

高预应力强力支护技术现场应用研究

李 琳

(彬县水帘洞煤炭有限责任公司, 陕西 咸阳 713500)

[摘 要] 高预应力强力支护能够大幅度提高支护系统的初期支护刚度与强度, 保持围岩的完整性, 往往一次支护就能有效控制围岩变形与破坏。通过现场应用表明: 采用高预应力强力支护技术提高了水帘洞煤矿巷道的安全性和可靠性, 巷道从施工开始到结束, 其变形和位移得到有效控制。

[关键词] 高预应力; 强力支护; 巷道变形与破坏

[中图分类号] TD353.6 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-6225 (2010) 06-0051-03

Application of Supporting Technology of Anchored Bolt with High Pre-stress and High Strength

煤矿巷道支护经历了木支护、砌碛支护、型钢支护到锚杆支护的漫长过程。锚杆支护经历了从低强度、高强度到高预应力、强力支护的发展过程^[1-3]。早期的锚杆主要是机械锚固锚杆、钢丝绳砂浆锚杆、端部锚固树脂锚杆、快硬水泥锚杆及管缝式锚杆等。这些锚杆支护强度与刚度低, 支护原理上仍属于被动支护。

近年来, 为解决复杂困难巷道支护难题, 一些学者提出并开发了高预应力、强力锚杆支护技术^[4]。该技术不仅重视锚杆的强度, 更重视支护系统的刚度, 特别是锚杆预应力的重要性, 真正实现了锚杆的主动、及时支护, 充分发挥了锚杆的主动支护作用, 大幅度减少了巷道围岩变形与破坏, 巷道支护与安全状况发生了本质改变。同时, 实现了高强度、高刚度、高可靠性与低支护密度的“三高一低”的现代锚杆支护设计理念, 在保证支护效果的前提下, 同时显著提高了巷道掘进速度与工效。

1 高预应力强力支护理论

(1) 高预应力强力锚杆支护主要作用在于: 一方面控制锚固区围岩结构的稳定性, 最大程度上抑制围岩离层、裂隙张开扩展、层间滑动、新裂纹生成等有害变形的产生, 从而有效保证围岩的整体性结构, 并具有继续承载的能力^[5]; 另一方面, 高预应力强力锚杆支护系统能够保证锚杆、锚索的锚固力有效扩散到围岩结构中, 并使围岩处于受压状态, 有效防止煤岩体整体强度的降低, 提升其承载能力。否则, 围岩整体结构的劣化将大大削弱锚

固支护体的承载能力, 那么后期锚杆、锚索的补强作用将很难有效遏制围岩体产生诸多的有害变形, 严重影响巷道的支护效果。

(2) 高预应力强力支护系统保证高预应力及其有效地扩散将对支护效果起到至关重要的作用^[6]。通过托板、钢带和金属网等构件将巷道中离散的、相互孤立的锚杆形成连续的支护体, 使预应力有效地扩散到巷道的整个支护结构中, 使围岩形成连续的受压结构, 有效提升其承载能力。

(3) 刚度是弹性体抗变形的能力, 是一个广义的物质属性, 取决于材料的属性、几何尺寸及其边界条件。锚杆支护系统的刚度必须与围岩的刚度相匹配才能有效地控制围岩变形^[7]。能够提供高预应力、高刚度是高预应力强力锚杆支护系统成功的关键, 这种支护系统能够提供的刚度往往达到或者超过了所要求的支护刚度, 围岩的变形能够得到有效的控制, 巷道可处于长期稳定状态。

(4) 高预应力强力锚杆支护系统具有足够的延伸率, 能适应巷道开挖初期围岩产生的连续变形^[8-9], 同时能使围岩中由于巷道开挖产生的集中应力得以释放, 减小支护难度, 使支护系统变形与围岩变形能够相互协调, 长期处于平衡稳定状态。

