

岩土工程

损伤性岩体预裂爆破参数的优化设计

刘新喜¹, 杨洪林², 刘贵应¹

(1. 中国地质大学工程学院, 武汉 430074; 2. 北京住宅总公司市政公司, 北京 100015)

[摘要] 运用损伤理论得出了损伤性岩体预裂爆破控制参数 - 不耦合系数、线装药密度及炮孔间距随损伤因子 D 变化的规律, 并用以优化损伤性岩体的预裂爆破设计参数, 为预裂爆破优化设计提供了理论基础。

[关键词] 损伤理论 预裂爆破 参数优化

[中图分类号] TU45 [文献标识码] A [文章编号] 0495 - 5331(2002)06 - 0086 - 03

岩体是含有各种不连续面的脆性损伤材料。近年来, 利用损伤理论研究岩体爆破过程细观结构的裂化, 进而演变成宏观破坏, 已成为岩石动力学和岩石爆破研究领域的热点课题。岩土体的“三位一体”特性, 要求在进行爆破施工时尽可能减小对周边未爆岩体的直接破坏作用, 以减少后期围岩支护费用并提高支护结构的稳定性与安全性。预裂爆破正好能够实现这一要求, 已为爆破工程界广泛运用。本文试图借助损伤理论研究损伤性岩体预裂爆破参数的优化设计。

合理确定预裂爆破参数是保证预裂爆破取得理想效果的关键性工作。影响预裂爆破效果的因素很多, 诸如: 钻孔直径、装药量、岩体的物理力学性质、炸药品种、地质构造及施工因素等。其中影响最大的因素有周边眼不耦合系数、线装药密度及周边眼间距三参数, 因此, 预裂爆破参数优化主要体现在这 3 个参数的优化。

1 不耦合系数的优化设计

由于炸药爆炸时药包表面的冲击压力峰值可达数百兆帕, 它远远超过了岩石的抗压强度, 因此药包周围的岩体被压缩成粉状, 为减轻作用于岩壁上的压力, 一般采用不耦合装药结构。考虑岩土体初始损伤后, 根据岩石断裂力学理论及岩石损伤理论确定不耦合系数形式:

$$K = \left(\frac{d_c}{d_b}\right)^2 > \left(\frac{n_0 d^2}{8 K_b S_c (1 - D)}\right)^{\frac{1}{6}} \quad (1)$$

式中: n 是爆生气体与孔壁作用时压力增大系

数, 一般取 10; d_b 为炮孔直径; d_c 为装药直径; d 为炸药爆速; ρ_0 为炸药的密度; K_b 是体积应变状态下岩石抗拉强度增大系数; S_c 为岩石单轴抗压强度。例如某岩体的物理力学参数及炸药参数如下:

$$\rho_0 = 1.2 \text{ g/cm}^3; d = 3400 \text{ m/s} \quad \text{则}$$

$$S_c = 1.5 \times 10^8 \text{ Pa}; n = 10, K_b = 10$$

考虑岩土体初始损伤后, 周边眼不耦合系数 K 随损伤因子 D 变化的关系曲线如下图 1。

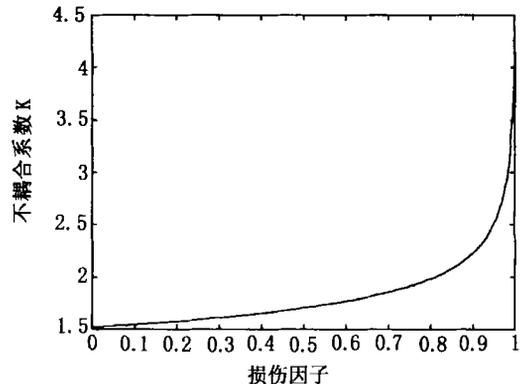


图 1 不耦合系数变 K 随损伤因子 D 变化的关系曲线

可见考虑岩土体损伤特性后, 周边眼不耦合系数随损伤因子 D 的增大而呈双级线型增加。特别是当损伤因子 D 增大到 0.9 以后, 即岩体完全进入塑性碎裂状态后, 不耦合系数发生突变。这就要求在损伤性岩土体中进行预裂爆破设计时, 应根据地质体的损伤程度加大药柱外壁与孔壁之间的间隙, 一般不宜小于 1.5 ~ 2.0。

