

## 工程化验证单项工程

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 1.冻结法凿井信息化施工管理系统的工程化验证.....      | 2  |
| 2.竖向可缩性井壁结构工程化验证.....            | 4  |
| 3.新型系列高强井壁结构工程化验证.....           | 6  |
| 4.玻璃钢锚杆及复合材料网锚喷支护系统的工程化验证.....   | 9  |
| 5.岩巷快速掘进综合配套技术研究工程化验证.....       | 10 |
| 6.巷道网壳锚喷联合支护技术工程化验证.....         | 12 |
| 7.立井 5.0 米深孔光面爆破技术及装备的工程化验证..... | 13 |
| 8.煤矿瓦斯抽采水胶炸药药柱及施工工艺的工程化验证.....   | 15 |

## 1.冻结法凿井信息化施工管理系统的工程化验证

**验证时间：**2008年1月——2009年12月

**验证地点：**淮南矿业集团

**验证目标：**经过多年的冻结工程信息施工管理系统研发，工程中心已经成功研发了盐水循环检测软件、温度场监测软件、冻结法凿井信息化施工软件等，上述软件在淮南、淮北等国内 50 多个冻结井筒中得到了广泛推广和应用并取得了良好的效果。本次工程化验证的目的就是进一步完善系统功能，现场验证冻结法凿井信息化施工管理系统的性能指标，为产品的批量生产获得第一手资料。

**验证过程：**工程中心成立了由 7 人组成的冻结法凿井信息化施工管理系统工程化验证工作小组，指定负责人，制定了工作计划，严格按照煤矿信息通信和矿井建设相关规范制定了工程化方案，其依据的相关规范如下：

- 1) MT/T 899-2000；煤矿用信息传输装置；国家煤炭工业局
- 2) GB/T 15663.8-1995；煤矿科技术语 煤矿安全；SBTS；1996-4-1
- 3) GB/T 15663.2-1995；煤矿科技术语 井巷工程；SBTS；1996-4-1
- 4) MT/T 772-1998；煤矿监控系统主要性能测试方法；CSIC-MT；1999-4-1
- 5) SL237-036-1999；土工试验规程—冻结温度试验；中华人民共和国水利部；1999-4-15
- 6) 1360-2002；计算机软件测试规程；国防科学技术工业委员会
- 7) JGJ/T90-1992；建设领域计算机软工工程技术规范；中华人民共和国建设部；1993-6-1
- 8) GB/T 18905.6-2002；软件工程 产品评价 第 6 部分:评价模块的文档编制；中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
- 9) GB/T 18905.5-2002；软件工程 产品评价 第 5 部分:评价者用的过程；中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
- 10) GB/T 18905.4-2002；软件工程 产品评价 第 4 部分:需方用的过程；中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
- 11) GB/T 18905.3-2002；软件工程 产品评价 第 3 部分:开发者用的过程；SBTS；2003-5-1
- 12) GB/T 15853-1995；软件支持环境；SBTS；1996-8-1

13) GB/T 17544-1998; 信息技术 软件包 质量要求和测试; SBTS; 1999-6-1  
利用工程中心主持的“十一五”国家规划课题“深井冻结壁融化规律与优化井壁注浆研究(2007BAJ45B07)”、和国家自然科学基金“人工多圈管冻结壁形成过程的水热力耦合研究(40972188)”在淮南矿业集团顾南煤矿、潘一东和谢桥煤矿等9个井筒进行现场测试,验证了系统集成后符合国家煤炭行业相关规范,可以应用于冻结法凿井的矿井建设工程中。

**冻结法凿井信息化施工管理系统主要技术特点:**

- a) 冻结钻孔造孔质量评价。根据钻孔测斜数据,利用计算机模拟分析冻结交圈时间、钻孔偏斜是否符合靶域范围和最大钻孔间距等造孔质量参数;
- b) 根据地质和工程条件,进行多圈孔冻结方案的优化设计。
- c) 适时分析冻结壁温度场的性状特征及冻结壁的安全性。数值模拟分析井筒实际冻结壁温度场发展状况,确定井筒开挖时间和合理的安排掘进速度,防止井筒开挖井帮的过大片帮,为井筒施工与安全提供指导性意见。
- d) 软件具有如下功能要求:
  - 较为真实地计算出冻结管实际偏斜条件下,任意深度水平剖面和竖向剖面的冻结壁温度场特征;
  - 利用测温孔实际测温数据,计算冻结壁的最大和最小厚度,并利用单元温度的概念,计算冻结壁有效厚度上的平均温度;
  - 根据冻土力学性能(冻土强度和变形条件)校核冻结壁的安全性;
  - 对冻结壁进行水热力多场耦合数值模拟;
  - 井筒开挖过程的数值模拟;
  - 根据测温数据,建立数学模型,预测冻结壁温度场的发展;
  - 进、回路盐水温度曲线和各测温点温度曲线等的可视化;
  - 软件系统稳定性好、功能强、使用方便;
  - 软件具有良好的报表输出和图形打印功能。