(5) 对于复杂条件的巷道, 应尽量采用高预应力强力支护系统, 可做到一次支护就能有效控制围岩结构的变形与破坏, 从而避免多次支护补强和巷道维修。

2 高预应力强力支护系统

高预应力强力支护系统包括强力锚杆、强力锚

[收稿日期] 2010-07-27

[作者简介] 李琳 (1967-), 男, 山东肥城人, 高级工程师, 从事煤矿生产及管理方面的工作。

索及与之相配套的托板、螺母、锚固剂、金属网等组合构件^[5]。

2.1 强力锚杆

强力锚杆采用左旋无纵筋螺纹钢, 能够满足锚杆杆体形状设计的各项准则, 是理想的锚杆杆体。用 BHRB500, BHRB600 (公称直径均为 22~25 mm) 型号的钢材生产的强力锚杆杆体的屈服强度可达 500MPa, 600MPa, 抗拉强度可达 670MPa, 800MPa, 延伸率均为 18%。

2.2 锚杆附件

锚杆附件采用与强力锚杆力学性能及所需预应力等参数相配套的托板、螺母。为使扭矩能够有效提升锚固预应力, 置于螺母与托板之间的高效减摩擦垫圈可显著减少摩擦阻力, 从而在很大程度上将锚杆安装扭矩有效转化为锚固预紧力。

2.3 强力钢带

钢带是高预应力强力支护系统中的关键部件, 对提高锚杆支护整体支护效果、保持围岩的完整性起着关键作用。

(1) 钢带可扩大锚杆作用范围, 实现锚杆预应力和工作阻力扩散, 使载荷趋于均匀。可均衡锚杆受力, 共同形成组合支护系统, 提高整体支护能力。

(2) 支护巷道表面和改善围岩应力状态, 抑制浅部岩层离层、裂隙张开, 保持围岩的完整性, 减少岩层弯曲引起的拉伸破坏, 改善岩层应力状态, 防止锚杆间松动岩块掉落。

钢带应与强力锚杆力学性能、围岩体整体强度、刚度相匹配。

2.4 强力锚索

高预应力强力支护系统采用大直径、高吨位的强力锚索, 其结构采用 19 根钢丝的高强强力钢绞线, 保证锚索具有足够的承载能力和良好的锚固性能。并且具有很好的柔性和延伸率, 其直径与钻孔直径相匹配。强力锚索采用拱形托板及调心球垫与其性能相匹配, 这种组合使拱形托板承载能力提高、产生一定的变形而不致失效, 同时改善锚索受力状态, 使其支护能力得到了充分的发挥。

3 现场应用

3.1 工程概况

水帘洞煤矿位于彬县背斜以北的大佛寺向斜区南翼。井田范围呈现出向北倾斜的单斜构造, 由三叠系基底继承而来, 地层倾角平缓, 为 5~6°, 井田北部靠近大佛寺文物保护区时倾角变大, 为 12

~17°, 没有发现断层及岩浆侵入, 所以本区构造简单。根据地质力学测试结果, 水帘洞煤矿 3 个测站最大水平主应力最大为 13.99MPa, 最小水平主应力最大为 7.36MPa, 垂直主应力最大为 8.88MPa, 最小为 7.47MPa, 属于中等应力值区, 在所测试区域没有大的构造, 地质条件较为简单, 最大水平主应力方向一致性较好。应力场类型总体上为 $\sigma_H > \sigma_V > \sigma_h$, 以构造应力为主。

