

# 现代矿山爆破新技术与 现场安全操作实务全书



7D235  
J-741  
2

# 现代矿山爆破新技术与现场 安全操作实务全书

---

姜 达 主编

---

第二册

北京矿业大学出版社

## 第二节 岩石和炸药的匹配问题

## 一、炸药和岩石破碎的匹配问题

该问题的研究成果极为丰富,说法也很多。在此仅介绍表 4-2-2,该表选自前苏联《爆破工程师手册》。在实际工作中,首先要考虑的仍然是炸药的来源和单价。

表 4-2-2 各种岩石的爆破作用参数

| 岩石类别 | 破碎特性                                         | 岩石级别 | 初始裂隙长度/cm | 介质声速/ $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ | 岩石的声阻抗度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ | 普氏系数  | 三轴压缩模数/GPa | 推荐炸药的有关参数 |                                    |                                       |                                        | 推荐炸药的产品型号                                                    |
|------|----------------------------------------------|------|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------|------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|      |                                              |      |           |                                       |                                                              |       |            | 初始压力/GPa  | 爆速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 炸药密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ | 炸药位能/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ |                                                              |
| I    | 从自由面至药包方向上的介质,在拉应力作用下呈脆性破坏                   | 1    | 4~8       | 6~7                                   | (16~20) $\times 10^6$                                        | 14~20 | 80~120     | 20.0      | 6300                               | 1200~1400                             | 5000~5500                              | 捷托尼特 M, 200 硝酸炸药耐水格拉尼托乌、格拉努利特 AC-8, AC-8BM-10 硝酸炸药(阿芒拿 M-10) |
|      |                                              | 2    | 8~16      | 5~6                                   | (14~16) $\times 10^6$                                        | 9~14  | 60~80      | 16.50     | 5600                               | 1200~1400                             | 4700~5000                              | No.3 岩石硝酸炸药(岩石阿芒拿 No.3)                                      |
| II   | 无论从药包至自由面,还是从自由面到药包,其中间的介质是在压缩波和拉伸波作用下呈准脆性破坏 | 3    | 16~32     | 4~5                                   | (10~14) $\times 10^6$                                        | 5~9   | 40~60      | 12.5      | 4800                               | 1000~1200                             | 4000~4700                              | AC-4 格拉努利特、79/21 粒状硝酸炸药(格拉芒奈特 79/21)                         |
|      |                                              | 4    | 32~64     | 3~4                                   | (8~10) $\times 10^6$                                         | 3~5   | 20~40      | 8.5       | 4000                               | 1000~1200                             | 4000~4400                              | AC-4B 格拉努利特、6XB 硝酸炸药                                         |
|      |                                              | 5    | 64~128    | 2~3                                   | (4~8) $\times 10^6$                                          | 1~3   | 10~20      | 4.8       | 3000                               | 1000~1200                             | 3500~4000                              | 79/21 粒状硝酸炸药(格拉芒奈特 79/21)                                    |
| III  | 从药包到自由面方向上的介质,在强大入射波波头压力作用下呈塑性破坏             | 6    | 123~256   | 1~2                                   | (2~4) $\times 10^6$                                          | 0.5~1 | 5~10       | 2.0       | 2500                               | 800~1000                              | 3000~3400                              | 含水炸药:<br>M 格拉努利特<br>AP38H 阿克瓦尼特依格达尼梯(铍油)                     |

## 二、炸药和岩石抛掷的匹配问题

抛掷堆积效果,鼓包运动速度和形态也取决于炸药性质、岩石特征之间匹配关系,这一问题目前研究甚少,为引起对该问题兴趣,介绍一组试验结果(见表4-2-3)。试验条件是将3kg集中药包埋在沙质土中,埋深1.4m。

