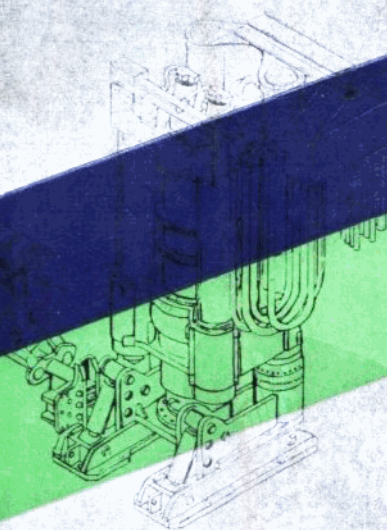


▲ 矿山机械使用维修丛书

▲ 天井钻机使用维修

▲ 黄国辉 陈中政 编



机械工业出版社

丛 书 编 审 委 员 会

主任：张智铁

编委： 李仪钰	夏纪顺	蔡崇勋	朱启超
吴建南	周恩浦	吴继锐	刘世勋
肖先金	郭赐吾	安 伟	李世华
魏胜利	刘玉恩	王振坤	廖国权
李海源	刘同友	徐本祺	吴友海
万 云	郭友梅	李明加	戚 铤
黄力生	钟世民	梁康荣	

序

“矿山机械使用维修丛书”就要问世了，广大读者是会欢迎它的。

我国是一个采矿大国，也是矿山机械的制造和使用大国，从事矿山机械的规划、研究、设计、制造、安装、运转、维修、管理的工人和工程技术人员是如此之多，他们迫切需要这样一套《丛书》。

设备的使用、维修在设备的一生中是至关重要的。资料表明，使用维修费用总是远远超过设备原值的。于是，国外发展了寿命周期费用评价法，进而形成了“设备综合工程学”，以设备一生作为研究对象，将设备工程分为规划工程和维修工程两个阶段，对有形资产的工程技术、管理、财务等方面从各个环节（方案、设计、制造、安装、运行、维修保养、改进、更新等）进行综合管理，以提高设备可靠性和维修性，从而使设备寿命周期费用达到最经济的程度。

“矿山机械使用维修丛书”全面总结了我国矿山机械使用、维修的成就和先进经验，对进一步提高矿山职工的技术素质、提高矿山机械的可靠性和维修性、提高矿山企业的经济效益具有实用的价值。

中国有色金属工业总公司装备局和设备管理协会委托中南工业大学矿机教研室负责编审这套《丛书》，是一个很好的尝试。在编写中，得到了冷水江有色金属矿山技工学校等单位的大力支持。我们期望，这一工作在我国矿业界和矿山机械行业产生普遍的良好反响。

洪 戈

矿山机械使用维修丛书

1. 矿井提升设备使用维修
2. 矿山压气设备使用维修
3. 矿井通风设备使用维修
4. 矿井排水设备使用维修
5. 矿井钻孔设备使用维修
6. 矿井装载设备使用维修
7. 矿井轨道运输设备使用维修
8. 破碎粉磨机械使用维修
9. 挖掘机械使用维修
10. 露天潜孔钻机使用维修
11. 天井钻机使用维修

743781

目 录

第一章 天井钻机发展概况	1
第二章 天井钻机的结构	7
第一节 钻机	7
第二节 行走机构	13
第三节 泵站	15
第四节 液压系统	17
第五节 操纵台	19
第六节 电控柜	19
第三章 钻具及扩孔刀头	21
第一节 钻具	21
第二节 扩孔刀头	23
第四章 天井钻机的使用与维修	30
第一节 洞室准备	30
第二节 钻机的搬运	31
第三节 天井钻机的安装与试车	33
第四节 钻导孔	33
第五节 接钻杆的方法	34
第六节 导孔偏斜的控制	36
第七节 导孔防堵	37
第八节 液压系统操作注意事项	39
第九节 扩孔	40
第十节 扩孔时排渣	42
第十一节 扩孔刀头的取出	43
第十二节 一般的维护与保养	43
第五章 天井钻机常见故障的判断与排除	45
第一节 液压系统的故障与处理	45
第二节 机械传动系统的故障与处理	46

