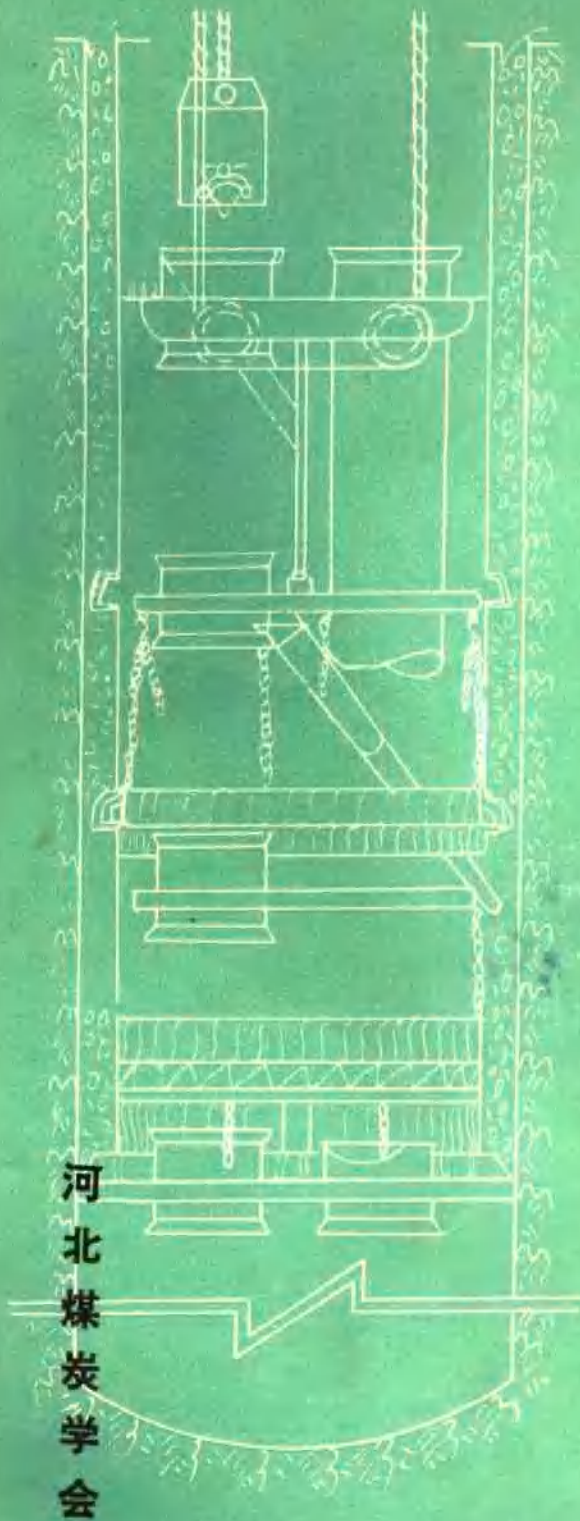


《井巷施工经验汇编》丛书之三

# 井巷锚喷支护专辑



《井巷施工经验汇编》丛书之三

# 井巷锚喷支护专辑

河北煤炭学会

## 出版说明

《井巷施工经验汇编》是河北省煤炭学会编辑出版的内部参考丛书。该书收集了我省近几年来在井巷施工中积累的丰富经验总结和部分具有代表性的外地文章及部颁通知。文章作者大都是现场、科研和领导机关的工程技术人员及施工管理人员。这些文章技术成熟、实用性强、易于推广、经济效果显著，可供煤矿建井、掘进、科研和设计单位的专业技术干部和施工人员阅读，也可供有关专业的院校师生学习参考。

# 目 录

## 出版说明

- 光爆锚喷技术在我国煤矿的应用及发展..... 王焕文等 (1)
- 立井喷射混凝土作永久支护问题的讨论..... 王玉凤等 (5)
- 立井锚喷支护的适用条件..... 赖应得 (8)
- 锚喷支护技术在煤矿的应用及问题..... 段振西 (14)
- 对立井锚喷支护的实践和认识..... 马齐醒等 (21)
- 牛儿庄矿延深井筒施工中采用锚喷支护的几点看法和做法..... 张洽等 (25)
- 煤矿常用锚杆及其施工..... 王志刚 (34)
- SN型预应力全长锚固型锚杆..... 王耀林译 (42)
- 喷射混凝土湿法输送..... 陈润余 (46)
- 深井管子下混凝土技术..... 长广七号井 (50)
- 立井用管子下混凝土的力学分析和计算研究..... 黄德光 (54)
- 推广潮喷 降低粉尘..... 贾培基 (63)
- 锚喷综合防尘..... 黄昌银等 (69)
- 潮式喷浆降尘 降低回弹率总结..... 王志刚 (76)
- 关于U S I 1 3 9 湿喷机..... 李剑锋 (80)
- 应用喷射混凝土作立井临时支护的段高实践及其条件..... 谭训昆等 (85)
- 锚喷支护在冠山千米立井的应用..... 北票矿务局工程处 (94)
- 立井井壁变形修复方法的选择..... 陈竹夫译 (99)
- 长广七号井深井施工技术..... 张德林 (104)

