

地质加固用锚杆初步讨论与探究

董元甲（兖州煤业鄂尔多斯能化有限公司，内蒙古 鄂尔多斯 017000）

摘要：本文通过对地质加固用锚杆支护材料及构件例如：锚杆杆体和锚杆附属构件的使用现状进行描述和分析，通过数据分析对其不合理处进行初步分析和探究。

关键词：锚杆支护；锚杆材料；锚杆附属构件；应力分布

针对地质加固用锚杆支护材料及构件的使用现状，以及存在的不合理性，对锚杆、锚索及配套构件进行初步讨论与探究。

1 锚杆杆体

1.1 杆体几何形状与尺寸设计

针对地质条件，锚杆一般采用了强力左旋无纵筋螺纹钢锚杆

杆体形状设计准则：其一孔径差要合理；其二锚固剂需要拥有更大的粘结力，保证锚杆获得好的锚固效果；其三杆体强度要统一；第四尾部适合大预应力。

中国煤矿金属锚杆有圆钢以及螺纹钢。圆钢锚杆应用于巷道条件良好的矿区。后者形式包括了右旋全螺纹钢杆体等。现阶段，左旋无纵筋螺纹钢杆体有着非常普遍的应用。

现阶段，锚杆杆体在公称直径方面通常情况下是16~25mm，在长度方面通常情况下是1.6~3.0m。第一条准则对应着无纵肋螺纹钢筋。第二条准则对应着左旋螺纹钢筋，粘结力更高。

左旋无纵筋螺纹钢有横肋宽度等参数。锚固剂粘结力和搅拌阻力与上述参数存在着紧密的关系，针对性的优化杆体断面形状，同时不断的完善螺纹的几何参数，这样可以使得粘结力得到有效提高，同时搅拌阻力被有效的降低。

设计左旋无纵肋螺纹钢筋横肋，具体如下：①横肋与钢筋轴线角 β 在本次工程设计中需要保证至少为 45° 。若低于 70° ，两面上横肋有着相反方向；②横肋间距在本次工程设计中需要保证至多为钢筋公称直径0.7倍；③横肋侧面与钢筋夹角 α 在本次工程设计中需要保证至少为 45° ；④钢筋相对两面上横肋末端间间隙总和在本次工程设计中需要保证至多为钢筋公称周长20%。使用滚压加工工艺加工，让螺纹强度与杆体强度更接近一些。

1.2 锚杆杆体强度

锚杆杆体强度与杆尾工艺等存在着紧密的关系。若为Q235型圆钢锚杆，屈服强度方面，该型圆钢锚杆具体为240MPa，在拉断强度方面，该型圆钢锚杆具体为380MPa。杆体直径为 $\phi 18\text{mm}$ 圆钢锚杆的屈服力为61.1kN，拉断力为96.7kN。根据矿井工矿目前的巷道条件，巷道支护应选用杆体强度不低于500MPa的强力螺纹钢锚杆进行支护。

1.3 杆体尾部结构及螺纹长度

1.3.1 杆体尾部结构

现阶段，加工锚杆尾部螺纹使用滚丝工艺等，很容易影响强度。螺纹内径偏小10%~13%，同时有着相对更小的截面面积，偏小20%~22%。影响到锚杆承载能力和延伸性。高强度锚杆杆尾一般情况下使用了螺纹结构。杆尾螺纹部分有着非常复杂的受力，出现破坏的概率非常高。

杆尾螺纹受力：①螺纹部分受拉，同时还承受剪应力，在偏载条件的背景下，弯曲变形也是较为严重的。钢材有着相对较低的抗剪强度，因此剪断的情况是非常普遍；②螺纹部分直径不等于杆体，变径在很大程度上会集中局部应力，达到2~3倍。

所以等强锚杆的发展是十分有必要的。根据现有的加工工艺，杆尾螺纹段必须采用滚压加工工艺完成，如直径22mm的杆体应滚压成M24的螺纹，保证螺纹强度接近或等于杆体的强度。

