伏岩煤业二采区变电所围岩加固方案研究

原路波（山西阳城阳泰集团伏岩煤业有限公司，山西　阳城　048100）

摘　要：伏岩煤业的二采区变电所设计服务年限较长，变电所在施工过程中就出现了底鼓变形现象，为保证在投入使用后可以达到预期服务年限和安全效果，特进行围岩加固方案研究。针对伏岩煤矿具体生产地质条件，提出采区变电所围岩控制方案，具体加固技术施工顺序为：架设反底拱棚配合锚注技术治理底鼓、顶板及两帮滞后注浆加固、顶板及两帮锚索补强支护。

关键词：围岩；底鼓变形；加固

1 采区变电所围岩性质分析

二采区变电所位于二采区轨道大巷和回风大巷之间的 3# 煤层底板岩层中。

1.1 围岩性质

巷道位于 3# 煤层底板约 10m 处，地质资料显示，底板下方 2.4–17m 为灰黑色底板为泥质粉砂岩或深灰色细砂岩（侧向变成泥质砂岩），结合实际施工情况，采出的岩石具有遇水泥化、膨胀的特性，判定其为泥质粉砂岩。

泥质砂岩内部包含孔隙、裂隙和微缺陷，是一种各向异性、非线性、非连续的具有初始损伤的岩石材料介质。在受较高应力时表现出显著塑性变形，其地质组成主要为砂质成分，在高应力状态下黏土、泥质矿物发生扩容和滑移，易引发塑性大变形。

1.2 风化作用

底板泥岩中含有的蒙脱石等黏土矿物，遇水易膨胀、崩解，易导致底板强度明显降低发生膨胀型底鼓。

2 巷道底鼓控制技术

2.1 巷道底鼓机理分析

伏岩煤矿中部变电所巷道底鼓变形严重，从具体地质条件分析其原因主要有：

2.1.1 围岩性质

巷道直接底为泥质粉砂岩，泥质砂岩内部包含孔隙、裂隙和微缺陷，是一种各向异性、非线性、非连续的具有初始损伤的岩石材料介质。在受较高应力时表现出显著塑性变形的，其地质组成主要为砂质成分，在高应力状态下黏土、泥质矿物发生扩容和滑移，易引发塑性大变形。

2.1.2 风化作用

底板泥岩中含有的蒙脱石等黏土矿物遇水膨胀、崩解，易导致底板强度明显降低发生膨胀型底鼓。原巷道控制方案未针对含黏土矿物泥岩及砂质泥岩底板进行封闭支护，在水和空气的共同作用下，导致巷道底鼓严重。

2.1.3 支护方式

由于之前的支护对巷道底板、两帮围岩控制不够，所以加强对两帮加固控制底鼓具有良好的效果。

2.2 反底拱联合锚注控制技术

采用弧形反底拱棚联合锚注支护，整体设计如图 1 所示，具体参数如下：

①弧形反底拱棚：采用 36U 型反底拱棚梁，拱高 1200mm；托板采用厚度 12mm 钢板，连接螺母采用 M20 螺丝；水平宽度随巷道宽度而定，要宽于巷道 100~200mm；棚距 1000mm。

②锚杆支护：锚杆采用 D20mm × 2600mm 中空注浆锚杆，钻孔直径 28mm；每排棚用 6 根地锚锚杆钢板卡缆固定于底板，锚杆下铺。

③底板喷浆：采用 42.5 # 普通硅酸岩水泥，喷射砼要严格按配合比进行搅拌，且搅拌均匀，配合比为 1:2:2= 水泥 : 砂子 : 石子，掺与 3%–5% 的速凝剂及 3‰ –5‰聚丙烯纤维，喷射厚度不小于 200mm。

④锚杆注浆：采用 42.5 # 普通硅酸岩水泥，水灰比为 1:1.5，孔深 2.6m，采用长度为 2600mm 的中空注浆锚杆，间排距为 1000 mm × 1000mm；注浆泵采用 ZBQ–20/3 气动注浆泵，注浆压力不小于 2MPa，注浆流量 11.5 L/min。

