

光爆锚喷技术汇编

国家基本建设委员会
煤炭工业部^编

前 言

光爆锚喷（光面爆破、锚杆喷射混凝土支护）是地下工程和井巷支护的一项革命，是多快好省地建设矿山和地下工程的一项重大技术措施，是国家重点推广的一项新技术。其特点是，光爆后地下工程成形好，围岩受破坏小；锚喷支护能及时地加固围岩，避免和减少位移、松动和破坏，充分发挥岩体本身的自承作用，把围岩由荷载变为承载结构，是对传统支护形式和支护理论的重大突破。

光爆锚喷质量好，强度高，安全可靠，经得起动荷载和地震的考验；它能简化施工工艺，便于实现机械化；一般可节省劳动力百分之四十，减少开挖量约百分之二十，加快施工进度一至二倍，而且施工基本上不用木材，降低成本百分之三十左右。

近二十年来，我国矿山和地下工程采用光爆锚喷支护的范围日益扩大。目前煤炭系统采用锚喷支护的井巷已近四千公里，有些矿井已由局部应用发展到光爆锚喷化。铁路系统，从应用于新建隧道发展到隧道病害整治与边坡加固，共达三十五公里。冶金系统，由静压巷道发展到采矿爆破动荷影响的电耙巷道和采矿进路中使用，近三百公里。水电系统，从用于大跨度地下厂房发展到不良地层水电站的引水隧洞的建设。与此同时，各单位还对光爆锚喷理论、设计方法、施工机具、材料性能检验方法，以及在各类工程中的应用技术等一系列课题，进行了大量的科学研究，积累了许多宝贵的资料。

为了全面系统的总结推广光爆锚喷的经验，进一步加速矿山和地下工程的建设，国家建委、煤炭部于一九七八年十月九日至十八日在安徽淮北煤炭基地召开了全国光爆锚喷施工技术经验交流会议。会上交流了有关经验资料八十多篇，讨论了发展光爆锚喷的科研规划，研究了光爆锚喷机械化配套的措施等等。这次会议将对光爆锚喷技术的飞速发展起到积极地推动作用。

为加强科技情报的交流，积极推广和发展光爆锚喷新技术，会议决定由国家建委、煤炭部、冶金部、水电部、铁道部、一机部等单位负责编写《光爆锚喷技术汇编》。会后组成了汇编小组，选编了内容丰富、行之有效的经验资料60篇，其中包括光爆锚喷综合论述、施工技术、锚喷机具和理论研究等。汇编工作由王传久、邓日安、朱效嘉、林增禧、刘怀恒、阮书期、顾则仁、苏自约、陈新万、宋云龙、张立群等同志整理。

本汇编除可供有关矿山和地下工程的生产、建设、设计、科研工作者和大专院校师生参考外，也可作为施工单位举办光爆锚喷训练班和技术培训的教材。随着我国国民经济的发展，光爆锚喷新技术必将在一个较短的时间内有一个大发展、大提高、大突破，在向四个现代化进军的新长征中作出新贡献。

目 录

一、综合论述

光爆锚喷技术在煤矿中的应用·····	煤炭工业部基本建设局(1)
光爆锚喷在冶金矿山井巷工程中的应用·····	冶金部锚喷支护技术推广小组(6)
光面爆破和锚喷支护在铁路隧道工程中的应用 ·····	铁道部光爆锚喷支护推广试验小组(12)
锚喷技术在水电工程中的应用·····	水利电力部电力基建司(16)
光爆锚喷在朱仙庄矿井的应用·····	淮北煤炭基地建设指挥部71工程处(21)
推广光爆锚喷的做法·····	徐州矿务局(27)
锚喷支护抗震性能调查·····	开滦煤矿(33)
北宿矿井锚喷化技术总结·····	兖州煤炭建设指挥部第一工程处、 兖州矿务局设计室(39)
破碎松软围岩锚喷支护的实践与认识·····	冶金部建筑研究院(52)
不稳定围岩隧道的锚喷支护·····	铁道部昆明铁路局、铁道部第一工程局、第二工程局(61)
锚网支护在不良地质条件下人防工程中的应用 ·····	江苏省南京市人民防空领导小组办公室(73)

二、施工技术

光爆锚喷在松软地层的初步实践·····	·····淮南煤炭基地建设指挥部第96工程处、潘集一号井软岩支护攻关小组(81)
土层锚杆的应用·····	铁道科学研究院、00063部队(87)
预应力锚索·····	水电部东北勘测设计院、黑龙江省第三建筑公司(93)
真空压力灌浆锚杆的研究与应用·····	四川省电力局第三工程公司(98)
冠山立井主井锚喷支护·····	北票矿务局基本建设工程处(105)
锚喷技术在竖井工程中的应用·····	邯邢基地冶金矿山建设指挥部(112)
主井缓冲煤仓光爆锚喷的施工·····	淮北矿务局(119)
锚喷支护在电耙巷道中的应用·····	中条山有色金属公司(125)
大型机电峒室光爆锚喷支护·····	开滦马家沟矿(129)
光爆锚喷在地下水封石洞油库建设中的应用·····	商业部基建局(133)
锚喷和裂隙注浆在地下水封石洞油库工程中的配套使用 ·····	石油部地下水封石洞油库建设公司(139)
深孔光爆在地下油库大断面掘进中的应用·····	石油部地下水封石洞油库建设公司(148)
光面爆破在人防工程中的应用·····	徐州市人民防空领导小组办公室(153)
光面爆破在皇后岭隧道施工中的应用·····	铁道部第三工程局科研所(158)

- 光面爆破在回采进路掘进中的应用…… 武钢程潮铁矿无底柱分段崩落法攻关队(161)
 用火雷管进行光面爆破的试验研究…… 青岛市人民防空领导小组办公室(166)
 三至四米深孔光爆施工工艺探讨…… 中国矿业学院光爆组、
 开滦煤矿基本建设处、开滦马家沟矿(174)
 隧道施工中喷射混凝土防尘工作的研究…… 铁道部第三工程局(179)

