

大断面复合顶板巷道中高预紧力锚杆（索）的应用

王 宇（晋能控股集团北辛窑煤业有限公司，山西 宁武 036702）

摘要：在矿山开采工作过程中，巷道结构加固工作是其中非常重要的工作环节，直接关系到整个矿山开采工作的安全性和稳定性。基于此，本文有效结合我国某地区一处矿山开采工作项目展开分析和研究，提出大断面复合顶板巷道开采工作中，高预紧力锚杆锚索加固技术的相关应用要点，对原有巷道支护工作存在的问题进行阐述，同时提出高预紧力锚杆锚索联合支护设计工作方案，有效保证大断面复合顶板巷道结构加固效果和稳定性，为整个矿山开采工作的顺利开展打下良好的基础。

关键词：矿山开采；大断面复合顶板；高预紧力；锚索；锚杆

在近几年的发展过程中，随着我国矿山开采事业的不断向前发展，在矿山开采工作过程中，所使用的各种开采技术和开采设备层次越来越高，井下巷道断面结构不断扩张，矿井巷道开采工作过程中周围围岩结构的稳定性越来越差，巷道变形量不断加大，尤其在遇到一些特殊顶板工作条件下对整个矿井巷道支护工作带来了较大的影响。当前我国矿井巷道支护工作过程中，通常采用的是锚杆锚索联合支护工作方法，实现对矿井巷道周围围岩结构变形问题的有效控制。对于特殊条件下的矿井巷道结构而言，我国相关研究工作人员作出了大量的研究工作，同时提出高预紧力锚杆支护工作概念，同时通过实验证明分析出高预紧力锚杆支护体系结构构成情况，可以有效控制矿井巷道产生的变形问题。通过对锚杆施加较高的预紧力作用，可以实现降低顶板前部岩层结构分离层总量，并且在项目工程实验工作当中，通过使用高预紧力锚杆锚索支护体系，可以有效解决矿井巷道结构产生的变形问题，需要有效结合矿井巷道实际开采工作条件情况，制定出科学合理的支护工作方案，有效保证大断面复合顶板巷道结构的安全性和稳定性，保证整个矿山开采工作的安全进行。

1 工程概况

有效结合我国某地区一处矿山开采工作项目展开分析和研究，本次矿井生产能力可以达到 120 万 t/a，试验巷道 10-2002 巷道作为主要工作面，辅助运输顺槽设计总长度 650m，位于 9+10[#] 井层合并区域范围内。该区域范围内的煤层厚度范围在 6.2~7.0m 之间，各层的平均倾角为 4°，工作面标高范围在 808~854m，地面标高范围在 1050~1190m 之间，盖山厚度范围在 263~315m 之间。矿井巷道的设计工作规格为宽巷道 5.5m，巷道高度 4.5m，本次矿井开采工作首次使用大段内矿井巷道进行掘进工作。

矿井巷道沿着矿层顶板位置进行施工，为了有效掌握矿井巷道顶板岩性条件以及整个矿井巷道的裂隙发育工作情况，为整个矿井巷道支护参数设计工作提供出有力支撑条件，同时在矿井巷道内部每间隔 100m 施工顶板钻孔，孔洞深度为 14m，总共设计成 6 组。通过使用专业的矿用钻孔窥视仪器设备，对顶板粘性条件进行进

一步观测，相关工作人员通过对矿井巷道顶板岩性条件展开分析和测定。矿井巷道顶板区域 9.5m 范围之内，主要是通过砂岩泥岩以及石灰岩交替复合组成，同时还包含 2~3 层的风化层 9.0~10.5m 的软弱泥岩层以及对应的矿层结构。裂隙在砂岩和下方位置的石灰岩层中有大量分布岩层裂隙，主要是以纵向裂隙结构为主，矿井巷道局部顶板位置存在灰岩裂隙透水^[1]。