巷道埋深在 400m 左右, 巷道均沿煤层底板布置, 为全煤巷道, 煤层厚度为 0.58~19.38m, 平均 12.20m。煤厚稳定, 一般有 2 层夹矸, 结构简单。根据地质力学测试结果, 煤体强度大部分集中在 16~23MPa, 平均强度 20.49MPa; 煤层伪顶多为灰黑色炭质泥岩, 零星分布, 厚度 0.5m 以下。直接顶板以泥岩、砂质泥岩为主, 次为粉砂岩、砂岩, 一般厚度 0.87~3.51m, 易冒落, 为半坚硬不稳定顶板, 强度主要集中在 30~60MPa, 平均强度为 40.17MPa, 基本顶多为灰白色中粗粒砂岩, 平均厚度 3.0m, 局部为细砂岩或粉砂岩, 为半坚硬较稳定顶板—稳定顶板, 强度较高, 主要集中在 80~100MPa, 平均强度为 92.31MPa, 底板为灰色、灰褐色含鲕状结构铝土质泥岩或炭质泥岩, 一般厚度 2.14~6.75m, 属软弱岩层, 遇水易膨胀, 产生底鼓现象。

3.2 巷道支护现状及存在问题分析

(1) 原有的锚杆支护设计未采用科学的设计方法, 致使巷道支护强度普遍过高, 支护密度过大, 但支护效果并不理想, 增加了支护成本, 制约了掘进速度, 巷道安全无法保障。

(2) 锚杆支护材料落后, 锚杆大量采用右旋螺纹钢锚杆。由于锚杆的锚固端为连续的右旋螺纹, 当杆体右旋时, 树脂锚固剂会随着杆体的旋转由孔底向孔口流动, 不能将药剂充分混合, 并且不容易填满锚固端杆体与孔壁之间的剩余空间, 使黏结强度大大降低; 其次, 全螺纹等强锚杆螺纹螺距大, 螺母易松动, 预紧力损失大。右旋螺纹钢锚杆螺母为铸造件, 由于铸造精度不够, 经常造成锚杆出现“退帽”现象。另外在炮掘施工巷道, 由于放炮震动, 普遍发生锚杆螺帽被震松的现象, 严重影响支护效果。

(3) 锚杆支护系统的刚度不足。锚杆预应力小, 预应力扩散效应差, 支护刚度低, 致使锚杆主动支护作用不能发挥, 实质上是被动支护, 不能有效控制煤岩体早期离层与破坏, 煤岩体强度与完整性丧失过大, 导致顶板下沉、两帮鼓出。

(4) 护表构件不合理。针对松散破碎煤岩体，应采用高强度、高刚度、护表面积大的护表构件，确保锚杆预应力有效扩散和良好的护帮护顶效果。

3.3 高预应力强力锚杆支护系统试验

(1) 锚杆支护设计 “水帘洞煤矿机轨合一上山”顶板高预应力、强力锚杆组合支护（锚杆支护布置如图1所示）锚杆为400号 $\phi 22\text{mm}$ 左旋无纵筋螺纹钢，长度2.4m，杆尾螺纹为M24，锚杆间、排距700mm，每排13根锚杆，采用拱型高强度托盘。树脂加长锚固，采用2支锚固剂，一支规格为K2335，另一支规格为Z2360。锚索采用 $\phi 17.8\text{mm}$ 低抗弛高预应力钢绞线，长7.3m。采用 $\phi 6.5\text{mm}$ 钢筋焊接的钢筋网护顶。