三、锚 喷 机 具

- MGJ-1型锚杆打眼安装机…… 煤炭研究院北京研究所 广东省煤矿机械厂
 山东新汶协庄煤矿(183)
 WG-ZL-1型混凝土喷射机组研制概况 …… 焦作矿业学院、(186)
 长广煤矿公司、焦作矿务局
 锚喷机具研制及使用…… 萍乡矿务局(196)
 ZHP-2型转盘式混凝土喷射机的研制和试验…… 第十五冶金建设公司、
 长沙矿山研究院(200)
 冶建76型干湿两用混凝土喷射机…… 十五冶四井巷公司、冶金部建筑研究院(205)
 HLF-5型湿式混凝土喷射机和HL-2型混凝土搅拌机简介…… 鹤壁矿务局(209)
 QPS-II型汽车式喷混凝土机械手简介 …… 上海水工机械厂(215)
 介绍KBYH10/7防爆型移动式空气压缩机 …… 衢州机械厂(219)
 异径葫芦管预加水在喷射混凝土中的应用…… 蒲白矿务局马村煤矿(221)

四、测试仪表及方法

- 影响喷射混凝土质量的配比条件及质量检定方法 …… 西安矿业学院
 李赤波、甘武宝(224)
 新建铁路隧道锚喷支护实体结构试验…… 铁道部科学研究院铁建所隧道室(229)
 对围岩与锚喷支护相互作用的长期观测…… 铁道部科学研究院铁建所隧道室(235)
 围岩松弛带和光爆、锚喷支护效果的声波测试… 铁道部科学研究院西南研究所(242)
 应用“超声波围岩裂隙探测仪”测试锚喷巷道围岩松动圈……
 …… 煤炭部淮南潘集一号井软岩支护攻关组、
 淮南煤炭基地会战指挥部第九十六工程处、
 淮北煤炭基地会战指挥部第七十一工程处、
 辽宁省煤炭研究所(252)
 锚喷支护的围岩位移量测技术及其数据应用…… 马鞍山矿山研究院喷锚支护组(265)
 用光弹方法量测锚喷支护回采进路的围岩应力…… 北京钢铁学院采矿教研室(272)
 激光隧道断面仪…… 昆明铁路局勘测设计所(280)

五、理 论 研 究

- 不同爆破方法对隧道围岩稳定性的影响…… 铁道部科学研究院西南研究所(286)
 立井深孔光爆几个问题的初步研究…… 山东矿业学院 胡 峰(293)
 对空隙效应原理的探讨…… 西安矿业学院 王廷武(300)

岩石力学与锚喷支护机理·····	北京钢铁学院 于学馥(304)
锚喷支护的作用原理和设计原则的探讨·····	铁道部科学研究院西南研究所(310)
锚喷支护整体加固井巷的设计方法·····	中国人民解放军89002部队(326)
锚喷支护巷道围岩应力分析·····	西安矿业学院 刘怀恒(339)
松软围岩中隧道锚喷支护模拟试验·····	铁道部科学研究院西南研究所(360)
软岩巷道喷射混凝土支护相似材料模拟试验··	西安矿业学院 何唐镛、周西平(365)
碧口水电站调压井高边墙岩体稳定分析及锚喷支护····	水利电力部第五工程局(372)
圆形有压隧洞锚喷支护参数选择·····	水电部东北勘测设计院科研所 严克强(391)
岩石力学参数 C 、 ϕ 值对峒室稳定影响的探讨·····	水利电力部基建司 宋云龙(400)

六、新 型 材 料

树脂锚杆的试验研究和在煤矿中的应用·····	煤炭科学研究院北京研究所 淮南矿务局(405)
喷射水泥·····	西安矿业学院、淮南煤炭建设指挥部(413)

一、综合论述

光爆锚喷技术在煤矿的应用

煤炭工业部基本建设局

(一)

长期以来,我国煤矿井巷施工一直沿用木支架、混凝土支架、金属支架、料石砌碛和混凝土砌碛等几种传统的支护形式。其结果材料消耗多、速度慢、成本高、维修困难、劳动强度大,远远不能满足井巷快速施工和煤炭工业日益发展的需要。从一九五六年起,鹤壁、资兴、大同、京西等矿区开始在一些岩石条件比较好的巷道采用锚杆喷浆支护,以后逐步有所发展。特别是打倒“四人帮”后,大大激发了煤矿职工建设社会主义的积极性,极大的解放了生产力,锚喷支护技术有了迅速的发展。现在锚喷支护不但用于比较稳定的岩层中,而且用于断层破碎带、松软岩层、有底鼓、受强烈动压影响的巷道,不但用于平巷,而且在大峒室、斜井、半煤岩巷中都已大量推广,从过去在一个矿井中局部推广逐步发展到全矿井锚喷化。从锚喷数量来看,从一九五六年到一九七六年二十年时间里,由试验到推广共锚喷井巷1800公里。而一九七七、一九七八两年共锚喷井巷2200公里,超过了过去二十年的总和。

为了更好地推广锚喷支护,从一九六五年开始进行了光面爆破试验。一九七三年起又组织了开滦煤矿、四川矿院等单位在现场进行了试验使用,获得了较好的效果。这几年来,已经逐步向全国煤矿推广。实践证明,光面爆破是锚喷的基础,它与锚喷联合支护能够更有效的加固围岩,保护围岩稳定不受破坏,是提高支护效果,保证工程质量的有力措施,在全国煤矿得到越来越广泛的应用。

(二)

大量实践证明,光爆锚喷支护技术先进,经济合理,安全可靠,是煤炭工业井巷支护的一项革命,是加快建井和掘进速度,多快好省地发展煤炭工业的一项重大技术措施。

光面爆破巷道成形好,爆破的岩面平整光滑,围岩的破坏小,有利于保持围岩的稳定性。锚喷支护突破了一切旧的支护形式和支护理论,它把消极的、被动的支护形式变为积极的、主动的支护形式,可以最大限度地保持围岩的稳定性、完整性,控制围岩的力学形态变化,限制岩石的风化、变形、位移和裂隙发展,充分发挥岩体本身自承作用,把围岩从荷载变为承载,这是光爆锚喷的最大特点,也是大大优于其他支护形式的根本所在。

