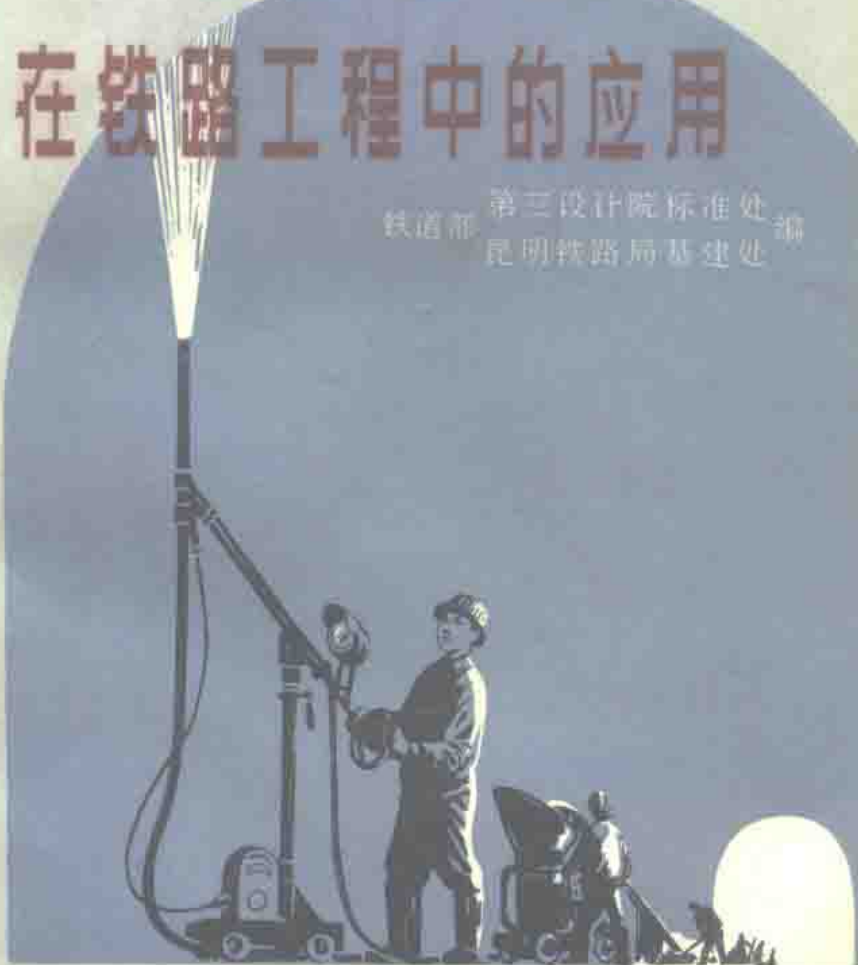
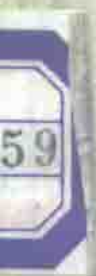


喷锚技术 在铁路工程中的应用

铁道部第三设计院标准处编
昆明铁路局基建处



人民铁道出版社

喷 锚 技 术

在铁路工程中的应用

铁道部第三设计院标准处编
昆明铁路局基建处

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 7 7 年 • 北 京

内 容 简 介

本书以铁路新建隧道和既有隧道病害整治采用喷锚技术的实践经验和工程实例为主,结合桥基、路堑边坡等工程和煤炭、冶金、水电等部门的经验编写。内容包括喷锚衬砌的设计、施工、应用及发展概况等。可供铁路基建单位的工人、干部、技术人员学习参考,也可作喷锚技术学习班和专业学校教学参考用。

喷锚技术在铁路工程中的应用

铁道部第三设计院编
昆明铁路局基建处

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 4.625 字数: 90千

1977年11月 第1版

1977年11月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—7,000册 定价(科二): 0.33元



毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业，干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

在毛主席革命路线指引下，在无产阶级文化大革命的推动下，基建战线的广大工人、干部和技术人员，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，发扬自力更生、艰苦奋斗的革命精神，在铁路隧道、矿山井巷、水工隧洞、地下洞库等工程中，日益广泛地采用和发展了喷射混凝土与锚杆新技术。

十年来的实践证明，采用喷锚技术有提高工程质量、节约工程材料、降低工程造价、加快建设速度的显著作用。积极推广采用喷锚技术，对贯彻落实毛主席“**深挖洞、广积粮、不称霸**”伟大战略方针，多快好省地修建铁路，有重要意义。

