钢筋桁架锚梁支护在回采巷道中的应用

王广昌，李百利，崔海龙，吕承贤
（龙口矿务局梁家煤矿，山东 龙口 265700）

［摘　要］　梁家煤矿属典型的“三软”地层矿井，巷道围岩分类为Ⅴ类。煤岩体松散破碎，强度低，维护困难。在回采巷道中采用了锚网喷、型钢锚梁联合支护形式，支护效果十分理想。但是型钢投资大，操作困难。采用钢筋桁架代替型钢的钢筋桁架锚梁支护，取得了较理想的支护效果，获得了较好的经济效益。

［关键词］　软岩；回采巷道；钢筋桁架锚梁
［中图分类号］ TD353　　［文献标识码］ B　　［文章编号］ 1006-6225（2000）增-0039-02

1　矿井地质概况

梁家煤矿煤系地层主要有泥岩、含油泥岩、粘土岩、炭质泥岩、泥岩与泥灰岩互层、煤等组成。基本属于泥质岩类。成岩时间短、胶结程度差，亲水性强，为新生代第三系软岩。其主要特点是煤岩体强度低，松软破碎，粘结力小，膨胀性明显。内磨擦角小（26～32°），岩块自然含水率及吸水率较高，接近 100%。巷道极易潮解、风化、膨胀、变形。

目前，矿井开采主要为煤$_2$层，煤层倾角一般 6～8°，煤质松软破碎。实测的硬度系数为：煤层 0.83，顶板 0.78，底板 0.52，其单向抗压强度较低，一般为 5～15MPa。

2　回采巷道支护形式

回采巷道在开采初期，由于无动压及支承压力影响，一般采用锚网喷支护，施工后巷道较稳定。随着回采工作面的推进，巷道受附近回采工作面引起的支承压力叠加影响，巷道严重破碎。其主要表现形式为顶板开裂下沉，两帮内挤，底板鼓起，并且相互关联。为此，在原锚网喷基础上，增加了拱顶施打型钢锚梁，形成了锚网喷、锚梁联合支护形式。施工实践证明，此种支护形式在“三软”地层回采巷道中是成功的，基本上满足了支护要求。

由于锚梁为型钢（U25 或 11$^{\#}$矿工字钢）加工制作，材料投入大，每年平均 200～300 万元，自身重量较大（L = 2 000mm，G = 55kg），职工劳动强度大，施工速度慢。于是，经过研究论证，加工了钢筋桁架锚梁，用以代替型钢锚梁，并在回采巷道中进行施工试验，取得了较理想的支护效果。

3　钢筋桁架锚梁结构及支护参数

3.1　钢筋桁架锚梁结构

钢筋桁架锚梁是由钢筋焊接加工而成的，其主筋为直径 18～20mm 的 A3 碳素圆钢，配筋为直径 14mm 的 A3 碳素圆钢。根据巷道设计断面形状及最佳受力性能，加工成弧长 2 000mm，矢高 190mm 的拱形，见图 1。

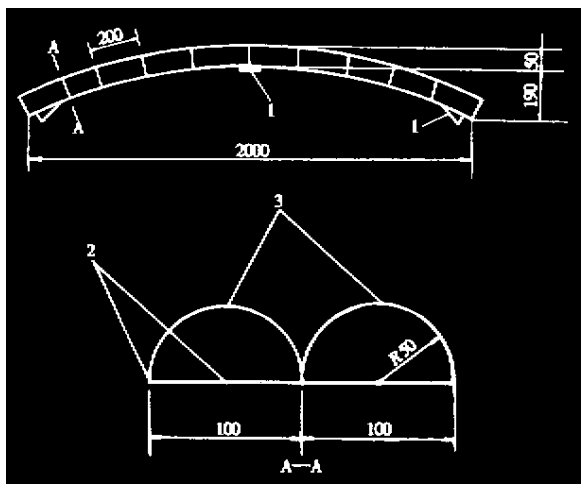


图 1　钢筋桁架锚梁结构
1—固定钢板（200mm × 100mm × 50mm）；2—主筋；3—配筋

3.2　试验巷道条件与支护参数

钢筋桁架锚梁试验在一采辅助上山进行。一采辅助上山西距一采区回风上山 60m，东为采空区。

［收稿日期］ 2000－12－08
［作者简介］ 王广昌（1958－），山东阳谷人，高级工程师，1982 年毕于山东矿业学院，1993 年硕士研究生毕业，现任矿副总工程师。

