缩空气系统中，都设有保证运行安全的信号、仪表和联锁装置等。

⑥支撑及推进系统

水平支撑鞍座架设在大梁下缘滑道上，可沿掘进方向前后滑动。鞍座与滑道间镶有磷青铜块并有润滑油槽和注油孔，需经常保持良好的润滑。水平支撑板可用油缸撑紧洞壁，承受推进缸的反作用力。扭矩油缸一端与水平支撑缸壁相铰接，另一端与鞍座铰接（图2—6）。水平支撑板为钢板焊接结构件。它与水平支撑缸活塞杆球接。撑板前端部与导向壳体之间，左右两边分别装有一组（共四只）推进缸。推进缸一端与导向壳体的油缸支座铰接。油缸活塞杆端与支撑板耳朵铰接并装有缓冲弹簧钢板片一组。机器推进时，首先将水平支撑板撑紧洞壁，再伸长推进缸，使机体向前推进。222—183型机推进行程为1842毫米而185—178型机推进行程为1524毫米。

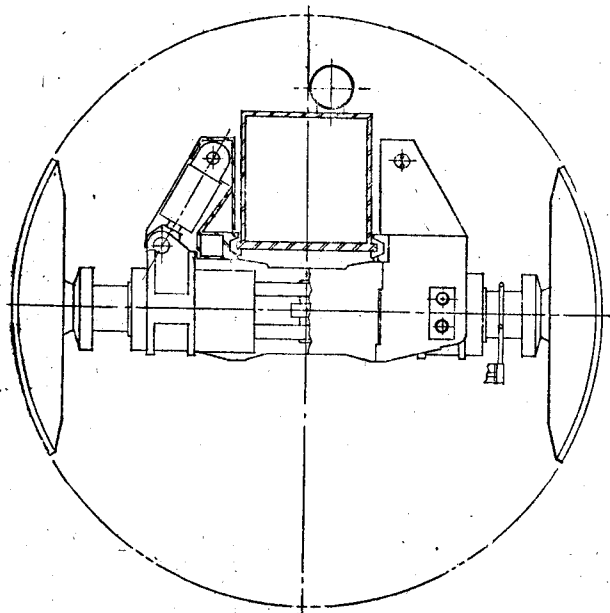


图2—6 222—183型机B—B剖视水平支撑装置

⑦前、后下支承及调向机构

i. 前下支承是焊接结构件，与导向壳体底部用螺栓连接成为刚性体并支承机器前部重量，借以保持机器的中心位置。以此为支点与洞壁接触，随着机身向前或向后移动（图2—7）。

ii. 后支承安装在大梁后面，可用油缸伸长使靴板接地。当水平支撑缩回或停止掘进时，即放下后支承靴板，支承机体后部重量。当水平支撑撑紧洞壁后，可缩回油缸带动靴板离开洞壁，机器开始掘进。后支承为机器的垂直调向装置。后支承分为左右