光爆锚喷进度快、效率高。光面爆破可减少超挖,少出矸石百分之十五左右,可提高爆破效率,施工中虽然要多打几个周边眼,但是综合进尺可以加快。开滦马家沟矿采用光

面爆破创造了上山月进 560.8 米及下山月进 378.4 米的好成绩。锚喷支护省去了繁琐的立模、拆模，还可以紧跟迎头，取消临时支护这一工序；节约大量钢材或木材；操作简单、方便、省力，比砌碛支护快两三倍。湖南、铜川煤炭基建公司等单位多次创斜井世界纪录，最高月进达 705.3 米，湖南五处创立井月成井 174.82 米的全国纪录，以及近几年全国煤矿创出的快速掘进好成绩，几乎都是采用锚喷支护。光爆锚喷支护减少了辅助工序，简化了工艺，并减轻了笨重的体力劳动。据开滦、湖南五处等单位统计，在井巷快速施工中，如用料石砌碛，每个工人每班要搬运料石一万多斤，而锚喷支护劳动强度大为降低。从施工效率来看，平巷中锚喷支护工效为 0.2~0.35 米/工，每米成巷 3~5 个工，而料石砌碛工效 0.05~0.07 米/工，每米成巷要 15~20 个工，锚喷支护比料石砌碛工效提高了三至四倍，工时减少了百分之七十五至百分之八十。

光爆锚喷质量好、强度高、安全可靠。鹤壁矿务局四矿二水平车场围岩松软，压力大，曾采用三种支护形式。经过一年的考验，钢筋混凝土支架，折断百分之九十以上，砌碛巷道大部分压垮，而锚喷支护只有局部砂浆掉皮。唐山地震后，曾对开滦煤矿井巷进行了震后调查，共调查岩石井巷 13804 米，其中光爆锚喷支护 4515 米，震后完好率百分之九十五，砌碛巷道完好率为百分之八十五。破坏严重，不经翻修不能使用的，光爆锚喷为百分之一点七，砌碛为百分之四点五。有些单位在断层破碎带、动压区、底鼓巷道、冒顶区等比较困难的条件下，采用旧的支护形式都有不同程度的破坏，而采用锚喷支护则获得了成功。如鸡西矿务局穆棱矿在相距不到 200 米的两条巷道和一个绞车峒室施工中，都穿过了落差 50~60 米的断层破碎带，跨度 9 米的绞车峒室，用钢丝绳砂浆锚杆、喷 100~200 毫米厚的混凝土支护，效果良好。而宽 3.5 米的两条巷道，一条采用钢筋混凝土支架，棚距一米，结果断梁折柱，只得全部用锚喷翻修。另一巷道用密集木棚，经过两年，梁柱折断，顶帮塌落。鹤壁矿务局在受强烈动压冲击的巷道中，旧的支护形式都压坏了，但用锚喷支护的 22 条全长 4.8 公里的巷道，已施工四年，分别经过 1~8 次动压冲击，其中完好无损的 1.55 公里，占百分之三十二点二；基本完好，不需修理的（局部有裂缝）13.28 公里，占百分之六十七点二；破坏了的只有 0.03 公里，占百分之零点六。以上所举的例子，尤其是唐山强烈地震对开滦煤矿井巷锚喷支护的严峻考验，雄辩地说明了锚喷支护优于其他的支护形式，也说明了锚喷支护的安全可靠性。

光爆锚喷省材料，成本低。根据徐州矿务局统计，一九七三年八月份以来，锚喷支护的 150 公里各类井巷，共节省坑木一万五千多立方米，钢材四千多吨，为国家节省资金二千三百多万元。在一般情况下，锚喷与砌碛巷道相比较，支护厚度减少一半，还节省了临时支护所需的钢材或木材，掘进断面减少百分之十至十二，成本降低百分之三十左右。

总之，光爆锚喷具有快速、优质、安全、高效、低耗等优点，便于向机械化自动化发展。当前光爆锚喷在煤炭系统发展很快，使用量越来越多，应用范围越来越广，材料不断革新，机具逐步配套，工艺不断改进，机械化程度不断提高，正以更快的速度向井巷光爆锚喷化进军。

(三)

十几年来，我们是怎样推广、使用光爆锚喷支护的呢？

一、加强领导，坚定信心

光爆锚喷在煤炭系统能够取得迅速的发展，是广大煤矿职工在党的领导下，坚持建设社会主义总路线，大胆创新，勇于实践，讲求科学，并不断克服“不敢搞”的保守思想、“不想搞”的懒汉懦夫思想，以及“不能搞”的唯条件论等错误思想，战胜了许多困难，终于使光爆锚喷取得较快的发展。在刚开始推广光爆锚喷时，阻力很大。有些同志持否定态度，认为光面爆破要多打眼，技术要求严，影响施工进度。有些同志认为锚喷不顶用，安全没把握、质量没保证。有些同志抓住操作技术不熟练造成质量上的某些缺陷就横加指责，说什么“还是砌碛保险，搞锚喷危险”。当锚喷支护的井巷出现点裂缝时，就立即给予否定。以后，在一些巷道峒室应用成功了，有的同志还是抱怀疑态度，认为小断面行，大断面不行；坚硬稳定的岩石中行，松软破碎的岩石不行；一般巷道中行，设备峒室中不行；静压区行，动压区不行；现在看行，过一段时间就会被压垮等等。总之，对锚喷支护缺乏信心。

广大煤矿职工，特别是掘进工人和现场技术人员勇于担重担。很多同志说：“只要方向对头，就坚决干到底，我们心里想的是加快社会主义建设步伐，任何困难都不怕”。“行不行，靠实践来检验。我们要敢想敢干敢革命”。大家一条心，一股劲，在各种条件下不断地试验推广、应用，取得了较好的效果。