万方数据

巷道地质条件恶劣，围岩层理、裂隙发育，松散破碎，压力大，为采空区压力集中段。

一采辅助上山巷道设计断面为直墙三心拱，净宽 2 900mm，净高 2 800mm，矢跨比为 1/3，净断面面积 8.40m^2，毛断面面积 10.06m^2。支护形式为锚网喷、钢筋桁架锚梁联合支护形式，见图 2。

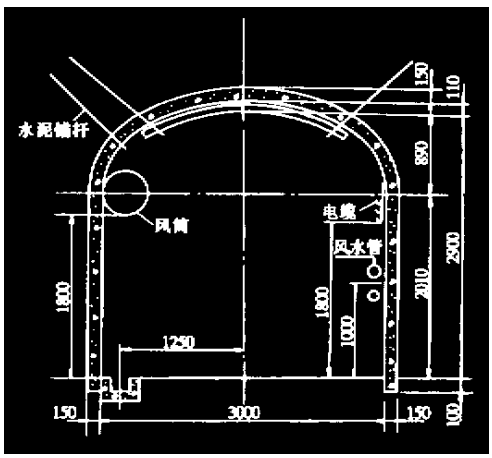


图 2　锚网喷与钢筋桁架锚梁联合支护

锚杆采用杆体直径 14mm，长度 1 900mm 的 A3 碳素圆钢加工而成的金属锚杆，快硬膨胀水泥药卷端头锚固，铸钢锚盘固定。其最终锚固力可达到 40 ~ 50kN，锚杆间排距 650mm × 650mm，呈五花布置，全断面施打。

金属网采用直径 4mm 的冷拔钢丝，点焊而成。规格为 1 800mm × 800mm，网格规格为 100mm × 100mm 全断面挂设。

喷射混凝土标号为 200$^{\#}$，按水泥∶沙∶石子 = 1∶2∶2 进行配料，喷射厚度 150mm。

底角锚杆与其它巷道相同，沿巷道两底角施打，其角度与水平呈 30 ~ 45°，间距 650mm。

钢筋桁架锚梁用 3 组直径 18 mm，长度 2 250mm 的树脂锚杆固定，1 支树脂药卷端头锚固，锚梁间距中-中 1 000mm。

3.3　施工方法

巷道掘进每循环进尺为 1 800mm。放炮掘进后，首先利用巷道中腰线，用手镐刷大巷道周边，巷道成型，达到设计要求尺寸，蹬矸进行顶板锚网支护。完后，用扒装机清出迎头矸石，施工两帮锚网。待整个巷道迎头锚网支护完后，对其进行初次喷射混凝土封闭，喷射厚度为 70mm 左右。

由于一采辅助上山属压力集中区域，巷道顶板压力大，顶部围岩变化快，在初次喷射混凝土封闭后，立即架设钢筋桁架锚梁。每架锚梁用 3 组树脂锚杆固定，首先施打中间 1 组固定锚杆，然后即安装锚梁，调整锚梁的扭矩和水平，再施打两边的 2 组固定锚杆，锚杆角度与水平呈 30 ~ 45°。最后将锚梁调整到设计要求。每组固定锚杆 2 根，用长 200mm、宽 80mm、厚 16mm 的钢板联接起来，用以固定并承托钢筋锚梁。

巷道在掘进 24m 以后，需要出净巷道中矸石，向前移扒装机，对施工的巷道进行复喷，以达到设计要求的喷射厚度 150mm。此时，将钢筋锚梁同混凝土结合在一起，最后，按要求施打底角锚杆。