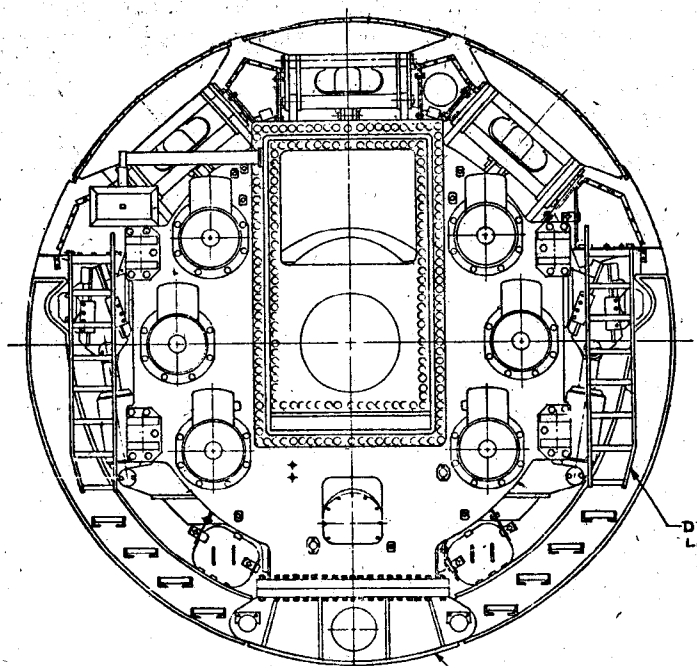


图 2—7 185—178型机A—A剖视前下支承装置

二组。每组设有一方形导向套，其中上端与机体连接，下端与靴板铰接。在每只导向套两侧各装有一只油缸，油缸与导向套外壁铰接，活塞杆端亦同靴板铰接。随着油缸伸长或缩回，导向内套在方孔中亦伸出或缩回。后支承采用导向套结构能保护油缸不受横向力作用，可以改善油缸密封性能和油缸、活塞杆的受力条件，提高油缸使用寿命（图 2—8）。为了牵引后配套系统在后支承上悬挂二只油缸。

iii. 调向机构

扭矩油缸支撑在水平支撑缸上，它可以传递刀盘的反扭矩给水平支撑，并可调整机体的侧向转动。扭矩油缸可在机器掘进中进行垂直方位的微调。当机器换步时，水平支撑缸伸出或缩回可对机器进行水平调向。如

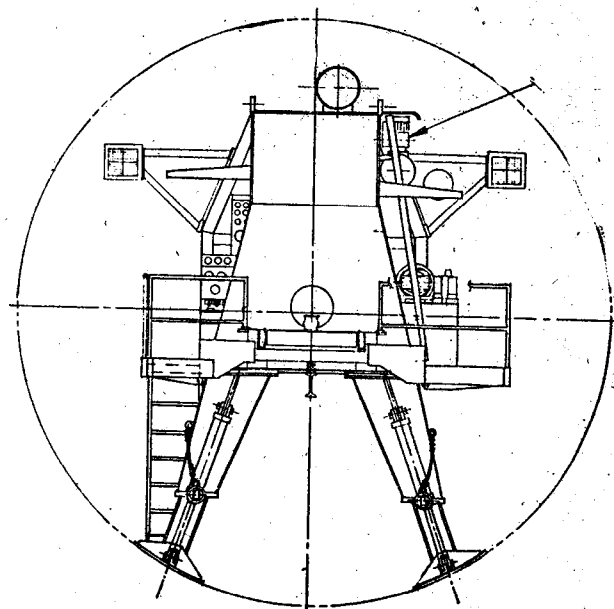


图 2—8 222—183型机C—C剖视后支承装置

司机技术熟练也可在掘进过程中进行水平方位的调向。只要利用一侧撑板撑紧洞壁而另一侧撑板稍许松开洞壁，亦可辅助机器作水平调向。水平支撑式掘进机在一般情况下其转弯半径约为机器直径的二十倍。

⑧出碴设备

出碴方式采用胶带输送机。该机是型钢焊接结构，采用液压马达驱动。胶带的调松和张紧由机尾两侧小油缸伸缩来完成。

⑨随机支护

i. 水平支撑式掘进机有足够的空间用于钻眼和锚杆支护，防止岩层二次冒落。在掘进机导向壳体后和水平支撑前面的两侧各装一台液压锚杆钻机。该钻机架设在工作平台上而平台固定在水平支撑鞍座上，能够满足掘进机一面掘进一面进行锚杆支护（图2—9）。