1.3.2 螺纹长度

杆体形状设计四个准则的第四个准则是杆体尾部有利于施加较大的预应力。锚杆预应力是实现锚杆主动支护的关键，是保证锚杆支护效果的主要因素。锚杆安装时，施加预应力越大，越有利于最大限度抑制巷道围岩的离层与破坏。

锚杆高预应力的施加是通过给锚杆螺母施加较大的预紧扭矩实现的。若锚杆螺纹长度较短，则会出现将螺母拧到螺纹的最内侧仍无法将托板、钢带等构件贴紧巷道表面的现象，致使无法实现锚杆的高预应力，近而影响锚杆的支护效果。特别是对于围岩比较破碎的巷道，该现象更为显著。为此，特别要求锚杆杆尾螺纹长度不低于150mm。

2 锚杆的附属构件

锚杆的附属构件主要有螺母、托板、球形垫圈、减摩垫圈等组成，各附属构件与锚杆杆体相互配合，只有各构件相互匹配，才能实现锚杆有效的支护作用。

2.1 螺母

锚杆螺母从工作原理可分为两大类，一般螺母和扭矩螺母。标准螺母目前使用比较多，成本比较低。为了防止锚杆在受力很大的情况下螺母滑脱，有些矿区使用加厚螺母。设计采用标准螺母。锚杆有着更高的强度，需要采用配套螺母，工程采用了10级螺母，拥有更大

的承载能力。

2.2 托板

锚杆托板形状等对锚杆受力、支护效果均有影响。托板失效,锚杆支护能力也就丧失。锚杆托板有较多种类,分为金属、非金属托板。后者主要用于煤帮支护。金属托板分平托板以及拱形托板。拱形托板力学性能很好,可调心时,适用于锚杆多种安装角度。托板力学性能需要有效的匹配锚杆强度,托板的强度与加工工艺等存在着密切关系。为合理选择锚杆托板的形式,优化托板的形状、尺寸、厚度及拱高等参数,特对托板的结构进行了详细研究。

2.2.1 托板形状

为了分析不同形状托板的力学性能,特采用 ANSYS 有限元分析软件对不同形状的托板在工作压力作用下,托板的应力分布情况进行了数值模拟。

数值模拟分析:在预应力扩散效果方面,拱形托板应力有着非常大的扩散面积;圆形托板受力十分均匀。圆形拱托板有着非常好的效果。不过加工制作比较困难,综合考虑后,拱形方托板为最佳的托板形式。

2.2.2 托板尺寸

托板尺寸决定了其支护作用。若尺寸较小,支护效果并不理想;若较大,支护效果一般,也浪费了材料。特对相同厚度条件下,尺寸为 $100 \times 100\text{mm}$ 、 $120 \times 120\text{mm}$ 、 $150 \times 150\text{mm}$ 、 $200 \times 200\text{mm}$ 的拱形托板进行了数值模拟分析。

数值模拟分析:在预紧阶段,随着尺寸的增加,应力扩散有效面积加大,但是当托板尺寸增加到 $200 \times 200\text{mm}$ 时,托板边缘有较大区域没有应力扩散;在工作阶段,随着尺寸的增加,托板有着越来越大的最大集中应力以及最大变形,前者出现在托板锚杆孔处,同时还出现在托板拱与平面交叉的地方。由此可以得出,锚杆拱形托板的尺寸以 $150 \times 150\text{mm}$ 为最佳尺寸。

2.2.3 拱形托板的拱高

拱形托板的拱部为托板的主要承载部位,相同尺寸和厚度的托板,不同拱高对托板的承载能力有很大影响。特对外形尺寸为 $150 \times 150\text{mm}$,拱高分别为 26mm、30mm、34mm、38mm 的拱形托板进行了模拟分析。

