

202436

天井掘进

长沙矿山設計研究院技术情报室編譯

中国工业出版社

天 井 掘 进

—文 集—

长沙矿山設計研究院技术情报室編譯

中 国 工 业 出 版 社

天井掘进是采矿准备工作的重要部分。一般天井掘进的工作量约占采矿准备总工作量的30—45%。因此，改进天井掘进方法，提高天井掘进速度，是当前矿山工作者急需解决的问题之一。

近年来，国外许多期刊中发表了若干有关这方面的论文。本文集从苏联等六国期刊中，选译论文10篇，分别介绍了吊罐法、升降台法、深孔法、风动钢梯法以及钻进法等天井掘进经验。这些方法对我国矿山工作有一定参考价值。

本文集的读者对象是金属采矿和采煤部门的生产、设计和科学研究人员。

天 井 掘 进 文 集

长沙矿山设计研究院技术情报室编译

*

冶金工业部图书编辑室编辑（北京预市大街78号）

中国工业出版社出版（北京修德门内丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

*

开本850×1168 $\frac{1}{32}$ • 印张17/8 • 字数47,000

1962年11月北京第一版 • 1962年11月北京第一次印刷

印数0001—550 • 定价(10-7)0.35元

*

统一书号：15165 • 2021(冶金-294)

目 录

1. 国内外天井掘进简述	3
2. 库尔斯克磁力异常区深孔一次凿岩分段爆破天井掘进法的应用 (苏联)	9
3. 深孔一次凿岩分段爆破法掘进工艺的基本参数 (苏联)	14
4. 新式吊罐天井掘进法 (澳大利亚)	23
5. 吊罐天井掘进法的应用 (澳大利亚)	25
6. 天井吊台掘进法 (苏联)	28
7. “铁王”矿天井掘进机械化——Alimak升降台的应用 (美国)	30
8. 威尔纳矿暗井掘进中升降台的应用 (加拿大)	36
9. 天井掘进升降台的操作 (瑞典)	39
10. 瑞典天井掘进 (瑞典)	46
11. 天井钻进法 (西德)	54
编译之后	57

1. 国内外天井掘进简述

天井掘进在矿山采掘工作中占有重要地位，因为天井与平巷的掘进速度，对整个矿山的生产具有重大影响。根据采用不同采矿方法的一些矿山的统计资料，天井掘进的工作量约占采矿准备总工作量的30~45%。

近年来，国内外有关部门在改进现有的和寻求新的天井掘进方法方面，进行了许多工作。现在采用的主要方法有：吊罐法、升降台法、深孔法、风动钢梯法、钻进法等等。从试验结果来看，各种方法在各种相应的条件下都具有其独特的优点。

目前几种主要的天井掘进方法

一、普通掘进法 即自下而上架设梯子和工作平台的浅眼掘进方法。此法应用得最早，亦最普遍。其缺点虽属严重，但是，一则由于适用范围极广，不受岩石条件和天井倾角、高度等限制；再则由于设备简单，又为工人所熟悉，因此它仍然为大部分矿山所沿用。近几年来，国内外许多矿山对此法作了不少改进，有的矿山突破了一般水平（月进25~30米），而达到了月进100米左右的速度（如：瑞典某矿达112米/月，我国某矿达到97米/月）。但是，其主要缺点尚未彻底克服。

二、吊罐法 其特点是在天井全高沿其中心线钻一直径91~150毫米的钻孔，在天井上部水平设有提升机，通过中央钻孔用钢丝绳沿天井提升吊罐。

1955年以后，吊罐法在苏联、澳大利亚和美国相继使用，并获得良好效果。我国1958年开始试验吊罐法，取得了初步成果。1960~1961年期间，对吊罐结构、施工方法等作了进一步的研究和改进。其平均掘进速度为3.52米/日，最高达4.82米/日。在相