ii. 环形钢支架支护

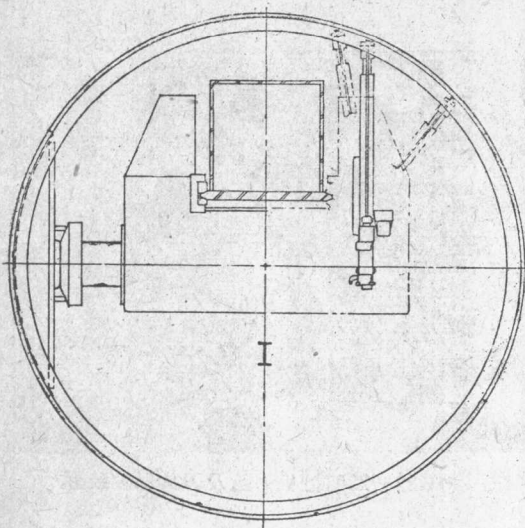


图2—9 191—161型机C—C剖视锚杆支护装置

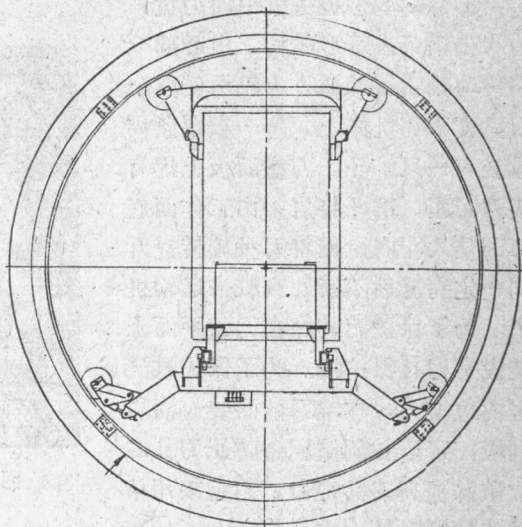


图2—10 191—161型机B—B剖视钢拱架安装器

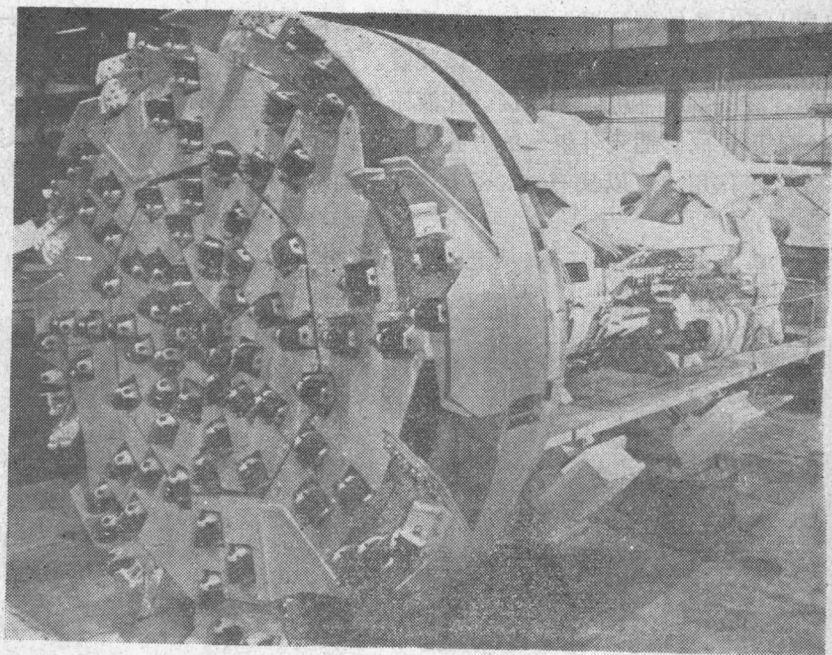


图2—11 MK22—2201型掘进机在芝加哥地下卫生工程使用

环形钢支架安装系统由单轨吊车和钢拱架安装器组成。安装器装在导向传动壳体后部。单轨吊车装在机身底下，从机器尾部一直延伸到钢拱架安装器处。单轨吊车把环形钢支架从平板车上吊起并移到安装位置。环形钢支架由四至五段组成，环形钢支架在安装器上组装好后就位（图2—10）。