光爆锚喷推广的好坏，领导态度确是一个关键。只要领导决心大，光爆锚喷就推广得好。比如，湖南煤炭基建公司在青山立井采用喷射混凝土支护时，在井筒中间遇到了23米长的长兴与大冶灰岩交界破碎带，有淋水及夹泥，岩石破碎得像豆腐渣。当时有的同志主张料石砌碛比较保险，有的同志认为可用锚喷支护作实验。两种意见一时统一不起来，领导在认真听取国内外经验之后，主张大胆进行试验，并组织研究了技术措施。结果用锚杆和喷射混凝土顺利地通过了破碎带，至今已经九年，经受了两次淹井考验，井筒仍保持完好。抚顺矿务局龙凤矿在施工断面为72平方米、长19米的斜井皮带机头峒室时，也是两种分歧意见。矿领导对这一问题非常重视，亲自组织设计、施工、工程管理和机电部门的技术人员、老工人和干部，深入现场调查研究，倾听各方面意见，决定采用锚喷支护，只用了三个月的时间就搞完了这项工程，比计划提前五个月，质量达到一级品。又如，刚开始推广锚喷支护时，不但施工现场、设计单位有阻力，部里意见也不统一，争论比较大。一九六八年底我们在大同锚喷训练班后，要下达推广锚喷支护五项规定的通知，但由于部内意见分歧，有的部门，认为锚喷作临时支护凑合，当作永久支护是个问题，致使通知两三个月发不下去。以后经过几个点的试验，效果很好，没有出什么问题，实践统一了认识，认定了这是支护改革的方向。部领导很重视这项工作，亲自动手抓，成立了由各司局负责人组成的光爆锚喷领导小组，全面负责煤炭系统的光爆锚喷规划、组织技术传播队、举办训练班、加强科研及材料设备的生产和供应工作。

上述情况说明，要使光爆锚喷推广、巩固、提高，必须要解决好各级领导同志对光爆锚喷的思想认识，必须培养一批对光爆锚喷信心足、困难面前冲得上的骨干力量，这样，光爆锚喷才搞得好的，推广得开，取得较好的效果。

二、虚心取经，培养典型

煤炭系统从一九六六年起，开始利用双罐式喷射机搞喷射混凝土。为了提高技术，我部于一九六七年春组织六盘水、平顶山、大同、辽宁、四川等重点矿区到本溪南芬铁矿泄水隧洞锚喷现场参观学习。南芬铁矿的岩石情况和煤矿相似，喷射混凝土又搞得较好。在兄弟单位的热情帮助下，我们在大同办了训练班，有十多个单位近五十名同志学会了喷射混凝土操作技术。在立井锚喷支护中，乌达矿务局五虎山风井首先使用了，效果很好。但有的同志认为这是风井，而且井筒浅，在深井和主付井中就不一定保险。我部又组织平顶山、辽宁基建局的“三结合”小组去铜陵凤凰山矿学习，他们在五百多米的付井中成功地使用了锚喷支护。通过学习解放了思想，在深井和主付井中也能推广使用。一九七六年末建成了我国煤矿第一对锚喷化矿井——兖州北宿矿井。

在推广光爆锚喷工作中，首先抓住先进单位的经验就及时召开现场会，大力推广他们的先进经验。然后在集中各单位经验的基础上，形成文件，制订法规，普遍施行。我部一九七四年曾以 416 号文发出《关于在井巷工程中推行锚喷支护的通知》，这个通知明确了锚喷支护的发展方向，并提出了使用好锚喷支护的具体要求。一九七五年根据国务院〔1975〕13号文批转的国家计委《全国技术革新经验交流会综合简报》的指示精神，以224号文发出了包括锚喷和光面爆破的《关于大力推广井巷施工五项技术革新的通知》，通知强调了光爆锚喷在煤炭系统必须全面推广。这些文件既表现了部里的决心，又提出了推广光爆锚喷一些方针、政策和具体措施，有效地进一步推动了光爆锚喷的更快发展。

我们组织了基建、生产单位和科研院校的工程技术人员编印了《光爆锚喷训练班讲义》、《光爆锚喷经验汇编》，组织编印了国内外有关情报，出版了这方面的书籍和文章。为了使光爆锚喷技术在井巷设计、施工中广泛采用，并保证设计和工程质量的需要，还组织施工、设计、科研单位，调查研究，编制了《煤矿井巷工程锚杆、喷浆、喷射混凝土支护设计试行规范》和《煤矿井巷工程光面爆破、锚杆、喷浆、喷射混凝土支护施工试行规程》，代替了原燃化部制订的《煤矿井巷工程施工质量标准与检验评级暂行办法》中有关锚杆、喷浆、喷射混凝土支护质量标准部分，把光爆锚喷有关设计、施工、质量方面的技术规定用部颁文件固定下来。

三、大造机具，提供手段

在锚喷支护的发展过程中，材料设备是物质基础，起着不可忽视的作用。要想大面积地推广，必须用很大的力量来解决材料设备的供应。从一九六五年起我们组织有关单位，每年生产几十台到百台左右的双罐式混凝土喷射机，还试制了上料机。一九七六年又鉴定定型了转子Ⅰ型、转子Ⅱ型喷射机等等。现在这些机具每年已能较大批量的生产，初步满足了施工需要。速凝剂原来使用的是鸡西生产的红星Ⅰ型。由于锚喷应用面越来越广，纯碱来源又困难，远远满足不了施工的急需，我们立即组织试制成功了以土碱为主的速凝剂。到目前已发展到十二个厂生产，不但满足了我部的需要，还支援了兄弟单位。

我们还研制成功了搅拌机、锚杆打眼安装机、树脂锚杆、喷射水泥、锚杆拉力计、超声波围岩松动圈测定仪和双水环预加水异径葫芦管等等，有的已安排批量生产。这些都为我部光爆锚喷的大发展提供了物质基础。

四、培养骨干，提高技术水平

为了广泛深入地推动光爆锚喷新技术，从一九六八年，起，我部曾先后召开了多次光爆锚喷经验交流会和举办了锚喷技术培训班。特别是一九七五年，在广东梅田矿务局，河南鹤壁矿务局和河北柳江煤矿连续开了三次全国性大型会议，共有1400多人次参加，并邀请了中国科学院、冶金、铁道、水电等部，工程兵、铁道兵、同济大学等有经验的兄弟单位到会传经送宝。这几次会议，交流了各单位光爆锚喷的先进经验，座谈了一些专业技术问题，安排了若干技术攻关课题，脚踏实地，效果很好。