数值模拟分析:在预紧阶段,随着拱高的增加,托板应力有着越来越大的扩散范围。若拱高具体为 26mm,在这种条件下,应力区没有到达托板边缘;拱高具体为 30mm,在这种条件下,应力区将会来到托板边缘;若超过 34mm,范围变化很小。从工作阶段锚杆受力来看,托板在锚杆孔位置及托板平面与拱部结合的位置处产生应力集中,托板四角的应力最小。随着拱高的增加,托板应力区的范围变化不太明显,集中应力和最大变形量都逐渐减小,但是当托板拱增大到 34mm 时,托板的最大变形量变化不大。因此,型拱托板的合理拱高应在 30~34mm 之间。

由此,科学合理的锚杆托板形式为外形尺寸 $150 \times$

150mm ,拱高在 30~34mm,的拱形托板。同时,托板的力学性能要与锚杆强度有效的匹配,托板强度与加工工艺等紧密相关。另外,需要将托板做成可调心托板,避免托板在工作过程中受到偏载的作用,降低了托板的承载能力。为了满足高强锚杆的要求,设计拱形可调心托板,该托板与调心球垫配合使用,其尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 10\text{mm}$ 。

2.3 球形垫圈

球形垫圈是为了调节锚杆受力角度,而与拱形托板配合应用锚杆附属构件。在特定锚杆安装角度中,该构件可实现对锚杆受力状态的有效改善。同时避免了托板在偏载的作用下,应力分布的不均匀,导致承载能力的降低和变形量的增大。球形垫圈制作工艺为钢棒冲压,尺寸、强度均合适,详见图 1。

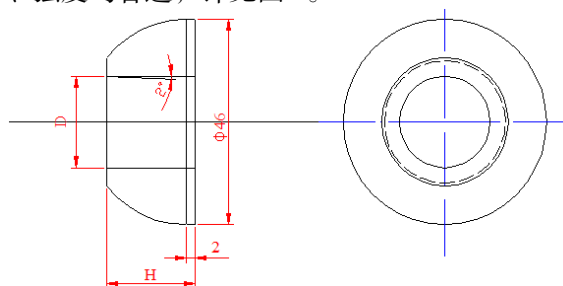


图 1 调心球形垫圈

2.4 减摩垫圈

减摩垫圈可降低螺母与球型调心垫圈间的摩擦系数,提高转换系数。减摩垫圈作用十分显著。为了研究不同材料的减摩性能,特对几种常用的减摩材料在不同规格锚杆螺栓的条件下进行了一系列的试验。试验结果表明:①聚四氟乙烯、尼龙 1010、高密聚乙烯垫片都有很好的减摩作用,其效果相差不多。在拧紧力矩相同的情况下螺栓预紧力比不加垫片提高 33%~50%。根据试验过程分析:聚四氟乙烯、高密聚乙烯垫片延展性较差,在力矩达到 200~300Nm 时被螺母切成内外两个圈并被挤出,力矩再升高时减摩效果逐渐降低。尼龙 1010 延展性能良好,在螺母挤压下,不会出现断裂的情况,其减摩作用一致在发挥。尼龙 1010 使用效果好,适于选用。垫片合适厚度为 2~3mm。试验照片如图 2-26;②球形垫圈孔径和螺母垫片尺寸会影响到减摩垫片。若有着非常小螺母垫片,会切割垫片,在 200~300N.m 时,垫片将会被挤出,失去了减摩作用。M27 高强锚杆配套的带厚垫片的螺母将尼龙 1010 垫片压成碗状,中间很薄但不断裂,在拧紧的过程中始终起到减摩作用。间隙最优为 1~2mm,螺母垫片和球垫有十分接近的外径。

由于尼龙 1010 垫片的延展性强,减摩效果好,因此建议选用尼龙 1010 减摩垫圈。

参考文献:

- [1] 侯朝炯,勾攀峰.巷道锚杆支护围岩强度强化机理研究[J].岩石力学与工程学报,2000(03):342-345.
- [2] 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(07):680-685.