

TD353.6 / 1

摘 要 介绍了玻璃钢锚杆材质的性能和锚杆的结构特点试验情况。

关键词 巷道支护 玻璃钢锚杆 应用研究

4-7

玻璃钢锚杆的应用研究

煤炭科学研究总院北京建井研究所 范世平 丁全录

1 玻璃钢锚杆的研究

锚杆支护是巷道支护的有效手段，近年来锚杆支护发展迅速，锚杆使用量越来越多，旧的支护方法和材料已不能完全适应新的要求。锚杆的形式、材料在不断发生变化，以满足各种条件下的需要。

我所多年来一直从事锚杆的研究工作，在总结了国内外锚杆用材料研究工作的基础上，针对目前煤矿的需要，开展了玻璃钢锚杆的研究工作。玻璃钢是一种以合成的树脂为粘结剂、玻璃纤维为增强材料制成的复合材料，采用拉挤成型方法生产的玻璃钢杆体与钢杆体相比，主要优点如下：

(1) 现有锚杆每年要消耗大量钢材，采用拉挤成型的玻璃钢锚杆，在成本不提高的前提下，可以节约钢材。玻璃钢杆体的主要性能优于钢杆体，主要性能比较如下：

项 目	玻璃钢	普通钢
相对密度	1.8~2.1	7.8
抗拉强度/MPa	600~700	340~500

(2) 随着锚杆用途的不断发展，在有些情况下不能使用钢锚杆，如在综采工作面，钢锚杆经常卷入综采设备中或损坏采煤机刀具，使采煤工作不能顺利进行。在临时支护使用钢锚杆也有不易拆除的缺点。拉挤成型的玻璃钢锚杆是由玻璃纤维和不饱和聚酯树脂制成的，具有可切割性，很适合在这些场合使用。

2.2 m，锚杆直径18 mm，锚杆排距0.75 m，每排5根锚杆，并加钢带护顶，视顶板破碎程度，再加金属网护顶。两帮支护同一般条件。

本设计与原支护设计相比，克服了原设计千篇一律，不根据围岩条件确定支护形式和参数的弊端。锚杆适当加长、加粗，但明显加大了锚杆排距，不仅保证了巷道安全程度，而且有利于提高支护速度。

5 结 论

(1) 适合于阳泉主采煤层回采巷道顶板

的锚杆种类是树脂锚杆，并配以高强度托盘。在顶板比较稳定的条件下，可采用锚杆群支护形式，而在顶板比较破碎或受到较大采动影响的情况下，必须采用组合锚杆支护。

(2) 地质资料和实测数据表明，阳泉主采煤层回采巷道的围岩条件变化幅度很大，所以采用单一的锚杆支护形式和参数很难取得较为理想的支护效果和经济效益。必须根据围岩的具体条件调整锚杆支护形式和支护参数。

(3) 巷帮的稳定性对顶板锚杆的支护效

(3) 在有腐蚀性水的地区使用钢锚杆时，必需作防腐处理，不但增加了锚杆的成本，防腐效果也不十分理想，而玻璃钢锚杆自身具有良好的防腐性能，不经任何处理即可用于一般腐蚀场所。

采用拉挤成型工艺生产的玻璃钢杆体，设计合理的锚杆结构与树脂锚固剂配套应用，能够达到设计的锚固力的要求。

研制玻璃钢杆体与树脂锚固剂配套使之可部分代替钢杆体，满足锚杆支护的要求。

玻璃钢杆体直径Φ16 mm，工作荷载可达40~50 kN。

国内70年代玻璃钢杆体主要是采用手工糊制，性能及成本不能满足大量推广应用的要求。我所从锚杆材质生产开始着手研究先进的玻璃钢锚杆的生产方法，充分利用玻璃钢拉挤成型的优点，对玻璃钢锚杆进行系统的研究，改变我国玻璃钢锚杆研究、应用水平低的状况。