2 原矿井巷道支护工作中存在的主要问题

10-1071 矿井巷道在使用传统的常规支护工作方法之后，在掘进工作过程中煤柱的侧向区域产生不同程度的变形问题，并且在工作面回采工作当中，矿井巷道围岩结构出现比较大的变形情况。矿井矿洞煤柱侧向巷道上部出现比较明显的突起情况，矿井巷道宽度变形量达到 1250mm，矿井巷道的最高变形量大小达到 550mm，同时顶板位置在深度为 3m 范围之内产生分离层，巷道顶部破碎形成大量网兜，巷道顶部锚索钢板在受力之后产生拉穿情况，肩角锚杆产生整体压出断裂以及钢带被拉穿等各种问题，整个矿井巷道围岩结构变形问题，直接影响到转载机和破碎机设备的正常通行，需要进行大量的起底扩张以及补打锚杆锚索等，对矿井巷道进行修复处理^[2]。

锚杆支护结构方面，主要是因为锚杆强度结构和其他的附属配件之间无法完全匹配，没有设置降低摩擦垫片，预紧力转化效率相对较低，没有设置调心球垫支撑杆，容易受到剪切力作用，并且在遇到动压叠加作用条件下会产生锚杆断裂情况，整个托板的面积相对较小，同时底部位置加工存在不整齐，受力工作完成之后容易剪切钢带，尖角锚杆主要是以带角度施工处理方式为主，不利于预紧力的快速转化。根据矿区内部的现场实验工作分析，可以看出角度大小对于预紧力的影响非常明显，在同样的扭曲作用条件下受力角度的不同会降低锚杆的预紧力转化率。

在锚索支护体结构方面，平托板的承载能力相对较低，当外部受力较大的情况下，托板的中间区域会出现比较明显的凹陷情况，基础承载能力会进一步下降，会直接影响到预紧力的进一步扩散，甚至还会造成托板的中间位置直接被拉穿，影响到整个大断面复合顶板横道

结构的安全性和稳定性。

3 高预紧力锚杆锚索联合支护设计工作分析

3.1 设计工作原则

在矿井巷道支护工作过程中需要遵守以下几个方面原则：第一，一次性支护原则。依靠矿井巷道开挖工作之后的初次支护控制工作方法，需要尽可能防止出现巷道整修。第二，有效考虑到原有岩体结构的多方向受力工作状态，需要全面提高支护材料的强度、支护体结构刚性程度，有效保证整个施工的可靠性，降低支护体结构密度提高断面掘进工作速率。第三各构件相互之间形成配套，其中主要包含托板螺母钢带以及锚梁等材料规格，需要和力学性能之间形成匹配，需要充分重视预紧力的扩散作用，保证裸露在外部的围岩结构均受到主动支护作用所形成的压力。

3.2 关键支护参数设定

预紧力的确定通过提出主动支护系数概念，需要根据材料的性能不同，将其划分为预应力锚杆支护体系，锚杆预应力取值范围需要达到锚杆屈服体强度范围的30%~50%，针对不同材质的锚杆所对应的高预紧力作用和预紧力扭矩作用进行划分。在本次设计工作当中，通过使用直径大小为20mm屈服强度大小为335MPa的锚杆结构，对预紧力的受力范围进行确认，控制在42.5~63.5kN之间，预紧力扭矩大小最低需要控制在 $400\text{N}\cdot\text{m}^{[3]}$ 。