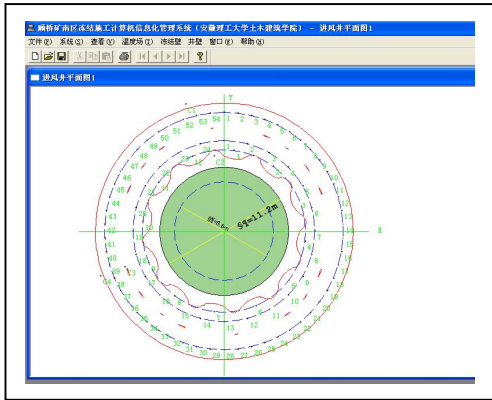


图 1 系统界面



图 2 软件菜单一览

为了能够更直观的表现冻结壁发展情况，下面取不同的井筒深度和不同冻结时间的对冻结壁温度场发展进行预测分析。对某冻结井筒的预测，如图 3 所示。

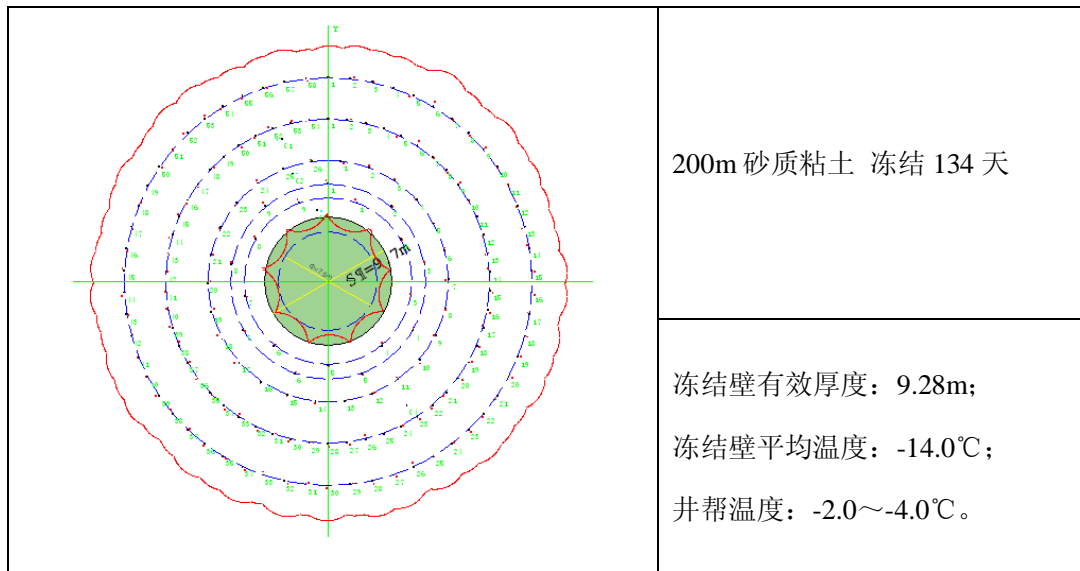


图 3 冻结井筒的预测及分析

3 年来，该软件平台在安徽的淮南、淮北、皖北矿业集团和山东巨野、河南焦作等矿区等到了广泛的应用，对冻结法凿井安全施工起到了重要的指导作用，并获得了良好的社会经济效益。

**工程化结论：**冻结法凿井信息化施工管理系统达到了预期的性能指标，安全运行 1 年多没有出现故障，符合煤矿安全要求，解决了冻结壁温度场计算及优化设计问题。

## 2. 竖向可缩性井壁结构工程化验证

**验证时间：**2007 年 7 月——2007 年 12 月

**验证地点：**淮南矿业集团和淮北矿业集团

**验证目标：**根据井壁破裂机理，通过模型试验和理论分析，研制出一种竖向

可缩性井壁结构，可预防新建井壁发生破裂，该种井壁结构在新建矿井如安徽省丁集矿、刘店矿、祁东矿、青东矿、袁店矿等 22 个井筒得到推广应用，其中冻结井筒 14 个，钻井井筒 8 个。本次工程化验证主要目标是：对竖向可缩性井壁结构力学特性、变形性能和防水性能进行现场测试，以验证该结构的安全运营状态。

**验证过程：**工程中心成立了由 5 人组成的竖向可缩性井壁结构工程化验证工作小组，指定负责人，制定了工作计划，严格按《煤矿安全规程》和《矿山井巷工程施工及验收规范》及矿井建设相关规范制定了工程化方案，其依据的相关规范如下：

- 1) 煤矿安全规程，国家安全生产监督管理总局，2006.11；
- 2) GB213-90，矿山井巷工程施工及验收规范，建设部。

工程中心一行 5 人对淮南和淮北矿业集团采用竖向可缩性井壁结构 22 个井筒进行了工程化验证，验证结果表明该结构完全满足强度、可缩量 and 防水性能的要求，可以应用于矿井建设工程中。