针对有些地方因工人操作水平低而造成回弹高、喷不厚、常堵管等情况，先后举办了二十多期光爆锚喷技术培训班，接受培训的工人有2000多人次，培养了一批骨干，使光爆锚喷技术的发展有了更广泛的群众基础。一九七四年又在全国煤炭系统分六大区组织了对口的光爆锚喷观摩调查组，既传播了经验，又调查了推广情况和问题，既做了宣传，又造了声势，使部里和各省区做到了心中有数，解决了存在问题，加快了前进步伐。我们还组织了光爆锚喷搞得比较好的开滦、徐州等矿务局组织技术经验传播队，到一些新区和推广较慢的单位去传播技术，这对推广光爆锚喷起了很大的推动作用。如大屯和淮北基地刚开始推广速度较慢，传播队去后，深受矿区领导和广大职工的欢迎。通过地面讲技术课，井下实际操作，工人很快掌握了技术，迅速推动了矿区的光爆锚喷，现在这些矿区的一些单位如钢铁掘进队、猛虎掘进队、七十一工程处，成了后起之秀。

科学理论来源于实践，又反过来指导实践。在科研方面，我部组织了科研、院校、施工现场大搞光爆锚喷科研工作，并取得一些成果。有关煤炭科学研究所，通过对一些矿区的实测，初步掌握了某种特定条件下矿山压力显现的规律。兖州煤炭指挥部与西安矿院合作在北宿矿井进行的锚喷支护整体加载实验，以及西安矿院有限单元法对锚喷支护巷道围岩应力和喷射混凝土厚度进行分析，均取得一定成果；三部立井光爆小组与山东矿院、邯邢指挥部在万年立井研究试验四米深孔爆破已获得成功；四川矿院和开滦煤矿、徐州矿务局等单位研究中深孔光面爆破和锚喷支护围岩应力测定，成效较大；煤炭科学研究所和淮南、鸡西矿务局共同研制的饱和聚脂树脂药包已经在井下大量使用，效果良好；鹤壁矿务局、山东矿院实习工厂等几个单位研制的几种湿式喷射机正在井下试验；西安矿院研制的液体速凝剂和喷射水泥，具有速凝、早强、不降低喷射混凝土后期强度的特点；锚喷机械化作业线正在组织配套；淮南煤炭学院在淮南潘集一号井松软岩层中的支护攻关已取得一定成效等等，都为下一步更快、更好的发展光爆锚喷创造了条件。

几年来，光爆锚喷在煤炭系统虽然取得一定的成绩，但也存在不少薄弱环节，譬如发展不够平衡，光爆推广的面还不广，锚喷的机械化程度不高，喷射混凝土的搅拌、上料大多数仍是人工操作，使用机械手喷射的工作面不多，锚杆打眼安装的专用机具也很少，光爆锚喷理论研究不够。这些都有待于认真改进，为加快煤炭工业高速度发展做出贡献。

光爆锚喷在冶金矿山 井巷工程中的应用与发展

冶金部锚喷支护技术推广小组

早在五十年代，单一的锚杆支护就在少数几个冶金矿山中用作巷道临时支护和采场支护，但用量很少。一九六五年，冶金建筑研究院同第三冶金建设公司井巷公司协作，研究成功喷射混凝土机械和工艺。继此之后，喷射混凝土与锚杆相结合的支护方法，在冶金矿山中就迅速发展起来。从1966年起至1974年，我部曾先后在鞍钢弓长岭铁矿、南京梅山铁矿、湖北黄石十五冶金建设公司，召开了四次锚喷支护现场经验交流会。1975年，我部还发出了《关于在冶金矿山广泛采用锚喷支护的通知》，通知中肯定了锚喷支护是一种先进的、行之有效的井巷支护方法，为多快好省地进行井巷支护开辟了一条新的途径，对加速矿山建设具有重要意义，要求在全国冶金矿山（特殊地段除外）全面推广。近几年来，还组织了锚喷支护的技术训练班和技术服务队，这些都推动了锚喷支护的发展。到目前为止，这项技术已在全国大部分省市自治区的一百余个冶金矿山的平巷、竖井、峒室、泄水隧洞，塌落冒顶区抢险处理中应用，受中深孔爆破震动影响的采矿巷道等各类工程中广泛采用，支护的井巷总长度近300公里，特别是近两年来的支护总量约相当于前十年的支护总和。并出现了像梅山铁矿、十五冶金建设公司、十四冶金建设公司、江苏冶山铁矿、攀矿三井巷公司、中条山有色公司和湖南湘东铁矿等一批基本实现支护锚喷化的单位。现在，我们不少冶金矿山的基建、生产单位，已建立了一定数量的锚喷专业队伍，已拥有喷射机500余台，并安排了专门工厂组织批量生产，不用碱作原料的速凝剂的自给问题也正在获得解决。我部有三个专业科研机构设置了锚喷支护研究组，他们同广大群众相结合，组成了冶金矿山锚喷支护科研大军，十多年来对锚喷支护的加固机理、设计方法、机械工艺、材料特性、检验方法及锚喷支护在各类工程中的应用技术等一系列课题进行了研究，取得了一个又一个新成果。在大量工程实践和科学研究的基础上，还编写了井巷喷射混凝土支护丛书和制定了有关规程规定。综上所述，无论在组织上，技术上，物质条件上，我们冶金矿山战线已经初步形成了自己的锚喷支护专业队伍和科研力量，冶金矿山的广大职工正在今后几年内实现冶金矿山井巷支护锚喷化而努力奋斗！

冶金矿山大量工程实践表明，采用锚喷支护可以大大加快成井成巷速度。它同传统的普通捣制混凝土支护相比，可以减薄支护厚度 $1/2 \sim 2/3$ ，减少岩石开挖量 $10 \sim 15\%$ ，加快支护速度 $2 \sim 4$ 倍，节约劳动力 50% ，省去了临时木支架和节约了全部模板木材，节约混凝土 40% 以上，降低支护成本 30% 以上。如梅山铁矿在一期工程中采用锚喷支护的井巷总长度达15公里，减少岩石开挖量2万多立方米，节约木材4000多立方米，节约水泥2800多吨，节约投资230万元。十五冶四公司在金山店铁矿建设中，采用锚喷支护的井巷总长度达12公里，节约木材3000立方米，水泥2100吨，节约投资150万元。冶金矿山每年需要支护的近500公里的井巷工程，如能基本（按 80% 计）实现锚喷化，每年可节约木材18万立

