鹤煤九矿深部岩巷支护技术探讨

马春明[1]，张家林[2]，杜志清[2]
（1 鹤壁矿区建设工程质量监督站，河南 鹤壁，458000；2 鹤壁煤电股份有限公司九矿，河南 鹤壁，458010）

摘 要：鹤壁煤电股份有限公司九矿煤炭开采已进入深部，由于地压增大，巷道围岩已转化为工程软岩，原有的巷道支护技术已难以满足深部巷道支护要求。介绍了九矿深部岩巷支护现状及存在的问题，分析了巷道变形破坏原因，对多种深部岩巷支护技术进行了探讨，以寻求适合深部软岩巷道的有效支护技术。

关键词：深部岩巷；工程软岩；岩石软化；锚喷支护；探讨
中图分类号：TD353⁺.5 **文献标识码**：B **文章编号**：1002-6029(2008)01-0030-02

1 鹤煤九矿岩巷支护现状及存在的问题

鹤壁煤电股份有限公司九矿设计生产能力0.3Mt/a，1967年正式投产，目前正在进行改扩建。改扩建后，矿井生产能力将达到0.6Mt/a。

该矿地面标高在+200m左右，开采深度达600m以上，目前岩巷开拓掘进地区主要分布在-420m水平。

该矿岩巷支护方式目前主要为锚网喷。一般选用直径18～20mm、长1 800mm的建筑螺纹钢树脂锚杆，间、排距均为700mm；金属网为ϕ4mm冷拔丝经纬网，网孔尺寸100mm×100mm；喷射混凝土厚度多为100mm，设计强度等级为C20。由于支护方式单一，不能适应目前的施工条件，巷道已普遍出现前掘后裂、底鼓、支架扭曲、断面缩小等一系列支护困难现象，严重影响施工安全和安全生产。

近年来，为了解决巷道支护难题，该矿先后在-420m水平胶带暗斜井施工中推广应用锚网喷+U型钢棚联合支护，在-420m水平回风暗斜井施工中推广应用锚网喷+网壳联合支护。虽取得了一定效果，但这两种支护方式施工工序较复杂，工程进度慢；而且对动压巷道来说，支护强度仍显不足。

2 巷道变形破坏原因

(1)由于锚喷巷道施工工艺是在掘进爆破后直接打锚杆挂网，忽视了锚杆托板在巷道支护中的作用，致使锚杆托板往往不能有效地贴紧岩面，大大降低了锚杆的支护作用。

(2)由于过分强调金属网的临时支护作用，金属网都是紧贴爆破后的围岩表面铺设，起不到喷层骨架的作用。

(3)过分依赖喷浆作用，认为喷层越厚越好，一般都超过100mm，导致锚喷巷道变形时，喷层表面受拉开裂。

(4)大部分工序都是人工操作，如锚杆螺母的安装、混凝土配料等，工序质量可靠性较差。

(5)根据软岩工程力学理论，九矿岩石软化临界深度大约在500～700m左右。目前九矿开采深度在600m以上，已进入岩石软化的临界深度范围内，井下岩石已出现了不同程度的蠕变变形，形成了工程软岩。

(6)设计支护方式较单一，支护强度不足，不能有效地控制围岩变形破坏。

3 解决巷道支护问题的途径

地压的增大，不是人力可以改变的。经分析，我们认为，九矿深部岩巷支护问题可通过以下途径加以解决。

3.1 优化锚喷支护技术

锚喷支护的关键，一是要搞好光面爆破，减轻对围岩的震动破坏；二是在爆破后，要及时喷射混凝土，保护围岩；三是要提高锚杆安装质量。

收稿日期：2008-02-09

现在巷道支护效果不理想，一方面是由于矿压大了，另一方面是由于支护质量不高，需要提高。这就需要从支护结构、支护参数等方面对锚喷支护进行优化。

(1)改善锚喷支护结构

目前九矿锚喷支护施工工艺通常为“两掘一成”，三八制作业。掘进班：工作面打眼→装药、联线、放炮→找顶→临时支护(通常为打顶部锚杆，挂金属网或安装前探梁)→出矸；成巷班：出矸→安装锚杆，挂网→喷浆成巷，日进尺约 2m。这种施工工艺的缺点，一是由于爆破后，围岩表面不平整，锚杆托板不能紧贴岩面，锚杆预紧力上不去；二是金属网紧贴岩面，起不到钢筋的作用，成巷后，喷层表面易受拉破坏。

