

铁路工程施工技术学习丛书 五

采石与砌石工

铁道部华北铁路工程局主编

人民铁道出版社

1964年·北京

目 录

第一章 石料的种类规格及石料开采	1
第一节 石料的种类规格.....	1
第二节 山场的选择及石质鉴定.....	3
第三节 片石的开采.....	8
第四节 块石、粗凿石、毛方石的开采及清凿.....	9
第二章 浆砌石工	19
第一节 砂浆.....	19
第二节 砌石前的准备工作与基坑处理.....	26
第三节 浆砌片石.....	28
第四节 浆砌块石.....	37
第五节 浆砌粗凿石及毛方石.....	39
第六节 勾缝.....	50
第七节 浆砌石工中常犯的毛病和注意事项.....	51
第三章 石砌拱圈	54
第一节 砌筑前的准备.....	54
第二节 6米及6米以下拱圈的砌筑.....	60
第三节 6~10米拱圈的砌筑.....	64
第四节 10米以上拱圈的砌筑.....	67
第五节 拱上圬工的砌筑,容许偏差和拱圈养生.....	71
第四章 冬季施工	73
第一节 冬季施工的特点和方法.....	73
第二节 保温法.....	75
第三节 暖棚法.....	77
第四节 耐寒砂浆.....	79

第五章 干砌石工	82
第一节 干砌片石.....	82
第二节 笼装石工.....	83
第三节 栽砌河卵石.....	84
第四节 垫层.....	85
附录 1：怎样放样	87
附录 2：怎样配制氣盐水及掺用氯化鈣	100

第一章 石料的种类规格及石料开采

第一节 石料的种类规格

一般常用石料有片石、块石、粗凿石、毛方石四种。

一、片石：一般为打眼放炮采得的石料，没有固定的形状、尺寸，但薄片不能用。除了填塞大石缝隙及搭配的小石和碎石外，一般石块中部尺寸不小于15厘米。

一般说来，片石尺寸越大就越能节省灰浆。因为块大每立方米砌体中石块的块数就少，灰缝也就少了，灰浆的用量也就少了。以前第二工程局在宝成线施工时有个统计数字（表1-1），从这个数字中就可以看出这个关系。但是石料的大小和开采、运输、装车方法都有直接关系。通常以每块重量70~150公斤比较合适。假如用人力装抬最好不超过100公斤，以免超体力劳动施工中不安全。如用机械或小型机具装运，根据机具的能力，尺寸和重量可以相应加大。

表1-1

片 石 大 小	水 泥 用 量
砌石三层高一米	90公斤/立方米
砌石四层高一米	98公斤/立方米
砌石五层高一米	110公斤/立方米

片石块大能节省灰浆，但并不是使用的每块石块都是大的就能省灰浆，而在于大小搭配的合适。如将大块片石与大块片石间的大空隙用中号石块填塞，中号石与中号石间空隙用小号石块填塞，这样大中小互相搭配，使灰缝体积达到最

小限度，即达到最小的空隙率，如此则使用灰浆量为最小。根据以往经验，大中小石块的比例，按表1—2中所列的数量搭配比较合适。

表1-2

片石种类	每块石料体积 (立方米)	每块重量 (公斤)	占砌体%
大 号	0.02~0.06	50~150	65
中 号	0.007~0.02	18~50	25
小 号	0.001~0.007	3~18	10

用在主体工程上的片石，它的强度应不小于300公斤/平方厘米（也就是把岩石凿成10厘米见方的立方体，放在压力机下压，平均每厘米见方的面积上能承受300公斤压力的），用在附属工程上的片石（如用于排水沟及河床铺砌），其强度应不小于200公斤/平方厘米。

二、块石：块石也叫大面片石，是用电引法或铁楔法开采的，形体大致方正，无固定尺寸，但厚度最薄不得小于20厘米。石块的顶面和底面要较平整并要相互平行，其余四面需打去锋棱凸角。块石主要是用做镶面石，也有用做高的或受力大的桥墩台的填腹。用来做镶面石时，还要进行加工修凿（修凿的标准在浆砌块石中详述）。

不论是用来镶面或填腹，强度一律不得低于300公斤/平方厘米。

三、粗凿石：是用做镶面的石料，形体方正，除了石料尾部外其余五个面都要凿平。最小厚度不小于20厘米。用这种石料做镶面的建筑物，在施工前要做出配料设计，根据配料设计的尺寸开采。对于石料的修凿标准在浆砌粗凿石一章中要详细说明。