同矿山条件下，吊罐法比普通掘进法的工效提高48%，掘进速度提高1倍，成本降低30%左右。根据目前情况来看，吊罐法在国内外均有进一步研究和推广的趋势。

三、深孔法 在天井全断面中钻凿若干个贯穿天井全高的炮孔，然后自下而上分段爆破。

深孔法在苏联、瑞典等国早已采用。但对于掘进高度大和垂直度要求严格的天井，此法仍未得到推广。其主要原因，是炮孔偏差大，另外在爆破方面也存在一些问题。为了解决上述问题，苏联曾作了一些研究工作，提出了改进措施。

我国也曾在很多矿山进行了深孔法掘进天井的试验研究，但未获得良好的技术经济指标。

不过，采用深孔法时，由于深孔贯穿天井全高，工人无须高空作业，保证了作业安全，减轻了劳动强度。此外，其掘进速度与成本方面均优于普通掘进法。

四、升降台法 即利用沿特殊导轨移动的工作平台掘进天井的方法。

升降台法首先在瑞典的高天井(约112米)掘进中试验成功，掘进速度约达67米/月，较普通掘进法高2.4倍。瑞典波立登公司所属矿山用此法掘进了若干高120米的天井。某些专家认为，这一高度仍非升降台法的极限高度。升降台法在英、美、芬兰等国也得到了推广应用。

鉴于此法不需要过多的硐室准备工作，不受天井高度与倾角的限制，坑木消耗较少，作业安全，且速度快，因此在我国寻求新的高效率天井掘进法，尤其是寻求高天井和倾斜天井的掘进方法中，应当对升降台法予以重视，并应加强此法的试验研究工作。

五、钢梯法 此法是利用支撑于钢梯上的可折迭式平台工作，设备与材料由平台升降，而人员则沿钢梯攀登上下。

钢梯法只适用于倾角小于65°、高度小于50米的天井，掘进工效达1米/班。最早应用于瑞典。

现将各种天井掘进方法列表加以比较(参阅附表)。

瑞典曾对这几种天井掘进方法进行了比较研究,得出了各种方法的合理使用范围曲线(图1-1),掘进速度同掘进高度的关系曲线(图1-2)以及每米天井的掘进成本曲线(图1-3)。这些曲线系在一定条件下得出的,只能供研究时参考,而不可作为取舍某种掘进方法的主要依据。

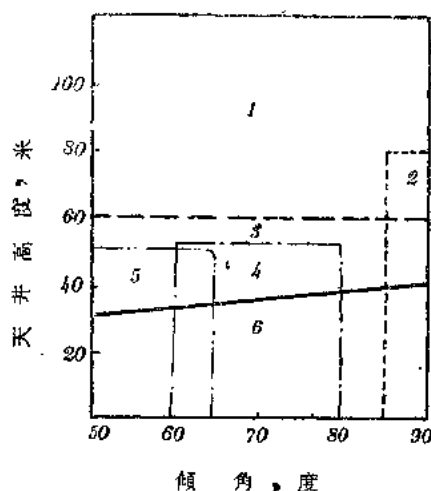


图 1-1 各种天井方法合理使用范围曲线

1—升降法；2—吊罐法；3—普通法；4—无支护法；
5—钢梯法；6—深孔法。

考虑到国外天井掘进的经验和我国当前具体情况,可以认为在天井掘进方面的主要任务是:积极改进普通掘进法;同时在适合的矿山中,利用我国试验成功的吊罐法;寻求和选择更有效的深孔凿岩设备,控制深孔法中炮孔的偏差;并且积极展开升降台法的试验研究工作。最终,找出适合各种不同矿山条件下的天井掘进方法。