#### **竖向可缩性井壁结构特点：**

自 1987 以来，在我国淮北、徐州、大屯、永夏等矿区先后有 100 多个煤矿的立井井壁发生了破裂事故，给国家造成了重大经济损失，井壁破裂机理和修复治理技术的研究亟待解决。井筒发生井壁破裂事故，主要原因是由于这些矿井底部含水层直接坐落在风化基岩段之上，开采引起底部含水层水位下降，造成地层固结压缩沉降，使井壁受到巨大的竖向附加力作用所致，由于过去在井壁结构设计时未曾认识到该力的存在，从而导致井壁破坏。因此，在这些矿区及类似特殊地层条件下新建井筒井壁设计时必须要考虑竖向附加力的作用。为此，研制出一种竖向可缩性井壁结构，该结构的力学特性为：当竖向荷载不大时，井壁足以承受水平外载作用（抗）；当竖直附加力增大到某一值后，井壁产生竖向压缩变形，使井筒和地层同步下沉（让），以减少竖向附加力对井壁的影响。为实现新型冻结井壁上述力学特性，在传统的钢筋或钢板混凝土井壁的基础上，根据井筒所处地层状况，在地层变形较大处设置可缩性井壁接头，以保证井壁具有竖向让的特性。

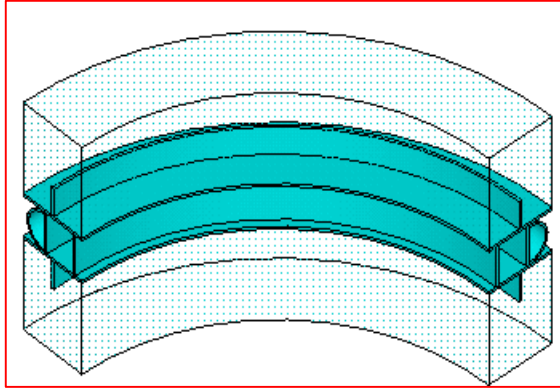


图 4 竖向可缩性井壁结构



图 5 竖向可缩性井壁结构模型

设计冻结井壁可缩性接头应满足以下主要要求：（1）强度要求，接头水平方向能承受侧向压力；其竖向方向的临界荷载应满足既可保证可缩性接头在竖向附加力增大到一定数值后、井壁自身所受荷载达到其材料极限承载能力之前，发生屈服及压缩变形，又可有效地衰减竖向附加力。（2）可缩量的要求，可缩性接头可根据需要设置 1 个或多个，所有可缩接头累积的竖向可压缩总量应大于地层可能下沉量。（3）防水及其它要求，可缩接头在水平方向能承受设计侧压力值，并具有良好的防水性。即该接头还应在产生竖向可缩变形前后，均不发生漏水现象。另外，还应满足防腐及易加工等要求。

**工程化结论：**通过对淮南矿业集团丁集矿、淮北矿业集团刘店矿、青东矿、袁店矿等 22 个井筒的工程化验证，表明竖向可缩性井壁结构运营状况良好，可在类似地层条件下新建矿井中应用。

### 3.新型系列高强井壁结构工程化验证

**验证时间：**2008 年 4 月——2008 年 6 月

**验证地点：**淮南矿业集团和国投新集集团

**验证目标：**新型系列高强井壁结构主要包括两种类型：一是高强高性能钢筋混凝土冻结井壁结构，二是双层钢板高强高性能混凝土复合钻井井壁结构。新型系列高强井壁结构在国内的 32 个冻结井筒和 13 个钻井井筒中得到推广应用，本次工程化验证主要是对该新型系列高强井壁结构的力学特性、变形性能和防水性能进行现场测试，以验证该结构的安全运营状态。

**验证过程：**工程中心成立了由 7 人组成的新型系列高强井壁结构工程化验证工作小组，指定负责人，制定了工作计划，严格按《煤矿安全规程》和《矿山井巷工程施工及验收规范》及矿井建设相关规范制定了工程化方案，其依据的相关

规范如下：

- 1) 煤矿安全规程，国家安全生产监督管理总局，2006.11；
- 2) GB213-90，矿山井巷工程施工及验收规范，建设部。

工程中心一行 5 人对淮南矿业集团和国投新集集团采用新型系列高强井壁结构 26 个井筒（其他矿业集团有 19 个井筒采用该种新型系列高强井壁结构）进行了工程化验证，验证结果表明该结构完全满足强度、可缩量和防水性能的要求，可以应用于矿井建设工程中。

#### **新型系列高强井壁结构特点：**

随着黄淮地区新井建设的开展，立井井筒穿越冲积层厚度不断增加，井壁承受的荷载越来越大，国内现行井壁结构无法满足冲积层 450m 以深的井筒支护要求。国外，如前苏联的铸钢丘宾筒外壁加混凝土内壁结构和高强预制大弧板井壁结构、德国的钢板钢筋混凝土复合井壁结构等，虽具有较高承载能力，但造价昂贵、工艺复杂，研究开发符合我国国情的新型高强井壁结构迫在眉睫。