石料的修凿可以在山场开料时一次做成，也可在安砌前

在工地上进行。哪样方便合适，这就要根据运输条件、运输工具、石工条件及工期来决定，原则上应尽量在山场一次加工成为好，这样可以避免一些人力、物力的浪费，提高运输效率和砌筑效率。但有时因山场狭窄，开采量大而石工少，而工地上又有加工地点和数余的石工，技术条件较高或使用量不多，也可以考虑在工地加工。

石料要求的强度看使用部位而定。如用做桥梁的破冰体不得低于600公斤/平方厘米。用做桥梁分水体不能低于400公斤/平方厘米。一般镶面不得低于300公斤/平方厘米。

四、毛方石：是用做镶面的石料，形体方正并按照设计尺寸开采。其各项要求基本上和粗凿石相同，不过在清凿加工的要求上比粗凿石更严更细：在要求清凿的地方，石面凹入不超过20毫米，每10厘米中有钻路5~6条。修凿的详细要求将在浆砌毛方石中详述。石料的强度要求也比粗凿石高，除了桥梁破冰体强度为600公斤/平方厘米外，其余均不得低于400公斤/平方厘米。

除了以上常用的石料外，还有供砌筑拱圈用的石料，叫做拱石。有块石拱石、粗凿拱石、毛方拱石三种。其中粗凿拱石、毛方拱石是按照规定样板开采修凿的。对拱石的要求，将在石砌拱圈中详述。

此外还有半细方石及细方石，这都是由设计文件特别规定的，一般极少使用。它的详细规格要求也由设计文件规定。

第二节 山场的选择及石质鉴定

一、山场的选择：

山场一般从石质、产量、运输条件等几个方面进行选择、比较。石料在桥涵、隧道等工程上用量很大，所以石料

开采、运输费用直接关系到整个工程的造价高低。在选择山场时就应当非常注意，要多看、多找、多访问。根据以往经验，多访问当地人民会给我们在找山场上很多方便。怎样选择山场呢？主要根据以下几个方面：

（一）盖山的厚薄：盖山就是复盖在坚实岩层上的风化层，包括土及松软的岩石。开石料前需将这层挖去。因此，盖山愈薄，开采成本也就愈低廉。

（二）石质的好坏：判定石质好坏的一个主要指标，是其强度高。强度也就是抗受外力的结实程度。石质强度是用凿成方块的石料试件，每平方厘米能抗受多少压力来表示的，也叫做抗压强度。抗压强度愈大石质愈好。如片石要求强度是300公斤/平方厘米，但这是最低最起码的要求，同时施工规范也说明，应该尽量采用强度高的岩石。所以在选择山场时，应尽量选强度高的，最低也得符合第一节中各种石料强度的规定。

此外，岩石抵抗风化的能力也是质量要求上的主要标准之一。岩石经过风吹日晒、雨淋和冰霜作用，表面就起变化，一层一层的化为粉末灰尘或一层一层剥落，这种现象叫风化。所有岩石都会风化，不过快慢上有很大差别。我们常见到古代很多石碑，虽然经过几百年甚至千年，到现在仍然完好没怎么变样，这就是不易风化的好岩石。也有的庙宇的牆基、台阶或桥墩台，靠地面或水涨落的地方表面凹进去很深一层，这就是风化了。我们应选择不易风化的岩石。

强度和风化不是一回事，也就是说不一定所有强度低的石质都容易风化。但是，相互间也有很大关系，通常强度较高的岩石抵抗风化的能力也高些。一般结构细致紧密的岩石，破裂面光滑没有什么粉末或不易碎成粉末的岩石，吸水性很弱的岩石，都不容易风化。

另外，石质和石料也有一定关系。如石质硬而脆（韧性差），由于爆破效率高，容易改小，适宜于开片石。如用来开采料石（粗凿石、毛方石）就不够理想，因为不易开成规矩、方正的形状，又不易修凿，稍不注意就崩落一个小坑或打成缺角。所以开采料石以石质较硬而且比较绵（韧性较大）的较合适。