第三节 电气系统的故障与处理	48
第六章 天井钻机的选购	58
第一节 根据使用要求选购	58
第二节 综合效益的考虑	58
参考文献	59

第一章 天井钻机发展概况

天井是指地下矿贯通上下两中段之间的竖直井筒或斜井筒，它用于通风、溜矿、安装辅助设备和人行道等。

天井工程是矿山基建、采准和生产探矿的重要工程之一。天井工程量一般约占矿山井巷工程量的10%~15%，占采准切割工程量的40%~50%。用凿岩爆破进行天井掘进的方法是沿用已久的老方法，至今仍广泛应用。用这种方法掘进天井，不管是搭台凿岩的普通法还是较为先进的吊罐法、爬罐法，都是依靠人工在狭小的工作面内打眼爆破。由于作业空间小，充满炮烟，又是高空作业，所以工人工作条件恶劣、劳动强度大；同时，施工工人经常受到掉石、淋水、粉尘和炮烟的危害。工人的伤亡事故也较其它工程多，这已成为矿山安全生产的一大障碍。

1962年美国罗宾斯 (Robbins) 公司研制出第一台钻井直径1 m、钻井深度60 m

的“31R”型天井钻机，率先用机械钻扩代替人工爆破进行天井掘进，如图1所示。这种机械钻进法是将钻机安装在上部中段的峒室内，先用牙轮钻头自上而下钻通一条导向孔，然后在下部中段卸下牙轮钻头，换接扩孔刀

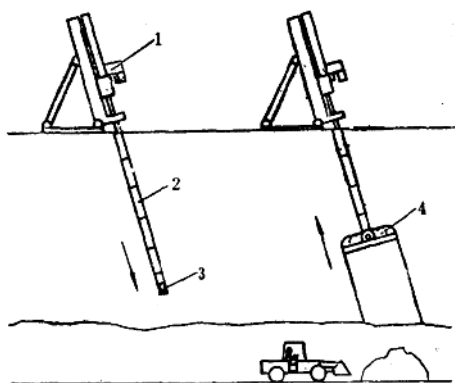


图1 钻进法掘进天井

1—天井钻机 2—钻杆 3—三牙轮钻头 扩孔刀头

头，自下而上反扩成井。

用天井钻机掘进天井，工人在上部中段操作，不必象用吊罐法、爬罐法那样，工人呆在工作面内，工作条件大为改善，劳动强度明显减轻，也消除了对人身安全的威胁。

自第一台天井钻机问世以来，机械钻井法迅速在全世界得到广泛应用。天井钻机的研制与生产也日新月异，适用于各种作业条件的天井钻机与扩孔刀具不断涌现。除罗宾斯公司外，芬兰的塔姆洛克(TAMROCK)公司、瑞典的斯堪斯卡(SKANSKA)公司先后推出液压或直流电机驱动的不同规格的天井钻机。我国自70年代就着手研制适用于我国井下条件的天井钻机，先后试制成功扩钻直径为 $\phi 500$ 、 $\phi 1000$ 、 $\phi 1500$ 、 $\phi 2000$ 、 $\phi 2400$ 等规格的天井钻机。

