

矿用锚索预应力损失试验研究及分析

范屹东¹, 吴建星²

(1. 山西潞安环保能源开发股份有限公司 生产处, 山西 长治 046204; 2. 天地科技股份有限公司 开采设计事业部, 北京 100013)

[摘 要] 预应力在锚索支护中起着非常重要的作用, 但是现场工程实践中存在锚索预应力损失现象, 在潞安漳村矿进行了锚索预应力损失试验, 得出锚索长度、直径、张拉程度、张拉机具、锚具以及煤岩体等因素均对锚索预应力损失产生影响, 并提出相应解决方法, 超张拉 25%, 以保证锚索预应力能够满足设计需求。

[关键词] 矿用锚索; 预应力损失; 超张拉

[中图分类号] TD350.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225 (2013) 04-0062-03

Pre-stress Loss Test and Analysis of Anchored Cable for Mine

FAN Yi-dong¹, WU Jian-xing²

(1. Production Department, Shanxi Lu'an Clean Energy Development Co., Ltd., Changzhi 046204, China;

2. Coal Mining & Designing Department, Tiandi Science & Technology Co., Ltd., Beijing 100013, China)

Abstract: Pre-stress plays an important role on anchored cable supporting, but in engineering practice, there was pre-stress loss. Pre-stress loss test was done in Zhangcun Colliery, the conclusion that anchored cable length, diameter, tension degree, tension device, anchored device and coal and rock property influenced pre-stress loss. Dissolving method was put forward, that is, anchored cable was supernormally tensioned to 25%, and pre-stress could meet design requirement.

Key words: mine anchored cable; pre-stress loss; super tension

小孔径预应力锚索具有锚固深度大, 施工简便, 承载能力大, 可施加预应力高等优点, 广泛应用于煤巷锚杆支护补强, 能够显著提高锚杆支护的安全性及可靠性, 尤其对于复杂困难条件的巷道锚索补强作用更为关键。

锚索的作用主要有 2 个方面: 一是将锚杆支护形成的预应力承载结构与深部围岩相连, 提高预应力承载结构的稳定性, 同时充分调动深部围岩的承载能力; 二是锚索可以施加较大的预紧力, 给围岩提供压应力, 与锚杆形成的压应力区组合成骨架网状结构, 主动支护围岩, 保持其完整性^[1]。

预紧力是锚索支护中的关键参数, 对支护效果起着决定性作用, 是区别主动支护和被动支护的参数^[2]。但是, 由于多种因素影响, 现场施工过程中经常发现锚索预应力达不到设计要求的现象。

潞安漳村煤矿锚杆支护技术发展十余年, 已经十分成熟, 锚杆支护使用率已经达到 95% 以上, 锚杆配合锚索成功解决了多种条件下巷道支护难题, 对矿井的安全高效生产起到了极大的促进作用。但是随着开采强度和深度逐渐加大, 地质条件也日渐复杂, 锚索的作用也越来越重要, 对锚索和

锚索预紧力的要求也越来越高, 如何减少锚索预应力损失, 使其充分发挥主动支护作用也越来越关键。本文在对漳村煤矿锚索预应力损失率进行了测试的基础上, 分析研究其损失原因, 并采取了相应的措施减小锚索预应力的损失, 使其满足生产支护需求。

1 锚索预应力理论损失分析

目前我国矿用锚索主要使用穿心千斤顶, 对锚索施加拉力, 反力装置由工具锚及其夹片组成。采用油泵加压时, 工具锚上的夹片将锚索夹住而把锚索拉出对锚索施加拉力, 当张拉力达到设计要求的锁定载荷时, 油泵卸压回油, 千斤顶油缸与锚索同时回缩, 使得夹片嵌入到工作锚具锥形孔中将锚索锁定, 保留预应力。由于锚索在张拉时的弹性伸长和锚索锁定时的锁具压缩量, 造成理论上的锚索预应力损失^[3]。

锚索预应力锁定过程中理论损失率为:

$$F_u = \frac{\Delta M}{\Delta L}$$

式中, ΔM 为锚具回缩量, mm; ΔL 为钢绞线伸长

[收稿日期] 2013-02-20

[基金项目] 国家自然科学基金委员会与神华集团有限责任公司联合资助项目 (U1261211); 国家国际科技合作项目 (2010DFB73070); 天地科技“公司研发项目” (KJ-2012-TDKC-03)

[作者简介] 范屹东 (1977-), 男, 山西黎城人, 工程师, 生产处掘进科副科长, 主要从事煤矿生产技术管理工作。

值, mm。

$$\Delta L = \frac{P}{A} \times \frac{L}{E}$$

式中, P 为张拉力, kN; A 为钢绞线面积, mm^2 ; L 为钢绞线受力长度, m; E 为钢绞线弹性模量 1.95×10^5 , N/mm^2 。

由以上计算公式可以得出, 锚索锁定预应力损失主要受锚索长度、直径、锚具压缩量及锚索受力等因素影响。

2 锚索预应力损失测试仪器及方法

为了使试验结果精确, 选用天地科技股份有限公司开采设计事业部研究开发的电阻应变式锚索测力计, 型号为 MC-500, 接收仪器为 KJ21, 主要技术特征见表 1、表 2。其测量精度高, 测量简便, 能够广泛地应用于多种条件的应力测量。此外还采用锚索张拉泵及千斤顶。