2 杆体材质性能

2.1 杆体生产方法

锚杆材质的主要受力形式为拉力，当水平应力大的情况下，锚杆也受剪力。现在国内钢锚杆大部分采用的是直径为14 mm、16 mm 和18 mm，抗拉强度为340~500 MPa 的圆钢制作，普通加工方法会部分损失杆体截

果影响十分显著，必须作为一个重点加以考虑。实测结果表明，主采煤层回采巷道中，靠煤柱一侧巷帮的压力较大，而靠工作面一侧的压力相对较小，所以在靠近煤柱帮应该加强支护。

(4) 在中等稳定条件下，三个主采煤层回采巷道的支护形式均可采用锚杆群支护。在困难条件下，三个主采煤层回采巷道均须采用组合锚杆支护。加钢带和金属网(视顶板破碎情况定)护顶。

面积，使杆体的承载能力下降，一般锚固力要求在40~50 kN。拉挤成型的玻璃钢杆材抗拉强度为600~700 MPa，因此选用的直径为16 mm 的杆材即可满足要求。

玻璃钢的主要原料是玻璃纤维和不饱和聚酯树脂，不饱和聚酯树脂在一定条件下固化，把玻璃纤维粘结在一起。玻璃纤维起增强作用，拉挤成型法是一种连续生产玻璃钢杆体的方法。它的特点是流水操作，制品的长度可根据需要选择，这种方法生产的玻璃钢中玻璃纤维含量高(>70%)，因此机械强度高，而手工糊制或模压制作的玻璃纤维含量均较低。因此采用拉挤成型的玻璃钢最适合制作锚杆杆体。

2.2 杆体拉力试验及杆体直径公差量测

对拉挤生产的玻璃钢杆体进行了性能测试，检验的项目有杆体的拉力和杆体直径。拉力试验由于玻璃钢杆体表面光滑，不能用万能试验机测拉力，我所设计使用机械锚具，用ML-10锚杆拉力计做破断力试验，结果见表1。

平均破断力：75.4 kN，杆体直径Φ16±0.1 mm。直径Φ16 mm 的杆材按理论计算，其破断力应在120 kN，由于试验方法不同，我们测得的Φ16 mm 杆材破断力在70 kN 左右，可满足锚杆工作荷载40~50 kN 的要求。拉挤过程模具控制不变，所以杆材直径能够

参 考 文 献

- 1 A. D. 希罗科夫. 锚杆支护手册. 北京：煤炭工业出版社，1992

作者简介 康红普 1965年生，高级工程师，兼职教授，从事巷道矿山理论及支护方面的研究工作，在国内外有关杂志上发表论文40余篇，出版专著一本。地址：北京和平里，邮编：100013。

(收稿日期：1996-03-20；责任编辑：许升阳)

控制在公差要求范围内。

表1 拉挤生产的玻璃钢杆体测试结果

杆体直 径/mm	破断力 /kN	破坏 情况	杆体直 径/mm	破断力 /kN	破坏 情况
Φ16	66.0	杆裂	Φ16	81.0	杆裂
Φ16	73.6	杆裂	Φ16	82.0	杆裂
Φ16	74.8	杆裂	Φ16	67.8	杆裂
Φ15.9	74.8	杆裂	Φ16	77.6	杆裂
Φ16	82.0	杆裂	Φ16	76.8	杆裂
Φ16	83.6	杆裂	Φ15.9	66.0	杆裂
Φ16	78.6	杆裂	Φ16	78.0	杆裂
Φ16	81.4	杆裂	Φ16	76.0	杆裂
Φ16	78.6	杆裂	Φ16	74.0	杆裂
Φ15.9	74.0	杆裂	Φ16	72.0	杆裂
Φ15.9	78.0	杆裂	Φ16	70.2	杆裂
Φ16	68.4	杆裂			