3.4　施工钢筋桁架锚梁注意事项

（1）钢筋桁架锚梁属钢筋焊接而成，在施工时要防止其变形，改变其原来结构及受力性能，降低支护效果。

（2）锚梁施工时，必须调整好其水平与扭矩，架设要端正。

（3）锚梁两端固定锚杆的角度要施工准确，与水平呈 30 ~ 45°以抵抗巷道两肩的剪应力。

（4）锚梁架设必须紧贴巷道顶板，局部空顶处要用背板背实簟刹紧。

4　钢筋桁架锚梁的支护效果

在此次一采辅助上山进行的钢筋桁架锚梁试验，长度为 30m，锚梁间距中 - 中 1 000mm，共 30 架钢筋锚梁。施工完后，此段巷道每 5m 设立了一组矿压测点，共 7 组，定期对其进行巷道变形量的矿压测定。表 1 为钢筋桁架锚梁与型钢锚梁矿压观测数据对比。

表 1　钢筋桁架锚梁与型钢锚梁支护巷道变形统计/mm

		1$^{\#}$	2$^{\#}$	3$^{\#}$	4$^{\#}$	5$^{\#}$	6$^{\#}$	7$^{\#}$
钢筋桁架锚梁	顶 - 底	189	201	196	223	234	217	222
	帮 - 帮	75	71	80	73	60	76	81
	顶板下沉	23	26	19	21	30	25	27
型钢锚梁	顶 - 底	171	183	207	195	180	209	213
	帮 - 帮	66	70	71	79	70	77	69
	顶板下沉	17	20	19	22	21	18	23

从表 1 可以看出，此段钢筋桁架锚梁支护试验与以往型钢锚梁支护的巷道变形量观测数据差别不大，效果基本相同。虽然测得顶 - 底变形量较大，最高达 234mm，但顶板下沉量仅 30mm，而主要为巷道底鼓，占总变形量的 87% ；而型钢锚梁最大

（下转 43 页）

万方数据

（上接 40 页）

变形量为 213mm，顶板下沉为 23mm，主要也是巷道底鼓，占总变形量的 89%。实践证明，钢筋桁架锚梁完全可以替代型钢锚梁，满足巷道支护要求。

5 技术经济分析

5.1 对钢筋桁架锚梁的评价

钢筋桁架锚梁能与喷射的混凝土有机结合，成为一种变相的钢筋混凝土支护体，解决了型钢锚梁在与喷射混凝土结合后，受顶板压力影响，对喷射混凝土的剪切破坏，有利于对巷道顶板的支护与安全。钢筋桁架锚梁造价较型钢锚梁低，既满足了支护的需要，又降低了成本。

其缺点是对焊接质量要求较高，加工工艺较型钢锚梁复杂；回收与复用加工较困难。

5.2 经济与社会效益比较

按照两种锚梁同一规格型号，弧长 2 000mm，型钢锚梁的复用率按 50% 计算，钢筋桁架锚梁按 30% 计算。

型钢锚梁价格为 245 元/架，按 50% 的复用计算，245 元/架 ×（1 - 50%）= 122.5 元/架；钢筋桁架锚梁价格为 98 元/架，按 30% 的复用率计算，98 元/架 ×（1 - 30%）= 68.6 元/架。两种锚梁价格相差为 53.9 元/架。

钢筋桁架锚梁较型钢锚梁体积小，重量轻，操作灵活方便，安装速度快（较原型钢锚梁提高 40%），安全系数高，同时降低了工人劳动强度，提高了劳动效率，经济与社会效益显著。

6 结论

钢筋桁架锚梁的支护成功，对于软岩巷道支护的研究与开发起了积极的促进作用，对于在压力集中区域施工的巷道，顶板难以维护、需要使用锚梁控制巷道顶板、加强支护、锚梁施工紧跟迎头时使用，其优点更加突出，效果更好。

目前，有关钢筋桁架锚梁的支护机理、结构、固定方式以及根据巷道所处的层位、用途，开发整体钢筋桁架支护体等，还有待进一步研究。

[责任编辑：邹正立]

万方数据