（三）石层的情况：各个山场情况都不一样，有的揭开盖山后，下面就是整体岩层；也有的虽然全是一种岩石，但分成很多层或夹杂很多很小的裂缝；也有在坚硬好岩层中，又夹着松软层。这样就必须根据松软层占的多少和分层厚度来考虑。如松软层多就不合算，因为要开到好岩石就必须将松软层去掉，就提高了石料成本。薄层多也不经济，因为薄于20厘米的薄片在工程上是不能使用的。

在岩层分层的层与层间或裂缝中，在岩石表面上有时粘连着一层黄色壳，我们称为水锈。它是岩石风化的产物，或是岩石中可溶物质与水凝结形成的产物，不能和灰浆粘到一起，就起不到浆砌作用，所以这层水锈应该鏟除。假如水锈多，鏟除费工就多，也不合算。不过用做干砌时就没什么关系，可以不鏟除。

山皮常出在裸露没有盖山的岩层表面，因为岩石面上长了苔藓，给岩石表面粘上黑黑的一层。因为苔藓含有一些有机质，对砂浆质量有影响，所以也需要鏟除。

（四）运输条件：运输条件包括运输方法、路途远近以及修路的难易程度。这是影响石料单价的重要因素。如运输条件好，运输费用就低，石料单价也会相应降低；如果运输条件不好，运输费用就高，或修路的工程很大，那么能否利用这山场就值得考虑。

当然，要找一个盖山既薄、石质又好、产量丰富、距离

近又好修路的、十全十美的山場，常常是很难得的。我们只能把这几方面的因素加在一起，进行综合比较才能确定。除了上述几方面外，山場开阔不开阔，工作面大不大，有没有足够堆积和儲存石料的地方，也需要考虑。假如一个山場儲存量很大，但不开阔，工作面小站不开人，这样对工期短而用料量大的工程就不合适，对工期较长的或用料量不大的工程就可以。所以必须根据工程的具体条件，进行具体的分析比较，才能得到一个合理的选择。

假如我们同时需要几种不同规格石料，应该先尽规格要求高的石料先开，或将山場中适合开高规格石料石場留下来，也可以在采石过程中将合乎高规格石料的毛荒料留下来，达到合理利用，提高工率。例如，一个桥需要毛方石和片石，就应该先开毛方石，这样开不成毛方石的废品，开毛方石的边脚部分，都可改成片石。假如，先开片石，再开毛方石，这样开毛方石的副产品就不能利用了。

二、石质的鉴定：

(一) 试件鉴定法：科学的鉴定石质的方法，是从现场采取岩石样品，作成试件，通过试验来确定石质的好坏。样品应采取有代表性的。一般试件是将取来的岩石样品，凿成10厘米见方的立方体送到试验室去做抗压试验。假如石质比较硬，每厘米见方耐压强度在500公斤以上，就得改为7厘米的立方体。超过1,000公斤/平方厘米就凿成5厘米见方的立方体。这因为压力机的力量是有一定限制的，每厘米见方能耐压1,000公斤的仍打10厘米见方那么大，压力机就压不动了。不过在没经过压力试验以前，到底每厘米见方能受多少压力，我们是不知道的。所以打多大试件，只能凭经验来估计。必要时我们大的小的各打一组，以免压力试验做不出来，延误了山場的确定和石料开采。

送去试验的试件需要打同样大小的三个，叫做一组。在温暖地区（元月份平均温度高于摄氏零下五度）试件送一组就行了，寒冷地区（元月份平均温度低于摄氏零下五度，一般指天津、太原以北地区），就要送二组，一组做压力试验，一组做抗冻试验。抗冻试验的做法是：将试件吸饱水，放在冰箱里冻到零下17度，拿出来等融化了，然后再放进去冻。这样一冻一化循环做15~25次。经抗冻试验后试件上没有斑点、裂缝及其他破坏现象，才算合格。

（二）简易的鉴定方法：

下述鉴定方法仅是以往的一些经验，只能做我们找山场时的参考，而不能代替科学方法。主要从以下三个方面来确定：

1. 看：观察岩石被打开的破裂面，如果颜色均匀一致，没有明显层次，组织紧密细致均匀，石质较好；颜色不均匀，或有几种不同颜色夹杂，能看出明显层次，破裂面呈锯齿形的，石质较差。

2. 听：用小锤轻轻敲击石块，如发出咣咣清脆声的，石质较好；如发声暗哑，石质较差。

3. 吸水率：也就是吸水多少。一般石料吸水吸的多的，强度较低，耐久性也较差；吸水少的强度较高，耐久性也好。简单的试验方法是將石块经烘干后，用天平秤过记下重量，然后放在水中浸泡一昼夜，擦干表面，再称重量，所