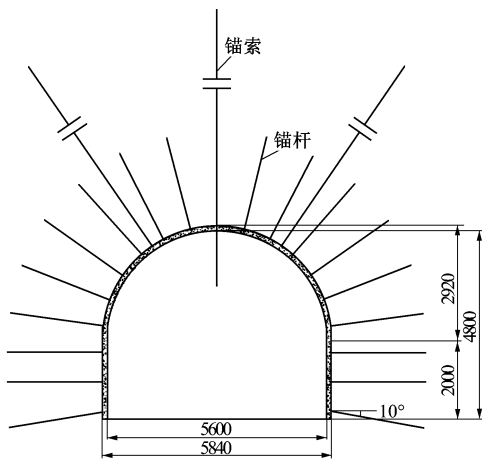


图1 机轨合一上山锚杆支护布置

(2) 井下支护效果 锚杆支护实施于井下后，对试验巷道进行了矿压监测。原有锚杆支护两帮移近量、顶底板移近量、顶板下沉量、底鼓量、顶板离层等指标都比较大，严重影响了正常的安全生产，并且需要不断地维修和维护；采用高预应力强力锚杆支护，巷道两帮移近量、顶底板移近量、顶板下沉量、底鼓量、顶板离层等指标明显降低，巷道支护效果得到明显改善。原支护巷道不仅变形大，而且围岩破碎；高预应力强力锚杆支护巷道围岩结构完整、稳定，使得巷道支护状况发生了本质的改变。可见，高预应力强力锚杆支护有效控制了

复杂巷道围岩强烈变形，为复杂困难巷道提供了有效的支护方式。

4 结论

(1) 高预应力强力锚杆支护对于复杂困难巷道的主要作用在于：有效控制巷道围岩结构的完整性，最大程度减少有害变形的产生与发展；支护系统的高强度、高刚度及足够的延伸率能够适应围岩变形特性，保证围岩的强度、刚度。

(2) 高预应力及其有效扩散是高预应力强力锚杆支护发挥其作用的关键。锚杆托板、钢带与金属网等护表构件性能与强力锚杆相匹配，在预应力支护系统中发挥极其重要的作用。

(3) 高预应力强力支护系统在水帘洞煤矿巷道中的应用是成功的，巷道围岩变形显著降低，巷道支护状况发生了本质的改变，为水帘洞矿复杂困难巷道支护提供了参考。

【参考文献】

- [1] 康红普, 王金华. 煤巷锚杆支理论论与成套技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007.
- [2] 侯朝炯, 郭励生, 勾攀峰. 煤巷锚杆支护 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1999.
- [3] 林健, 赵英利, 吴拥政, 郭相平. 松软破碎煤体小煤柱顶巷高预应力强力锚杆锚索支护研究与应用 [J]. 煤矿开采, 2007, 12 (3): 47-50.
- [4] 康红普, 王金华, 林健. 高预应力强力支护系统及其在深部巷道中的应用 [J]. 煤炭学报, 2007, 32 (12).
- [5] Song G, Stankus J. Control mechanism of a tensioned bolt system in the laminated roof with a large horizontal stress [C]. 16th Int. Conf. On Ground Control in Mining Morgantown, West Virginia [s. n.], 1997.
- [6] 康红普, 姜铁明. 高富强预应力在锚杆支护中的作用 [J]. 煤炭学报, 2007, 32 (7): 673-678.
- [7] 张农, 高明仕. 煤巷高预应力锚杆支护技术与应用 [J]. 中国矿业大学学报, 2004, 33 (5): 524-527.
- [8] 颜立新, 康红普. 金川不良岩体巷道支护技术可行性研究 [J]. 煤矿开采, 2002, 7 (1): 34-36.
- [9] 康红普. 煤巷锚杆支护成套技术研究与实践 [J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24 (21): 3959-3964.

【责任编辑：王兴库】

徐矿集团：“转”出创业发展大文章

2010年10月，徐矿集团与新疆阿克苏地区在徐矿大厦正式签订合作协议，双方就徐矿集团参与新疆阿克苏地区的资源开发和煤炭企业的重组整合达成一致。作为第一个到阿克苏“吃螃蟹”的国有重点煤炭企业，徐矿集团在新疆阿克苏地区开煤矿、建电厂，既促进当地经济发展，又引入了先进的管理理念，还提供了大量的就业岗位。新疆阿克苏地委书记黄三平给予徐矿很高的评价，盛赞近年来徐矿为阿克苏地区发展作出的巨大贡献，同时希望徐矿集团积极参与阿克苏地区其它领域的发展。

摘自：中国煤炭新闻网，<http://www.cweste.com/newshtml/2010-12-1/180986.shtml>