# 光爆锚喷技术在我国煤矿 的应用及发展

王焕文 马麟通

我国光爆锚喷技术的应用和发展,大体上经历了摸索试验与大面积推广两个阶段。

从五十年代中期到七十年代中期,除部分基建矿井重点推广外,基本上是摸索与试验阶段。这一时期的特点是从单一的锚杆支架、单一的喷射水泥砂浆发展到锚杆喷射混凝土联合支护。七十年代中期后,锚喷支护有了大的发展。1975年煤炭部召开了煤炭系统光爆锚喷支护会议,正式确定它为井巷支护技术改革的方向,并要求作为重大的技术项目在全国煤矿进行推广。1978年国家有关文件转发了国家计委关于重点新技术推广项目的报告,将光爆锚喷列为国家新技术推广重点项目之一,从而把光爆锚喷射作又向前推进了一大步,使之进入了大面积的推广阶段。这一阶段的特点是扩大了应用范围,培训了专业技术骨干队伍,组织了科学研究,特别是机械装备与材料研试取得了很大的进展。与此同时,还制订颁发了锚喷设计规范及施工操作技术规程,将光爆锚喷工作纳入有计划的管理。

目前矿井井巷支护改革正在稳步发展。近年来每年的光爆锚喷支护应用量已达到100余万米。岩巷应用光爆锚喷支护的已占岩巷总进尺的50%以上。有80个矿井的锚喷支护量占巷道进尺的70%以上,成为占主导地位支护形式。1981年5月,煤炭部在西安召开了全国重点煤矿光爆锚喷会议,在总结经验的基础上,再次肯定了它的技术经济技术效果及其在煤炭部工业中的重要意义,确定了巩固、提高、坚定不移地继续发展的方针。目前光爆锚喷技术正在积极地稳步地向前发展。

## 二

锚喷支护已普遍地推广应用,在实践中积累了一定的经验,在理论上由原有的悬吊理论、组合梁理论,等基本建立在“支撑”概念基础上的理论,发展到建立在现代岩体力学基础上的加固与稳定围岩、改善围岩应力状态的理论。其基本要点是:第一,加固围岩,保持围岩稳定性,达到有效支护的目的。由于锚喷能及时提供足够大的支护抗力,使围岩强度和稳定性大大增加,发挥了围岩的自承能力。实践表明,在破碎围岩中,由于松动破裂产生的冒落一般形成“自然冒落拱”,此时只要某一部分岩体掉落,即引起“突破”,使自然拱破坏。这是各种外部支撑结构所带有的普遍现象。采用锚喷支护时,由于喷射混凝土及时封闭围岩,并与围岩密贴结合共同工作,从而防止自然拱的薄弱

点的突破,把瞬时的不稳定结构,转化为稳定结构,从而控制冒落的发生,同时,由于锚杆的挤压,加固作用形成了“锚杆组合拱环”。这种“拱环”也具有承载能力,从而也加固了围岩,增加了围岩的稳定性。这已经在大量实践中得到证实。第二,调整和改善围岩的应力分布状态,特别是将围岩中由于断面,几何形状的不规则形成的拉应力区,通过锚杆的锚固、挤压作用而转化为应力区,以避免危险的拉应力的破坏作用,发挥围岩抗压强度大的特点,促进了围岩的稳定和自承能力。第三,利用锚喷支护与围岩共同变形,并限制变形的特点,来调整围岩塑性区范围,起到实现合理控制围岩的作用,从而避免过大的不经济的支护结构形式。根据锚喷支护的以上作用原理,锚喷与围岩结合成一个整体,使传统概念中的围岩荷载体转化为承载体。这种承载体利用围岩支承本身,维持自身的平衡稳定,进而承载外部荷载,以收到积极的支护效果。此即为锚喷支护不同于传统外部支撑系统的本质区别,传统的外部支撑系统是以支撑为目的,围岩往往已经松动破坏,成为一种负担的荷载。这种荷载随围岩变形位移的不断增大而增大,从而使围岩进一步丧失稳定性。这就要求被动承载的外部支撑结构的强度更高,费用更大。

光面爆破,即是井巷掘进的控制爆破技术。大量的实践和理论研究表明,它是保护围岩使之受爆炸破坏而产生的裂隙减小到最低程度的有效方法。采用光面爆破不仅巷道周边轮廓规整,近似设计断面,而且在施工中能减少超挖,减少掘进岩石体积,从而加快了工程进度,降低了工程造价,经济效果是明显的。从技术效果分析,它的作用主要在于保持围岩强度和整体性,提高围岩的稳定性,为锚喷创造良好的条件,因而它已成为锚喷支护的基础。光面爆破与锚喷支护实现对围岩的有效控制,使光爆与锚喷结合成一体的应用是我国煤矿井巷支护技术上的较大进展。尽管目前它在理论上还不够完善,还有待于深入研究、探讨,以便在指导实践上发挥更大的作用,但是,大量的实践表明,它在井巷工程的应用方面已获得成功。