目前，我国有色金属系统和煤炭系统引进的罗宾斯 83 RM系列天井钻机钻井直径已达3.66m，最大井深可达610m。

我国天井钻机研制工作虽起步较晚，又受10年动乱影响，但研制工作一开始就注意设计能满足我国井巷实际需要的具有独特风格的低矮型天井钻机。

各种型号的天井钻机主要由钻杆推进油缸、主轴回转箱、钻架、运输机构以及辅助设施等部件组成。

迄今为止所设计的各型天井钻机钻杆推进系统基本都采用液压推进方式。因为液压推进工作平稳，超载保护特性好，能适应因岩石变化而造成的负载波动。

主轴回转的驱动有两类：一种是直流电机驱动，另一种是液压马达驱动。前者工作平稳，工作方便，钻架结构简单，但电气系统复杂；后者电气系统简单，维护方便，整机占地面积较小，但工作的可靠性与液压马达质量及工作介质质量有关，特别是工作介质（液压油）在工作现场极易受到污染而影响到钻机的工作可靠性。尽管如此，由于液压元件质量提高较快，液压元件对环境的适应性与使用寿命都有较大程度的改善，所以全液压驱动仍然是当天井钻机的主要驱动形式。

天井钻机主机结构形式大体上可以分为圆柱滑轨型与滑板框

架型两大类，美国罗宾斯公司 RM 系列天井钻机都采用圆柱滑轨结构，如图 2 所示。我国济南重型机械厂生产的 ATY-1500 型天井钻机也是采用这种结构。圆柱滑轨结构布局简单，维修空间大，便于现场维护。但是这种结构工作时最大高度一般要比低矮型钻机高。同时，这种结构刚性较差，在钻机安装前需要准备相当坚实的水泥基础。所以为安装钻机所准备的峒室开挖量比较大，安装准备工作量也较大。

另一类是我国西北有色冶金机械厂生产的低矮型滑板框架结构，如图 3 所示。这种型式结构紧凑，工作高度低，整机刚性强。同时由于设有上顶缸装置，可将轴向推力与钻井时的力矩通

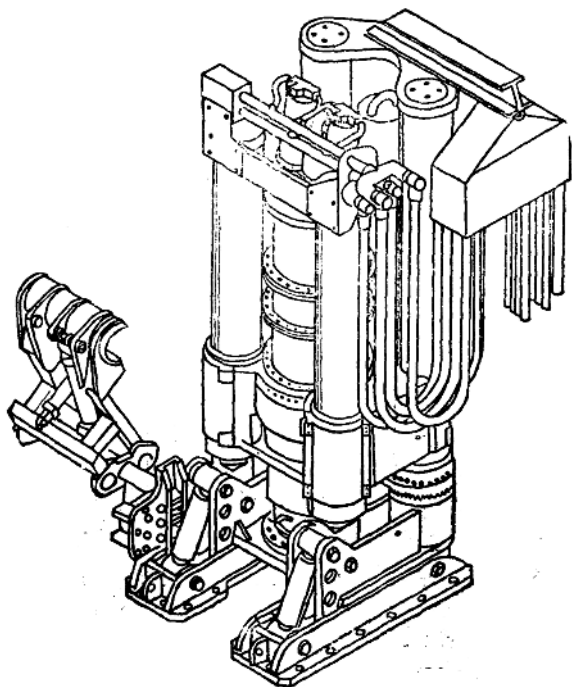


图 2 罗宾斯公司 83RM 天井钻机

过上顶缸传递到峒室顶部岩层，因此工作平稳。安装钻机也不需要准备特别坚实的水泥基础。这样可以大幅度地减少峒室的开挖量和安装工作量，比较适合我国地下矿的实际条件。这种结构主要缺点在于部件安装过于紧凑。一旦框架内推进油缸发生故障，在现场检修则比较困难。另外制造过程装配技术难度较大，所以这类钻机推进油缸（包括油缸内的活塞环与密封圈）质量对钻机的安全正常工作至关重要。