项目研究表明，获得高强井壁结构的技术途径主要有两种：一是提高筑壁材料强度；二是通过选择合理的井壁结构形式，以改善其受力状态。结合特殊法凿井施工特点和我国国情，经课题研究，对冻结井壁采取前者、对钻井井壁采取两者并举的技术途径，研究开发了系列高强井壁结构。

对于冻结井筒，因其特有的施工工艺，要求筑壁混凝土材料在低温（ $-5^{\circ}\text{C}\sim -15^{\circ}\text{C}$ ）养生条件下，具有早强、低水化热、大流态、高强、高性能等特点，属高强高性能混凝土。工程中心通过大量室内和工业性试验，研制了符合上述要求的混凝土施工工艺和装备；提出了 C65~C75 高强高性能钢筋混凝土冻结井壁结构，揭示了其受力机理和承载能力。研究结果与工程实践表明，该新型井壁结构具有强度高、施工工艺简单、成本低等优点，可满足 450~600m 特厚冲积层冻结井筒的支护要求。C65 高强高性能钢筋混凝土冻结井壁结构在国内首次（2003 年 12 月）应用于济西生建煤矿主、副二个井筒（冲积层厚度 458m），取代了原设计采用的高强预制大弧板井壁，节省工期 41 天，节省工程费用 1350 万元；C70 高强高性能钢筋混凝土冻结井壁结构在国内首次（2005 年 4 月）应用于丁集煤矿主、副、风三个井筒（冲积层厚度 530m），取代了原设计采用的内层钢板钢筋混凝土复合井壁，节省工期 29 天，节省工程费用 1281.5 万元；同时，C75

高强高性能钢筋混凝土冻结井壁结构在国投新集口孜东煤矿主、副、风三个冻结井筒（冲积层厚度 573m，冻结深度 737m）中得到成功应用。

对于钻井井筒，针对其施工工艺特点，研发了双层钢板 C60~C70 高强高性能混凝土复合井壁结构。研究表明：该井壁结构混凝土因内、外钢板约束作用，处于三轴受压应力状态，抗压强度得到大幅提高，井壁具有很高承载能力；由于外层钢板的阻隔，避免了高压水对混凝土的直接作用，井壁耐久性好。与国内采用的内层钢板钢筋混凝土井壁相比，无需设置钢筋和上下连接法兰盘，具有节省钢材、施工工艺简单、混凝土质量易于保证等优点。该种井壁已在板集煤矿主、副、风三个钻井井筒和张集煤矿西进风井、西回风井二个钻井井筒工程中得到成功应用。

综上所述，工程中心研究开发的新型系列高强井壁结构，已在 32 个冻结井筒和 13 个钻井井筒中得到推广应用，先后创造了我国冻结法凿井穿越最深冲积层和最深冻结深度全国新记录，钻井法凿井直径最大、穿越冲积层最厚、井筒最深全国新记录。



图 6 高强高性能钢筋混凝土井壁

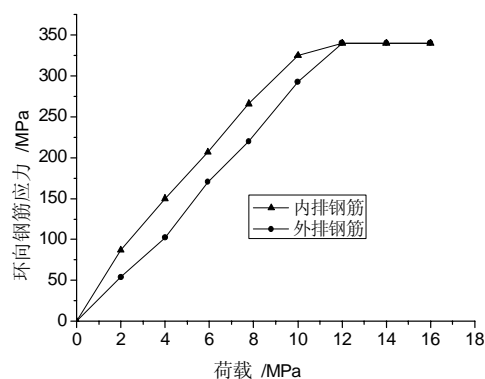


图 7 井壁外荷载与环向钢筋应力曲线



图 8 双层钢板高强混凝土复合井壁



图 9 双层钢板高强混凝土复合井壁现场应用

工程化结论：通过对淮南矿业集团和国投新集集团采用高强高性能钢筋混凝土



土冻结井壁结构和双层钢板高强高性能混凝土复合钻井井壁结构的 26 个井筒的工程化验证，表明新型系列高强井壁结构运营状况良好，可在深厚冲积层特殊法凿井的新建矿井中应用。

#### 4. 玻璃钢锚杆及复合材料网锚喷支护系统的工程化验证

**验证时间：**2008 年 3 月——2009 年 6 月

**验证地点：**陕西德源府谷能源有限公司

**验证目标：**经过多年的玻璃钢锚杆及复合材料网锚喷支护系统的研发，工程中心联合产业化基地已经成功研发了成熟的玻璃钢锚杆及复合材料网锚喷支护系列产品。本次工程化验证的目的就是进一步完善系统功能，现场对比本系统与传统锚喷支护系统的性能指标差异，为进一步完善产品积累资料。