⑤底板回垫：待浇筑混凝土养护期过后回填废石及施工 C40 混凝土底板，其中废石高度约 400mm，混凝土浇筑高度不小于 600mm。

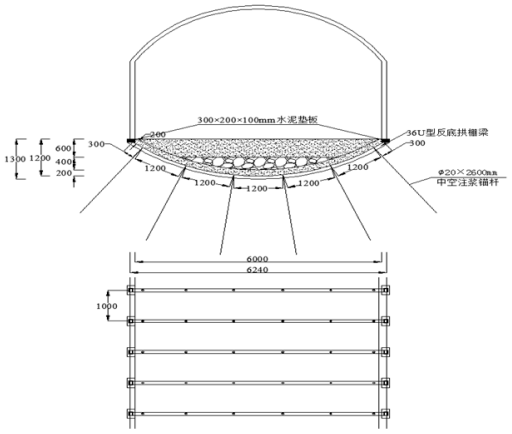


图 1　反底拱棚锚注支护图

2.3 反底拱棚联锚注技术施工工艺

2.3.1 反底拱棚施工工艺

按设计挖掘底板→安设反底拱棚→锚杆及卡缆固定拱棚→喷浆封闭拱棚→底板围岩注浆→回垫底板。

2.3.2 中空注浆锚杆施工工艺

①用钻机按设计孔径和深度钻孔并清理孔内碎石；

②将锚头与杆体一端连接后插入钻好的孔内，将锚头上的倒刺挂在孔底端；③安装止浆塞、垫板、螺母。并旋紧螺母；④将快速注浆接头与锚杆尾端连接，注浆接头另一端与注浆机连接。开动注浆机注浆，待注浆饱满且压力达到 2~3MPa 后上紧螺丝。中空注浆锚杆，注浆配比为水：水泥比参考值为 1:1.5，液中需添加 ACZ-1 混凝土注浆添加剂，添加剂占水泥质量的 8%。

3 巷道顶板及帮部滞后注浆加固方案

3.1 滞后注浆方案

注浆加固参数主要有：水灰比、注浆压力、注浆孔布置等。

3.1.1 水灰比

根据以往试验结果，综合考虑井下施工条件、浆液固结强度及材料消耗等因素，确定水 : 水泥 =1:1.5。

3.1.2 注浆压力

注浆需要克服一定阻力使浆液渗入围岩裂隙，考虑围岩裂隙发育程度及注浆孔深度，确定注浆压力为 2~3MPa。

3.1.3 注浆孔布置

顶板注浆孔布置：巷道顶部注浆孔排距为 3000mm，采用“343”布置，注浆孔深度 3000mm，注浆孔沿巷顶垂直打设，注浆管为 D20 × 2000mm 铁管，孔径 42mm，内径 15mm，壁厚 2.5mm，巷顶注浆方式采用顺序注浆。

帮部注浆孔布置：巷帮注浆孔排距为 3000mm，每排打设一根，注浆孔深 3000mm，孔径 42mm，注浆管为 D20 × 2000mm 钢管，内径 15mm，壁厚 2.5mm。