表1-3

岩石抗压强度公斤 / 平方厘米	石料吸水率 (%)
700~700以上	2.5
350~700	5.4
200~300	10.6

增加的重量与原来石块重量之比就是吸水率。吸水率和石料强度关系可参考表 1—3。

第三节 片石的开采

片石的开采，大部采用打眼爆破法，和一般石方爆破相似，但因爆破的目的不同，所以在爆破方法上也有差别。其所用工具、炸药、雷管、引线的性能及使用方法，可参阅有关爆破基本知识的书，这里仅就与一般石方爆破不同之点说一说。

片石开采一般都使用小炮，装药量应尽量减小，以刚好将石炸开或炸裂为最合适，也就是我们常说的松动爆破。这样既节省了炸药，同时又能取得较大块的片石。如装药量偏大，岩石就被爆的较碎，或在爆出的石块中产生很多裂纹，得不到我们所需要的片石。所以，一般以较深的眼（眼深 1 米以上）的松动爆破最合适。打眼不能乱打，应有布置的安排炮位。最好，使爆破面呈一个一个的大台阶，每个台阶宽度、高度约 1.2~1.5 米。这样做的好处是增大了临空面（这样至少有两个临空面），爆破效果好，同时工作面也宽敞了，可以容纳更多的人工作。

开采片石一般不适宜采用大型或中型爆破，因为这样往往在药壶或药室附近的石头被震成很小的碎块而其余又是很大很大的石块（从零点几立方米到几立方米），大的还得再打改炮，改成合乎片石规格大小的石料。这样就既不省工也不省炸药。但假如天然岩层中本身就有很多小裂缝时，也可采用大、中型爆破，使经过爆破的震动，基本上能合乎规格，或再用大锤改剖一下，就能得到合乎规格的片石。

开片石也有用铁楔劈石的，这种方法多用在开山坡上或河滩上的孤石（一块一块单独存在的大石）。用这种方法的

好处是开成的片石比较方正，面平。但非常费工，所以一般很少采用。这种方法我们放在开块石、料石中讲，假如开片石需要用这种方法时，可参照下一节中的铁楔法开料。

第四节 块石、粗凿石、毛方石的 开采及清凿

块石、粗凿石、毛方石的开采有铁楔及电引两种方法。事实上，这二种方法很少是单独使用的，而常常是配合使用。通常是用电引法先开出较大的荒料，再用铁楔劈成许多块毛料；然后根据石料规格进行不同的修凿加工。

一、电引法：

电引法也就是电雷管排炮法。利用电雷管同时起爆，取得较大较方正的荒料。开采时，先用一般爆破方法开辟二到三个相互垂直的临空面，然后布置炮眼(如图1—1所示)。炮眼分抬炮(水平方向的炮眼，也叫抬帮)、插炮(垂直的炮眼，也叫宰槽)两种。炮眼的详细布置，如距离、深浅等不能做死板的规定。因为这和岩层组织、纹理、硬度、韧性(脆或

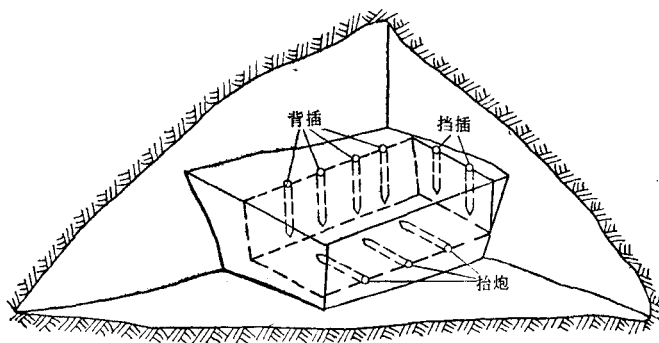


图 1—1

绵)、有无干缝、裂纹等都有直接关系。根据经验,抬炮炮眼深度为准备开采石料宽度的45~60%。插炮分两种,顺长度方向的叫背插或顺插;顺宽度方向的叫挡插。插炮炮眼深度为准备开采石料厚度的60~110%。眼与眼间的距离,插炮为0.8~1.2米;抬炮较长,为1.0~1.5米,因为抬炮一般都和岩层纹理平行,粘着力较小,比较容易炸开。装药量一般为炮眼深度的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$ 。上面这些数字仅可作为参考,因为每个石场石质情况都不会一样,在实际工作中还要通过试验,确定最适合的炮眼深度、间隔距离及装药量等。

