

从第4届岩石爆破国际会议看 当前岩石爆破技术的发展趋势

寇绍全

北京科技大学矿业研究所(邮政编码100083)

提要 本文将简要描绘爆破技术的发展趋势,重点是介绍第4届岩石爆破会议。

关键词 岩石爆破; 钻孔爆破; 散装炸药; 起爆系统; 围岩损伤; 爆破设计计算机化; 低速炸药

第4届岩石爆破国际会议于1993年7月5日至8日在奥地利的首都维也纳召开。出席这次会议的有23国家的113名科学家及工程技术人员。此次会议共发表了65篇文章,代表了21个国家在此领域科技工作的方方面面。会议有如下主要专题:爆破基础研究;地下和露天爆破诱发的振动及损伤;节理和弱面对应力波及爆破块度的影响;爆堆形状及空气冲击波的分析及预报;爆破设计;块度分析;新型炸药和炸药性质以及安全和质量保证。全部文章均采用大会报告的形式,大致按上述专题依次进行。会议由维也纳工业大学Rossmannith副教授主持,出了523页的会议文集^[1]。

由岩石爆破国际组委会(International Organization Committee for Rock Fragmentation by Blasting)组织的岩石爆破国际会议迄今已开过4届。其他3届分别为,1983年在瑞典的Luleå^[2],1987年在美国的Keystone^[3]以及1990年在澳大利亚的Brisbane^[4]举行。此外,中国力学学会还于1991年在北京召开了一次国际工程爆破技术会议^[5]。本文将简要描绘爆破技术的发展趋势,重点是介绍第4届国际会议。

1 40年变迁

与50年代相比,40年来爆破技术有了长足的进步,主要表现为:

①大孔径大间距越来越多地取代小孔径小间距爆破。在50—60年代一般孔径为25至75mm,与之相应的孔径与抵抗线关系为Langefors公式^[6]。现在水平巷道开挖中采用64mm孔径和在露天矿中采用380mm孔径很平常,地下矿中150mm孔径极普遍。随着孔径的增大,上述Langefors的孔径与抵抗线的线性关系已不再适用。以岩石及炸药的物理力学性质,重力影响,岩石与炸药的耦合状态等因素为参数的、孔径(或单位耗药量)与抵抗线的非线性关系适应了大孔径的要求^[7]。钻孔机械发展带来的另一个变化是长孔越来越多地代替短孔。

在50—60年代一般孔深为几m甚至不到1m。现在水平巷道掘进中孔深可达7.8m^[8]，露天矿中可达10—20m，地下矿中10—40m，甚至长达150m。在我国钻孔爆破则越来越多地取代集中炸药于一处的峒室爆破。

②可靠的散装炸药的迅速发展（如ANFO，乳胶炸药系列等）使装药得以机械化，使选择适当的炸药并较合理地分布于岩体中成为可能。

③灵活的起爆系统使较准确地控制包括上百个炮孔的爆破成为可能。起爆雷管既有电的也有非电的，两者又以电起爆具有更高的时间精度，更宽的延长时间选择范围。

④计算机及其他先进技术（如照相法测块度，红外线法测起爆延长时间，雷达测自由表面运动速度以及用高压水射流来形成炮孔切口等）的引入。

2 爆破引起的围岩损伤问题

这是当前爆破界关心的一个中心问题。这次会议共有3个总报告，其中两个都是这一内容。是以下两个原因使这一问题提到了一个新的高度。一是炮孔直径加大致使线装药密度增加，因而围岩损伤问题更突出；另一是对减少围岩损伤的要求越来越高。特别是用于贮藏核废料的岩石仓库不仅要求围岩稳定，而且要使渗流小到最低限度。尽管会上有些小的异议，目前所用的损伤判据主要还是基岩振动峰值质点速度。一个值得注意的现象是爆破引起的应力波在通过有裂纹的岩体时不仅有反射透射，而且交界面的力学性质会因损伤累积而变化。损伤与反射透射的耦合使爆破引起的应力波在裂纹介质中的传播大大复杂化了。减少对围岩损伤的措施目前主要还是在周边孔上加切槽。瑞典采用高压水射流，其切槽深度可达10—15mm，日本人则在钻车上加上机械切口装置。