方米，水泥10万吨，资金近一亿元，还可少挖相当于40公里的井巷岩石量。特别是由于锚喷支护能紧跟掘进工作面施工，它可以及时控制围岩的松动和塌落，这对生产更为安全可靠。锚喷支护能实现机械化施工，这就使工人从繁重的体力劳动中解放出来。总之，锚喷支护在经济上是合理的，技术上是先进的，质量上是可靠的。它正以简便的工艺、独特的效应、经济的造价、广阔的用途，向人们显示出旺盛的生命力，必将在加速矿山建设中发挥愈来愈大的作用。

近几年来，冶金矿山锚喷支护在应用范围、施工机具、施工工艺、设计方法等方面都有了新的发展。主要表现在：

一、锚喷支护的应用不断扩大

首先，锚喷支护在不良地质条件中应用有了明显的发展。

十五冶在金山店铁矿运输巷道施工中，地质条件复杂、节理裂隙发育、围岩局部呈高岭土化、绿泥石化，稳定性差，极易风化潮解，采用传统支护，曾接连发生十九次冒顶，其中处理一次高达10.5米的冒顶事故，耗费钢材8吨和木材40立方米，用一个月时间才进尺5.5米。永久支护结构虽采用密集式钢木支架，并浇筑400毫米厚的双层钢筋现浇混凝土，仍不免出现严重开裂，发生侧墙内位移达10多厘米和巷道底板隆起的现象。后来，采用喷射混凝土紧跟掘进工作面，及时封闭岩面，阻止围岩松弛，随后安设锚杆、钢筋网，进行二次喷射，并同时用钢筋混凝土封底，顺利地通过了这段地质条件复杂的巷道，使成巷速度由原来的每月20余米提高到80多米。

江苏冶山铁矿和梅山铁矿大量的井巷工程穿过极度破碎的绿泥石化、高岭土化、叶腊石化安山岩、绿泥石砂卡岩、松软的凝灰角砾岩和强风化花岗闪长岩等不良岩层，广泛采用了锚喷网联合支护和锚喷联合支护，喷层厚10~15厘米，锚杆长1.5~1.8米。几年来，这两个矿在地质条件较差、总长度达十公里的巷道中采用锚喷支护，绝大部分效果良好，大大地加快了矿山建设速度。

山东张家洼铁矿是大型地下矿山，很多巷道开挖在埋深400米以下的第三纪粘土质粉砂岩中，这种岩层结构松软，强度低，吸水后体积膨胀达3~32%，通过调整断面形状，采用光面爆破，随掘随喷，选择适宜的二次喷射时间和锚喷结构参数，用锚喷作永久支护，取得了初步的进展。

河北邯邢冶金矿山建设指挥部在北洺河竖井建设中，用分层分区开挖、超前锚杆、喷网结合等新工艺，闯过了7米厚的含水砂砾层。

金川矿区地质构造复杂，围岩极为破碎，且有很大的构造应力（高达500公斤/厘米²），巷道开挖后极易塌冒，且有严重的底鼓现象，过去曾用预制混凝土块和整体钢筋混凝土支护等，但一直没有解决支护问题，成为矿山投产的“拦路虎”。去年，他们开始在已无法掘进并停止施工近三年的1250中段控制性工程中，试验采用锚喷支护，取得了初步成效，显示了在特殊复杂的地层中锚喷支护的优越性。

其次，在大型峒室工程中，光爆锚喷配套技术，获得全面推广。

矿石粗破碎峒室，是冶金矿山最大的峒室工程，跨度一般为10~15米，边墙高，同主

井、溜井相连，是处于复杂应力状态下的地下工程，传统支护形式都是整体钢筋混凝土支护。自1966年开始在峒室工程中试验应用光爆、锚喷支护技术获得成功以来，目前在中等稳定或稳定性较差的地层里开挖峒室，都普遍应用了光爆锚喷技术，取得了良好效果。

梅山铁矿粗破碎峒室，宽10.5米，高13.3米，长26.6米，峒室部分处于高岭土化安山岩中，稳定性较差。采用光面爆破和厚15厘米的锚喷网联合支护，比原设计现浇钢筋混凝土支护节约投资5万多元。使用六年来，对拱部下沉、边墙位移观测表明，峒室是稳定的。十五冶在湖北金山店铁矿主井粗破碎峒室施工中，也成功地应用了光爆锚喷技术。仅用188天时间就完成了峒室5400立方米的岩石开挖和锚喷支护，比原设计采用现浇钢筋混凝土支护提前半年完成了任务。

冶金矿山的其他重要峒室工程，如井下变电所、水泵房、电机车修理库等，也都采用了不同形式的锚喷支护。去年，梅山铁矿在6吨井下炸药库锚喷支护施工中，采用壁后稻草绳导水、双水沟、喷层表面加喷防水砂浆等措施，底板也作了防潮处理。交付使用后，水沟里可以看到流水，而巷道、峒室均保持干燥，边墙和拱部无水流或潮湿现象，符合使用要求。它与另一个同类型采用整体浇灌混凝土支护的井下炸药库比较，缩短支护工期2/3，节约投资3万多元。

此外，锚喷支护在受动压影响的采矿巷道中应用，也取得了新的成效。

冶金矿山的采矿巷道要经受反复的爆破震动影响，旧有支护结构很不适应爆破震动的冲击。如安徽铜官山铜矿、山西中条山铜矿和辽宁红透山铜矿采场底部的电耙巷道，虽采用了钢筋混凝土支护，但还是经常发生破坏，处理十分困难，影响了开采工作的正常进行。这些单位，近年来在数百条电耙巷道中大量采用锚喷支护，均经受了生产考验，满足了生产要求。不仅减少了电耙道的维修工作，更重要的是保证了矿石的正常开采。铜官山铜矿5米中段电耙道曾经受了一次14吨炸药的采矿爆破，结果，大部分厚30~50厘米的钢筋混凝土支护均遭不同程度的破坏，而地质条件和工作条件近似的厚15~20厘米的配筋喷射混凝土支护部分则依然完好。在中条山铜矿，还对已发生破坏的整体混凝土支护的电耙道使用锚喷加固，经大爆破考验，无任何破坏。