[收稿日期] 2001 - 12 - 28; [修订日期] 2002 - 04 - 26; [责任编辑] 李石梦。

[第一作者简介] 刘新喜 (1963 年 -), 男, 中国地质大学 (武汉) 在读博士研究生, 副教授, 主要研究方向为边坡稳定性评价。

2 线装药密度的优化设计

众所周知,岩土体发生损伤后,由于损伤引起的弹性模量的下降导致爆破波波速减低,这就意味着爆破动荷载作用时间的加长,也将更有利于岩土体材料的充分破坏,同时岩土体中的损伤裂纹增加了其吸收爆破能量的能力。这就要求预裂爆破的线装药密度要比未考虑其损伤时的密度要小。下面我们根据损伤力学及爆炸力学理论来进一步论证这一观点。

由阿贝尔的余容状态方程及岩石损伤理论导出的周边眼线装药密度计算式为:

$$= \frac{273 S_c(1-D) \times r_b^2}{273 S_c(1-D) + 1.033 T} \quad (\text{g/m}) \quad (2)$$

式中: r_b 为炮孔半径; μ 为爆生气体压力系数,一般取 1.1; S_c 是岩体抗压强度; ρ 为爆生气体余容,一般取 0.66; ρ_0 是炸药比容,设为 948 升/kg; T 为爆温;

例如某岩体的物理力学参数及炸药参数如下:炮孔半径为 1.8 cm;岩体抗压强度为 2500 kN/cm²;炸药比容为 948 升/kg;爆温为 2680 K⁰,在考虑岩土体初始损伤后,周边眼炮孔线装药密度随损伤因子 D 变化的关系曲线如下图 2。

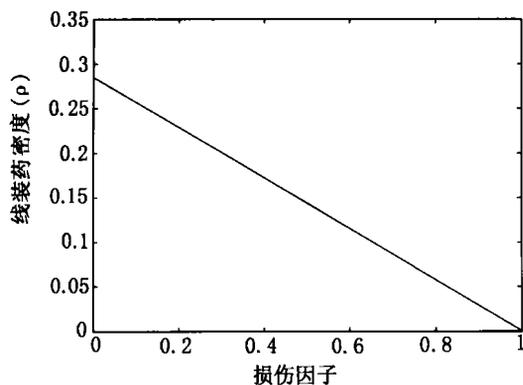


图2 线装药密度随损伤因子 D 变化的关系曲线

显然,考虑岩土体初始损伤后周边眼线装药密度比不考虑岩土体损伤的线装药密度要小得多。这也是在进行控制爆破遇到损伤性严重的岩土体时一再强调必须本着“弱爆破、小扰动”的原则进行设计施工的原因所在。

3 炮孔间距的优化设计

周边眼的炮孔间距 a 可根据当相邻两孔连心线上的切向拉应力超过岩体的抗拉强度时就有可能形成裂缝的理论及岩石损伤理论来确定。当岩土体受

到爆破冲击作用时,裂纹的扩展速率及应力释放区的发展受到材料声速的限制。岩土体发生损伤后导致爆破波波速的降低,意味着损伤程度越高,爆破裂纹的扩展越缓慢。这就要求预裂控制爆破的周边眼的炮孔间距要比未考虑其损伤的情况下要小,以弥补由于岩土介质损伤所导致的爆破应力波波速的迅速下降。考虑岩土体初始损伤后,周边眼的炮孔间距可按照下列计算式计算:

$$= 3.2 \left[\frac{\mu(1 - \frac{16}{9} C_d)}{1 - \mu(1 - \frac{16}{9} C_d)} \right]^{2/3} \times r_b \quad (3)$$

式中: C_d 是损伤裂纹密度,它是表征损伤裂纹所影响岩石体积占岩石总体积的百分数,是反映岩土体介质损伤程度的另一参量。根据 Liu Liqing 等(1996)在加拿大皇后大学和 ICI 公司联合开发的岩石爆破计算模型的基础上建立的损伤因子 D 与损伤裂纹密度 C_d 关系式^[5]:

$$D = 1 - \exp(-C_d^2) \quad (4)$$

其中, C_d 的最大值为 9/16。假定某岩体未受损伤前的泊松比 $\mu = 0.20$;岩体抗拉强度为其抗压强度的 1/30;炮孔半径为 3.0 cm。则周边眼炮孔间距 a 随损伤裂纹密度 C_d 变化的关系曲线如下图 3。