3 爆破设计及效果预测的计算机化

这是爆破技术发展的重要趋势。它的优点是，①省时省钱省人力；②经过设计与相应的爆破效果预测的反复比较，可选择最佳设计方案；③容易修改设计及效果预测方法，并使新的研究成果不断取代旧的技术。最理想的爆破方案应该具有如下特点：①能实现预先确定的岩石块度分布；②正确的爆堆位置，便于装载的岩块松动及堆积形状；③对人工设施及自然环境有最小的扰动；④最佳经济效益。目前的计算机软件还达不到上述要求，大量的工作只分别围绕着其中的一项或几项进行。

4 岩石爆破迫切要求低爆速炸药

当前用于岩石爆破的炸药多数在岩石中产生太强的冲击波，因而形成了较厚的压碎区。这带来两个坏处，一是压碎区材料强度低，很容易进一步粉碎，并在塑性变形中生成热，耗费大量的能量；另一个是岩粉容易堵塞岩体中形成的裂纹，阻碍炸药生成的气体进入，从而减少对离炮孔较远处岩石的破坏。因此降低炸药引起的冲击波强度对岩石爆破的发展很有好处。会上澳大利亚人提出了一种办法是在ANFO中加固体燃料以降低化学反应速度，结果保持了与ANFO大致相同的总能量却减小了爆震速度和围岩振动，抛掷效果反而增加。低爆速炸药的效果又与水压及其他在我国被称为静爆剂的能源不同。前者加载速率高，其优点是可同时产生多个方向的多条裂纹，且受地应力方向控制较小。解决无合适的低爆速炸药的变通方法是间隔装药。据报道用这种方法可得到减少炸药消耗而不影响块度，增加堵塞范围的岩石破碎而不增加飞石距离的效果。

5 10年国际舞台

1983年于瑞典 Luleå 的国际爆破会议上成立了国际爆破会议组委会, 并决定以后每 3 年召开 1 次岩石爆破国际会议。1990年第 3 届会议前夕这个组委会申请加入了国际岩石力学协会 (International Society for Rock Mechanics, 简称 ISRM), 从此成为国际岩石力学协会岩石爆破委员会 (ISRM Commission on Rock Fragmentation by Blasting)。但原名还保留, 且主要活动都独立进行。该会下属 6 个组, 即岩石评价, 计算机模拟, 炸药性能, 爆破监视仪器, 爆破术语规范和出版。从 1983 年至今 10 年内岩石爆破国际组委会共组织了 4 次会议。会议主席由东道国出人轮流担任。参加会议的总人数按 4 届会议排列依次为, 157, 131, 246 和 113; 参加的国家数为 23, 14, 17 和 23; 平均参加每届会议人数较多的前 8 个国家 (平均时不包括作为会议东道国的那一次的人数) 依次为美国 (18.0), 澳大利亚 (14.6), 瑞典 (10.0), 加拿大 (7.5), 南非 (5.8), 英国 (4.3), 中国 (3.5) 和法国 (3.0)。我国参加这 4 届会议的人数依次为: 11, 1, 0 和 2。第 1 届国际会议包括了当时我国许多在瑞典 Luleå 大学的留学生。

下届国际会议将于 1996 年在加拿大 Montreal 举行, 由 Bibhu Mohanty 担任主席。

参 考 文 献

- 1 Proc. Fourth International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. Vienna, Austria (July 5-8, 1993)
- 2 Proc. First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. Lulea, Sweden (August 22-26, 1983)
- 3 Proc. Second International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. Keystone, USA (August 23-26, 1987)
- 4 Proc. Third International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. Brisbane, Australia (August 26-31, 1990)
- 5 Proc. Int. Conf. on Engineering Blasting Techniques. Beijing, China (1991)
- 6 Langefors U, Kihlstrom B. The Modern Technique of Rock Blasting. Almqvist & Wiksell, Stockholm (1978)
- 7 Kou Shaoquan, Rustan A. Burden related to blasthole diameter in rock blasting. *Int J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 29, 6 (1992): 543-553
- 8 Niklasson B, Keisu M. New techniques for tunnelling and drifting. FRAGBLAST-4, 167-174, ed. by H. P. Rossmanith (1993)

TREND ANALYSIS OF ROCK BLASTING TECHNIQUE FROM THE FOURTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROCK FRAGMENTATION BY BLASTING

Kou Shao-quan

University of Science and Technology Beijing

Abstract This paper concisely describes the development trend of blasting technique. Emphasis is laid on introducing the Fourth International symposium on Rock Fragmentation by Blasting.

Keywords *Rock blasting; Drilling and Blasting; Powdery explosive; Initiating system; Damage in surrounding rock; Computer-aided blasting design; Explosives of low detonation velocity*