表4-2-3 爆破漏斗和堆积体尺寸

| 编号  | 炸药名称    | 爆破漏斗直径<br>$D_1/\text{m}$ | 堆积体最高点距离<br>$D_2/\text{m}$ | 堆积体边缘最远距离<br>$D_3/\text{m}$ | 可见漏斗深度<br>$P/\text{m}$ | 堆积体高度<br>$H/\text{m}$ | 鼓包破裂前平均速度<br>$v/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ |
|-----|---------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|
| 1   | 泰安      | 3.25                     | 3.55                       | 6.87                        | 0.62                   | 0.23                  | 20.3                                          |
| 2   | 黑紫金     | 2.87                     | 3.25                       | 7.17                        | 0.49                   | 0.22                  | 19.1                                          |
| 3-1 | 梯恩梯(熔铸) | 2.75                     | 3.12                       | 6.55                        | 0.53                   | 0.22                  | 16.4                                          |
| 3-2 | 梯恩梯(鳞片) | 2.85                     | 3.32                       | 6.12                        | 0.47                   | 0.20                  | 13.7                                          |
| 4   | 特屈儿     | 2.80                     | 3.13                       | 6.28                        | 0.44                   | 0.18                  | 16.8                                          |
| 5   | 2号岩石    | 2.67                     | 2.87                       | 5.40                        | 0.30                   | 0.20                  | 13.7                                          |
| 6   | 二硝基萘    | 2.45                     | 2.75                       | 6.75                        | 0.30                   | 0.15                  | 14.5                                          |
| 7   | 黑火药     | 2.33                     | 2.60                       | 5.02                        | 0.48                   | 0.18                  | 12.7                                          |

应当说明,炸药的爆热、爆速、比容等重要参数和炸药装药密度、约束条件,含水率、起爆方式都有关系,所以“匹配”问题应当是一个系统工程问题,我们在这方面的研究只能算是刚刚起步,这里面还有很多问题,也有很大潜力。

## 第三节 地质构造对爆破的作用

### 一、作用分析

(1)应力集中作用:构造是岩体的薄弱面(带),爆炸作用于岩体后,在这些弱面形成应力集中,所以在一般爆堆中,最多见的是岩体沿原有的构造开裂。

(2)泄能作用:爆炸气体沿靠近药包的软弱带冲出或向着溶洞冲击,可能使爆破完全失败,改变抛掷方向并产生严重飞石。

(3) 阻断作用: 软弱带使爆炸应力波发生反射、折射, 能使软弱带的背面应力波减弱, 有时甚至会使爆破漏斗少一块。

(4) 加强作用: 断层背面应力波减弱, 其正对爆源侧则必然产生应力波加强, 有时这种加强作用会造成严重后果, 例如第一章列举的四川九道拐隧洞的严重破坏, 一方面由于设计错误, 另一方面也由于在药包两侧和隧洞与药包的上方三个侧面存在软弱带, 将原应向三个方向扩散的能量反射集中作用于九道拐隧道的被三个弱面围起来的区段, 产生了严重破坏。

另一类的加强作用是应力波在断层(软弱带)内得到加强, 并沿该软弱带传播, 造成处于软弱带上的建筑物的损坏。符山铁矿定向爆破筑坝发生过类似事故。

(5) 楔入作用: 高温高压气体沿着与气室连通的裂隙侵入岩体, 像楔子一样使岩体楔裂、破坏, 对形成爆破漏斗的形状及周围开裂均有不可忽视的影响。

## 二、断层和张开裂隙的影响

断层、张开裂隙一般都比较宽, 常为土和其他碎屑充填, 断层附近多出现断层破碎带。对爆破作用而言, 断层和大裂缝相当于一个完整的自由面, 可以阻断冲击波的传播, 可以发生气体的突出, 使爆破效果严重恶化, 但是如果设计恰当, 可以利用这些构造, 用较少的装药爆出较大的石方量, 例如:

(1) 断层处爆破漏斗范围之内形成反坡, 如图 4-2-1 所示。

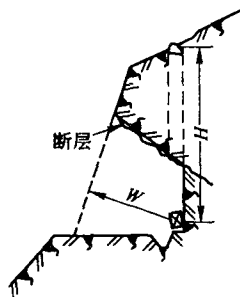


图 4-2-1 向家浚公路 65~67 号药包爆后断面图

$W = 7.2 \sim 7.5\text{m}$   $\alpha = 70^\circ$   $Q = 120 \sim 150\text{kg}$   $H = 10 \sim 15\text{m}$