所以要通过改变施工工艺，改善锚喷支护结构，提高支护质量。建议采用“两掘两成”施工工艺，四六制作业。掘进班：工作面打眼→装药、联线、放炮→找顶→临时支护(喷 30mm 厚护顶浆)→出矸；成巷班：出矸→初喷 30～50mm 厚混凝土→安装锚杆，挂网→复喷(20～40mm 厚)成巷，日进尺约 2～3m。

改善锚喷支护结构的另一途径是，在锚杆托板内侧增加木垫板(长 200mm，宽 150mm，厚 60mm)，同时把锚杆长度增加 200mm。通常情况下，这样做更容易实施。

(2)合理“三径”匹配

由于树脂药卷凝固后具有一定的收缩性，需要“三径”合理匹配，才能取得较好的锚固效果。一般情况下，树脂药卷直径应比钻孔直径小 3～6mm，钻孔直径与锚杆直径相差 6～12mm 为宜。目前九矿使用的锚杆直径多为 18mm，树脂药卷直径为 23mm，钻头直径为 32mm，三径之间不太匹配。最好选用直径 28mm 的钻头，或改用直径 20mm 以上的锚杆。

(3)采用大直径锚杆

有关资料显示，锚杆孔直径为 29mm 时，在锚固长度相同的情况下，以直径 14mm 的建筑螺纹钢锚杆支护成本为基准，随着锚杆直径的增大，锚杆的锚固力随之提高；当锚杆直径逐级增大到 22mm 时，支护成本增加的幅度为 3%～13%，锚杆锚固力增加的幅度为 31%～147%，后者增加幅度约是前者的 10～11 倍。由此可见，适当增大锚杆杆体直径在技术上是可行的，在经济上是合理的。

(4)增加底脚注浆锚杆

深部岩巷破坏多数是从底鼓开始，所以必须采取措施，控制底鼓。目前控制底鼓的方法有多种，如底脚锚杆、注浆锚杆、封闭式底拱梁等，其中以底脚锚杆，特别是底脚注浆锚杆的效果最好，值得大力推广。

(5)加大金属网强度

九矿以前使用的金属网钢丝直径为 4mm，最近增加到 6mm，效果有待于进一步观测。下一步还将使用菱形网，以增强锚杆之间的支护强度。

3.2　推广应用新材料、新工艺

巷道支护设计中，要做到不千篇一律，不生搬硬套。通常应根据围岩岩性、采动影响、地质条件等因素，采用工程类比法初步确定支护结构、形式和参数。在实施过程中，根据施工现场反馈的信息，及时对设计进行修改，最终使支护设计能适应工程条件，满足施工要求。

(1)采用左旋无纵筋螺纹钢锚杆

左旋无纵筋螺纹钢锚杆安装时，可以使树脂向孔底移动，增加锚杆锚固力。因此，为了提高锚杆支护质量，应逐步推广使用直径 20～22mm 的左旋无纵筋螺纹钢锚杆；同时必须用气动锚杆机安装锚杆螺母，确保锚杆初期预紧扭矩达到 200 N·m以上，避免因人工安装造成质量不稳定。

(2)推广应用锚索关键部位耦合支护技术

这就是通常所说的锚网喷+锚索支护技术。它施工简便、进度快，但必须使两种支护作用相耦合，即共同起作用。方法是分析附近已施工好的巷道和类似工程的支护效果，找出工程破坏部位，即不耦合点；再用锚索加强该部位的支护，使支护体与巷道围岩之间的强度、刚度、变形相耦合，同时达到最佳受力状态，实现有效支护。

(3)完善锚网喷+U 型钢棚联合支护

锚网喷与 U 型钢棚相结合，具有刚柔相济、维修方便等优点，在岩巷施工与维修过程中经常采用。要通过监测，掌握锚网喷与架 U 型钢棚的最佳时间差，争取做到既能给巷道预留一定的变形空间，又能在围岩趋于稳定后，及时给予足够强度的刚性支护，从而取得较好的支护效果。

