维普资讯 http://www.cqvip.com

新型玻璃钢锚杆结构与生产技术研究

刘少伟
马念杰·中国矿业大学(北京校区)资源与安全学院
杨振茂

玻璃钢锚杆是一种由复合材料制成的锚杆。从20世纪80年代开始,为了使煤巷锚杆具有可切割性能,降低锚杆支护成本,国内外采矿技术发达的国家积极探索在煤帮锚杆中采用新型材料代替钢锚杆,其中高分子复合材料,特别是树脂基体复合材料是主要的攻关方向。90年代初,前苏联的劳动保护与安全管理局和矿山管理局立项,试制以玻璃纤维为增强材料的绞合式聚合材料锚杆,1991年生产第一批并进行了井下工业性试验;瑞士Weidmann公司成功地推出了全螺纹锚杆、注浆锚杆和全螺纹锚索,并在矿山、隧道工程等得到了应用;法国塞尔泰特(Celtite)公司研制生产的玻璃钢锚杆简单、实用;加拿大学者D. A. 彼德森等90年代初研制成功了玻璃纤维锚索,证明技术经济上有明显优势;英国、澳大利亚等国也在90年代中期进行了玻璃钢锚杆的试验研究,取得了可喜进展。

我国近年来也相继试验以玻璃钢为杆体材料的锚杆。煤炭科学研究总院北京建井所、北京开采所、杭州环境保护研究所、平顶山矿业集团公司等许多单位对玻璃钢锚杆的结构、配方和力学性能都进行了广泛深入的研究,认为玻璃钢锚杆具有良好的可切割性、优良的耐化学腐蚀性、良好的表面性能,同时还有抗拉强度高、重量轻、可设计性和成型工艺性好等优点,可弥补其它材料的缺陷,是良好的煤帮锚杆替代品。

然而,玻璃钢锚杆在我国尚未得到广泛应用。主要原因是现有的玻璃钢锚杆在技术上还存在着一些缺陷:(1)杆体材料(包括树脂、玻璃纤维、填料和其它添加材料)的配方上还需要进一步改进,以提高锚杆性能,降低生产成本。(2)锚杆结构设计上仍不十分合理,锚头、锚尾及其杆体的匹配不好,它们之间的强度有较大差异,存在薄弱部分,导致锚杆的大部分结构能力浪费和成本的升高。(3)生产工艺还大多停留在手糊成型的水平上,生产效率低,劳动强度大,劳动卫生条件差,产品质量不易控制,性能稳定性不高,产品力学性能较低。

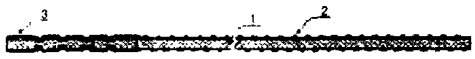


图1 玻璃钢锚杆结构图
1—杆体 2—加强筋 3—锚尾

一、新型玻璃钢锚杆结构特点

压痕式金属套管锚尾玻璃钢锚杆(如图1所示),它的杆体材料为玻璃钢。杆体中的纤维方向沿杆体轴向方向,用于承受锚杆的拉伸力;抗扭加强筋由浸胶玻璃纤维束在杆体周围缠绕制成,呈左旋方向分布,可以增加锚杆的抗扭强度。锚尾带有金属套管,其上加工有螺纹。金属套管锚尾的套管与玻璃钢杆体的连接采用一段或几段带有锥度的凹槽,将金属套管压入到玻璃钢杆体中,形成二者的相互嵌接,使二者形成一个整体,提高连接强度。这种套管与杆体的连接方式既保证了

维普资讯 http://www.cqvip.com

锚杆具有足够的锚固力，又可通过钢套管与杆体间在工作阻力较大时的相对滑动增大锚杆整体的延伸率，以弥补玻璃钢杆体延伸率较小的不足，适应煤帮在矿山压力作用下变形较大的特点。以上的锚杆结构，使这种锚杆具有强度高、锚固力大、重量轻、安装方便、耐腐蚀、易切割等诸多优点，适于煤帮加固。

二、新型玻璃钢锚杆性能

1. 锚杆拉伸实验研究

衡量锚杆力学性能好坏最重要指标是锚杆的抗拉伸能力。实验试件为采用拉挤工艺制成的圆截面直杆，长度为300mm，其中两端各100mm为夹具所夹持，中间100mm为工作区，试件直径为15.6mm。试验在万能试验机上进行，所得数据见如表1所示。

表1 锚杆拉伸实验数据结果

编号	直径(mm)	横截面积(mm^2)	破断力(KN)	破断应力(MPa)
1	15.6	191.03	75.0	392.61
2	15.6	191.03	93.5	489.45
3	15.6	191.03	82.5	431.87
4	15.6	191.03	72.0	376.90
5	15.6	191.03	68.0	355.97