为了在爆破时不损伤石料,一般不使用爆破威力强的炸药(烈性炸药),炮眼填塞也不宜太紧密,不然由于爆破力强和力量集中,常将炮眼底部四周石头炸成碎块,形成一个坑(如图1-2),损坏了石料的完整。为了避免这种现象,

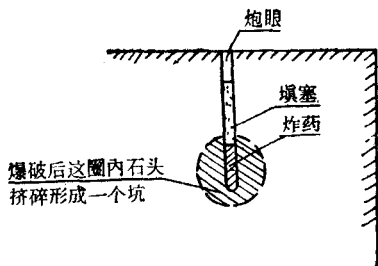


图 1-2

可以采用木棍炮,也就是间隙装药或空隙装药(如图1-3)。具体做法是:在较深的炮眼中,把炸药分成几节间隔装,炸药与炸药间用木棍或硬纸筒隔开,这样由于炸药分散,加上中间木棍的空隙,炸药爆破时所产生的大量气体有缓冲余地,就形成一种推挤力将石块挤胀开而不损伤石料。在炮眼较浅时,可照图1-3右边小图,在炸药上与填塞物中以木棍隔开,无木棍可用硬纸筒、水泥纸或包炸药蜡纸卷起隔开。

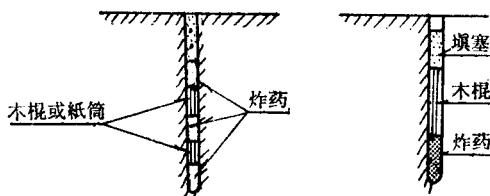


图 1—3

此外在有裂縫的岩层中，遇到可利用的縫子可以掏开直接装药爆破放縫子炮。只要很少量的炸药就可以得到很好的效果。不能放縫子炮的，打炮眼时应尽量注意炮眼和石縫关系。如图1—4是表示一个有裂縫的岩层，在打炮眼时应与垂直的裂縫靠近（一般距裂縫5~10厘米），这样爆破时只震碎炮眼与裂縫间很少一点，而大部保持完整。又如岩层有水平裂縫，在一般爆破中，我们都使炮眼不穿过裂縫，打到离裂縫有一定距离就停止了。因为炮眼穿过裂縫爆破时一部分气体顺着裂縫跑掉了，减低了爆炸力；但这样往往在炮眼与裂縫间炸成一个漏斗形，如图1—4甲中的虚线所示，损伤一部分石料。所以，我们在采石料时，应将炮眼打到裂縫，如图1—4乙，利用裂縫跑气将裂縫扩大而取得方正、完整的石料。

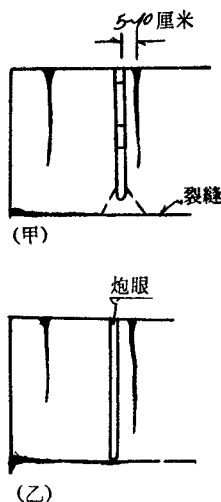
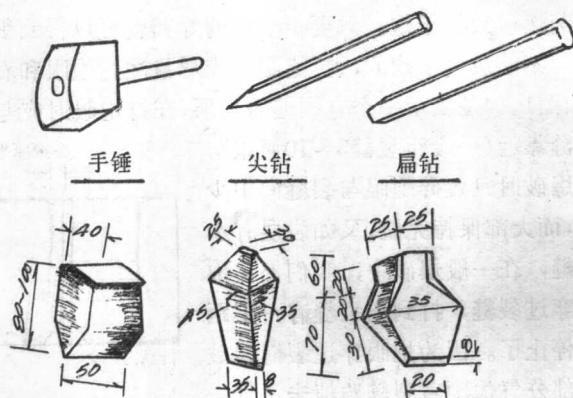