### 三

在我国煤炭工业中,光爆锚喷支护的应用数量大、范围广、类型多、条件复杂,按照不同条件,采取不同措施,使之适应范围不断扩大,取得了显著的经济效果,积累了经验,特别是在具体运用上形成了具有我国煤矿特点的体系。

矿井开拓巷道主要为岩巷,其特点是断面大、施工难、速度慢,它是矿井正常生产接替和基建的关键工程。加快其掘进速度对加快煤炭工业发展有现实意义,而光爆锚喷支护是快速掘进的关键一环。我国煤炭工业近5年中采用锚喷支护的巷道达6000余公里,岩巷约占80%以上,半煤岩巷道及煤巷采用光爆锚喷与锚杆支护的达1000余公里。主要技术经济效果为:能保证井巷开拓掘进的支护要求,能提高开拓掘进速度——平均提高80%;能减少开挖工程量——平均少出矸石15%以上;能降低造价——平均降低80%;能适应机械化施工,改善作业条件,实行一次成巷;能大量节省木材及钢材。特别是它适合我国国情,这对煤炭生产建设具有重大的现实意义和深远意义。

煤炭工业应用光爆锚喷要因地制宜,针对不同的地质条件,围岩特性使用年限,采取不同的锚喷结构和选择相应的技术参数。根据我国煤矿的经验有如下各点:

1、在坚硬、稳定、整体性强的岩体，基本上围岩自身处于弹性稳定状态，并不易风化冒落，自身稳定期长达十几年、几十年。在这类岩石中一般只采用光面爆破的裸体巷道即可获得良好效果。

2、块状体、层理节理较发育的围岩，其整体性、稳定性较前一类为差，岩体中围岩自身虽处于弹性状态，但不够稳定，有弱面冒落岩块的可能性。在这类岩体中一般地采用光面爆破及喷射混凝土支护。

3、层状体围岩易于风化，长时强度低，围岩自稳期短，此时采用光面爆破及锚杆支架加喷射混凝土支护。

4、松软强度低的岩体，衰减快，自稳期短，很快产生松动破裂，此时采用锚喷加金属网的结构并需采取相应的措施，如现场施工的测量管理。

5 动压巷道（指受采动影响的岩石和煤层巷道）的其特点数量多，用期短、围岩强度低，巷道维护量大，针对这个特点，煤矿发展了锚网、锚笆、锚喷与可缩性外部支撑结构相结合的混凝土支护体系。锚杆重点采取加大锚杆密度，减小锚杆长度的措施，以提供较大的支护抗力，保持围岩锚固的整体性和稳定性。锚喷比采取外部支撑的“硬顶”式支护结构得到了较好的技术经济效果。

#### 四

煤矿光爆锚喷应遵循如下技术原则，才能获得良好的经济技术效果。

1、巷道和任何地下结构物的承载结构应包括围岩本身，因此，必须尽可能保持围岩的原有抗力。

2、尽可能防止减少围岩松动和位移，即控制与减少围岩变形发展，并允许围岩与喷层产生一定的共同变形和位移（此乃新奥法的基本观点之一），从而对围岩应力起一定的卸载（释放）作用。

3、应从围岩稳定性分析出发，对不同类型的围岩采用不同的支护方法。

4、强调及时施工。

5、尽可能使喷射混凝土具有一定的早期强度，这可以通过使用早强剂、速凝剂或专用水泥来获得。

6、喷层不宜过厚，使之形成柔性体。

7、增加围岩承载力不是通过加厚喷射混凝土，而是通过与锚杆、钢网的联合支护来获得。

8、避免应力群分布复杂化而导致岩体的损坏，强调尽可能全断面一次掘进。

9、通过控制爆破，使岩石减少裂隙，增加围岩表面的平整度，以防止凸凹角造成的应力集中使岩体破坏。

10、杆体、锚固与托板应相互配合，协调一致，以提高锚杆的强度，喷射层与围岩紧密贴合，防止其间出现空隙和鼓起，形成“二层皮”。对它的密实性、粘结性等，应按围岩及材料性能作出明确的规定。