(4)推广应用锚网索-桁架双耦合支护技术

这种支护技术主要适用于强膨胀性围岩。首先施作锚网喷支护，预留变形空间来释放围岩变形能。对变形量大的部位，用锚索加强支护，控制变形速度，实现第 1 次耦合，使围岩均衡变形。然后在设计的预留变形量处架设整体性好、支护强

(下转 41 页)

附表　采用相对沉降法确定的地基承载力

试验点编号		荷载/kPa								承载力/kPa
		50	100	150	200	250	300	350	400	
1	S	1.045	2.290	3.535	5.001	6.524	8.267	10.135	12.013	200
	S/b	0.002 1	0.004 6	0.007 1	0.010	0.013	0.016 5	0.020 3	0.024	
2	S	0.932	1.966	3.194	4.548	5.776	7.267	8.521	12.243	216
	S/b	0.001 9	0.003 9	0.006 4	0.009 1	0.012	0.015	0.017	0.024	
3	S	0.760	1.980	2.886	3.982	5.647	7.321	8.987	11.258	240
	S/b	0.001 5	0.004	0.005 8	0.008	0.011	0.015	0.018	0.023	
4	S	1.002	2.249	3.485	4.848	6.362	8.320	10.421	13.280	205
	S/b	0.002	0.004 5	0.007	0.009 7	0.013	0.017	0.021	0.027	

注:S 为沉降量,mm;b 为承压板边长,b=500mm。

4 结　语

建筑物建成后使用至今,未出现开裂及不均匀沉降等现象,说明地基加固效果良好。

实践表明,采用强夯法加固煤矸石地基非常有效,可以大大提高煤矸石地基的承载力,降低地基土的孔隙率。这种地基处理方法设备简单、工期短、成本低,不仅有利于环保,节约耕地,还能实现废物利用,经济效益和社会效益明显,在煤矿矿区地基处理工程中具有较大的推广应用价值。

[参考文献]

[1]叶书麟主编. 地基处理工程实例应用手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.

[2]JGJ79—2002,建筑地基处理技术规范[S].

作者简介

杨秀敏(1973—),男,贵州江口人,工程师。1998 年毕业于淮南工业学院,主要从事岩土勘察设计工作。

(上接 31 页)

度高的桁架;当局部围岩变形到达桁架时,将桁架与喷层之间的空隙用喷射混凝土充填满,利用桁架的整体性和高强度限制围岩的有害变形,实现第 2 次耦合。

这种双耦合支护技术虽然施工难度较大,掘进速度低,材料消耗量大,但支护整体性好,支护强度大,支护效果较好。

3.3 提高施工机械化程度

各工序施工中,要尽可能地实行机械化作业。如树脂药卷搅拌、锚杆螺母安装采用自动锚杆安装机;喷浆使用可自动调整配合比、自动搅拌的喷浆机组等。通过机械化作业,提高各工序的施工质量,避免因人工操作造成工程质量不稳定。

4 施工管理注意事项

(1)煤矿采掘活动超过临界深度后,要适当增大巷道断面,预留一定的变形空间,以防巷道产生变形破坏。要尽可能地避免经常性维修,防止应力频繁地重新分布,造成围岩反复破坏,使巷道支护更加困难。

(2)要从有利于支护的角度考虑巷道设计。巷道施工过程中,要做好监测工作,及时掌握巷道情况,并根据实际支护效果,不断优化支护设计,以求达到最佳支护效果。

作者简介

马春明(1964—),男,采矿工程师。毕业于焦作矿业学院,从事煤矿建设工程质量监督与管理工作。

河南省 2008 年煤矿建设项目将达到 42 个

日前,河南省煤管局宣布了 2008 年工作目标:煤炭建设项目完成建设投资 36 亿元;新开工矿井 10 处,开工规模达 965 万t/a;建成矿井 7 处,新增生产能力 720 万t/a。

据介绍,2008 年河南省煤矿建设项目将达到 42 个,规模将达到 4 000 万t/a。其中续建项目 32 个,规模为 3 000万t/a,大部分矿井将进入二期、三期和联合试运转阶段。

2007 年,河南省 32 个煤炭建设项目共完成井巷进尺 11.7 万m,完成投资 37.6 亿元,超投资计划 9%。新桥煤矿、刘河煤矿等 7 处矿井建成投产,新增生产能力 336 万t/a,超计划 18%;王行庄等 3 处矿井进入联合试运转阶段,已具备竣工验收条件。(建信)

*　　*　　*