表 1 MC-500 电阻应变式锚索测力计主要技术特征

量程/kN	中心孔直径/mm	测量误差/%	本安参数
500	31	≤ 1.5	Ui: 2.5VDC Li: 10mA

表 2 KJ21 接收仪主要技术特征

量程/ $\mu\epsilon$	电压/V	电阻应变片阻值/ Ω	精度/%	采集速率/(s·点 $^{-1}$)
± 19999	2.4	60 ~ 1000	± 0.1	1

3 预应力损失试验

为了解锚索张拉过程中预应力损失的影响因素, 分别研究试验了不同张拉程度、不同锚索直径、不同锚索长度、不同张拉机具、不同锚具时锚索预应力损失情况。

3.1 不同张拉程度锚索预应力损失

选用 2 根 1×19 股, 直径为 22mm, 长度为 8.3m 的强力锚索进行试验。采用同一张拉千斤顶, 锚索张拉泵张拉至 10MPa, 20MPa, 30MPa, 40MPa, 50MPa 时, 预应力损失情况如图 1 所示。从图中可以看出, 张拉程度不同时, 锚索预应力损失大小不同, 张拉至 10MPa 时, 锚索预应力损失为 60% 和 78%, 平均为 69%, 损失最大; 张拉至 50MPa 时, 预应力损失为 12% 和 10%, 平均为 11%, 损失最小, 并且随着张拉程度的增加, 锚索预应力损失逐渐减小。

3.2 不同直径锚索预应力损失

分别对 3 根直径为 17.8mm, 18.9mm, 22mm, 长度为 7.3m 的锚索张拉至 150kN 时, 预应力损失情况进行了试验研究, 试验表明 17.8mm 的锚索损失分别为 29%, 31% 及 41%, 平均损失 37%;

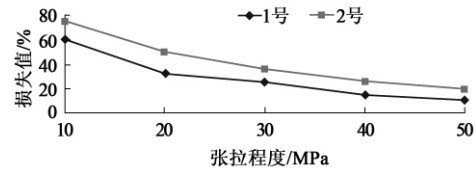


图 1 锚索张拉程度与预应力损失关系

18.9mm 的锚索损失分别为 41%, 31% 及 21%, 平均损失为 31%; 22mm 的锚索损失分别为 31%, 36% 以及 20%, 平均损失为 29%。不同直径的锚索张拉程度相同时, 锚索预应力损失不同, 随着锚索直径的增加, 锚索预应力损失逐渐减小。

3.3 不同长度锚索预应力损失

选用直径为 22mm, 1×19 股的强力锚索进行试验, 将长度为 4.3m, 5.3m, 6.3m, 7.3m 和 8.3m 的顶锚索和帮锚索分别张拉至 200kN, 测试其预应力损失情况。图 2 为不同长度锚索预应力损失结果, 表明随着锚索长度的增加, 锚索预应力损失值逐渐减小, 说明长度小时, 锚具压缩量较锚索伸长值对预应力损失影响大; 而长度大时则相反。测试结果同时可以得出, 顶锚索预应力损失小于帮锚索预应力损失, 煤岩体的强度及刚度等对锚索预应力的损失有一定的影响。

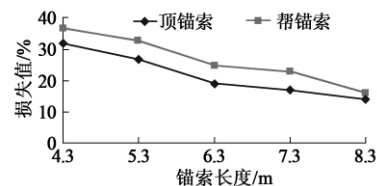


图 2 锚索长度与预应力损失关系

3.4 不同张拉千斤顶锚索预应力损失

选用 A, B 两种不同油缸截面积的张拉千斤顶 (面积分别为 59cm^2 和 100cm^2), 同一类锚具情况下, 分别对直径为 22mm, 长度为 6.3m 的强力锚索进行张拉测试其预应力损失情况, 试验结果如表 3 所示。

表 3 不同千斤顶锚索预应力损失

编号	张拉载荷/kN	卸载后载荷/kN	预应力损失值/kN	损失百分比/%
A1	252	221	31	12
A2	265	234	41	15
B1	258	189	69	27
B2	276	211	65	24

从测试结果可以看出, A 型张拉千斤顶锚索预应力损失分别为 12% 和 15%, 平均为 14%; B 型张拉千斤顶锚索预应力损失为 27% 和 24%, 平均为 25%。A 型张拉千斤顶预应力损失较低, 应选