## 五

发展光爆锚喷技术，要不断解决其现存的技术关键问题，诸如降低粉尘和回弹率，改革技术装备及材料，改进施工工艺和提高测试技术等等。这是巩固提高的关键。近年来在喷射混凝土的机具方面也取得了较大进展。施工工艺也在不断改进提高。喷射混凝土机械目前国内外主要归结为两大类，即干式喷射机与湿式喷射机。湿式喷射机国外在研究、应用。我国研制湿式喷射机也有了6年多的历史，迄今尚无完整的湿式喷射机定型。主要是喷射的脉冲现象、喷射距离和电力消耗过大等问题尚未解决，当前正在研究试验之中。近几年大量发展的转子式Ⅰ型、Ⅱ型干喷机相继投入生产使用。煤矿中90%的掘进工作面已采用转子Ⅱ型喷射机。为了解决粉尘及回弹物过高的问题，除加强施工操作以外，主要是对现有干式机改制为潮湿式喷射机。在这方面，已取得了一定的进展。采用双环喷嘴，利用反向水的旋流作用，加速干料的水化作用，等于增加喷头的二次混合工艺，有助于提高喷嘴喷出料的粘合力，从而减少喷嘴粉尘浓度；采用潮湿材料——粗细集料预加水浸润成潮状——再拌合水泥从而减少搅拌上料的粉尘浓度；采用多孔劈风装置防止了材料湿度大产生的堵管现象，从而起到干机湿喷作用。采用弹簧清扫器减少旋转体的磨损，从而防止旋转体部分的漏风溢尘现象。这项工艺技术称之为“干机潮湿喷”，达到了降低粉尘、降低回弹率的目的，取得了和湿喷机大致相同的效果，在煤矿系统中正在全面改变推广之中。改革后的粉尘浓度一般达到80毫克/米<sup>3</sup>左右，回弹率降低到14%以下。为了进一步改革机械装备，正在研制第三代的转子式喷射机，使之成为输料、配比、潮湿喷射的联合机组。煤矿将继续研究、发展此种机组以便提高喷射混凝土质量和改善井下工作环境。为了增加锚固力，采用树脂化学凝固剂新工艺。由于树脂的凝结作用，大约一小时即可获得7~10吨/根以上的锚固力，采取整体锚固时，其锚固力达15~20吨/吨根以上。淮南煤矿大部分巷道采用树脂化学锚杆，操作安装简便，技术效果好，从而提高了锚杆施工质量。新型的裂口式摩擦锚杆在试验中。速凝剂的应用促进喷射混凝土的早期凝结及早期强度的提高。煤矿自产自用的粉状速凝剂的初凝时间达到1分半至3分半。在发展固体速凝剂的同时，研制了液体速凝剂，并已完成了NF型高效能减水剂。考虑到速凝剂会使混凝土后期强度降低，正在研究专用的喷射水泥来适应发展的需要。在锚杆钻孔安装方面，当前提单机作业，采用液压旋转钻机进行锚杆钻眼。在井下作业条件下，机动灵活是检验钻机适用性的关键，多臂式钻车和台车式大型钻机只适于在大断面双轨巷道中使用。

光爆与锚喷支护在技术上不断提高，应用范围日益广泛，标志着中国煤矿支护技术改革的重大发展。它是符合我国国情的一项有重要意义的新技术，在巩固成果、提高质量，不断完善基础上必将阔步向前发展，为我国煤炭工业的现代化做出应有的贡献。



# 立井喷射混凝土 作永久支护问题的讨论

王玉凤 马秉元 何子良

迄今为止，全国已有69个煤矿立井井筒采用锚喷支护作为永久井壁。立井锚喷，开始在无提升设备的风井，围岩较好的和井径较小的浅井进行试验，随后发展到围岩变化较大的大井、深井和提升井。平顶山孙岭风井、北票冠山千米立井都采用锚喷支护取得了较好的效果。彭家冲、沙田、东滩、潘三、三河尖、王家营等井筒的锚喷作永久支护和临时支护，出了一些问题。这些正反两方面的经验教训，是值得吸取和借鉴的。现就邯郸陶二矿3个立井采用喷射混凝土作永久支护的验收情况，谈谈对立井锚喷支护的看法。

## 一、陶二立井概况

陶二矿设计能力90万吨/年，用立井开拓。主副井和风井总深度1,153.3米（表1），原设计为现浇混凝土井壁，后修改为喷射混凝土支护。喷厚150~200毫米。3个井筒喷射总长度923.5米，占总深度的80%。井筒穿过的岩层，以粉砂岩、细砂岩及砂页岩互层为主，有少量煤层和石灰层。井筒水文复杂，含水丰富，一般涌水量为70~80米<sup>3</sup>/时，最高达160米<sup>3</sup>/时。

陶二矿3个井筒支护特征

表1

井名	净径 (米)	井深 (米)	原设计		修改设计		喷射总长度 (米)	现浇总长度 (米)
			支护形式	壁厚(米)	支护形式	厚度(米)		
主井	5.5	431.3	现浇混凝土	0.5	喷射混凝土	0.20	341.7	89.6
副井	6.5	447.0	现浇混凝土	0.5	喷射混凝土	0.20	391.8	55.2
风井	4.5	275.0	料石	0.4	喷射混凝土	0.15	190.0	85.0
计		1153.3					923.5	229.8

## 二、井壁质量问题

经过验收，发现井壁有如下问题：

1、井壁漏水。井筒穿过三段含水层，涌水量一般为70~80米<sup>3</sup>/时。井筒喷

射混凝土支护后,井壁漏水较大。曾经过3次注浆,主副井平均每米井筒注浆费2,000多元,但在枯水季节,涌水量仍有8.6~9.7米<sup>3</sup>/时。

2、井壁开裂。副井1981年6月发现一处0.8×0.2米<sup>3</sup>喷层块状脱落,是横贯裂缝发展的结果。在第十二层梯子间窄长段,围岩为泥岩,有59条裂缝。最长达9米。在第一层平台处,有一条长1.8米斜向裂缝。通过观测,裂缝还在发展。