（2）佳伐MK22型掘进机

佳伐MK22型掘进机与MK6、MK10、MK12和MK21型的结构大体上相同，其共同点有：平面刀盘辐条式结构、内外机架、四角支撑、防扭臂、大轴承和驱动装置等。主要结构特征简述如下（图2—11）。

①MK22型掘进机平面刀盘，为八根辐条式箱形结构。中心部分和传动轴联接并通过大轴承使整个刀盘支承在机体上。每一根辐条周围绿装有一只铲斗。刀盘面板上焊有滚刀刀座。铲斗将岩碴由工作面底部刮装入斗内，随着刀盘旋转提升到一定高度后不断卸到胶带运输机上。为了保护刀具，在刀盘平面上装设有刀具保护板。为了保护过渡区内边滚刀，在滚刀前面装有清岩刮板，可清扫洞壁积碴防止刀具二次破碎提高刀具寿命。刀盘采用单转速按顺时针方向旋转（图2—12）。

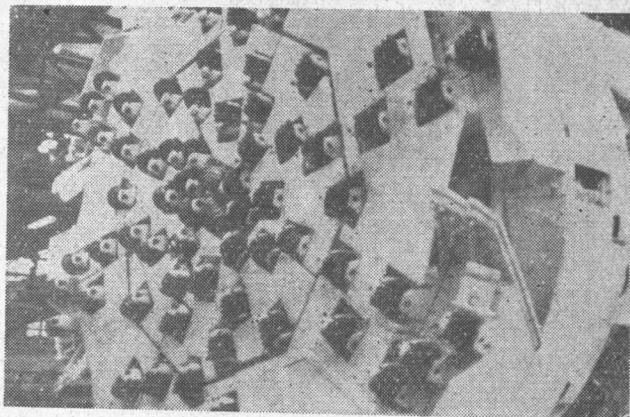


图2—12 MK22—2201型机刀盘及刀具保护装置

②外机架

外机架是上下对分的箱形焊接结构件，采用螺栓把两半联成一体。而内机架则穿过其中间方孔。在外机架的前后两端装有二组支撑装置。每组支撑装置具有四个支撑，呈对角线布置，支撑板通过液压缸与外机架相联接。在液压作用下，依靠支撑板将机器撑在洞壁上。每块支撑板有一方形导向套插入外机架的方孔中，导向套用以承受机器掘进时的纵向反推力，使支撑缸不受弯矩作用，可以改善油缸密封性能和油缸、活塞杆的受力条件，提高油缸使用寿命（图2—13）。