(2) 云南某线公路爆破, 利用斜坡大裂隙, 采用抛掷爆破, 爆出高 70m 的稳定边坡, 如图 4-2-2 所示。

(3) 裂缝位于药包之下, 爆后沿裂缝形成垮落, 使双壁路堑爆破失败, 如图 4-2-3。

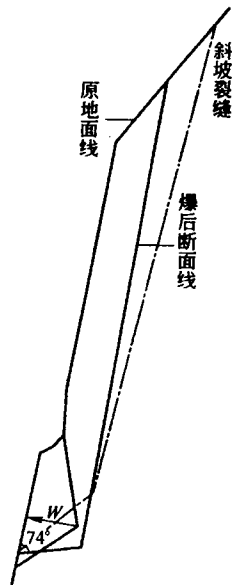


图 4-2-2 某线 K38+66.5~K38+69.8 爆后断面图  
 $W = 8.1\text{m}$

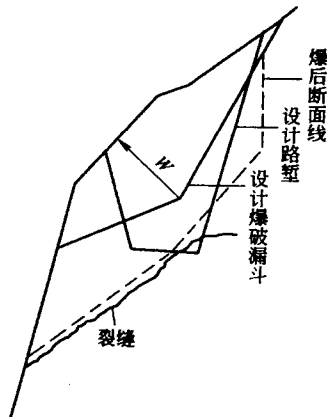


图 4-2-3 某线 K47+67.5 爆后断面  
 $W = 9.2\text{m}; \alpha = 75^\circ; f(\alpha) = 0.25$

(4)断层处于药包侧面,限制了爆破破坏范围,在药包间形成“隔墙”,如图 4-2-4。  
一般而论,处理上述地质问题的措施有:

(1)在断层两侧布置药包或把布在断层中的药包改成分集药包布在断层两侧,这种

方法在永平铜矿火烧岗大爆破、金堆城钼矿木子沟路堤大爆破中都取得了成功。

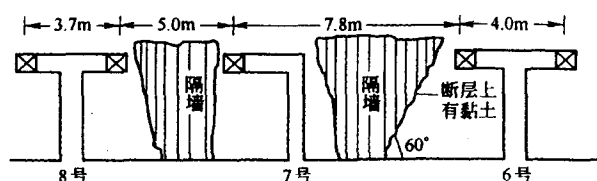


图 4-2-4 柘湘公路五龙山 6~8 号药包爆后平面示意图

- (2) 避免最小抵抗线与断层平行,最好是互相垂直,可防止弱面突出。
- (3) 用多药包齐爆,有时可以减弱断层的影响。

### 三、层理的影响

- (1) 层理控制漏斗的大小。

1) 药包最小抵抗线与层理面平行时,将减少爆破方量,如图 4-2-5,岩块抛掷比一般要小,容易留根底,还可能顺层发生冲炮。

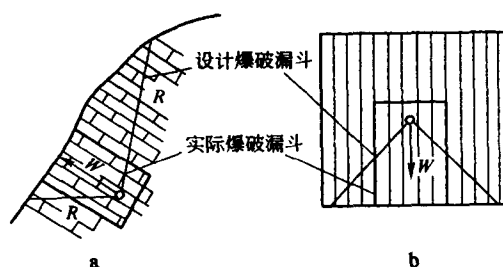


图 4-2-5 层理面与最小抵抗线平行

a—断面图; b—平面图

2) 最小抵抗线与层理面垂直,将扩大爆破漏斗,增加方量,并使块度降低,如图 4-2-6,但爆堆抛散距离比一般情况下要小。

3) 最小抵抗线与层理斜交,一般是钝角一侧漏斗会扩大,锐角一侧则会缩小,如图 4-2-7,爆堆抛散方向会发生偏移。

- (2) 层理面对边坡稳定性的影响。

根据铁道科学研究院对大爆破路堑的调查统计,有以下认识:

1) 层理走向与边坡走向交角小于  $40^\circ$ ,层理倾向与边坡相同,且倾角在  $15^\circ \sim 50^\circ$  之间时,不利于边坡稳定,可能出现危石、落石、崩塌,严重的可引起顺层滑坡。

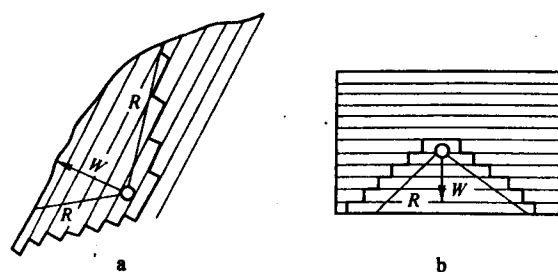


图 4-2-6 层理面与最小抵抗线垂直

a—断面图;b—平面图

2)岩层走向与边坡走向交角小于  $20^\circ$ , 岩层倾向与边坡相反, 且倾角在  $70^\circ \sim 90^\circ$  时, 亦不利于边坡稳定, 易发生危石和崩塌。