3、井壁成形不好。据检查的18个水平截面,只有2个截面合格,其合格率为11%。有的测点,井筒半径小于设计净半径870毫米,有的大于设计净半径600毫米。井壁表面凹凸不平,给井筒安装带来困难。

4、井壁严重碱腐蚀。在大淋水下喷射混凝土时,为了早凝速强,掺入一定的速凝剂是必要的。但在施工中,由于喷射混凝土易被水淋走,喷不上,有时就多加速凝剂。这样,早期强度虽然提高了,但后期强度受到严重影响。在验收中有的井壁混凝土成了豆腐渣状,有的井壁出现膨胀性疏松层,这是严重碱腐蚀的结果,是掺过量速凝剂造成的。肉眼可以看到许多白色斑点。试验表明,每增加1%水泥用量的速凝剂,混凝土的后期强度就要下降2~4%。

5、化学病害。主、副井井壁表面,由于裂隙水的渗透、流淌和冲刷作用而变得疏松易碎,有的地方还沉积着不同颜色的溶出物。为弄清问题的实质,对井筒水和受腐蚀井壁进行了化验。副井和风井混合水中,含硫酸根离子SO<sub>4</sub> 284.7~391毫克/升。喷射混凝土井壁两年后,呈淡黄颜色,强度有明显下降。这种现象在裂隙处尤为严重。

### 三、施工速度问题

由于陶二3个井筒没有采取地面预注浆或工作面预注浆措施,进入三段含水层时涌水量一般为70~80米<sup>3</sup>/时,不得不顶水掘进和顶水喷射混凝土。尽管施工中想了许多办法,采取了顶、赶、吹、导、截和封水等防水治水措施,但效果不甚理想,施工人员仍在大淋水的恶劣条件下工作,效率低、速度慢。主井、副井和风井的平均月成井速度分别为18.06米、18.54米和17.68米(表2),低于全国平均施工水平。

陶二矿3个井筒施工速度

表2

井名	开工日期	竣工日期	施工工期 (月)	平均速度 (米/月)
主井	1974.9.3	1977.5.10	33	18.06
副井	1974.9.3	1977.5	33	18.54
风井	1974.7.1	1975.11.6	16	17.68

另外,由于井壁凹凸不平,给井筒安装带来麻烦,每层罐道梁的长短不一,需要先下井量测,然后在地面特制,编号下井,对号安装,比现浇混凝土井壁既麻烦,又费

时、费劳力，这也是造成凿井速度慢的原因之一。

#### 四、技术经济问题

评价一种施工技术，除看其技术的先进性和可靠性外，还要看它的经济合理性。

拿井巷锚喷支护技术来说，一般情况下，它可以加快井巷施工速度，减少工程量，降低工程造价，便于实现机械化施工，但是也因地制宜，不要生搬硬套，否则也会带来相反的结果。陶二矿3个立井选择施工方案时，没有考虑水大的特点进行地面预注浆封水，盲目地采用喷射混凝土作井筒的永久井壁支护。施工中，顶着大的淋头水，通过含水层，结果是施工速度慢、成本高、效果不好。每米喷射混凝土支护造价，主井为8288.75元，是现浇混凝土6005.23元的137.19%，副井为8655元，是现浇混凝土6788.17元的127.59%，风井为8888.86元，是现浇混凝土3823.76元的97.64%。总平均比现浇混凝土支护造价高得多。

陶二矿三个井筒施工中，由于水大，排水设备多，耗电量很大。因喷射混凝土，水中混入泥砂，使排水设备磨损大，事故多，因而占用工时亦多。据不完全统计，陶二矿8个井筒施工中，共烧坏吊泵电动机60台次之多，停工积累时间120多天，水灾事故69次。

副井喷射混凝土后，应设有改变井筒刚性装备，不得不在喷射混凝土井壁上重新开凿梁窝和信号挂钩洞1344个，因而破坏了井筒的完整性，增大了井筒涌水量，导致再次注浆。

#### 五、结论

从以上分析中可以看出，采用喷射混凝土作永久支护，其井壁质量欠佳，施工速度较慢，经济效果不甚理想。类似陶二立井工程条件，采用此种支护形式，应持慎重态度，以减少损失。立井采用不采用锚喷支护作永久支护，要因地制宜，不要强行规定。从百年大计、质量第一和立井破坏了修理困难的实际情况来看，应尽量不采用锚喷支护作永久支护。但有的井筒，穿过的岩层比较坚硬，稳定，涌水量小（只有1~2米<sup>3</sup>/时），又不是提升井筒，用钢丝绳罐道时，采用锚喷支护也是可行的。