**验证过程：**工程中心成立了专门的工程化验证工作小组，指定负责人，制定了工作计划，严格按照矿井建设相关规范制定了工程化方案，其验证执行标准为：MT/T1061—2008。

工程中心利用多个基金项目支持，联合产业化基地淮南市顺辉锚固有限公司和现场使用单位陕西德源府谷能源有限公司三道沟煤矿，在三道沟煤矿多个井筒和巷道进行现场测试，验证了本系统符合国家煤炭行业相关规范，可以应用于井巷、隧道锚喷支护以及大型基坑土壁锚喷支护中。

##### **玻璃钢锚杆及复合材料网锚喷支护系统主要技术特点：**

- e) 杆体轻，仅为传统金属支护系统重量的 1/4，且易于安装施工，通用锚杆机均可操作，减轻劳动强度，节约运输成本；
- f) 本系统耐腐蚀性能好，耐环境性强，不反射电磁波，可满足永久支护需求；
- g) 容易切割，且切割时不产生火花，便于综采作业，有利于安全生产，提高生产效率；
- h) 杆体通体全螺纹，握裹力强，锚固力大，杆体强度高，密度低，具有高比强度；
- i) 可以根据支护需求任意调整截取锚杆杆体长度。



图 10 玻璃钢锚杆及复合材料网锚喷支护系统井下应用图片

**工程化结论：**玻璃钢锚杆及复合材料网锚喷支护系统达到了预期的性能指标，安全运行 1 年多没有出现故障，符合煤矿安全生产要求，降低了井巷锚喷支护施工难度和使用成本。

### 5.岩巷快速掘进综合配套技术研究工程化验证

**验证时间：**2008 年 1 月—2009 年 11 月

**验证地点：**皖北煤电集团有限责任公司、淮北矿业集团杨柳煤矿

**验证目标：**经过多年的研究，适用煤矿井下各种岩石的中深孔掘进爆破技术和爆破参数计算软件，岩巷快速掘进综合配套技术研究成果在祁东等 4 个煤矿应用，实现安全高效快速掘进，取得了显著的社会效益和经济效益。这项科技成果对促进煤矿瓦斯治理，改善采掘关系，缩短施工工期意义重大。本次工程化验证的目的就是进一步完善，现场验证岩巷快速掘进综合配套技术研究成果，对加快掘进速度、改善劳动条件、提高劳动效率、降低成本和安全生产，以及技术推广获得第一手资料。

**验证过程：**工程中心成立了由 7 人组成的岩巷快速掘进综合配套技术设计工程化验证工作小组，指定负责人，制定了工作计划，严格按照现行煤矿矿井建设相关规范和国家标准制定了工程化方案。其依据的相关规范如下：

- 1) 煤矿安全规程，国家安全生产监督管理总局，2006.11
- 2) GB6722-2003，爆破安全规程，国家标准局，2003
- 3) GB213-90，矿山井巷工程施工及验收规范，建设部

利用工程中心主持的国家十一五科技支撑项目《深井大断面硬岩巷道快速掘进控制爆破技术研究》在安徽、山东、河南、山西、陕西等几十座矿山井下巷道中应用，验证了中深孔爆破技术符合国家煤炭行业和爆破行业相关规范，可以应用于矿井建设工程中。

### **技术特点：**

1. 根据岩巷围岩特性，经理论分析和试验研究，提出中深孔不同深双阶掏槽全断面一次爆破技术。

2. 根据巷道具体情况，系统地研究了岩巷掘进矸石运输系统，采用皮带运输与矸石仓和梭车相结合的方式，实现了出矸的连续作业，提高了装运矸石的能力，大大缩短了循环出矸时间，为合理安排施工工序与实现正规循环作业创造有利条件。

3. 通过对岩巷钻爆法掘进主要工序时间进行测试分析，合理配置施工机具和优化了施工工艺，提出适用岩巷快速掘进的施工工艺流程与劳动组织管理方式。实现了部分工序平行作业，大幅度提高工作效率。

4. 岩巷快速掘进是一项系统工程，该成果把爆破、支护、出矸及施工工艺与劳动组织有机相结合，形成了岩巷快速掘进综合配套技术。

5. 该技术现场应用表明，爆破炮眼利用率达到 95%，钻眼时间缩短 25%~30%，出矸效率提高 50%，大断面岩巷掘进月最高进尺 165m，实现安全高效快速掘进，取得了显著的社会效益和经济效益。

6. 理论分析计算巷道中深孔控制爆破参数，研究不同巷道断面条件、岩石条件、炸药条件等情况下的爆破方案；根据岩性可以确定掏槽方式及其爆破参数，并有较高的炮眼利用率；选择合理的爆破器材；选择合理的光面爆破参数及装药结构；根据爆破效果对爆破参数进行优化。