各种掘进方法

方法名称	项目	应用条件			需要之设备	技术经济指标 米/月
		岩石条件	高度	倾角		
普通掘进法		岩石稳定程度不限	一般60米以下天井	倾角不限		国内: 一般25~30米最高达100米左右 瑞典: 30~112米
吊罐掘进法		稳定及中等稳定岩层	一般为40~120米天井	垂直和接近垂直的天井	1) 卷扬设备 2) 吊罐 3) 深孔钻机 4) 信号装置	国内: 84~105 苏联: 50.6~58.6 美国: 133 瑞典: 114
深孔掘进法		没有破碎带的稳定和比较稳定岩层	30米以下效果较好, 国外最高达50米	倾斜及垂直天井	深孔钻机	苏联30米
升降台掘进法		稳定和中等稳定	60米以上效果更好	倾角不限	1) 导轨 2) 升降台 3) 风动或电动机 4) 变速装置 5) 配气装置	美国: 33.8 加拿大: 62 瑞典: 67
风动钢梯法		稳定和中等稳定岩层	50米以下	65°以下	1) 压缩空气气缸活塞等机构 2) 鱼雷形容器 3) 钢梯	
钻井法		适于稳定和中等稳定的较软岩层中掘进	高度不限	垂直和接近垂直天井	1) 天井联合掘进机 2) 钻头	西德: 硬岩中3.55厘米/小时 时卸块(软岩)中10~13米/小时

綜合比較表

指 标	主 要 优 缺 点	
立方米/工·班	优 点	缺 点
国内: 0.45~0.50 苏联: 0.52 瑞典: 1.86	①不需特殊工工设备, 一般矿山均可使用。 ②施工技术为广大工人所掌握。 ③不受岩石条件及天井倾角高度等限制。	①工序复杂。 ②通风条件不良, 常发生“闭气”中毒事故。 ③作业不安全常发生坠落事故。 ④成本高, 劳动力及材料消耗大。 ⑤掘进速度慢。
苏联: 1.22~2.52 国内: 0.30~0.70 瑞典: 1.9	①工序较简单, 作业尚安全。 ②成本较普通法降低30%左右。 ③节省木材。 ④通风条件好, 并减轻工人劳动强度。 ⑤大孔有利于爆破。	①准备工程量较大。 ②需要一套机械设备。 ③仅适于垂直天井的掘进。
苏联: 1.42	①工序简单。 ②作业最为安全。 ③在天井下部平巷尚未达到天井位置之前, 即可在上部平巷开始凿岩工作, 从而可采用平行掘进作业。 ④节省木材。	①凿岩爆破技术水平要求较高。 ②炮孔的偏差不易控制。 ③炸药消耗量大。
加拿大: 2.42 瑞典: 0.95~1.8	①工序较简单, 作业尚安全。 ②适用于高天井及倾斜天井。 ③速度快。 ④节省木材。	①需要较多的设备。 ②准备工程量较大(洞室准备, 设备安装等)。 ③要求工人技术水平较高。
瑞典: 1~1.3 米/工·班	①节省木材。 ②掘进速度快。 ③安全, 工人劳动强度小。	①设备复杂。 ②受高度和倾角限制。
	①工序最简单, 作业最安全。 ②劳动强度较小。 ③在软岩中钻进速度快。	①设备复杂而笨重。 ②仅适于软岩层中掘进。 ③设备安装与拆卸时间长, 且要求技术水平高。