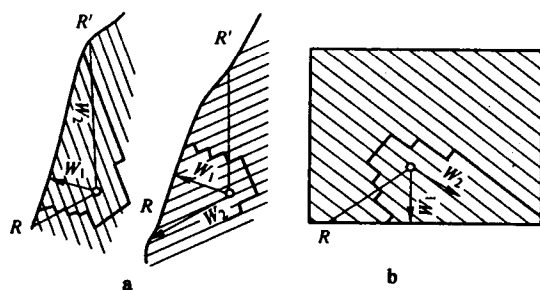


图 4-2-7 层理面与最小抵抗线斜交

a—断面图;b—平面图

3)岩层走向与边坡走向大体一致(交角小于  $15^\circ$ ), 岩层倾向与边坡倾向一致( $\pm 10^\circ$ ) 时, 或倾角大于边坡坡度时, 对边坡稳定有利。

4)其他情况为一般边坡。

应当说明, 层理的影响取决于层理面的黏结情况, 对一般层理面接触紧密, 胶结较好 时, 不会出现上述的典型情况。

(3)在爆破工程中处理层理构造的经验: 公路系统在实践中积累了许多处理层理构造的经验, 例如:

1)群药包齐发爆破, 利用应力叠加作用以抵消层理对冲击波的阻断, 削弱层理的影响, 达到预期的设计要求。

2)当岩层走向与线路相交时, 尽量利用小群药包或纵向分集药包, 并视交角大小, 适当缩小药包间距( $5\% \sim 10\%$ )。

3)当最小抵抗线方向与层理面垂直时,可将药包间距加大 10%左右。

4)当最小抵抗线方向与层理一致时,应当在设计中考虑利用小药包或通过改变起爆顺序来改造地形,使主药包有一个与层理面近乎正交的最小抵抗线。

5)当岩层向山内倾斜时,集中药包布药高程应适当降低,深孔爆破应增加超钻,才能爆出预期的底板。

6)遇有水平层面时,应减少超钻量,还可以利用层理,巧布药包,取得优异的爆破效果。在湖南石清公路按图 4-2-8 所示布药(把药包布置高程降低,由  $O$  降到  $O'$ ),炸出了非常理想的单壁路堑。

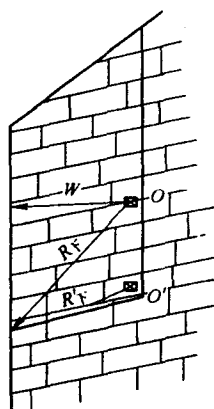


图 4-2-8 适当下移药包位置

#### 四、节理裂隙及片理劈理的影响

(1)岩层均受节理、裂隙、片理、劈理切割,它们对爆破的影响,取决于其发育程度、频率、产状、张开度及组数。一般而言,岩体中的节理裂隙虽然组数较多,但对爆破起主导作用的仅有 1~2 组。

(2)如果一组起主要作用,其影响作用与层理相似;如果节理裂隙很发育,岩层已被切割成碎块,各组节理都不能起主导作用,接近于均质岩体。有不少研究者将岩体的可爆性与节理裂隙发育程度结合起来考虑岩石可爆性分级及炸药消耗量,见表 4-2-4。

表 4-2-4 岩石可爆性等级表

| 节理裂隙等级 | 平均裂隙距/m | 岩石坚固性等级 | 1m <sup>3</sup> 岩石中自然裂隙的面积/m <sup>2</sup> | 普氏坚固系数/ | 密度/g·cm <sup>-3</sup> | 声学阻抗 $\rho C_0$ /Pa·s·m <sup>-3</sup> |
|--------|---------|---------|-------------------------------------------|---------|-----------------------|---------------------------------------|
| 特别破碎   | 不超过 0.1 | 不坚固     | 33                                        | 小于 8    | 小于 2.5                | 小于 5                                  |
| 强裂破碎   | 0.1~0.5 | 中等坚固    | 33~9                                      | 8~12    | 2.5~2.6               | 5~8                                   |
| 中等破碎   | 0.5~1.0 | 坚固      | 9~6                                       | 12~16   | 2.6~2.7               | 8~12                                  |
| 轻微破碎   | 1~1.5   | 很坚固     | 6~2                                       | 16~18   | 2.7~3                 | 12~15                                 |
| 很轻微破碎  | 大于 1.5  | 极端坚固    | 2                                         | 18 或更大  | 大于 3                  | 大于 15                                 |