# 立井锚喷支护的适用条件

赖应得

## 一、争论

立井锚喷支护是在谨慎地摸索中干起来的，目前使用数量尚少。据统计，1980年全国煤矿建成7719米立井，其中用锚喷作永久支护的只有855.3米，占4.6%。1981年建成立井7450米，锚喷作永久支护的有587.6米，占7.2%，占全国1981年井巷锚喷总数1141公里的0.047%。这是立井工程的重要性所致。

立井锚喷支护分为试验、应用和争论三个阶段。开始在岩层较坚硬、稳定的浅井、风井及其它非提升井试验。在这种条件下试验，成功的把握比较大，因而应用范围越来越广。在较坚硬稳定的岩层应用，在岩性松软的各种页岩、遇水膨胀性岩层和破碎带也应用，浅井用，深井也用；非提升井用，提升井也用；作永久支护，也作临时支护；小直径用，大直径也用。在这种情况下，不能不出问题。据调查，全国煤矿用锚喷作永久支护的立井有73个，其中提升井42个，风井80个，排水井1个。在这些井筒中，好的和比较好的67个，质量差的有6个，占8.2%。其中湖南彭家冲立井和广东沙田主副井，破坏较严重，占73个的4.1%，经一次至二次修复，围岩变形破坏控制住了，但沙田立井，仍有隐患。锚喷支护的井壁，封水效果较差，因而淋水较大。北票反映，冠山主井，下面注浆，水跑到上面；上面注浆，水跑到下面。兖州东滩、淮南潘三、阜新王家营子、丰沛之河尖，喷射混凝土作临时支护，并帮掉大块，威胁施工人员的安全。

这些问题出现之后，对立井锚喷支护，就开始采取了谨慎态度。从上级机关到基层单位，从科研设计到施工现场，从工程技术人员到干部工人，对立井锚喷支护，不约而同地形成两种不同观点：一种认为立井锚喷支护有大量实践经验，技术可行，经济合理，只要注意施工质量，可推广应用，有发展前途；另一种则认为，立井穿过的岩层，种类多，变化大，又有涌水，在大淋水下喷射混凝土，质量不易保证，立井是矿井的咽喉工程，一旦损坏，不易修复，影响生产，因而采取了慎之又慎的态度。

对立井锚喷支护，一种赞成，一种反对，一种要推广，一种要收缩，形成两种不同观点。在目前情况下，不宜轻易下结论。在学术上，不同学派，不同观点，可长期共存，看哪一种观点能站住脚，能经得起实践的考验。

现就立井锚喷支护一些问题分析如下：

## 二、问题的分析:

### 1、工程的重要性

立井工程,是煤矿的咽喉,提升煤炭,下放材料设备,上下人员,通风、排水、供电和通讯讯号,哪一项也离不开立井。对这样的工程,如何保证安全运行,这是第一位的。由于立井工作繁忙,一旦出问题,既影响生产,修复又十分复杂而困难。所以立井井壁,采用喷射混凝土也好,现浇混凝土也好,料石砌壁也好,应尽量从立井施工开始,至矿井报废,不损坏,不修理。要做到这一点,实是不易,但应选择不易破坏的支护形式,保证其施工质量,这是能做到的。从煤炭系统锚喷支护78个立井看,有8个井筒破坏了,4.1%的破坏率是不低的,修复难度大。破坏较轻的彭家冲立井,用了三个月零五天才修好,耗资将近6万元。当然,现浇混凝土井壁或料石井壁,不是没有破坏的,但破坏率是较低的。相比之下,对立井采用锚喷支护应从工程的重要性上认真考虑。

### 2、立井安全问题

立井井内,提升繁忙,全矿人员,都从立井出入,如何保证立井工程质量与安全,这是很重要的。在平巷,掉一块碴片或岩层,不一定会伤人。就是伤了,也不一定有危险,但在立井就不同,岩碴、喷层片,一旦掉落,就会危及井内安全问题。因此,对立井锚喷支护,应从施工质量上,确保安全。

### 3、立井穿过的岩层

煤矿立井,深几百米至上千米,穿过的岩层是多种多样的,石灰岩、砂岩、砂质页岩、页岩、煤层等是常见的数量最多的岩层。受地质构造的影响,断层破碎带,也是常有的。锚喷支护的实践表明,岩层松软、破碎、遇水膨胀、受潮风化,岩体形状失去稳定平衡的条件,锚喷支护成功的把握性就少。彭家冲遇到钙质泥岩、硅质泥岩和松软煤层;沙田主副井,围岩大部是花斑泥浆、岩质泥岩和铝土页岩,由于这些岩层遇水膨胀,把喷层顶裂、顶开,出现了掉块、片帮、坍方现象。相反,如湖南青山矿等几个立井,穿过石灰岩等较坚硬稳定的岩石,锚喷支护的效果就很好。这说明,由于立井穿过的岩层是千变万化的,采用单一的锚喷支护,难以适应不同的岩层,因而岩层坏的地段,出现局部破坏,是不足为奇的。如果有的用锚喷(岩性好的),有的用现浇混凝土(岩性差的),也会增加施工的复杂性。