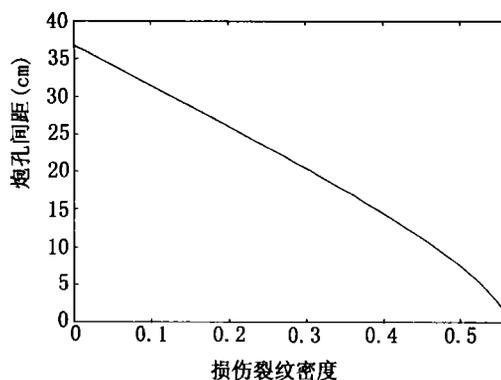


图3 炮孔间距 a 随损伤裂纹密度 C_d 变化的关系曲线

由图3周边眼炮孔间距 a 随损伤裂纹密度 C_d 变化规律可见,在考虑岩土体损伤特性后周边眼的炮孔间距比未考虑岩土体损伤特性的周边眼的炮孔间距要小得多。这正是我们在损伤破碎的岩土体介质中进行预裂控制爆破时一再强调的“多钻眼,少装药”的设计原则。

4 结论及建议

岩土体在爆破之前的天然损伤是岩土体固有的
(下转第 90 页)

5 结论

1) 静压桩具有无噪声、无振动、施工应力小、桩顶不宜破坏、不宜产生偏心等特点,同时还可减少打桩振动对地基和邻近建筑物、道路、管线的影响。但静压桩设计时必须分析多种因素,精心设计,并选择合适的压桩机具,采用合理的施工措施,避免出现沉桩困难导致截桩的事故;

2) 在保证安全的前提下,不要盲目放大安全系

数,造成不必要的浪费;

3) 积极推行新的岩土工程体制,基础设计施工时结构工程师要多与岩土工程师配合,采用地基、基础共同作用的设计方法,以使基础设计更为合理。

[参考文献]

- [1] 桩基工程手册编写委员会. 桩基工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995.
- [2] 黄上进, 谢绍南, 陈立强. 汕头地区静力压桩设计与施工若干问题分析[A]. 桩基设计施工与检测[C]. 北京: 中国建材工业出版社, 2001.

QUESTION ANALYSIS AND TREATMENT OF PILE FOUNDATION IN ONE TRANSFORMER SUBSTATION

XU Jia - an

(Anhui Electric Power Design Institute, Hefei 230022)

Abstract :The questions of static pressing pile in one transformer substation are analyzed. Some remedial measures on accident are discussed. Probable emerging questions facing in design and construction of static pressing pile are explained.

Key words :static pressing pile , cut pile , bearing capacity

(上接第 87 页)

特性参数,在进行预裂爆破控制参数的优化设计时考虑岩土体的损伤与不考虑其损伤的结果有很大的差异。分析表明:在进行预裂爆破参数设计时,应当充分考虑岩土体的损伤效应,考虑岩土体的损伤性后实施预裂爆破的线装药密度与周边孔间距应比相应的未考虑其损伤情况下的设计值要小,而周边眼不耦合系数却要比相应的未考虑其损伤的设计值要大。为达到对开挖周边岩土体的保护作用,在进行预裂爆破设计时应充分考虑到岩土体的损伤对爆破作用的影响,优化控制爆破参数,提高控制爆破效果。

[参考文献]

- [1] 朱瑞庚,李新平,陆文兴. 控制爆破的断裂控制与参数确定[J]. 爆炸与冲击, 1994:255~290.
- [2] 张守中, 爆破与冲击动力学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1993, 14~32.
- [3] 张时忠, 吴立. 凿岩爆破[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995, 201~202.
- [4] 吴鸿遥. 损伤力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1990, 54~64.
- [5] 杨军, 金乾坤, 黄凤雷. 岩石爆破理论模型及数值计算[J]. 北京: 科学出版社, 1999, 65~68.
- [6] 刘贵应, 张斌. 关于某高速公路隧道病理机制的探讨及防治建议[J]. 岩土工程界, 2001, (10): 64~65.

OPTIMIZATION DESIGN FOR PRE - SPLIT BLASTING PARAMETERS IN DAMAGED MASS

LIU Xin - xi¹, YANG Hong - lin², LIU Gui - ying¹

(1. Engineering Faculty, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

2. Residence parent company city planning Co. in Beijing, Beijing 100015)

Abstract :The variation law between the pre - split blasting controlled parameters - non - coupling coefficient , dynamite density , bore space and the damaged gene were achieved by damaged theory. It was used to optimize the pre - split blasting design parameters and provided the theory base for the pre - split blasting optimization design.

Key words :damaged theory , pre - split blasting , parameter optimization