③内机架

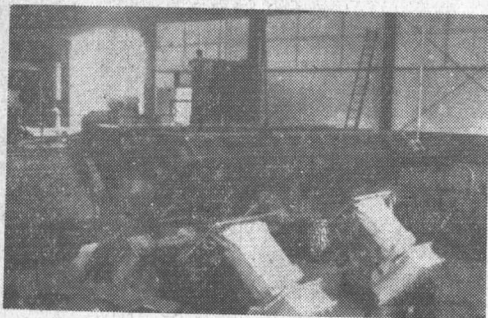


图2—13 MK22型机外机架的外形

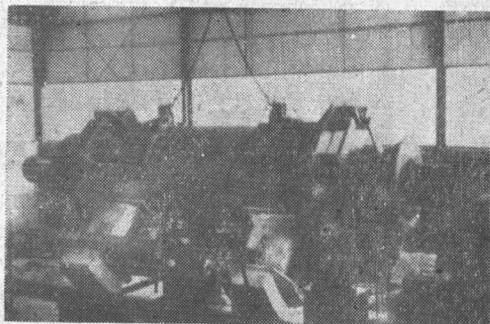


图2—14 MK22型机内、外机架的外形

内机架是一中空的方形箱式焊接结构,其中安装驱动主轴、轴承、减速箱及电动机等。内机架置于外机架方孔中前后用防扭臂与外机架相连(图2—14)。

④防扭臂

防扭臂有前后两组组成,前后防扭臂结构相同。防扭臂均装于机架上,不需采用任何导轨,也能承受刀盘的反扭矩和侧向转动。岩石对刀盘的反扭矩沿着传动轴传递给后部传动装置,因此反扭矩首先由后防扭臂来承受。前防扭臂基本上起到支承刀盘外壳的作用,同时也承受由于刀盘推进时受力不均或改变掘进方向时产生的各种侧向载荷。每个防扭臂由四个铰接的防扭臂杆组成。掘进时四个推进缸作用于刀盘,靠防扭臂承受反扭矩。有经验的司机能在60秒钟内完成复位循环(图2—15)。

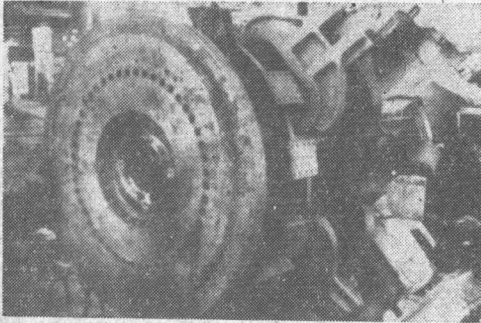


图2—15 MK22型机防扭臂装置

⑤大轴承和驱动装置

大轴承为双排圆锥滚子轴承,以承受任何方向的径向负荷和推力。轴承外圈套在导向壳体内,其内圈固定在刀盘内壳上而相对于外壳旋转。在传动轴末端装有一道滑动轴承,这二道轴承支承机器旋转。轴承采用两道密封以防止水和岩尘侵入。为了提高在机器运转时的密封效果,在支承密封套圈的周围布置许多油孔,这样即可断续地向密封件之间的空隙注入润滑油。如果外部的东西已侵入外侧密封件,但尚未进入内侧密封

件,润滑油可将污物带出。断续注入润滑油的目的,不仅是为了润滑密封区,而且还可以不断地清洗密封区,把卡在外密封接触面的岩尘冲去,以免极少量的岩尘侵入内侧密封件。

佳伐MK22型机同其它MK型机(除MK30外)一样,驱动装置布置在尾部,有利于机器各部重量分配均衡,加上二排四角支撑撑住洞壁,机器重心始终位于二排四角支撑之间,可增加刀盘工作的稳定性。另外,在遇到破碎带和软岩层时,因头部重量较轻,可避免头部下沉。但是,需要增设一根长轴,加工制造麻烦,且机器长度有所增加,显得不够紧凑(图2—16)。该机装备有电动机八台,每台电动机功率为150马力,刀盘总功率为1,200马力。以往MK22型机在传动壳体上还设有液压马达二台专为刀盘起动之用。但在芝加哥地下卫生工程使用的这台MK22型机已取消液压马达,改为由电动机直接起动刀盘,实际运行情况良好。

⑥后支承装置

在机器的后端有一对用以支承传动装置的后支承缸。后支承缸在驱动电动机的附近,其顶部用销子与传动箱的后盖板连接。后支承缸的活塞杆向下伸出,活塞杆用销钉与后支承撑板连接。撑板为弧形,以便与隧洞底板接触,如有需要,还可在撑板上安装防滑刺。定位杆件的外端用枢销连接,内端用轴销与传动箱外壳下部的托架连接。当后支承缸支承传动箱外壳和内机架尾端时,定位杆件和后支承缸所组成的连接框架就可以保证把后支承的撑板撑紧于洞壁上,完成机器换步后,后支承缸把支撑的靴板缩回,于是机器又重新开始掘进。

(3) 佳伐MK30型掘进机

MK30型机是佳伐公司76年制造最大的一台掘进机。于1977年4月在芝加哥地下卫生工程使用。其结构与以往机型有所不同,现将主要结构特征简述如下。

①在刀盘平面上布置的正滚刀和过渡区布置的边滚刀均改为最新的直径为394毫米($15\frac{1}{2}$