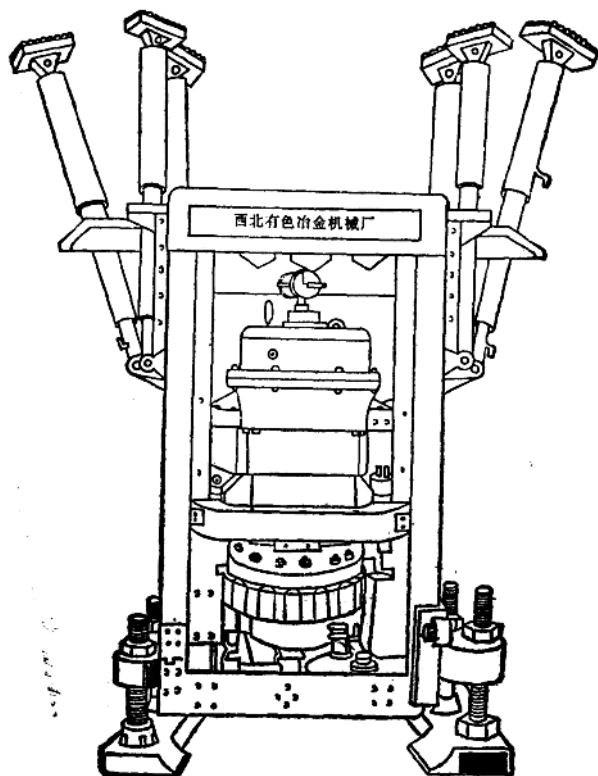


图 3 国产框架式AF系列天井钻机

一般国外天井钻机自身带有履带式行走运输机构，靠自身动力或外接电缆、风管在巷道中行走运输。而国产天井钻机基本采用轨轮式行走机构，靠电机车牵引运输，以简化机构，降低制造成本。目前我国地下矿巷道仍以轨道运输居多。

各类天井钻机一般都设计有装卸钻杆的机械手，以减轻工人的操作强度。国产AF和TYZ系列天井钻机还设计有液压吊杆来提吊钻杆，以减轻工人劳动强度。

表1是国内外几种天井钻机主要技术参数对照表，可供各使用单位选型时参考。

从表1中可以看到，与国外生产的天井钻机相比，国产天井钻机技术性能在以下方面尚存在一定距离。

1. 钻井深度浅，一般都在100 m左右。主要制约因素是：钻导孔时的排渣问题和扩孔时最大功率的限制。目前已有有人在研究利用泥浆代替清水进行排渣和润滑牙轮钻头。据初步测算，在现有功率基础上，可将井深增加到150m。

2. 钻孔（尤其是钻导向孔）时主轴转速低，因而影响钻进效率。这主要由于国内缺乏合适转速的大力矩液压马达。

3. 推进油缸的推拉力较小。只有增加推进油缸的直径，才能提高轴压力。加大推进油缸直径，最终要影响到整机外形尺寸，从而又受到我国地下矿巷道条件的约束。

4. 钻井倾角范围较小。因为低矮型天井钻机是依靠上顶装置来简化钻机的安装基础，增加钻架刚性，但也使钻井倾角受到限制。

尽管如此，由于国产的低矮型天井钻机外形尺寸小，搬运方便，价格低廉，功能基本满足机械化天井掘进需要，所以深受我国矿山用户的欢迎。目前低矮型天井钻机是我国天井钻机市场上使用的主要机型。