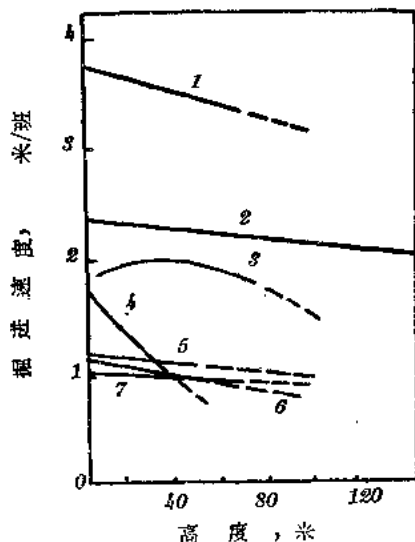


图 1-2 天井掘进速度与掘进高度的关系曲线

1—吊罐法；2—升降台法；3—吊罐法(包括钻孔时间在内)；4—深孔法；
5—无支护法；6—普通法；7—钢梯法。

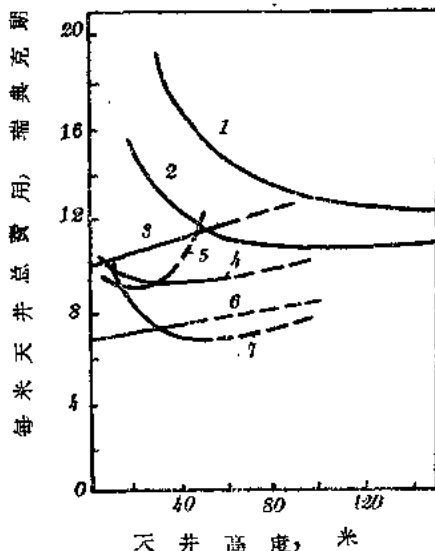


图 1-3 每米天井掘进成本曲线

1—升降台法；2—升降台法(不包括准备工作费用)；3—普通法；4—钢梯
法；5—深孔法；6—无支护法；7—吊罐法。

2. 庫爾斯克磁力異常區深孔一次雷岩 分段爆破天井掘進法的应用(苏联^①)

A. И. 邱拉闊夫

庫爾斯克磁力異常區矿山公司各矿，自1958年9月起先后采用了深孔一次雷岩分段爆破法掘进切割天井与通风天井。在古布金矿和南科洛布科夫斯克矿共用此法掘成天井2972米。

用此法掘进天井时，雷岩工作的特点是：必須钻雷垂直或近似垂直的炮孔。钻雷炮孔使用 BA-100 型钻机，钻机由測量工借助沿主軸中心綫垂放的悬錘来定位。在炮孔偏斜程度超过1米时，則先用淺眼法掘出8~10米的一段天井，然后再用深孔分段爆破法繼續掘进。炮孔排列方式見图2-1。一般，钻雷5个炮孔便够用了，边孔应距中心孔0.6~0.7米。炮孔分段爆破。每一分段高度应符合下述要求，即药包利用系数应接近于1，換句話說，岩石应当在药包的上部标高处发生断裂，同时应参考前一分段的爆破結果来确定。一般，爆破分段的高度可取为10米。

天井掘进的爆破作业包括以下各道工序：檢查前段爆破結果；从下面“标记”炮孔；装药；联結爆破網路；填塞炮泥；起爆；通风和測量炮孔。

前段爆破結果的檢查方法如下：往某一孔中，用导綫吊放一盞燃亮的电灯，測定其它孔內的可見程度，之后再測量导綫的长度。爆破分段岩石断裂面的状况是借助吊放于某孔內的电灯用肉

① 此文发表后在苏联采矿工作者中間引起注意。俄罗斯苏維埃社会主义联邦共和国国家矿山技术監察委员会副主任B. И. 阿列克謝耶夫针对这一問題在答“矿山杂志”編輯部的信中談到：“深孔一次雷岩分段爆破天井掘进法是較完善的方法，广泛应用此法将促使采矿工劳动安全程度的进一步提高。……”。（詳見“矿山杂志”，1962，№2）編譯者注。

