

矿山复杂地质条件下的爆破方案设计与优化

施 维 权政浩

浙江秦核环境建设有限公司 浙江 嘉兴 314000

摘 要：矿山复杂地质条件下的爆破方案设计需综合考虑地质构造、水文地质及地形地貌特征。设计原则包括确保安全、降低成本和环境保护。在爆破参数设计与计算中，需精细确定孔径、孔深、孔距、排距、炸药单耗及装药结构。针对断层、破碎带及多溶洞等复杂地质条件，需采取预裂爆破、调整装药结构与起爆顺序等优化措施。同时，应对不良水文地质条件，确保爆破作业的安全性和有效性，实现矿山开采的高效与环保。

关键词：矿山复杂地质条件；爆破方案设计；优化

引言：矿山开采作业在复杂地质条件下，面临着前所未有的挑战，特别是爆破环节，其难度和风险显著增加。地质构造的复杂性、水文地质条件的不确定性以及地形地貌的多样性，都使得爆破方案的设计与优化变得尤为关键。为了保障矿山开采的安全高效，必须深入研究复杂地质条件下的爆破技术，科学制定爆破方案，并不断优化调整。本文旨在探讨矿山复杂地质条件下的爆破方案设计与优化策略，为矿山开采提供有力的技术支持。

1 矿山复杂地质条件分析

1.1 地质构造特征

在矿山复杂地质条件中，地质构造特征尤为关键。首先，断层、褶皱和节理的发育情况对矿山开采和爆破作业有着显著影响。断层是指岩层或岩体沿断裂面发生较大位移的构造，它破坏了岩层的连续性，给矿山开采带来安全隐患。褶皱则是岩层因受到水平挤压力而发生弯曲变形，背斜和向斜是褶皱的两种主要类型，它们对矿山开采的布置和爆破方案的设计有着重要影响。此外，节理是岩石中沿一定方向排列的裂缝，它的存在会影响岩石的强度和稳定性，从而影响爆破效果。岩石类型与性质差异也是地质构造特征的重要组成部分。不同类型的岩石具有不同的物理力学性质，如硬度、韧性、抗压强度等，这些性质直接影响爆破作业的难度和效果。因此，在进行爆破方案设计时，需要充分考虑岩石类型与性质差异，选择合适的炸药类型和爆破参数。

1.2 水文地质条件

水文地质条件对矿山爆破作业同样具有重要影响。地下水位与水流情况直接影响爆破作业的安全性和效果。高水位或强水流会增加爆破作业的难度和风险，因为水会减弱炸药的威力，并可能导致爆破后岩石的破碎效果不佳。此外，地表水与地下水还可能通过裂隙、断

层等通道涌入矿坑，造成安全隐患。

1.3 地形地貌特征

地形地貌特征也是矿山复杂地质条件中不可忽视的一部分。坡度、走向和起伏变化会影响爆破作业的布置和实施。例如，在坡度较大的区域进行爆破作业时，需要特别注意防止岩石滚落伤人。此外，爆破作业区域的地形限制也会影响爆破方案的设计和实施。例如，在狭窄的山谷或陡峭的山坡上，爆破作业的难度和风险都会显著增加。

2 爆破方案设计原则

2.1 安全性原则

安全性原则是爆破方案设计的基础和前提。在进行爆破作业时，必须始终将人员、设备和环境的安全放在首位。（1）确保人员、设备与环境安全：爆破作业涉及高温、高压和强烈震动等危险因素，稍有不慎就可能引发严重事故。因此，在爆破方案设计中，必须充分考虑各种潜在的安全风险，采取切实可行的安全措施，确保人员、设备和环境的安全。例如，应选择合适的炸药类型和爆破参数，避免产生过大的冲击波和飞石；应设定合理的安全警戒范围，确保在爆破过程中人员和设备不会受到直接伤害；同时，还应建立有效的应急预案，以便在突发情况下迅速采取措施，减轻事故造成的损失^[1]。

（2）设定安全警戒范围与措施：为了确保爆破作业的安全进行，必须设定明确的安全警戒范围。在警戒范围内，应严禁人员和设备进入，以防止因飞石、冲击波等造成的伤害。同时，还应采取必要的防护措施，如设置防护网、搭建避难所等，以进一步保障人员和设备的安全。此外，还应加强对安全警戒范围的管理和监督，确保各项安全措施得到有效落实。