本书将重点介绍低矮型全液压驱动天井钻机及其配套扩孔刀头的结构特点、工作原理以及使用维护知识。

表 1 国内外几种典型天井钻机主要技术性能表

型 号	TYZ-1000	TYZ-1500	AF-2000	ATY-1500	AT-2000	Robbins(美) 83RM	Dresser(美) 500	INDAU(芬兰) 90-H
扩孔直径×井深 (m)	1.0×100	1.5×100	2.0×100	1.5×120	2.0×120	1.83×300	1.83×300	1.83×300
导孔直径 (mm)	216	250	250	250	250	280	250	280
主轴转速(导孔) (r/min)	0~40	0~40	0~27	0~36	0~54	36~72	20~33~54	0~50
主轴转速(扩孔) (r/min)	0~20	0~13	0~12	0~18	0~35	0~12	7~11~19	0~50
最大轴压力(导孔) (kN)	245	392	400	380	750	953	1022	940
最大轴向拉力(扩孔) (kN)	705	980	1000	900	1340	2076	2270	1840
最大力矩 (kN·m)	26.6	37.5	70	42	96.3	107.6	86.9	100
与地平线倾角 (°)	60~90	60~90	70~90	60~90	60~90	30~90	20~90	15~90
总功率 (kW)	92	92	92	118.5	149	112	149	132
驱动方式	液压马达	液压马达	液压马达	液压马达	液压马达	液压马达	液压马达	液压马达
钻杆直径 (mm)	176	200	200	200	200	254	203	254
主机重量 (kg)	4500	5500	8900	6200	10000	7500	11900	6400
工作时(高×宽) (mm)	2700×1400	3300×1600	3327×1630	3790×1250	4030×1380	5110×1520	5410×1170	5120×1220
制造厂名称	长沙矿山研究院工厂	长沙矿山研究院工厂	西北有色冶金机械厂	济南重型机械厂	嘉兴冶金机械厂	罗宾斯公司(美)	德雷瑟公司(美)	印达公司(芬兰)