用 A 型张拉千斤顶对井下锚索张拉。

3.5 不同锚具时锚索预应力损失

选用 C、D 两个不同厂家生产的锚具，两者的限位距离分别为 12mm 和 14mm，采用 A 型锚索张拉千斤顶对直径为 22mm，长度为 6.3m 的强力锚索进行张拉测试其预应力损失情况，试验结果如表 4 所示。从测试结果可以看出，C 厂家锚具预应力损失分别为 12% 和 15%，平均为 14%；D 厂家锚具预应力损失为 27% 和 25%，平均为 26%。C 厂家的锚具锚索预应力损失较 D 厂家的锚具预应力损失小。

表 4 不同锚具时锚索预应力损失

编号	张拉载荷/kN	卸载后载荷/kN	预应力损失值/kN	损失百分比/%
C1	252	221	31	12
C2	265	234	41	15
D1	269	197	72	27
D2	272	203	69	25

4 实际锚索预应力损失原因分析

(1) 锚索张拉锁定过程中，锚索将会产生弹性回缩，造成预应力损失。卸载时锚索的弹性回缩是产生锚索锁定值损失的主要原因，也是不可避免的，因此矿用锚索应减小锚索卸载时的回缩，选用低松弛高强度的锚索^[7-8]。

(2) 锚索张拉泵压力表刻度不准确，甚至有些压力表与张拉千斤顶油缸截面积不相匹配，造成实际施加的预应力与设计要求的预应力不一致，引起预应力损失。

(3) 选用的张拉千斤顶的限位距离与锚具要求的限位距离不相符，造成预应力损失。限位距离过大时，造成锚具回缩损失增加，甚至无法预紧；限位距过小时，锚固系统摩擦力大，锚索实际受力

变小。

5 主要结论及建议

(1) 预应力在锚杆锚索支护系统中起着非常重要作用，是区别主动支护和被动支护的参数，但是现场工程实践中会发生锚索预应力损失，严重影响支护效果的发挥。

(2) 矿用锚索预应力损失受锚索直径、长度、张拉程度、张拉千斤顶以及锚具等因素的影响，在对锚索进行张拉时应充分考虑各方面因素，施工前对锚索锚具与张拉机具井下试验，保证其匹配性。

(3) 根据漳村煤矿普遍使用直径 18.9mm 和 22mm 锚索试验结果可知，张拉至设计要求预紧力时，锚索预应力损失率约为 25%，为了保证其施加预应力满足设计要求应对其超张拉 25% 以上。

[参考文献]

- [1] 康红普, 林 健, 吴拥政. 全断面高预应力强力锚索支护技术及其在动压巷道中的应用 [J]. 煤炭学报, 2009, 34 (9): 1153-1159.
- [2] 康红普, 王金华. 煤巷锚杆支护理论与成套技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007.
- [3] 康红普, 吴拥政, 褚晓威, 鞠文君. 小孔径锚索预应力损失影响因素的试验研究 [J]. 煤炭学报, 2011, 36 (8): 1245-1251.
- [4] 林 健, 康红普. 煤矿锚索预紧力损失原因分析及解决途径 [J]. 煤矿开采, 2008, 13 (6): 6-8.
- [5] 林 健, 赵英利, 吴拥政, 等. 松软破碎小煤体小煤柱护巷高预紧力强力锚杆锚索支护研究与应用 [J]. 煤矿开采, 2007, 12 (3): 47-50.
- [6] 马长乐, 吴拥政, 何 杰, 等. 预应力损失对高预应力全锚索支护技术的影响 [J]. 煤矿开采, 2012, 17 (2): 61-63.
- [7] 褚晓威. 小孔径预应力锚索预应力损失机理及试验研究 [D]. 北京: 煤炭科学研究总院, 2010.

[责任编辑: 林 健]

年产 150kt 褐煤提质成型成套技术通过鉴定

日前, 中信重工机械股份有限公司与上海电力、山东天力合作开发的产量为 150kt/a 褐煤提质成型成套装置通过项目验收和鉴定。以全国电力技术市场协会秘书长江哲生为组长的专家组一致认为, 该项目研究系统配置模块化易于放大, 为褐煤作为动力煤的远距离运输和高效利用提供了技术解决方案, 成果总体达到国际先进水平。

据了解, 产量为 150kt/a 褐煤提质成型技术在节约水资源的同时, 可以解决褐煤干燥安全性问题和安全干燥成型问题。在整个项目工艺系统中, 中信重工机械股份有限公司负责“成型岛系统”的设计、设备提高、调试等。

该项目于 2010 年签订三方合作框架协议。2011 年, 三方技术人员进行了褐煤干燥、成型的试验研究, 并在上海电力外高桥电厂建设示范项目。2012 年, 示范项目完成变负荷 72h 连续试生产。2013 年 3 月份, 示范项目完成系统 72h 连续运行及性能考核试验。

摘自《煤炭信息周刊》2013-08-08