| 节理裂隙等级 | 大于以下尺寸的岩块在岩体中的含量/% |       |        | 单位耗药量/kg·m <sup>-3</sup> | 岩石可爆性等级 |
|--------|--------------------|-------|--------|--------------------------|---------|
|        | 300mm              | 700mm | 1000mm |                          |         |
| 特别破碎   | 小于 10              | 接近 0  | 没有     | 小于 0.35                  | 易爆      |
| 强裂破碎   | 不到 70              | 小于 30 | 小于 5   | 0.35~0.45                | 中等可爆    |
| 中等破碎   | 小于 90              | 小于 70 | 小于 40  | 0.45~0.65                | 难爆      |
| 轻微破碎   | 100                | 小于 90 | 小于 70  | 0.65~0.9                 | 很难爆     |
| 很轻微破碎  |                    |       | 100    | 0.9 或更大                  | 极端难爆    |

(3)应当指出,在一些露天矿曾遇到节理裂隙将表层岩体切割成 2m<sup>3</sup> 以上大块的情况,这种“半散体”式的岩体非常难爆,大块率高并容易产生飞石。

(4)X 型节理会影响爆破漏斗的形态,从而影响爆破量、爆堆形态,如图 4-2-9。

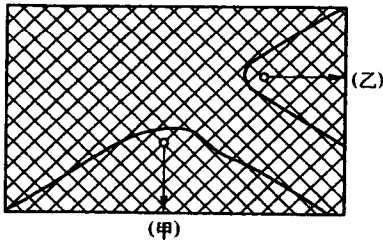


图 4-2-9 X 型交割节理的爆破作用的影响

(5)在台阶爆破中,裂隙发育带容易形成乱膛和卡钻,乱膛如果发生在前排,又采用散装炸药,则会在乱膛处形成局部集中装药,从而造成严重的飞石;与钻孔连通的张开裂隙也往往是“飞石源”。X 型裂隙容易使预裂爆破面凸凹不同,对后冲、根底也有较大的影响,在施工中应当了解起主要作用的节理、裂隙,在设计超钻量、堵塞量、起爆顺序及最小抵抗线方向时,均应对主要节理裂隙组予以重视。

## 五、其他地质构造的影响

(1)褶皱发育的岩层多为页岩、片岩、砂岩、薄层石灰岩,一般都比较破碎,其层理因褶皱作用而变弯曲,其开放性受到弯曲形态的限制,破碎程度和弯曲形态可能会引起能量突然释放、漏斗形态变化、破坏范围不对称等问题。

(2)不同岩层接触面是一个很容易产生滑移的地质构造,尤其是坡积物与原岩的接触面,特别容易引起崩塌和滑移,见图4-2-10。

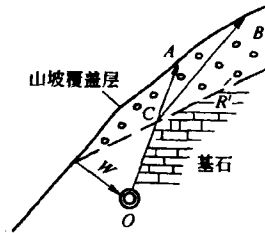


图4-2-10 山坡覆盖层的上破裂线

(3)溶洞、老窿对爆破的影响。矿山爆破时(尤其是露天转地下垫层爆破)经常遇到采空区和老窿,在石灰岩地区爆破,常遇到岩溶对爆破的影响问题,它们对爆破作用的影响在性质上是相似的。它们可以改变最小抵抗线方向,降低爆破威力造成破碎不均匀,(图4-2-11),也可以引起冲炮,造成安全事故(图4-2-12)。冶金垫层大爆破和许多井下大爆破工程在这面积累了许多经验,归纳起来有:

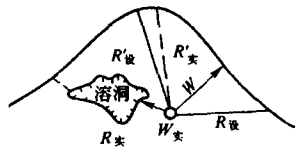


图4-2-11 溶洞对大爆破的影响

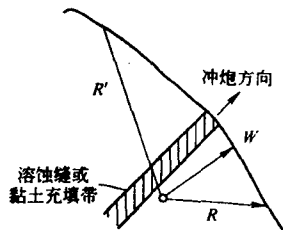


图4-2-12 溶蚀缝引起冲炮

1)了解清楚溶洞或采空区的方位、大小、稳定情况;