第二章 天井钻机的结构

天井钻机一般包括：钻机、泵站、操纵台、电控柜、钻具、行走机构等六大部分（图4）。其中钻机和行走机构在结构上组装成一个整体，搬运时钻机放在行走机构上一起搬运。

现将各部分的结构特点及其工作原理分别介绍如下。钻具是天井钻机的配套机具，在第三章专门予以阐述。

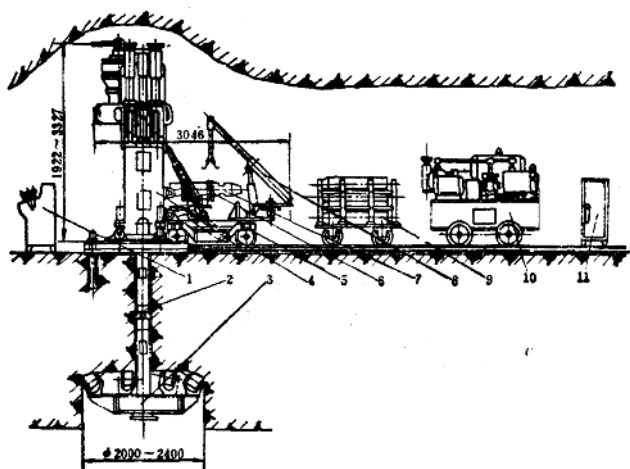


图4 钻机布置及钻孔示意图

1—操纵台 2—10°牙轮钻头 3—扩孔刀头 4—主机 5—行走机构 6—机械手 7—钻杆 8—转盘吊 9—钻杆车 10—泵站 11—电控柜

第一节 钻 机

天井钻机工作时，需要完成以下动作：主轴回转、主轴回转箱上下移动（钻杆、刀具的推进与快速移动）、钻杆的装卸、钻

架固定等。

钻机由机架、回转箱、推进油缸、辅助卸杆器、支承座等主要部件组成。

一、机架

机架(图5)主要是由底座、侧立槽形框架以及横梁组成的方形框架,各部件之间用螺栓和定位销联接。

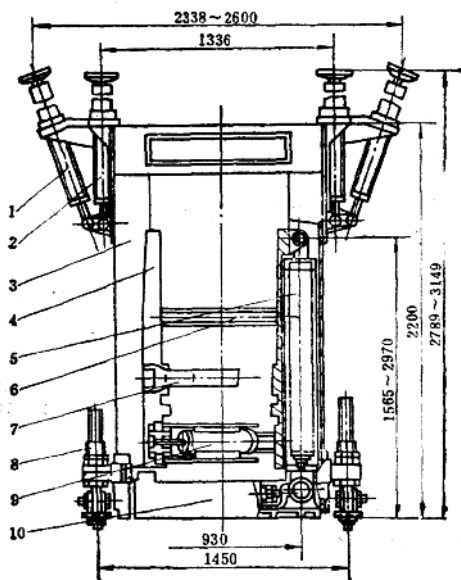


图5 机架

1—上斜顶油缸 2—上顶油缸 3—框架 4—滑轨 5—推进油缸 6—滑轨
后联接板 7—滑轨前联接板 8—支承座 9—辅助卸杆器 10—底座

底座(图6)是一个结构件组成的方形箱体,它与侧立槽形框架、横梁等共同组成框形机架。在底座内装有扶杆器和卡杆器。扶杆器是由四个自由滚动的滚轮及滚轮座组成。滚轮座装在两块滑板上。钻井时,在液压缸(扶杆油缸)推动下,两滑板带动滚轮座向轴心靠拢,四个滚轮抱住钻杆,起扶正钻杆作用。钻

杆转动时,滚轮紧贴钻杆,随之滚动。钻机出厂前已将扶杆器对称中心调至与主轴回转中心一致,保证钻杆工作稳定。

卡杆器是一对呈 180° 设置的与推动油缸活塞杆联成一体卡块。在装卸钻杆时,在推动油缸作用下,卡块进入下节钻杆头部的楔槽内,即可固定钻杆,阻止钻杆转动。

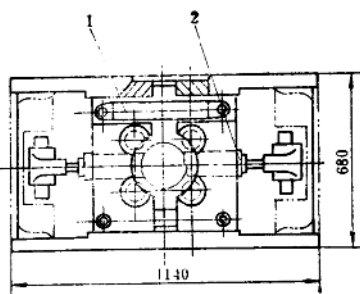


图 6 底座

1—扶杆器 2—卡杆器

侧立槽形框架内侧,直接加工成四组平行导轨,与回转箱联接成一体滑板在其上自由上下滑移。根据装配工艺要求,侧立框架导轨相互平行度在全长不超过 0.2mm 。侧立框架外侧应有两条(在框架正面与侧面)加工过的与内侧相应导轨平行的测量基准条。这是供钻机安装时测定钻架倾斜角基准用的。

有的天井钻机侧立槽形架上还镶有标尺,便于观察钻头或刀具的进尺状况。国外生产的天井钻机钻具进尺显示一般依靠传感器与记录仪,自动记录。

用来固定钻机的下支承座与上顶缸座也是利用高强度螺钉固定在侧立框架上。侧立框架同时承受压应力与扭转力矩。

横梁是一对弓形箱式梁,它除了与侧立框架、底座共同组成刚性框架外,还用它控制侧立架上平行导轨的平行度,所以如无特殊需要,一般不要轻易拆卸。

二、回转箱

图 7 是低矮型天井钻机的一种典型结构的传动示意图。为了减小回转箱所占据的空间,尽量简化传动链,这种回转箱采用一对人字齿轮实行一级减速,其速比为 $1:3.75$ 。

主传动减速齿轮采用人字齿轮,可以提高齿轮副啮合时的重

叠系数，从而增加齿轮的承载能力。同时由于人字齿轮与斜齿轮传动不同，可以平衡传动过程中产生的轴向力，因此支承齿轮的轴承可以选用调心滚子轴承，有利于改善齿轮副的接触性能。