### **应用推广情况、经济及社会效益**

该成果在祁东等四个煤矿应用，实现安全高效快速掘进，取得了显著的社会效益和经济效益。这项科技成果对促进煤矿瓦斯治理，改善采掘关系，缩短施工工期意义重大。

### **工程化结论：**

该成果经安徽省科技厅组织专家会议鉴定，总体学术水平达到国内领先水平，在中深孔爆破技术方面达到国际先进水平，深孔掘进爆破技术和爆破参数计算软件达到了预期的性能指标。研究内容把爆破参数优化、支护、出矸等施工工艺和劳动组织有机结合，进行了大系统分析，在掏槽技术理论上有创新，这一成果有力推动煤矿建井技术的发展。研究成果获安徽省科学技术二等奖。

## 6.巷道网壳锚喷联合支护技术工程化验证

**验证时间：**2008年7月——2009年12月

**验证地点：**陕西德源府谷能源有限公司

**验证目标：**网壳锚喷支护实质上仍是锚网喷支护，其技术特色是用地面加工成型的特殊钢筋网壳支架代替普通的钢筋网，大幅度提高锚网喷结构的支撑能力，不需要使用型钢支架、锚索、围岩注浆等手段进行加固就能有效地支护高地压大变形巷道、跨采动压巷道、冲击地压巷道以及大断面硐室等，支护工程量与普通锚网喷支护相同，而支护费用比金属支架降低。

**验证过程：**该新型支护得到安徽省科技厅、安徽省教育厅自然科学基金重点资助，已成功应用于淮南矿业集团张集矿，淮北矿业集团桃园矿，西山煤电公司杜儿坪矿等软岩及动压巷道支护，取得显著经济效益和社会效益。网壳锚喷支护结构由安徽理工大学获得了国家发明专利，它为改进我国软岩巷道支护开辟了新的途径。



图 11 地面支架组装图



图 12 工厂加工的网壳支架

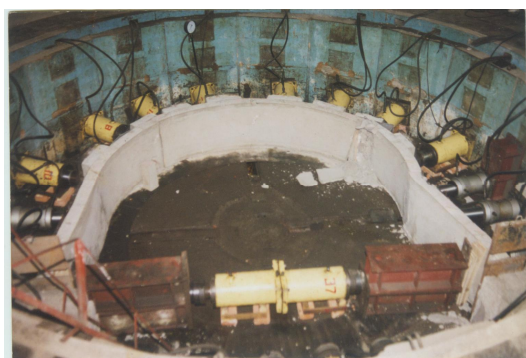


图 13 网壳衬砌模型试验



图 14 网壳锚喷工程应用



图 15 网壳锚喷工程应用



图 16 网壳锚喷工程应用

**工程化结论：**本项研究成果可解决千米深井软岩支护技术难题，与金属支架相比，支护费用降低 30% 以上，工艺简单，成巷速度快，节省大量工程费用。目前研究已推广应用到安徽、江西、山西等矿区的软岩支护工程。

### 7.立井 5.0 米深孔光面爆破技术及装备的工程化验证

**验证时间：**2009 年 4~2009 年 5 月

**验证地点：**淮南矿业集团谢桥煤矿

**验证目标：**爆破技术研究室早在上世纪八十年代就承担了国家“六五”、“七五”攻关项目《立井深孔爆破技术研究》和《立井 4.0m 深孔光面爆破技术研究》等研究。研究室经过近 30 年研究与开发，已成功地研究一整套立井深孔爆破技术方案。上述研究成果在安徽、山东、河南、山西、陕西、内蒙等几十对立井中应用，取得了良好的经济和社会效益。

**验证过程：**工程中心成立了由 4 人组成的立井 5.m 深孔光面爆破工程化验证工作小组，指定负责人，制定了工作计划，严格按《煤矿安全规程》和《爆破安全规程》及矿井建设相关规范制定了工程化方案，其依据的相关规范如下：

- 1) 煤矿安全规程，国家安全生产监督管理总局，2006.11；
- 2) GB6722-2003，爆破安全规程，国家标准局，2003；
- 3) GB213-90，矿山井巷工程施工及验收规范，建设部。

利用工程中心主持的国家十一五科技支撑项目《千米级深井基岩快速掘砌关键技术及装备研究》在淮南谢桥煤矿箕斗井、淮南潘一矿新副井、潘东矿等多座立井应用，验证了该技术符合国家煤炭行业相关规范，可以应用于立井建设工程中。

#### 立井 5.0m 深孔光面爆破技术特点

1) 根据爆破作用理论，分析立井深孔爆破机理，提出了立井深孔爆破参数计算模型，研究不同巷道断面条件、岩石条件、炸药条件等情况下的爆破方案。

2) 根据岩性可以确定掏槽方式及其爆破参数，并有较高的炮眼利用率；

3) 选择合理的爆破器材；

4) 选择合理的光面爆破参数及装药结构；

5) 根据爆破效果对爆破参数进行优化。

3年来，研究成果在安徽、山东、河南、山西、陕西、内蒙等几十对立井中应用，取得了良好的经济和社会效益。

根据谢桥矿箕斗井筒的技术特征及地质条件（箕斗井井筒净直径为 $\Phi 7600\text{mm}$ ，井筒全深 986.2m。基岩段为素混凝土支护，-361.8m~-700.0m 为 500mm，混凝土强度等级为 C30；-700.0m~-960m 为 600mm，混凝土强度等级为 C40。），为加快基岩段施工速度，我室和中煤矿山建设集团合作，研究并采用立井机械化配套短段掘砌混合作业方式，四班制滚班作业。选用伞钻、凿井专用提升机、大吊桶、大抓岩机、整体金属大模板、底卸式吊桶下放矸、自卸式汽车为主的提升、钻眼、抓岩排矸、砌壁机械化作业线。采用“四大一深”工艺进行施工，即“大绞车”、“大吊桶”、“大抓岩机”、“大模板”和“深孔爆破优化设计”。施工工艺与流程图如图 17 所示。