眼观察。在天井掘进初期，前几个分段爆破中，因炮孔产生偏斜，可能在各孔内见不到光亮，这时便用一条木板条紧贴断裂面来检查该面的状况。

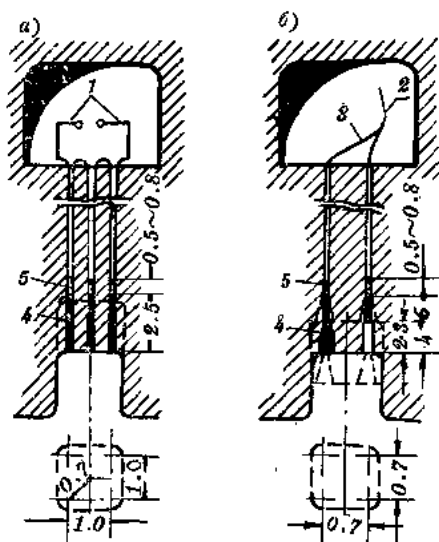


图 2-1 深孔一次凿岩分段爆破法掘进天井时炮孔排列示意图

a—串联爆破；b—瞬时爆破；

1—电爆网路；2—雷管；3—导爆线；4—炸药；5—炮泥。

“标记”孔端对爆破质量影响很大。炮孔标记位置应不超过工作面以上0.6~0.8米。在前一段岩石断裂状况良好的条件下，即炮孔下面“炸开”段的长度小于0.5米时，炮孔便从上部标记。为此，先将6个直径32毫米的季纳夫塔里特药卷扎在一起，再用一根细绳系在此药卷束的中部，放入孔内。当药卷束从孔内放出时，令其呈水平状态，然后，再拉回细绳，使药卷束贴紧孔端。

在此之后，再将同样的一个药卷束(6个药卷)用细绳吊放入孔内，使之不落到第一个药卷束上。在后面这个药卷束上带一段比天井爆破分段高度长2米的导爆线。接着往孔内投入分成两半的季纳夫塔里特药卷，药卷上系有纸块(谓之“降落伞”)，便用这些纸块最后标记炮孔。

在前一段爆破的岩石断裂状况不良的条件下，炮孔便从下部标记。这时用细绳往孔端系住一束纸。其后各道工序均与上部标记的作法相同。炮孔内装入粉状或卷状阿莫尼特，装到一个药包的高度。最后一段爆破时，炮孔全部装满炸药。全部炮孔装好药之后，往其中装入起爆药卷。每一起爆药卷内装入2~3个并联成束的电雷管。将各个炮孔串联起来。检查好电路之后，炮孔用岩粉填塞，接着再检查一次电路，最后便起爆。

通风之后，测量炮孔。在大多数情况下，最先爆破的炮孔多半被压缩。如果5个炮孔当中被压缩的孔不超过3个，而且压缩长度在工作面标高以上不超过0.8~1米，则爆破作业仍可继续进行。同时，第一个爆破的，一定要是穿通的炮孔。否则，各炮孔必须加以清理。如果被压缩的炮孔，其药包的下部边界在工作面标高以上超过1米，则可能出现天井局部收缩。在炮孔标记不正确或者被压缩的炮孔未恢复时，亦可能出现这种现象。天井局部收缩会使下一步的掘进严重复杂化。用炮孔串联爆破法掘进几个天井的主要指标列于下表中。

炮孔串联分段爆破天井掘进指标

天井深度 米	循环次数	每循环平均推进速度 米	每掘1米天井的材料消耗			
			炸药 公斤	导爆线 米	雷管 个	导线 米
45	12	3.74	67	9.4	2.45	67
48	16	3.00	77	12.3	3.76	84
42	11	3.82	82	14.3	4.0	66
39.2	7	5.6	50	15.4	1.6	45
30	6	5	74	13.3	2.5	50

炮孔爆破延发间隔时间为2秒。每一爆破分段内的炮孔起爆顺序根据排炮位置而定。最后一分段的爆破作业十分重要。为了防止卡塞，最后一分段内炮孔爆破应遵守下列要求：最后分段的

高度应不大于5~6米。需要在炮孔間的三角形面积内补充打一钻孔，不装药。全部炮孔均应穿通，而无压缩现象。最后分段内的炮孔不应有破坏(如“炸脹”，漏斗，等)。炮孔应使用明火法，串联起爆。此法掘进天井的时间由3个月缩短到1.5个月(包括钻凿深孔的时间)，掘进费用降低14%。串联爆破法有两大缺点：1. 炮孔会被压缩，而在压缩很长时打通这些炮孔既复杂，又费力；2. 孔内的电雷管往往不易肯定是否全部起爆。