2.2 经济性原则

经济性原则是爆破方案设计的重要考量之一。在进

行爆破作业时，应充分考虑成本效益，降低爆破成本，提高开采效率。（1）降低爆破成本，提高开采效率：通过优化爆破参数、选择合适的炸药类型和用量等措施，可以显著降低爆破成本。同时，还应加强爆破作业的组织和管理，提高开采效率，降低生产成本。例如，可以采用先进的爆破技术和管理方法，实现爆破作业的自动化和智能化；还可以通过优化开采方案，提高矿石的回收率和利用率，从而降低生产成本。（2）合理利用资源，减少浪费：在爆破作业中，应充分利用矿石资源，避免过度开采和浪费。通过精确计算爆破参数和炸药用量，可以确保矿石的充分破碎和回收；同时，还应加强废弃物的处理和利用，减少环境污染和资源浪费。

2.3 环保性原则

环保性原则是爆破方案设计不可或缺的一部分。在进行爆破作业时，应充分考虑对环境的影响，采取积极的环保措施。（1）减少爆破对环境的破坏与污染：通过优化爆破方案和采取必要的环保措施，可以减少爆破作业对环境的破坏和污染。例如，可以选择低污染炸药和环保型爆破技术；还可以加强对爆破作业区域的监测和管理，及时发现和处理环境问题。（2）采取噪声、粉尘、震动控制措施：爆破作业往往伴随着噪声、粉尘和震动等环境问题。为了减轻这些环境问题对人员和环境的影响，应采取有效的控制措施。例如，可以设置隔音屏障、喷洒降尘剂等减少噪声和粉尘污染；还可以采用减震技术等措施来降低震动影响。同时，还应加强环境监测和数据分析，及时发现和处理潜在的环境问题。

3 爆破参数设计与计算

3.1 孔径与孔深设计

（1）根据岩石硬度与钻孔设备选择孔径。孔径的设计是爆破参数中至关重要的一环。孔径的大小直接影响钻孔的效率、炸药的利用率以及爆破效果。在选择孔径时，需要充分考虑岩石的硬度。较硬的岩石需要更大的孔径以容纳更多的炸药，从而确保足够的爆破能量。同时，孔径的选择还需与钻孔设备相匹配。不同型号的钻孔设备具有不同的钻进能力和孔径范围，因此，在设计孔径时，必须根据实际使用的钻孔设备来确定合适的孔径大小。（2）根据台阶高度与岩石破碎要求确定孔深。孔深的设计同样重要。它决定了炸药在岩石中的爆炸深度和范围，进而影响爆破效果和破碎程度。孔深的设计主要依据台阶的高度和岩石的破碎要求。台阶高度决定了爆破作业的基本尺度，而岩石的破碎要求则决定了炸药需要达到的深度。在设计孔深时，需要综合考虑这两个因素，以确保炸药能够充分作用于岩石，达到预期的

爆破效果。

3.2 孔距与排距计算

（1）基于岩石性质与炸药性能计算孔距。孔距是指相邻炮孔之间的距离。它的大小直接影响炸药在岩石中的传播和爆破效果。在计算孔距时，需要充分考虑岩石的性质和炸药的性能。岩石的硬度、韧性等物理特性以及炸药的爆速、威力等化学特性都会影响孔距的确定。一般来说，岩石越硬、韧性越强，孔距就需要越小，以确保炸药能够充分作用于岩石；反之，岩石较软、韧性较弱时，孔距可以适当增大。（2）排距设定为孔距的一定比例。排距是指相邻排炮孔之间的距离。在计算排距时，通常将其设定为孔距的一定比例。这个比例的大小取决于爆破作业的具体情况和要求。一般来说，为了保证爆破效果的均匀性和连续性，排距需要适当小于或等于孔距。但是，在实际操作中，还需要根据岩石的性质、炸药的性能以及爆破作业的具体要求来灵活调整排距的大小^[2]。

3.3 炸药单耗与装药结构设计

（1）根据岩石性质与炸药性能计算炸药单耗。炸药单耗是指每立方米岩石所需炸药的重量。它是衡量炸药利用率和爆破效果的重要指标。在计算炸药单耗时，需要充分考虑岩石的性质和炸药的性能。岩石的硬度、密度、韧性等物理特性以及炸药的爆速、威力等化学特性都会影响炸药单耗的确定。通过合理的炸药单耗设计，可以确保炸药在岩石中充分爆炸并产生足够的能量来破碎岩石。（2）针对多溶洞、多破碎带与多断层条件设计装药结构。在地质条件复杂的地区，如存在多溶洞、多破碎带或多断层的情况下，装药结构的设计需要更加谨慎和细致。这些地质条件可能导致炸药的传播和爆破效果受到影响。因此，在设计装药结构时，需要充分考虑这些地质因素，并采取相应的措施来确保炸药能够充分作用于岩石并达到预期的爆破效果。例如，可以采用分段装药、间隔装药等灵活多变的装药方式，以适应复杂的地质条件。