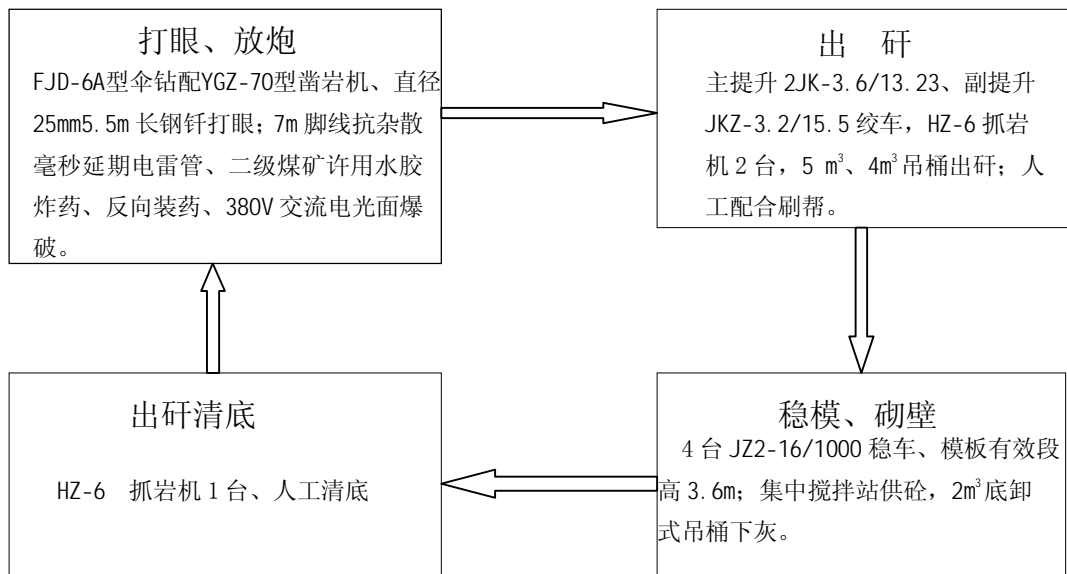


图 17 立井基岩段“四大一深”施工工艺流程

2009年5月份基岩段共爆破41次，平均每次爆破进尺4.5m，炮眼利用率达90%以上，基岩段实现了掘砌成井185.2m，创造了全国立井井筒月成井新高。

**工程化结论：**立井 5.0m 深孔爆破技术及装备研究达到了预期的性能指标，符合煤矿安全生产要求，解决了快速施工的问题。

## **8.煤矿瓦斯抽采水胶炸药药柱及施工工艺的工程化验证**

**验证时间：**2010 年 4 月~2010 年 6 月

**验证地点：**恒源煤电钱营孜煤矿

**验证目标：**经过多年的煤矿爆破器材的研究与开发，工程中心已成功研发低煤矿许用低爆速水胶炸药及其制造方法（专利号：ZL200610090783.2）、煤矿瓦斯抽采水胶炸药药柱（专利号：ZL200920173412.x）两项专利，同时完善了深孔松动控制爆破施工工艺。研究成果在淮南、淮北、山西等矿井中得到了广泛推广和应用并取得了良好的效果。本次工程化验证的目的就是进一步完善煤矿瓦斯抽采水胶炸药药柱的爆炸性能和施工工艺，为产品的批量生产获得第一手资料。

**验证过程：**工程中心成立了由 6 人组成工程化验证工作小组，指定负责人，制定了工作计划，严格按《煤矿安全规程》和《爆破安全规程》及矿井建设相关规范制定了工程化方案，其依据的相关规范如下：

- 1) 煤矿安全规程，国家安全生产监督管理总局，2006.11；
- 2) GB6722-2003，爆破安全规程，国家标准局，2003.