2)可以利用作为装药药室的尽可能利用(例如炮台山万吨大爆破的军事坑道);

3)能避则避。在布药包时,尽量避开溶洞对药包的影响,即在溶洞附近不布置大装药量药包。如果避不开,则应考虑药包向溶洞的能量泄漏,溶洞方向的抵抗线不小于向临空面的最小抵抗线,同时适当增加药量,或在溶洞中放置一定数量炸药,与其旁边的药包一起爆炸,阻止药包向溶洞大量泄能。

4)实例。吴承辉、刘宏刚等人在贵新高速公路爆破施工中,处理过许多溶洞,保证了爆破的质量和安

全,并总结出一套处理溶洞影响的办法:

①对0.5m左右宽的岩溶沟缝,用铁皮铺底,封堵1.5m左右,使溶沟两侧至少有0.5m堵塞段。

②移动药包位置,减少溶洞对爆破作用的影响。

③改变装药结构,把集中药包改为条形或分集药包,避免装药直接作用于溶洞或溶沟。

④布置“顶托”药包,即当条形药包与溶洞连通时,在条形药包端头堵塞段的外侧布置一定药量,使之在主药包之前10ms左右起爆,阻止主药包爆破时向溶洞“打枪”。例如杨柳街石料场大爆破处理大溶洞的具体办法是:

大溶洞缩短了1—2号、1—4号药室长度,减少了爆落方量,为保证爆落方量加大左侧开挖长度10m。1—4号药室端头封堵5m,主药包由原40m缩短为18m。在1—2号药室端头溶洞中设置了顶托药包800kg,堵3.0m后再进行主药包装药,见图4-2-13。由于单响药量最大36t,为保证安全,将警戒距离从1000m加大到1500m。

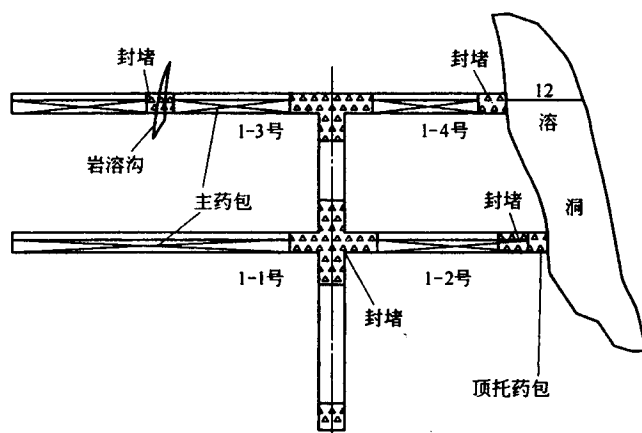


图 4-2-13 杨柳街大爆破药包及溶洞位置示意图

杨柳街老王婆山硐室大爆破,药包布置为3排4层,共计长条形药包10个,辅助集中药包15个,开挖导硐760m,总装药量148t。根据开挖实际情况,改变设计方案,解决和处理溶洞措施得当,使爆破获得了圆满成功。爆落量大于25万 $\text{m}^3$ ,最远飞石小于300m,周围建筑没有出现损坏。加快了工程进度,保证了工期。

(4)地表水可能给爆破带来的问题有:

1)涌浪使沿水域的建筑物破坏,例如广东惠州3200t硐室大爆破时,涌浪将300m外的近千平方米工棚全部冲走。

2)爆岩将水下淤泥挤出,危及较远地区的建(构)筑物的安全。例如珠海烟墩山一次百吨爆破,将爆区前水坑的淤泥挤出,造成路面阻塞并推倒2根电杆。

3)积雪厚的山区进行爆破,应考虑山坡积雪可能引起爆岩滑移。新疆伊犁铁矿500t大爆破,爆岩沿山谷下冲2.5km,与山坡有1m厚的积雪是紧密相关的。

(5)地下水对爆破作用的影响。地下水给施工带来困难,例如硐室开挖和药包防水。此外,水的存在对应力波的传播有利,应力波衰减变慢,从而使破坏作用范围变大,在设计时应予以充分注意。

(6)滑坡体。滑坡体通常处于不稳定或极限平衡状态,采用大爆破开挖时,特别容易造成危害,引起滑坡体活动。像石砭峪定向爆破筑坝工程,造成泄洪洞进口塌方,将洞口堵塞,给度汛工作造成很大危险就是一个典型的例子。此外,在一个大爆区里,有一些不太大的滑坡体,钻孔和掘进巷道均很困难,遇到这种情况可以不炸该滑坡体(或岩堆),惠州芝麻州大爆破就有一条整洞(约200m)无法掘进,但最后这部分没炸的岩堆还是被顺利挖走。