3.3 锚固方式的选择

不同的锚固工作方法，锚杆附加应力场的区别相对较大，端部锚杆体的长度方向需要保持对等同时锚杆的受力，对于位移结构的分离层以及变形量不敏感，支护体结构的刚性程度相对较小。加强锚固范围可以有效控制后壁层的区域压力大小，在整个受力作用范围上，相比于一端锚固作用力更小，全程锚固应力应变受力沿着锚杆的长度方向，和岩体结构内部分布方向保持相同。支护体结构对于围岩结构的分离层和滑动变形量更加敏感，支护体结构的刚性程度更高。本次试验巷道顶板结构作为多层岩体结构交替复合而成，有效考虑到锚杆加固组合梁的作用条件，全程锚固作用可以保证锚固工作范围内部各岩层结构形成一个完整的整体，可以有效控制矿井巷道围岩结构的变形量和位移大小，同时可以进一步提高锚杆支护体系结构的刚性程度。保护体结构的使用可以有效防止因为承受水平剪应力而产生的剪切破坏性问题。因此，在本次大断面复合顶板巷道加固工作过程中，选择的是全场锚固方法，不同锚杆之间的间距应力大小分布有所不同，锚杆之间的间距过大所形成的压力区域相互独立，同时整个支护体结构不是一个完整的整体，锚杆之间的间距较小锚杆预应力之间相互叠加会形成一定的材料浪费问题。通过合理的间距控制可以保证锚杆在对应压力区域范围内相互之间形成连接，有效形成一个完整的支护体结构^[4]。

3.4 锚索参数选择

锚索作用主要是基于悬吊理论基础，主要体现在将锚杆的支护工作范围，形成承载结构的部分和基础结构部分的岩层结构之间形成衔接，可以有效提高浅层部位岩层结构的整体稳定性，同时使用深部岩层结构的承载能力，可以保证在更大的范围之内，岩体结构共同形成承载作用，预应力锚索施加的预应力相对较大，可以提供足够的压应力作用和锚杆之间所形成的压应力区域形成相互叠加的作用和效果，可以进一步提高围岩结构的整体强度以及保证围岩结构的完整性。锚索长度过短锚索的有效压应力区域范围会进一步缩减，当锚索之间间距一定的条件下，锚索长度方向上所产生的压应力作用，会实现相互叠加锚索的长度较大，有效的压应力区域范围会进一步加大，但是锚索当中的压应力数值相比较小，主动支护作用会进一步降低，根据参数数值计算和分析，本次设计锚索之间的间距大小为2km，长度大小为 $8.5\text{m}^{[5]}$ 。

通过对本次锚杆锚索的实际受力情况分析可以得出，锚杆锚索的受力增长速率和实际增长量相对较小，说明锚杆锚索在高预紧力作用条件下，矿井矿洞围岩结构的受力状态会逐渐朝着原有的岩体结构多方向受力状态靠近，可以有效控制矿井巷道围岩结构初期产生的大变形量作用，使得矿井巷道充分发挥出锚杆锚索联合支护结构所形成的承载作用，在回采过程当中，如果没有对矿井巷道进行修整，则可以满足其使用工作要求。

4 结语

综上所述，通过使用巷道围岩探测技术以及理论参数计算分析工作方法，有效结合锚杆所支护结构体系，有效分析复合顶板大断面巷道支护工作当中存在的问题，并且对整个巷道支护工的方案进行进一步优化和完善。通过巷道掘进和回采两个时间段的矿压控制，以及对应变形数据分析可以得出，回采巷道工作过程中的实际变形量符合大断面巷道结构的安全工作要求，可以有效保证整个矿山开采工作的安全稳定进行

参考文献：

- [1] 王志强, 苏越, 苏泽华. 外错式区段间相邻巷道锚杆联合支护作用机理研究 [J]. 采矿与安全工程学报, 2021, 38(01):58-67.
- [2] 秦海忠, 付玉凯, 王涛. 深部复合顶板巷道变形破坏特征及支护技术 [J]. 工矿自动化, 2020, 46(10):80-86.
- [3] 刘德军, 左建平, 刘海雁. 我国煤矿巷道支理论及技术的现状与发展趋势 [J]. 矿业科学学报, 2020, 5(01):22-33.
- [4] 刘珂铭, 高延法, 张凤银. 大断面极软岩巷道钢管混凝土支架复合支护技术 [J]. 采矿与安全工程学报, 2017, 34(02):243-250.
- [5] 蒋传田. 煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析 [J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2018(06):153-154.