### 4、涌水的影响

立井开凿,井筒工作面无水的很少,涌水大的达每小时几十立方米到数百立方米。虽然采用注浆打干井,但涌水量仍有 $10\text{米}^3/\text{时}$ 左右。水对现浇或喷射混凝土强度都有影响,而对喷射混凝土的影响更大些。水冲走了喷上而未凝固的水泥、砂子和石子,既浪费材料,又影响井壁质量。邯邢陶二矿8个井筒,都是在涌水量 $70\sim 80\text{米}^3/\text{时}$ 条件下,没有注浆,顶水喷射施工的。喷射时,虽然采用赶、吹、顶、导、截、封等防水治水措施,但井壁质量欠佳。投产时,井筒漏水、井壁有裂缝、碱腐蚀等病害。施工速度平均日成井为 $1.3\sim 1.7.2$ 米,浪费大、造价高。

## 5、立井安装

立井除上述用途之外，还作安全出口，预防水、火、震灾发生时，人员能安全撤出井下，所以主井、副井和风井，都安设梯子间。

立井采用锚喷支护，如果坐在罐笼上或吊桶里，用肉眼一看，几乎又光滑又平整，但经不起严格量测。一旦按井巷工程验收规范认真验收，就可以发现井壁成形不如现浇混凝土井壁好。如陶二矿主副风三个井筒，检查了18个截面，只有2个截面合格，占11%。有的测点小于井筒净半径870毫米，有的大于净半径600毫米。

由于有的锚喷支护的立井井壁成形不好，井筒安装速度就慢。罐道梁和梯子梁，必须一根一根在井下量出长度，再根据此长度，在地面截割工字钢，编号，对号安装，工序繁杂，速度慢。北京扬坨立井，深500.5米，锚喷417.8米，用树脂锚杆安装管子梁（钢丝绳罐道），5米一根，50米两根承重梁，预计安装11个月完成。湖南彭家冲立井，安装梯子间也是这样进行的。因此，立井锚喷支护一定要保证成形规格，改善安装工序。

## 6、井壁质量

立井锚喷质量的好坏，给投产后使用的可靠性带来直接的影响。煤炭部基建司技术处组织的六人调查小组编写的《立井锚喷支护的调查报告》指出，煤炭系统锚喷支护的立井有73个，井筒总长25670.4米，锚喷支护19298.92米，占75.18%。其中有6个井筒质量较差（占8.2%），8个井筒破坏（占4.1%）。这个破坏率是很高的，不能视而不见，听而不闻。现浇混凝土井筒也有损坏的，但其数量和百分比不可能这样高。

立井锚喷损坏的原因是多种多样的，诸如水泥、砂子和石子的配合比不佳，喷射手操作技术不熟练，水灰比过大，速凝剂掺量过多等，施工质量不好是肯定的，但对围岩条件的适应性，也是不能忽视的。有些地层松软，岩体本身，见空气就风化，遇水就膨胀，井巷开挖后，岩体形状失去赖以生存的条件。立井穿过这样的岩层，用锚喷支护不是不成功，就是不经济，因为要控制围岩的位移、变形和破坏，一般喷射混凝土不行，需打锚杆，架型钢井圈，挂金属网，再喷射混凝土，比用现浇混凝土（最多再配一些钢筋），要费工费料费时费钱得多。因此锚喷施工，保证井壁质量，是头等重要的。

## 7、锚喷支护工序占循环时间问题

立井锚喷支护，不用井圈背板，省去临时支护的架设和拆除时间。但它在掘翻循环中，是一个单独工序操作，不能与其它工序平行进行，否则喷射的石子乱飞、掉落，危及安全。据湖南桥二主井，邯邢九龙口立井和万二中部风井等施工速度较快的几个井筒统计，锚喷支护工序占循环时间的15~20%（表1）。如果采用同向平行作业，例如现浇混凝土，溜灰管下料，则井壁支护不占用循环时间，相应地增加了有效的掘进时间，掘进速度也会相应地提高。目前，锚喷立井和现浇混凝土立井，其施工速度有快、有慢，不好进行比较。但现浇混凝土支护不占用循环时间，会提高掘进速度，这是没有问题的。

### 几个井筒锚喷支护面循环时间

井筒名称	月进尺 (米)	循环进尺 (米)	循环时间 (小时)	锚喷时间 (小时)	锚喷占循环 时间 (%)
桥二主井	174.82	1.8	6	1.0	16.67
万二风井	82.91	3.8	20	3.0	15.0
九龙口主井	32.80	2.5~2.6	24	5.0	20.1

•立井筒平均月成井

#### 8、技术经济效果问题

锚喷支护立井的技术经济效果好不好，是衡量它是不是先进，有没有推广价值的重要标志。目前，对立井锚喷支护的经济效果、材料消耗、工程造价的统计，很不一致。有的以喷层为基础，再按定额规定增加直接费的28.5%为回弹，实际上，没有一个锚喷队不超的。有的井筒还要增加锚杆，金属网，架型钢圈，造价也是相当高的，这样就出现立井井筒锚喷段成本低，而整个立井实际决算造价高的反常现象。