## 第三章 爆破对岩体的影响及工程地质问题

### 第一节 爆破裂隙

爆破裂隙分两类,一类是由于爆破作用产生的新裂隙,另一类是由于爆破作用引起岩体中原有节理、裂隙的张开或扩大。在完整岩体中多出现新裂隙,在节理裂隙或层理发育的岩体中,多出现后者。新裂隙分布范围较小,而后者分布范围较大,裂隙延伸方向和长度受地形、地质条件影响较大,大爆破形成的裂隙长度有的达百米以上。平面爆破时,产生较规则的环向裂隙和径向裂隙,在斜坡地形爆破,在平行于临空面的方向,裂隙可以延伸很长。

裂隙在垂直面上的分布有明显的规律,由地表向深处裂隙逐渐减弱。

裂隙在地表延伸的范围与药量的立方根成正比:

$$R_p = K_p \cdot \sqrt[3]{Q} \quad (3-1)$$

式中  $R_p$ ——药包中心至最远裂缝的距离, m;

$Q$ ——装药量, kg;

$K_p$ ——破坏系数,  $K_p = 1.7 \sim 3.6$ , 实际调查资料中, 最大不超过 3。

基岩破坏特征与实际质点振速的关系, 可参见表 4-3-1。

表 4-3-1 爆破振动速度与土岩破坏特征表

| 编号 | 振动速度/ $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ | 土岩破坏特征                            |
|----|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1  | 0.8~2.2                             | 一切如故,不受影响                         |
| 2  | 10                                  | 隧洞顶部有个别落石,低强度矿石破坏                 |
| 3  | 11                                  | 产生松石及小块震落                         |
| 4  | 13                                  | 原有裂缝张开或产生新的细裂缝                    |
| 5  | 19                                  | 大石滚落                              |
| 6  | 26                                  | 边坡有较小的张开裂隙                        |
| 7  | 52                                  | 大块浮石翻倒                            |
| 8  | 56                                  | 地表有小裂缝                            |
| 9  | 76                                  | 花岗岩露头上裂缝宽约 3cm                    |
| 10 | 110                                 | 花岗岩露头上裂缝宽 3cm,地表有裂缝超过 10cm,表土断裂成块 |
| 11 | 160                                 | 岩石崩裂,地形有明显变化                      |
| 12 | 234                                 | 巷道顶壁及混凝土支座严重破坏                    |

经验表明,药包以下出现裂缝的破坏半径不超过最小抵抗线。

## 第二节 边坡稳定问题

### 一、中小型爆破工程边坡设计

虽然地表裂缝破坏范围较大,但应当说明,并不是裂缝到达之处岩体就不稳定了,只要在爆后立即将边坡清理干净,对远处的小裂缝用不透水黏土填实或作灌浆处理,仍可得到稳定的边坡。对于中小型爆破,设计边坡坡度可参考表 4-3-2。

表 4-3-2 中小型爆破岩石边坡参考表

| 岩石类别 | 坚固性系数 | 调查的边坡高度/m | 地面坡度/ $^{\circ}$ | 节理裂隙发育风化程度 | 边坡坡度          |
|------|-------|-----------|------------------|------------|---------------|
| 软石   | 1.5~2 | 20        | 30~50            | 严重风化、节理发育  | 1:0.75~1:0.85 |
|      | 2~3   | 20~30     | 50~70            | 中等风化、节理发育  | 1:0.5~1:0.75  |
| 次坚石  |       | 20~30     | 30~50            | 严重风化、节理发育  | 1:0.4~1:0.6   |
|      | 3~5   | 30~40     | 50~70            | 中等风化,节理发育  | 1:0.3~1:0.4   |
|      |       | 30~50     | >70              | 轻微风化,节理少   | 1:0.2~1:0.3   |