3.1.4 封孔方式

采用软木塞封孔、专用封孔器或封孔胶进行封孔。

注浆孔布置方式如图 2。

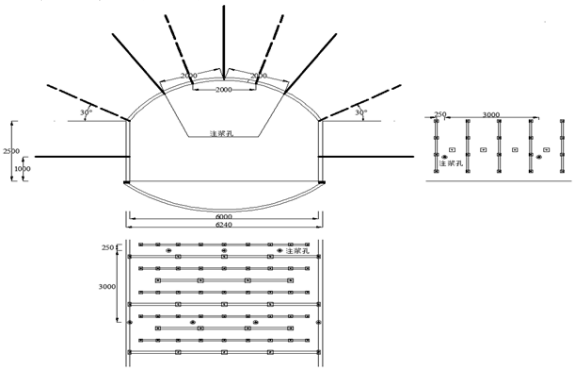


图 2　顶板注浆加固

3.2 注浆过程

3.2.1 喷浆

为防止浆液沿着钻孔、裂隙外流，浆液难以深入破碎围岩深部，在注浆前对巷道表面喷射 40mm 左右的混凝土，形成止浆层，保证注浆效果。

3.2.2 制浆

严格控制水灰比供水上料，搅拌均匀。

3.2.3 封孔

封孔长度 1m，注浆封孔可采用采用软木塞套在注浆管上，然后缠上黄麻，将软木塞与注浆管一起伸入注浆孔内，在孔口用锤子等工具把软木塞楔牢进行封孔。也可采用专用封孔器或封孔胶进行封孔。

3.2.4 注浆

封孔 40min 后，可进行注浆。

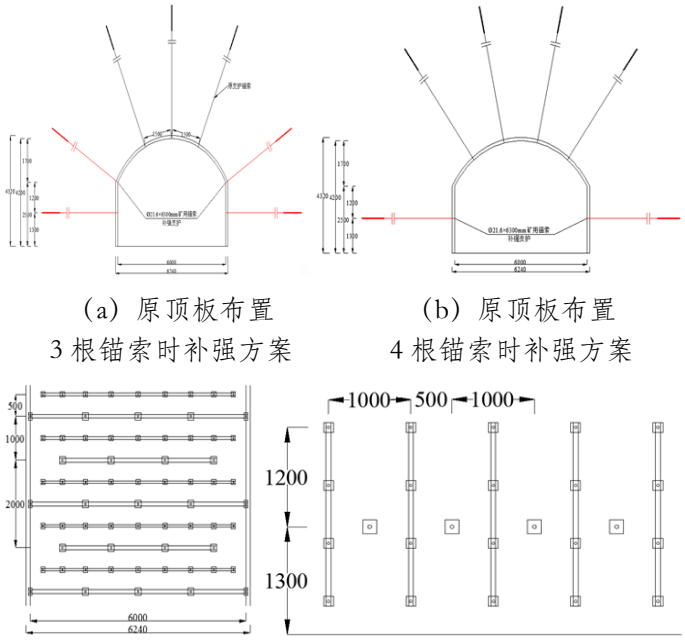
4 巷道锚索补强方案

原支护方案锚索布置方式为顶板“3-4-3”布置，针对采区变电所围岩性质及变形情况，提出巷道锚索补强方案，具体参数如下：

针对原支护方案为顶板布置 3 根锚索，补强方案设计为两肩窝及两帮中部各补打 1 根 ∅ 21.6 × 6300mm 矿用锚索，每排共加打 4 根，排距为 1000mm。

针对原支护方案为顶板布置 4 根锚索，补强方案为两帮中部各加打 1 根 ∅ 21.6 × 6300mm 矿用锚索，共加打 2 根，排距为 1000mm。

实施补强方案后，最终锚索支护参数如图 3 所示。



（a）原顶板布置 3 根锚索时补强方案　（b）原顶板布置 4 根锚索时补强方案

（c）补强支护顶板俯视图　（d）补强支护侧面图

图 3　巷道补强支护方案

5 结论

通过对巷道底鼓机理分析，参照目前控制巷道底鼓的研究成果，采取全断面封闭围岩、提高顶板及两帮的支护强度、固化巷道底板等技术措施。

减少了水及空气对围岩的侵蚀，防止底板围岩遇水强度不断弱化；特别是巷道底角的支护强度，保持巷道围岩承载结构稳定，提高底板岩层的整体强度。

参考文献：

[1] 白建亮 . 赵家沟矿 2 号煤层三采区半煤岩巷支护优化技术研究 [D]. 徐州 : 中国矿业大学 (江苏),2019.

[2] 韦四江 , 宋常胜 , 杨玉顺 , 等 . 采动影响大断面巷硐群加固机理及对穿锚索控制技 [J]. 采矿与安全工程学报 ,2015(5).735-740.

[3] 任建喜 , 占有名 , 史景阳 , 等 . 锚注技术在回风顺槽围岩加固中的应用 [J]. 煤矿安全 ,2014(1).125-128.