通过对实验结果的分析可知：当杆体直径为15.6mm时，最小拉力可达到68.0KN，破断应力达到355.97Mpa。所以这种结构的锚杆满足煤帮锚杆的要求(煤帮锚杆抗拉强度一般要求为大于50kN)。

2. 金属套管结合面锥度与杆体连接性能

玻璃钢锚杆锚尾的性能对锚杆整体性能的发挥有着重要的影响，特别是在采用端头锚固的情况下，锚尾的破坏会造成锚杆整体的锚固失效。而在影响锚尾性能的因素中，杆体和套管结合面的锥度是至关重要的。实验室实验得到的金属套管结合面锥度与杆体的连接性能关系如表2所示。该表表明：结合面锥度对连接的破坏形式有明显影响。在锥度为0.5%的情况下，除了3号

表2 结合面锥度与连接性能的关系

编号	锥度(%)	最大拉力,KN	破坏形式
1	0.5	62.0	拉 脱
2		59.2	拉 脱
3		70.0	杆体断裂
4	1	64.0	杆体断裂
5		65.6	杆体断裂
6		65.9	杆体断裂
7	1.5	67.4	杆体断裂
8		63.6	杆体断裂
9		64.2	杆体断裂

试件为杆体断裂破坏外，其余两个试件均为拉脱破坏。而在结合面锥度为1%和1.5%时，所有试件均表现为杆体断裂。这表明随着结合面锥度的增大，连接有从拉脱破坏向杆体断裂破坏转变的趋势。在发生杆体断裂的情况下，试验过程表现为先是结合面在一定荷载作用下发生相对滑动，然后随着荷载的增长，杆体与夹具的相对位移不断增加，达到一定程度后，杆体发生突然破坏。可见组成锚尾的锚杆杆体与套管之间的结合面最好采用1%的锥度。锥度过小锚固容易失效，锥度过大锚尾延伸率不够。

3. 其它特性

玻璃钢锚杆杆体是以不饱和聚脂树脂为基体材料，以玻璃纤维为增强材料组成的复合材料，抗拉强度高，但抗剪切能力小，采煤机可以直接切割。克服了金属煤帮锚杆在采煤机直接切割时容易使锚杆卷入采煤机滚筒损坏截齿的难题，也避免了采煤机滚筒直接切割金属锚杆产生火花和煤尘瓦斯爆炸事故。

4. 锚尾防剪断性

由于锚杆安装和使用过程中与煤帮一般都有一定的角度，加上托盘的影响，锚杆尾部受力十分复杂，往往存在很大的剪应力，使锚尾很容易被剪断。压痕式金属套管玻璃钢锚杆的金属套可以弥补锚尾部分抗剪能力的缺陷。

维普资讯 http://www.cqvip.com

三、新型玻璃钢锚杆机械化生产线

为了提高产品质量和劳动生产率，中国矿业大学（北京校区）成功地研制了具有高度机械化和自动化的玻璃钢锚杆生产线。该生产线主要由杆体成型系统、缠绕系统、固化系统和自动控制系统等部分组成，日生产能力750根。它有效地弥补了手糊成型时生产效率底、劳动强度大、劳动卫生条件差、产品质量不易控制、产品力学性能差等严重不足，为玻璃钢锚杆的工业性应用奠定了坚实的基础。生产的玻璃钢锚杆以三项国家专利为基础，在锚杆结构、材料配方、成型工艺上进行了极大优化，取得了很高的性能价格比。这种锚杆除具有采煤机直接切割，避免安全事故的巨大优越性外，还具有强度高、重量轻、耐化学腐蚀、阻燃、抗静电等一系列优点。同时这种玻璃钢锚杆的成本仅相当于国外类似产品的10%～15%，相当于国内其它玻璃钢锚杆的40%左右。用它取代相同强度的煤帮金属锚杆时，可降低成本20%～35%。该玻璃钢锚杆的推广应用，将对我国煤巷锚杆的发展起到重要作用。此生产线已在西山、阳泉、平顶山、汾西、邢台、淮南得到了成功应用（图2）。



图2　淮南矿区玻璃钢锚杆生产线

四、主要结论

新型压痕式金属套管锚尾玻璃钢锚杆结构合理，除具有采煤机直接切割，避免安全事故的巨大优越性外，还具有锚尾防剪断、强度高、重量轻等优点。用它替代目前应用的金属锚杆、木锚杆和竹锚杆等煤帮锚杆时，可取得重大的技术和经济效益。投产的玻璃钢锚杆机械化生产线生产效率高，日生产能力为750根，可满足一般大、中矿业公司的需求，目前已在多处矿区得到成功应用。S

（编校　孙淑玲）