于是提出了较完善的瞬时爆破法，全部炮孔药包利用通到凿岩水平层的导爆线一次同时起爆。掘进天井时，先按“菱形”的四角钻出4个间距为0.6~0.7米的炮孔，这些炮孔从下部装药，分段同时爆破。最后留下的一段高度为5~7米。在爆破最后一段之前，在距某炮孔0.5~0.8米处，沿菱形的短边于天井全高内钻出第5个炮孔。将此孔在已掘出的天井高度上爆破，因而扩大了天井的断面。掘进最后的5~6米一段时，5个炮孔按串联爆破时的要求爆破。瞬时爆破时，消除了炮孔压缩现象，有时观察到炮孔被岩石堵塞的情形，但是这种炮孔可用带或不带潜孔凿岩机的钻杆迅速而安全地通开。瞬时爆破炮孔掘进天井的缺点，是必须限制装药量，因而也就限制了爆破分段的高度以及每循环的推进长度。一次同时爆破的最大装药量为400公斤。为了增大分段高度，改变了炮孔排列方式(按菱形四角排列)，而不改变装药量。

炮孔瞬时爆破掘进天井的主要指标列于下表中。

炮孔瞬时爆破天井掘进指标

孔 深 米	循 环 次 数	每 循 环 平 均 推 进 速 度 米	每掘1米天井爆破材料消耗	
			炸 药 公斤	导 爆 线 米
44.5	16	2.8	95	40
38	12	3.2	92	35
36	10	3.6	77	25
41	18	2.3	102	30

用深孔分段(瞬时)爆破法掘进断面1.2~2米²、高45米天井的劳动量如下:

	劳动量, 工班	%
钻凿深孔	91.7	62.3
BA-100钻机移位	10	—
装药与爆破	52	32.7
打通炮孔	8	5
合計	151.7	100

采用这种天井掘进法, 可以保证作业安全, 消除掘进工的繁重劳动, 提高掘进速度, 降低掘进成本。

(据苏联“Горный журнал”, 1961, №12編譯)

3. 深孔一次凿岩分段爆破法掘进工艺 的基本参数(苏联)

技术科学副博士 K.A. 克利斯金

1955~1959年期间,于塔什塔格尔矿研究出一种作业安全、效率高的天井掘进方法——深孔一次凿岩分段爆破法^①。

这一天井掘进新工艺的要点是:自通风水平在阶段全高(50~

放大图A及B

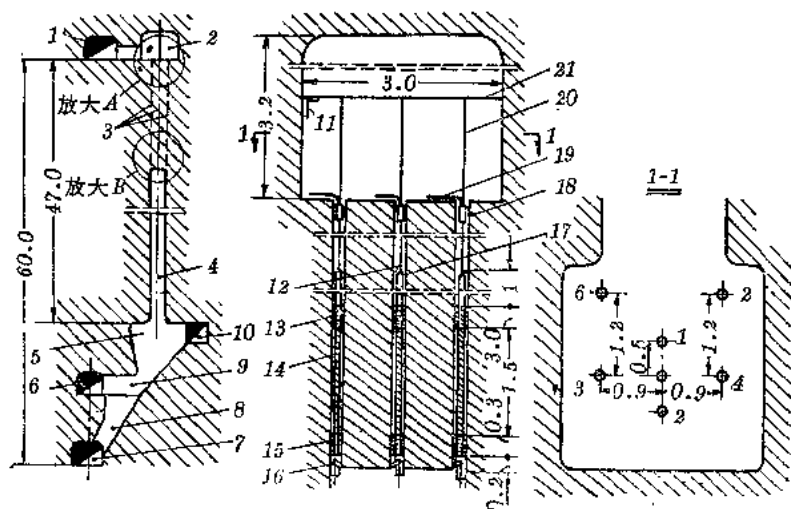


图 3-1 22号天井应用深孔分段爆破法掘进示意图

1—通风横巷; 2—凿岩爆破室; 3—深孔; 4—入井; 5—漏斗; 6—格筛横巷; 7—运输横巷; 8—矿石溜子; 9—格筛室; 10—拉底横巷; 11—导爆母线点火管; 12—细绳; 13—上部填塞物; 14—药包; 15—下部填塞物; 16—孔塞; 17—导爆线; 18—落下的起爆药包; 19—起爆药包点火管; 20—细绳; 21—导爆母线。

① 此项研究工作系由苏联科学院通讯院士H.A. 齐纳卡尔担任科学指导。