利用工程中心主持国家十一五支撑项目《新型高威力煤矿许用水胶炸药研制》、安徽省科技攻关计划项目《高威力三级煤矿许用水胶炸药的研究》、安徽省教育厅重大项目《三级煤矿瓦斯抽排放专用爆破药柱》等在淮南矿业集团顾北煤矿、国投新集一矿、谢桥煤矿等多个矿井进行现场应用，验证了该药柱和施工工艺符合国家煤炭行业和爆破相关规范，可以应用煤矿采掘工程中。

### **煤矿瓦斯抽采水胶炸药药柱及施工工艺的特点**

- 1) 煤矿安全规程，国家安全生产监督管理总局，2006.11
- 2) GB6722-2003，爆破安全规程，国家标准局，2003

近年来，研究成果在安徽、山东、河南、山西、陕西、内蒙等几十座煤矿应用，取得了良好的经济和社会效益。

在恒源煤电钱营孜煤矿 3<sub>2</sub>12 首采工作面进行应用，该工作面位于西一采区北翼。工作面机巷长 2196m，标高-650~-610m；风巷长 2252m，标高-630~-570m，两巷方位角 339°，开切眼斜长 200m，平距 194m，工作面内煤层平均倾角 16°，可采储量 181 万吨。截止到 2010 年元月 28 号，工作面已经推进了 500m，到 DF64

断层预停采线还有 1090m，按照已回采的平均推进速度预测（220m/月），估计 2010 年 7 月底就能回采至 DF64 断层（ $\angle 28\sim 49^\circ$ ， $H=13\text{m}$  以上）。该断层为贯穿整个工作面的一个低角度逆断层，走向北东，与工作面两巷锐角约  $66^\circ$ ，工作面机巷全岩 53m，风巷全岩 46m。当工作面回采至该断层时，如果直接推过去，有可能对煤机、运输机、转载破碎机有过大的伤害，且影响煤质；如果采取跳采方式，矿方约有 40 天无面可采或增加一套设备的购置成本，并且还要丢失部分煤炭资源，经过综合分析，并与安徽理工大学进行技术论证，确定采用直接推过断层连续回采方案。**主要原因有：**1) 保证矿生产的连续性，缓解了工作面接替紧张局面。2) 有力地保障了综采工作面的连续回采性，且多出标准煤 8 万吨，按照目前的市场价，直接经济效益 5.98 千万。（ $Q_{\text{煤}}=200\times 1.42\times 3.0\times 140\times 0.76=9.2$  万吨，0.76 系数指：煤矸混合采出时，煤所占的比例）。

深孔松动爆破选用钻凿 75mm 的炮孔直径，自行研制的直径 63mm 的炸药药卷，炮眼深度根据现场实际，每一个炮孔均有自己的深度和方位角参数，深度为 10~50m 不等，为减少爆破震动对周围工作面和巷道的影响，一次起爆的炮眼数目不宜太多，控制在 5 个，并用五段雷管分段起爆。工作面三排炮孔应布置在回采高度在中间位置，连续装药，风动封孔机封堵孔口，黄泥作为封堵材料，封堵长度不小于 5000mm。具体炮孔布置如图 18，深孔装药结构见图 19，专用封孔器和爆泥输送管如图 20 所示。

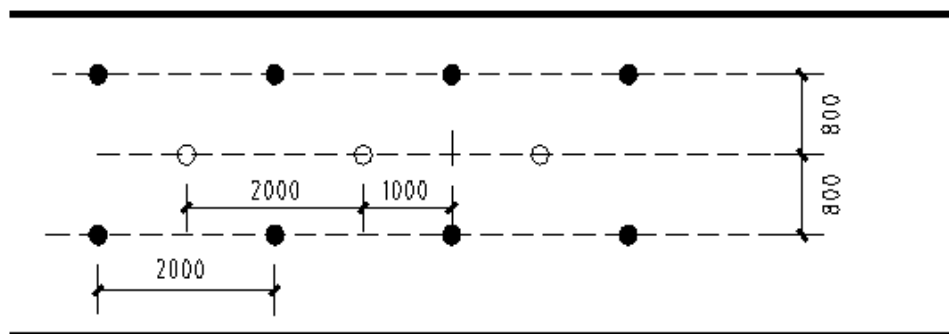
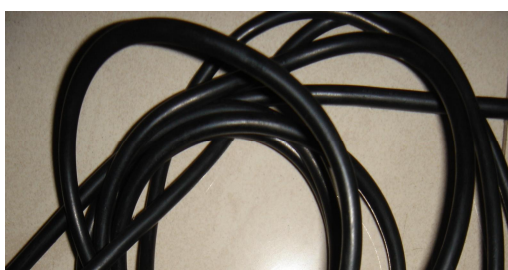


图 18 炮孔布置示意图



图 19 装药与封孔结构示意图





### 图 20 专用封孔器和爆泥输送管

自 2010 年 4 月~2010 年 6 月，先后在工作面施工炮孔累计深度 3500m，使用专用爆破药柱 2400m，经综掘机切割断层检验，深孔松动控制爆破效果良好，顺利通过该断层，为该矿节约煤炭资源，保证了矿井正常生产，获得了矿方的高度评价。

**工程化结论：**煤矿瓦斯抽采水胶炸药药柱及施工工艺达到了预期的性能指标和施工要求，符合煤矿安全生产要求，解决了超深孔爆破超长药柱拒爆和装药封孔难的问题。