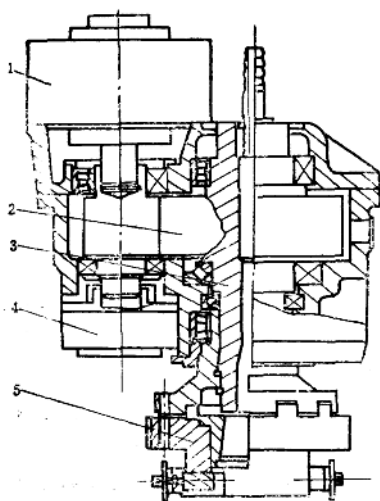


图 7 AF-2000型天井钻机回转箱图

- 1—液压马达 2—齿轮 3—主轴
4—液压马达 5—下爪轮

主轴回转的动力采用低速大力矩液压马达。国产天井钻机的液压马达是选用双速马达，以适应钻导孔与扩孔时的不同转速要求。TYZ型天井钻机采用单液压马达驱动。为了在不增大回转箱体积的条件下增加传动力矩，西北有色冶金机械厂生产的AF-2000反井钻机采取双液压马达同轴驱动结构，在输入轴的两端各装一台流量不同，转速相同的液压马达同步驱动。两台液压马达流量大小不一，主要考虑到：液压马达安装空间的限制；钻软岩时可

以关闭小液压马达以节省能耗。经过两年多现场使用证实，这种结构是可行的。

回转箱里的主轴是一根空心轴。轴心通孔与钻杆内孔相通，冷却刀具与排渣的冷却水即通过它流向工作面。

传动齿轮中的大齿轮与上爪轮通过花键固定在主轴上，来自液压马达的驱动力矩通过上下爪轮传递给钻杆。上下爪轮靠高强度螺栓结合在一起，相当于一对矩形爪联轴器。

主轴上相对设置的两副调心推力轴承可以将钻具工作时巨大的轴压力传递到机身上。

下爪轮内装有一个导向套。导向套的锥形内螺纹与钻杆的锥形外螺纹相配合。制造工艺已保证导向套内螺纹的轴心与主轴回转中心保持同心。所以导向套除了起到联接钻杆、传递轴压力作用外，同时保证钻杆轴心与主轴同心，这是控制钻井偏斜率的主要措施之一。

在下爪轮下部还有一对呈 180° 设置的卡块（图8）。当钻杆头的外螺纹拧进导向套的内螺纹后，将卡块顶部的拉销拉出旋转 90° ，对准卡板上的凹槽，卡块在弹簧作用下，紧紧地被推入钻杆楔槽内，锁住钻杆。卡块起到楔键作用，传递力矩。

下爪轮的外圆面是个棘轮。卸钻杆时辅助卸杆器上的棘爪推动棘轮，使钻杆与导向套的联接螺纹松开。

回转箱的箱体一般采用35铸钢件，使其有足够的强度。有的厂家将箱体设计成剖分式，目的是为了检修维护方便。但它在一定程度上削弱了箱体的强度和刚性。

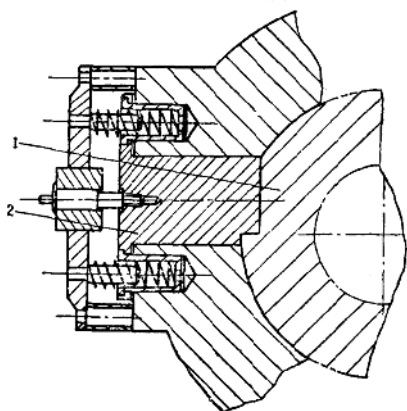


图8 卡块图
1—钻杆 2—卡块

国外天井钻机的回转箱多半设置多级变速齿轮。例如美国罗宾斯公司生产的83RM-HZ天井钻机采用行星齿轮变速机构，有三个换档速比 $209.65:1$ ； $57.125:1$ ； $12.5:1$ ，输出速度分别为 $0\sim 8.8\text{r/min}$ ； $0\sim 32.4\text{r/min}$ ； $0\sim 14.8\text{r/min}$ 。主驱动则由两台平行设置的同步变量液压马达执行，速度变化范围大，转速较高，可以适应不同岩层的需要，故生产效率较高。不过，虽然采用行星齿轮结构，使回转箱体积减小，但它毕竟有三对齿轮