3.4 爆破体积与总装药量计算

最后，需要根据爆破区域面积和爆破参数来计算爆破体积和总装药量。爆破体积是指需要爆破的岩石的总体积，它可以通过测量爆破区域的面积和高度来确定。而总装药量则是指爆破作业所需炸药的总量，它可以通过将爆破体积与炸药单耗相乘来得到。通过合理的爆破体积和总装药量的计算，可以确保爆破作业的安全性和有效性，并达到预期的爆破效果。

4 矿山复杂地质条件下的爆破方案优化

4.1 针对断层、破碎带的优化措施

断层和破碎带是爆破作业中常见的复杂地质现象，它们对爆破效果和安全有着重要影响。为了优化断层、破碎带区域的爆破方案，可以采取以下措施：（1）采用预裂爆破与光面爆破技术。预裂爆破技术通过在主爆区边界预先形成一条裂缝，可以有效地控制爆破波的传播方向和范围，从而减少对断层、破碎带区域的干扰。光面爆破技术则能在需要保留的岩壁或结构面上形成平整的爆破面，保护周边岩石的完整性。这两种技术的结合应用，可以显著提高断层、破碎带区域爆破作业的安全性和可控性^[3]。（2）调整装药结构与起爆顺序。针对断层、破碎带的特性，可以灵活调整装药结构和起爆顺序。例如，在断层、破碎带密集的区域，可以采用分段装药或间隔装药结构，以减少炸药的集中爆炸对岩石的过度破坏。同时，通过合理的起爆顺序设计，可以引导爆炸波沿预定方向传播，进一步控制爆破范围，保护周边结构安全。

4.2 针对多溶洞条件的优化策略

多溶洞地质条件给爆破作业带来了额外的挑战。溶洞的存在可能导致炸药在岩石中的传播不均匀，甚至引发溶洞坍塌等安全隐患。为了优化多溶洞条件下的爆破方案，可以采取以下策略：（1）设计间隔装药或混合装药结构。在多溶洞区域，可以设计间隔装药或混合装药结构，以适应溶洞分布的不均匀性。间隔装药可以减少炸药在溶洞密集区域的集中爆炸，降低对溶洞的影响。混合装药则可以根据溶洞的大小、形状和分布，灵活调整炸药的种类、用量和分布，以达到最佳的爆破效果^[4]。（2）加强溶洞区域的监测与防护。在爆破作业前，应对溶洞区域进行详细的勘探和监测，了解溶洞的大小、形状、分布和稳定性。根据监测结果，制定相应的防护措施，如设置防护网、填充溶洞等，以减少爆破作业对溶洞区域的影响。同时，在爆破过程中，应加强对溶洞区域的实时监测，及时发现并处理可能的安全隐患。

4.3 针对不良水文地质条件的应对策略

不良水文地质条件，如地下水丰富、水位高等，对爆破作业构成了严重威胁。为了应对这些挑战，可以采取以下策略：（1）提前进行疏水与排水作业。在爆破作业前，应提前进行疏水与排水作业，降低爆破区域的水位。这可以确保炸药在岩石中的正常传播和爆炸，提高爆破效果。同时，排水作业还可以减少水对岩石的软化作用，增强岩石的强度和稳定性。在疏水与排水过程中，应注意保护地下水环境，避免对环境造成不必要的破坏。（2）采用防水炸药与起爆器材。针对不良水文地质条件，应选择具有防水性能的炸药和起爆器材。这些炸药和器材能够在水下环境中保持稳定的性能，确保爆破作业的安全性和有效性。同时，防水炸药还可以减少水对炸药传播和爆炸效果的影响，提高爆破效率。在选择防水炸药和起爆器材时，应注意其适应性和可靠性，确保在复杂水文地质条件下仍能发挥良好的性能。

结束语

综上所述，矿山复杂地质条件下的爆破方案设计与优化是一个系统工程，需要综合考虑地质、水文、地形及安全、经济、环保等多方面因素。通过科学合理的方案设计与不断优化的实践探索，我们不仅能够克服复杂地质条件带来的挑战，还能有效提升矿山开采的效率与安全水平。未来，随着爆破技术的不断进步和创新，我们有理由相信，矿山复杂地质条件下的爆破方案将更加完善，为矿山行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]王海涛,李志强.复杂地质条件下矿山爆破参数优化研究[J].矿业研究与开发,2021,(03):45-46.
- [2]刘建国.复杂地质条件下露天矿山爆破方案优化设计[J].爆破,2020,(02):23-24.
- [3]李华,张伟.复杂地质条件下矿山爆破方案设计与优化研究[J].矿业工程,2021,(06):60-61.
- [4]王磊.复杂地质条件下矿山爆破参数优化与效果评价[J].矿业研究与开发,2020,(14):123-124.