#### 第四篇 矿山爆破工程地质分析

| 岩石类别 | 坚固性系数 | 调查的边坡高度/m | 地面坡度/(°) | 节理裂隙发育风化程度 | 边坡坡度        |
|------|-------|-----------|----------|------------|-------------|
| 坚石   |       | 30        | 30~50    | 严重风化,节理发育  | 1:0.3~1:0.5 |
|      | 5~8   | 30~40     | 50~70    | 中等风化,节理发育  | 1:0.2~1:0.3 |
|      |       | 40~60     | >70      | 轻微风化,节理少   | 1:0~1:0.2   |
| 特坚石  |       | 30        | 30~50    | 严重风化,节理发育  | 1:0.1~1:0.3 |
|      | 8~20  | 30~50     | 50~70    | 中等风化       | 1:0~1:0.2   |
|      |       | 50~70     | >70      | 节理少        | 1:0         |

### 二、大爆破工程的边坡稳定问题

大爆破工程可能引起的工程地质问题,主要是边坡稳定问题。大爆破引起的边坡病害,在硬质岩石中主要是产生危石和落石,在软岩体和软硬不均的岩体中则可能引起崩塌或滑坡,爆破漏斗内堆积的大量细碎爆岩,在多雨地区可能形成小股泥石流。

对鹰厦铁路等 318 个经大爆破的工点进行的边坡稳定情况调查,路堑边坡稳定情况如表 4-3-3 所列,有变形的边坡点占 62.3%。其中由于爆后请方、刷坡不够,没有做好支护、嵌补工程而产生危石落石的占变形工点的 1/2;崩塌和滑坡合计占 17.6%,系由于不良地质条件加上爆破影响引起的。

一般不高于 30m 的边坡,都比较稳定,高于 60m 的大爆破边坡,产生各类问题的较多。

除了爆破形成的边坡与爆破作用紧密相关外,处在爆破作用范围内的,位于斜坡或陡壁上的悬石,堆积体或古滑坡体,可能受爆破影响产生崩塌或滑落,有一些即使爆破当时没有明显的活动,但以后在自然应力作用下可能发生崩塌或滑落。所以在爆前应注意调查研究,分析爆破作用可能影响的范围和程度,爆后必须对一些重点对象进行详细调查和评估,如发现有移动、开裂现象,危及工程安全者,要及时采取加固措施。

表 4-3-3 大爆破路堑边坡变形分类表

| 边坡变形类型  | 崩塌   | 危石落石 | 风化剥落 | 滑坡  | 坡面冲刷 | 工点总数 | 有变形工点数 | 无变形工点数 |
|---------|------|------|------|-----|------|------|--------|--------|
| 工点数/个   | 28   | 94   | 62   | 7   | 7    | 318  | 198    | 120    |
| 占变形工点/% | 14.1 | 47.5 | 31.4 | 3.5 | 3.5  |      | 100    |        |
| 占总工点/%  | 8.8  | 29.6 | 19.5 | 2.2 | 2.2  | 100  | 62.3   | 37.7   |

### 第三节 地下爆破工程引起的工程地质问题

(1)爆破引起的塌方、冒顶。塌方、冒顶、片帮是地下开挖中经常遇到的现象,其内因是由于不利的节理裂隙组合、断层、软弱带影响,而激发因素往往是由于爆破不当。

地下开挖通过不良地层时,要采取控制爆破和加强支护的措施,例如控制单响药量,周边进行光面爆破,放完炮马上进行支护,都是预防塌方的有利措施。

如果发生了塌方、冒顶,则需要加强密集支护通过不良地质段。

(2)地下采掘工程造成地面塌陷,形成地表塌陷区。塌陷区的范围是可以预先划定的,在该区范围内不得设置任何地下工程(竖井、平巷),地表不得设置道路和建筑物,也不能设置工业设施。

(3)地应力变化引起的地质问题。在深层开挖隧道工程时,往往会因地压作用使隧道变形,甚至将隧道摧垮。有些地段,在开挖断面处发生岩爆。更有甚者,在大地活动构造带附近进行大面积长时间采掘作业,在构造带形成地应力。地应力增大到一定程度时发生应力释放,引起构造带活动从而形成地震。以上问题都有待深入探讨,其机制问题目前也存在较大的争议。爆破是一种突发应力状态,对这些现象如何发生影响,影响到什么程度,对其认识也有待进一步提高。

(4)爆破引起的地下水及瓦斯突出事故。在地下采掘作业中,发生过许多爆破引起地下水、瓦斯突出事故,有的甚至引起一个矿区的毁灭。预防这类事故的可靠措施是在地下水丰富和瓦斯活动地段打超前孔,随时进行瓦斯浓度监测。