武钢金山店铁矿和程潮铁矿的采矿进路，处于块状、条带状和粉末状构造混杂的矿体内。原采用金属棚加背板支护，回采爆破后，经常发生棚子坍塌，顶板冒落，严重地影响了回采工作，使矿石贫化，损失增加。以后采用厚5~10厘米的喷射混凝土和长1.5~1.8米的锚杆联合支护，反复经受切割槽爆破和回采爆破的考验，虽距门头5~8米范围内，喷层出现局部开裂和剥落，但基本上保证了采矿进路的稳定性，能满足正常回采的要求，这样既提高了矿石回收率，又降低了支护成本。

实践表明，在受采矿爆破震动影响的巷道里，锚喷支护是一种很有效的支护形式。

二、新工艺、新机具日益发展，加快井巷建设速度

广东十六冶金建设公司井巷公司和安徽铜陵井巷公司在直径分别为5.5米和6.1米的竖井施工中，采用快速掘进和锚喷支护配套技术。喷射混凝土施工设备均布置在井口地面，混合料通过垂直钢管运至喷头处，喷射手在吊盘上操作，遇不良围岩，锚喷作业紧跟掘进

迎头，省去了临时井圈和背板，大大加快了成井速度，分别夺得了月成井120.1米和115米的好成绩。十六冶金建设公司在竖井施工中，连续三个月突破了月成井百米的大关，创造了冶金矿山建井史上的新纪录。

云南十四冶十一井巷公司在巷道施工中，采用地表三台400公升的搅拌机集中拌料，侧卸式自溜运料车运料，四台单罐喷射机分区作业的机械化作业线，12天用喷射混凝土支护巷道2039米，使工班效率由机械化前的0.5米提高到1.0米。

长沙矿山研究院等单位研制的ZHP-2型转盘式喷射机，为干喷机增加了新型号。这种喷射机体积小，机身矮，重量轻，操作方便，出料均匀，特别是易损橡胶板仅为HP30-74型的1/6，具有广泛的发展前途。该喷射机在冶山铁矿和金山店铁矿应用后，证明性能良好，深受用户欢迎，已于1977年作了技术鉴定，现已批量生产。

冶金部建筑研究院和十五冶研制的冶建-76型湿喷机，是干湿两用的风动型罐式喷射机，上罐为搅拌罐，下罐为工作罐。搅拌罐和受料斗及搅拌罐和工作罐之间采用球形阀密闭。该设备在金山店矿的工业试验表明，它可以满足水灰比为0.4~0.43的混凝土喷射的工艺要求。经过反复测定，湿喷法的粉尘浓度（喷嘴处）比在同样条件下的干喷法可降低44%左右，强度则比干喷提高15%，湿喷法回弹也较小，在无速凝剂条件下，喷射侧墙平均为8.8%，喷射拱部平均为13.6%。

三、大搞科学实验，为设计采用锚喷支护 提供了科学依据

关于喷射混凝土、锚杆加固围岩、提高围岩自承力的作用问题，我部有关单位进行了一系列试验。马鞍山矿山研究院在炭质千枚岩巷道中，采用压力枕加荷，进行了锚杆加固围岩的实体荷载试验。宽2.4米、高1.2米的炭质千枚岩试体，本身的承载力达2500~3400吨（530~710吨/米²），用10根锚杆加固后，极限承载力达4400吨，锚杆群提高了围岩的结构强度，相当于形成了一个加筋的岩石拱结构。

冶金部建筑研究院曾进行了用钢筋砂浆锚杆加固不稳定岩层拱的试验。模拟的不稳定岩层由34块大小不等的块件拼成混凝土拱，跨度为2米，截面为20×30厘米。由于拱端顶紧，在上部四点集中荷载作用下，承载力达7.5吨。采用钢筋砂浆锚杆加固后，其承载力达50吨，比未加固的不稳定拱提高了近6倍；在5吨荷载时拱中挠度为未加固的1/7.5。上述的模拟不稳定岩石拱，喷上10厘米厚的混凝土，其承载力比未加固的提高了近9倍，在5吨荷载下拱部的挠度仅为未加固的1/22。

这些试验表明，喷射混凝土或锚杆对于抑制围岩变形，提高围岩整体刚度，加强围岩结构强度的作用是十分明显的。

我部建筑研究院、马鞍山矿山研究院等单位还分别同十五冶、梅山铁矿、张家洼工程建设指挥部一起，对喷射混凝土支护及锚喷联合支护的力学形态（变形、喷层切向应变、锚杆应力、围岩松弛的发展变化等）进行了长期观测。通过观测，为认识锚喷支护作用，确定不同地质条件下适宜的锚喷支护参数，监视和判断锚喷支护的稳定可靠性，提供了不少实用资料。

1975年,我部还组织有关设计、施工、科研单位和院校组成锚喷支护调查组,对十二个冶金矿山穿过不同地质条件的竖井、巷道、峒室、铁路隧道、通水隧洞、采矿巷道的锚喷支护工程进行了深入调查。调查结果表明,这些一般经历三至九年生产使用考验的工程,98%质量是良好的。个别地段由于结构参数选择不当或施工质量较差等原因,也出现了喷层开裂、剥落、离鼓、渗漏、腐蚀等破坏现象。破坏的发展一般较缓慢,也是容易用锚喷支护加以修补的。通过室内模拟实验、现场实体加载实验和工程量测,以及使用工程的调查研究,使我们认识到,喷射混凝土或它与锚杆、钢筋网联合支护,厚度仅为现浇混凝土支护 $1/3 \sim 1/2$,它比现浇混凝土支护更为安全和可靠,乃是因为它同传统支护有本质的不同。传统的木支架或整体混凝土支护是从外部被动地承受压力,支护同围岩间有空隙,互相分离,既不能把软弱结构面(节理、裂隙、层理等)分割的岩块联结起来,又无法改造节理、裂隙面的力学性质和提高岩体的结构强度,只是消极地等待围岩松弛,全靠支护自身的结构强度,承受围岩松动变形所产生的压力。再则,传统支护施工迟缓,早期围岩松弛难以避免。锚喷支护则截然不同,具有支护及时,与围岩密贴,能同围岩共同变形等特点,能动地、及时地加固围岩。喷射混凝土、锚杆与围岩紧密结合,把破碎的岩块联成一体,锚杆还能伸入岩体内部,提高节理裂隙面上的抗剪强度,喷射混凝土能密闭岩面,阻止节理间充填物的流失,防止水和空气对围岩的破坏,它们能使一定范围内的岩体形成岩石拱,它们还能在井巷开掘后及时支护,迅速控制岩体的扰动,这就使围岩结构内部性质发生了变化,有利于发挥围岩的自承作用,调动了围岩的积极因素,变“岩石荷载”为“岩石承载结构”。