计算立井锚喷支护材料消耗，应从锚喷支护开始之日起，计算库存的水泥、砂子、石子和速凝剂的数量 $n_1$ ，加上锚喷期间进料的数量 $n_2$ ，再减去停喷时的库存数量 $n_3$ ，即：

$$n = n_1 + n_2 - n_3$$

立井工程的实际造价，应以决算为依据，分别计算出不同支护形式的实际造价，以此反映锚喷支护的实际经济效果。

从邯邢陶二矿三个立井决算看，主、副井锚喷支护比现浇混凝土支护贵37~27%，风井便宜2.4%（表2），但风井质量不大好。由此可以看出，在陶二矿岩层条件下，采用锚喷支护立井是不合算的。陶二矿立井移交时出现的扯皮现象，反映了立井锚喷支护争论的开始。

陶二矿三个井筒现浇与喷射混凝土的技术经济比较

表2

井别	井深 (米)	现浇混凝土段		喷射混凝土段		喷射比现浇 (%)
		段长(米)	成本(元/米)	段长(米)	成本(元/米)	
主井	431.3	89.6	6,005.23	341.7	8,238.75	+137.19
副井	447.0	55.2	6,783.17	391.8	8,655.00	+127.59
风井	275.0	85.0	3,823.76	190.0	2,733.36	- 97.64

至于湖南一些立井，穿过石灰岩，本来不用支护，可用裸体井筒，但为了安全，喷一层混凝土，比现浇600~400毫米厚的混凝土，要经济得多，速度快得多，效果好得多。

北京杨坨立井，净径6.5米，深500.5米，锚喷417.8米，穿过的岩层，有硬有软，涌水量在10米<sup>3</sup>/时左右，但整个井筒，锚喷支护材料消耗十分惊人，石子、砂子、水泥消耗的总积，等于井筒掘进总体积的68.6%（表3）还没算锚杆、金属网和速凝剂。

北京杨坨立井部分经济指标

表3

总 消 耗		单 位 消 耗	
石子, (米 <sup>3</sup> )	3,509	石子, (米 <sup>3</sup> /米)	8.4
砂子, (米 <sup>3</sup> )	4,038	砂子, (米 <sup>3</sup> /米)	9.7
水泥, (吨)	2,834	水泥, (吨/米)	6.8
速凝剂, (公斤)	155,135	速凝剂, (公斤/米)	371.3
工程成本, (万元)	312.4	工程成本, (元/米)	7477

### 三、结论:

立井锚喷支护是五十年代末试验，七十年代发展起来的一种支护形式。这种支护形式，有它的适用条件、独特的支护特性及其作用原理，所以能生存，能发展。因而，否定这种技术的生存和发展，禁止使用，是不可能的。但不讲条件，盲目推广，会适得其反，影响它的发展。因为它有一定的适用条件。只要条件适合，应用这一技术，就安全可靠，经济合理；相反，条件不适合，强行使用，会威胁安全，影响生产，造成浪费。

从立井锚喷支护的原理可知，它是利用围岩本身的强度，本身有一种自稳能力，人为地进行加固。由于锚喷支护及时，限制了围岩的变形和位移的发展，改善了立井井帮的应力状态，使围岩强度加大了，稳定性增强了，自稳能力提高了。围岩不但能自行支撑，还能承受外荷载。

这里的一个重要条件，就是围岩要有一定的强度和自稳能力。如失去了这个条件，立井开挖后，就要膨胀、失稳、松散，岩体本身无支撑能力，立井就要片帮。岩石无一定形状，锚喷很难搞成。

通过对全国煤矿立井锚喷支护现状、井壁质量、施工速度、经济效果和其它情况的分析表明，立井锚喷支护应因地制宜，反对一刀切，要看立井具体条件而决定采用与不采用。既反对不看条件，盲目强行全面推广，又反对在立井贴封条，下禁令，禁止使用。因为锚喷支护用于立井，有一定的适应性。搞立井工程的，不能离开客观条件，盲目地选用与放弃这项技术。

什么条件适用锚喷支护呢？对立井来说，其适应条件有，一是中硬以上围岩，抗压强度高于850~400公斤/厘米<sup>2</sup>以上，二是岩体在潮湿的环境和水中，不风化或微风化，不膨胀或微膨胀，岩体形状不变，三是岩层稳定，非穿过断层破碎带，四是涌



水量小，4~5米<sup>3</sup>/时以下，五是非提升井。这是经过多年实践证明了的，适合这五个条件的立井，锚喷支护效果就好，就安全，不会出问题，否则，不是不成功就要付出高代价。

凡是围岩松软，遇水就膨胀，见风风化，或断层破碎带，大涌水的，用一般锚喷支护，要控制住井帮位移和变形是根困难，用锚网圈喷联合支护，即打锚杆，架钢井圈，挂金属网，再喷射混凝土，造价太高，即使搞成了，也不经济。还不如现浇混凝土，配一定钢筋，更经济省事。

以上所述，就是立井锚喷支护的适应条件。