图 1—4

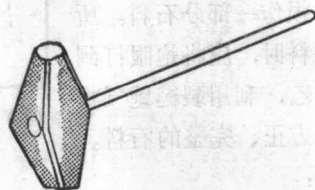
二、鉄鏝法：

这种方法是先在石上凿出鏝眼或鏝槽，将鉄鏝放入鏝眼或鏝槽內，然后用锤猛击鉄鏝。利用鉄鏝鏝入石內的挤压力，将石撑裂。

(一) 工具：手锤、钻子、铁钎、12磅锤(或开山锤)、直尺、墨斗、竹笔等，如图1—5。工具的使用，各地习惯不同。如手锤，一般重约1.5公斤，但有普通锤和带刃口槽的两种(图上画的是普通锤)。带刃口槽的一头为平底的锤面，另一头有一槽口，可以卡上刀子代替刃斧凿平石面。钻子通常用直径19或22毫米的工具钢改制，打成尖头的叫尖钻，可以用来凿平石面或剔凿铁眼；打成平口的叫扁钻，是



各式铁钎 (单位：毫米)



开山锤 (9—10公斤)

用来錾平石面的。铁楔也有三种，可以根据习惯选用。尺寸也可随使用的便利而稍加改变。

敲打铁楔可用一般12磅锤，也可用开山锤。锤把最好用藤把或竹把，既结实而又有弹性，可以减少打锤时的震动，避免震裂虎口。

（二）操作方法：

在石料上准备截开的地方，划上墨线，用尖钻沿墨线凿出一条浅槽。然后沿着这条浅槽开出楔眼或楔槽。楔眼是单独的小窝，刚好能下一个楔子。楔槽较长，一个槽内能同时放几个楔子。楔眼或楔槽的深浅、大小，依所用铁楔的尺寸而定，一般深度为6~8厘米。形状和铁楔一样，应比铁楔稍小而稍深，并能和楔子两个斜面密贴，铁楔下口应悬空不能挨着窝底，这样楔子才有挤胀力。凿好眼安放上铁楔后，应先用手锤敲紧，然后用12磅锤或开山锤，按图1—6次序敲

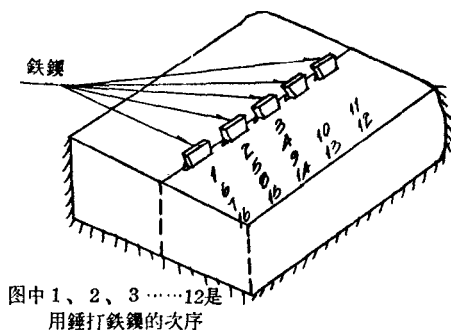


图 1—6

击。在打第一遍时力要小一点。如楔子不稳或有很大跳动，就说明楔子未与楔窝密贴或楔尖挨着窝底，应修整楔窝。再打时，锤举的高下的猛，但是力使的要均匀，不能一锤重一锤轻，这样就不能使每个楔子都能发挥力量，同时也能使石

料不从我们需要的地方裂开。一般只要眼选得合适，力下的匀，打一到二轮次石料就会顺钻路和楔眼裂开。

（三）怎样设楔眼：

在什么地方设楔眼，设置几个楔眼，才能将石块按我们的意願劈开，这是铁楔开料中的一个主要问题。眼设的好、地位合适，设很少的眼就能剖开。相反，眼设的不合适，即使设的很多，还不一定能按照我们所设想的方向裂开。那么怎样才能设好眼呢？这和石头本身质地软硬、纹理、厚薄都有关系，下面我们谈一些基本的方法。但熟练的技巧，产生于丰富的经验，必需在实际操作中不断地锻炼和提高，并经常向老师傅们学习才能得到。

首先是下料。下料时应将我们要开采的石料长度顺着石纹，因为顺石纹石头最容易撑开。不能和石纹斜交，这样即使楔眼开的很多，石头还是容易顺石纹裂开，开的料就不方正。

楔眼的布置一般有下列三种：

1. 跳楔：这种方法是沿截料线平均布置楔眼，也就是楔眼与楔眼间距离是相等的（如图 1—7）。楔眼间的距离根据石料的厚薄而定，一般是30~50厘米。两端留头是10~30厘米，眼深为6~8厘米。石料厚度大

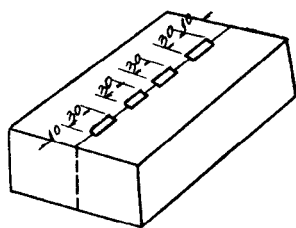


图 1—7

时楔眼应深一些，两边留头也少些，楔眼与楔眼间距离也应小些。这种方法适用于截石厚度在一米以下的和硬度韧性较小的石料。

2. 靠楔：这种布置是以每两个楔眼为一组，靠在一