2.3 粘结力试验

粘结力主要是指杆体与固化后的树脂锚固剂之间的粘结力。经过对拉挤设备及工艺进行了改进后，在加工成锚杆的头部打毛处理，用搅拌好的树脂胶泥粘结，测定拉拔力，结果如下：当粘结长度是10 cm时，拉力为30 kN；当粘结长度是20 cm时，拉力为35 kN。粘结力与锚固长度呈非线性关系，端锚时应考虑增加机械阻力。

2.4 抗扭力试验

与树脂锚固剂配套使用的锚杆，在安装时需要搅拌，使树脂锚固剂中的树脂与固化剂混合均匀。为保证玻璃钢锚杆能够顺利安装，要求杆体本身具有一定的抗阻强度。拉挤成型的杆体由于其玻璃纤维是纵向排列，所以其抗扭力相对于同直径的钢杆体低，经实测Φ16 mm的玻璃钢杆体当扭力加到30 N·m时，其纤维束发生扭转，如再加大扭力会破坏杆体。实测玻璃钢锚杆在搅拌树脂锚固剂时，平均扭力小于10 N·m，所以杆体能满足正常情况下的安装使用。

3 杆体结构设计与试验

以上实验证明，拉挤成型的玻璃钢杆材适合制作锚杆杆体，经过反复研究、试验，确

定了能够满足工艺要求的锚杆形式。

3.1 锚杆的端部结构

与树脂锚固剂配套使用的玻璃钢锚杆，其端头有二个作用：一是将树脂锚固剂搅拌均匀使之充分固化；二是起锚固作用。

参照钢锚杆端锚的锚固长度及玻璃钢杆体粘结力试验数据，确定锚固长度为250～300 mm，在杆体锚固段固定一个挡圈。

锚头试验了如下3种形式：*a* 搅拌头加倒楔；*b* 杆体头部锯斜角，后部打孔加铁丝；*c* 杆体打毛后缠绕玻璃纤维制成反麻花。以上3种形式搅拌安装锚固剂都很顺利，但有些影响不同的地方：*a* 形式锚固力大，对杆体破坏少，但需加工金属部件。*b* 形式加工方便，但对杆体有一定破坏，使用不受影响。*c* 形式锚固力不够大，锚固力试验结果如表2。

表2 不同锚头结构的锚固力

锚头 形式	锚固力 /kN	破坏 情况	锚头 形式	锚固力 /kN	破坏 情况
<i>a</i>	60	杆裂	<i>c</i>	36	头部拉出
<i>a</i>	56	头部拉出	<i>c</i>	25	头部拉出
<i>b</i>	62	孔处断	<i>b</i>	59	杆裂
<i>b</i>	66	孔处断	<i>b</i>	67	杆裂
<i>b</i>	70	杆裂	<i>b</i>	62	孔处断
<i>b</i>	65	孔处断	<i>b</i>	59	杆拉出
<i>b</i>	72	杆裂	<i>b</i>	71	杆裂
<i>b</i>	58	孔处断	<i>b</i>	76	杆裂
<i>b</i>	65	孔处断	<i>b</i>	68	孔处断
<i>c</i>	30	头部拉出	<i>b</i>	59	孔处断

注：*a* 为搅拌头加倒楔；*b* 为打孔加铁丝；*c* 一缠绕玻璃纤维制成反麻花。

从表2实验数据可以看出，采用头部带搅拌钉*b* 形式较好。将安装好的锚固段在不同的横断面锯开，观察到使用*b* 形式搅拌的树脂锚固剂搅拌均匀、固化完全。这种形式加工简单，生产成本低，锚固力大于50 kN。