四、总结交流经验,制定技术规定, 推动锚喷支护不断发展

为了使更多的冶金矿山井巷建设战线上的职工掌握锚喷支护技术,使这一技术能普遍开花结果,我部曾召开了各种类型的锚喷支护技术交流会和讨论会,汇集出版了各单位的锚喷支护技术经验,介绍了国外锚喷支护的发展动向。73年在总结冶金矿山井巷锚喷支护实践经验的基础上,编写了一本《井巷喷射混凝土支护》普及性读物。此后,又制订了《冶金矿山井巷锚喷支护施工规程》和《冶金矿山井巷锚喷支护设计规定》,已分别在75年、77年由冶金部颁发试行,为设计施工人员提供了必要的依据,推动了锚喷支护技术的发展。

在高速地发展冶金工业中,矿山建设仍然是一个薄弱环节,我们一定要大力发展锚喷支护技术,以适应加速发展冶金矿山建设的需要。为了加快发展锚喷支护技术的步伐,我们打算今后着重抓好以下几件事:

1. 加强领导,统一规划

我们要学习煤炭部的经验,由统一机构和专人负责抓好锚喷支护的研究和推广工作。要切实抓好锚喷支护的普及推广计划落实工作。初步打算,一九八二年前所有矿山生产建设单位基本实现支护锚喷化。从一九七九年起,原来按传统支护方法计算申请用于矿山井巷支护的木材,将按锚喷支护的发展计划,相应地按比例停止供应。此外,要按规划要求

切实抓好锚喷支护施工机械、速凝剂及有关材料的生产供应工作。

2. 采用多种形式，做好锚喷支护技术的普及工作。

要继续组织锚喷支护技术经验交流会、现场会、训练班、推广队等各种技术普及工作，还要有计划、有步骤地编写出版有关锚喷支护的书刊和资料，进一步修订锚喷支护设计施工规程，采用电影、幻灯、图片展览等多种形式，做好锚喷支护技术的普及工作。

3. 加强科学研究，推动锚喷支护技术的发展

一九七八年三月，我部曾召集了有关科研、施工、设计、生产和高等院校，经过讨论和协商，按作用机理与设计方法、光面爆破技术、施工机具、降尘方法、新材料与质量检验方法及特殊地质条件下锚喷支护的应用等六个课题，制订了攻关协调计划，并提出了八〇年和八五年的奋斗目标。在一九八〇年前要拿出《金川矿区复杂地质围岩锚喷支护的理论与实践》、《块状、碎裂状及松软围岩锚喷支护的作用与设计方法》等一批科研成果，在锚喷支护的理论上、工程实践上均有新的突破，尽快地使我国的锚喷支护科学技术赶上和超过世界先进水平。

光面爆破和锚喷支护 在铁路隧道工程中的应用

铁道部光面爆破及锚喷支护推广试验小组

铁路是国民经济的大动脉。在丛山峻岭中修建铁路，隧道一般都是控制工程。因此，加快隧道建设的速度，对多快多省地修建铁路，有着重要意义。现在我国已有隧道1800多公里，是世界上铁路隧道较多的国家之一。

铁路隧道采用锚喷技术，是在1965年修建成昆线时开始的。当时组织了“三结合”锚喷支护试验组，并从国外引进了一批喷射混凝土的施工机具，先后在15座隧道中，完成锚喷支护7公里。

69年以后，用自制机具，又在丰沙复线、枝柳线等50多座隧道中，完成锚喷支护10余公里。这期间，我们的“三结合”试验组，深入施工现场，不断总结经验，进行科学实验和技术培训。经过几年的努力，光面爆破和锚喷支护均有了提高。

74年，铁道部发出通知，要求在围岩稳定性较好的隧道中，积极采用光面爆破和锚喷支护。在取得了新的成果和经验的基础上，于77年召开了铁路工程锚喷技术经验交流会。随即又将锚喷支护的应用范围扩大到围岩稳定性较差的隧道，并要求在设计中优先采用。到目前为止，已有8条铁路干线，120多座隧道和工程，采用锚喷支护。其中，作为隧道永久支护的总延长为35公里。

实践证明，铁路隧道在采用光面爆破和锚喷支护后，节约了水泥、木材、钢材，降低了工程造价，并减轻了工人劳动强度，保障了施工安全，加快了施工进度。如枝柳线牛角山隧道，采用锚喷支护1603米，比模注混凝土支护少用20800工日，节约木材1040立方米，降低造价近60万元，而且加快了施工进度，72年达到年平均单口月成洞134米，两年完成主体工程。邯长线皇后岭隧道，推广光面爆破，采取适当加密周边眼、少装药、分散装药、同时起爆等措施，在拱部，岩面上能清晰地留有90%以上的眼痕，轮廓平整圆顺，为锚喷支护创造了良好条件。这些工程，做到了快速、优质、低耗。

除在新建铁路隧道推广采用光面爆破和锚喷支护外，我们还将锚喷技术应用于隧道裂损支护补强、路堑边坡防护、桥梁基坑支护等工程。如对隧道支护病害的整治，过去采用放小炮，从拱顶到两侧，分块拆除，随拆随用钢、木支撑，然后重新灌筑混凝土。这种做法，干扰行车，又不安全。成昆线碧鸡关隧道原用这种方法整治，仅在拱顶打开一个1.3平方米的缺口，就有300多立方米松散土石涌进隧道，中断了行车。后来改用锚喷整治，先