3.2 锚杆尾部结构

一般认为，作为一种支护手段的锚杆支护与传统的木支架支护、钢拱架支护以及其他各种形式的现浇混凝土支护等在支护方法

上有着根本性的区别。传统式支护往往是一种被动式支护，当岩石开始变形时才开始支撑荷载。因此，被动式支护允许大小裂缝有少量的发展和张开，支护体系必须承受松动岩面的一部分重量。把锚杆视作一种支护手段，因为是安装在钻孔里，因而成为被支护体系的组成部分，能承受所发生的力及变形，并阻止变形的进一步发展，即使是未经张拉的锚杆处于被动工作状态，也与其他被动式支护体系仍有区别。当锚杆被张拉后就成为主动式支护，在安装后就会发挥作用。岩石的变形可以减少或防止；裂缝受到抑制。作用在岩石缝隙面上的正压力一加大，自然摩擦力将产生更大的效果。无论哪一种锚杆，都存在着锚杆与岩石两者之间的相互作用。

玻璃钢锚杆尾部结构决定着锚杆的工作状态，尾部按工作状态分为二种形式。螺纹形式为主动式支护锚杆，楔缝式为被动式支护锚杆，不同形式的拉力试验结果见表3。

表3 玻璃钢杆尾拉力试验结果

杆尾形式	最大拉力/kN	破坏情况	杆尾形式	最大拉力/kN	破坏情况
楔缝	60	护套拉出	楔缝	72	杆裂
楔缝	70	杆裂	楔缝	70	螺纹坏
楔缝	68	杆裂	螺纹	66	杆裂
楔缝	67	杆裂	螺纹	62	螺纹坏
楔缝	72	杆裂	螺纹	72	杆裂

通过上述试验，可以认为这两种杆体尾部结构均能达到抗拉力大于50 kN的要求。

4 玻璃钢锚杆的特性及试用

4.1 玻璃钢锚杆的特性

(1) 杆体本身的伸长率很小；(2) 杆体破断时玻璃纤维束纵向裂开，此时抗拉力大大降低，但杆体之间仍有玻璃纤维相连；(3) 玻璃钢杆材的剪切强度为180~200 MPa，选用直径为φ16 mm的玻璃钢杆体，其抗剪力达到

26~40 kN，能够满足煤壁支护要求，在水平应力较大的情况下，最好采用全长树脂锚固；(4) 玻璃钢锚杆能够达到抗静电要求；(5) 可以与聚氨酯锚固剂配套用于煤壁加固。

4.2 井下式用

锚杆杆体为试制新产品，其规格为直径φ16 mm，长1.6 m，尾部为楔缝固定、锚固剂规格为Z2533，端头锚固，测试结果见表4。

表4 玻璃钢锚杆使用情况

搅拌时间/s	固化时刻	拉拔时刻	锚固力/kN	使用情况
30	10:20	12:19	52.5	杆裂
30	10:25	12:23	50	完好
30	10:30	12:30	62	完好
30	10:47	12:40	55	尾部滑动
30	10:53	12:45	53	尾部滑动

采用上述规格杆体每安装10根后抽查1根，不做破坏试验，即锚固力达到40 kN后不再张拉，100根使用后，抽查结果全部合格。从井下使用可知，玻璃钢锚杆有如下特点：

(1) 玻璃钢锚杆强度高，能很好地与树脂锚固剂配合使用。其锚固力能满足规范要求。

(2) 玻璃钢杆体可以代替钢杆体。按代替φ14 mm圆钢计算，每根锚杆节约钢材2 kg，社会效益显著。

(3) 玻璃钢系高分子合成材料制成，具有良好的防腐性能，这是钢杆体及木、竹杆体无法相比的优点。

(4) 玻璃钢锚杆切割容易，今后将主要用于综采工作面的煤壁加固，应用前景广泛。

作者简介 范世平 1961年生，1983年毕业于大连理工大学高分子化学专业，现为中国煤炭科学研究院北京建研研究所高级工程师，主要从事树脂锚杆和波磨钢的研究。发表论文8篇，地址：北京和平里，邮编：100013。

(收稿日期：1996-05-06；责任编辑：赖应得)