为适应铁路隧道和铁路其他工程推广采用喷锚技术的需要，我们以铁路隧道采用喷锚技术的实践经验和工程实例为主，结合铁路其他工程和煤炭、冶金、水电等部门的经验，编写了这本《喷锚技术在铁路工程中的应用》，给奋战在铁路基本建设战线上的同志们介绍一些喷锚技术的特点，以及设计、施工等方面的情况。希望对新参加喷锚工作的同志能有所帮助。

本书编写过程中，得到路内外有关单位不少同志的支持和帮助，在此表示感谢。

由于喷锚技术涉及的范围较广，我们经验不足，水平有限，书中错误和不足之处，请同志们批评指正。

铁道部 第三设计院标准处
昆明铁路局基建处

一九七六年七月

目 录

第一章 迅速发展中的喷锚技术	1
第二章 喷锚衬砌的施工	6
第一节 施工工艺.....	6
第二节 施工机具.....	9
第三节 原材料及组成.....	16
第四节 喷射混凝土的性能及衬砌质量检验.....	20
第五节 施工组织.....	35
第三章 喷锚衬砌的应用	40
第一节 在新建铁路隧道中的应用.....	40
第二节 在既有铁路隧道病害整治中的应用.....	62
第三节 在铁路桥基护壁及边坡加固中的应用.....	74
第四节 在大型洞库中的应用.....	83
第五节 在不良地质井巷中的应用.....	93
第四章 喷锚衬砌的设计	107
第一节 围岩的稳定问题	107
第二节 作用原理	111
第三节 设计原则	117
第四节 技术经济指标	132
附录一 喷射混凝土试件的制作方法	136
附录二 锚杆锚固力的试验方法	137
附录三 喷射混凝土与岩面粘结力的试验方法	138
附录四 掺速凝剂后水泥凝结时间的测定方法	139
附录五 喷射混凝土实际配合比、水灰比的测定方法	140

第一章 迅速发展中的喷锚技术

“喷锚”是喷射混凝土、喷射混凝土与锚杆、钢筋网喷射混凝土与锚杆等类型的支护或衬砌的总称。

喷射混凝土是用压缩空气作动力，将混凝土直接喷射到岩面上，迅速凝结硬化而成的。锚杆是深入到围岩内，依靠钢筋与砂浆及砂浆与围岩的粘结起锚固作用的一种杆件。

喷射混凝土单独使用或与锚杆配合使用，可以作为多种复杂地质条件的铁路隧道支护或衬砌。对于常见的宽5~6米的单线隧道，开挖后，及时喷射5~8厘米厚的混凝土，就能保持围岩的稳定；如果地质条件不佳，只要加设锚杆（必要时配以钢筋网），将喷层适当加厚到10~15厘米，即能作为永久衬砌。

喷锚衬砌与惯用的模注混凝土或钢筋混凝土衬砌是不相同的。在施工工艺方面，它将混凝土的输送、灌注、捣固合为一道工序，并将临时支护与永久衬砌合为一体；不仅减轻了工人繁重的体力劳动，又不用任何钢、木支撑和拱架、模板，免除了拆换支撑和超挖回填，使施工大为简化。在作用原理方面，它从稳定围岩出发，及时对围岩封闭、加固，提高其自支能力；通过抑制围岩变形的发展，避免产生松散压力，使衬砌相应减薄。

喷锚技术是来源于生产实践又在生产实践中不断发展的。从试用喷射混凝土到成功地使用喷射混凝土，经过了“实践、认识、再实践、再认识”的多次反复。

二十世纪初，出现了喷浆技术。它是将水泥砂浆喷射到结构物的表面，作修补或防护用的。由于当时还没有速凝剂，

喷上去的水泥砂浆凝结慢，一次只能粘上薄薄一层；加上水泥用量多、机械效率低，因而不能大面积使用。第二次世界大战后，西欧、北欧的不少国家开始大量兴建地下工厂、仓库。为了节省投资，这些国家广泛开展了喷射工艺的试验研究。五十年代初，水泥速凝剂和混凝土喷射机相继出现，喷射混凝土在隧道工程中开始使用起来。

我国铁路采用喷锚技术始于成昆铁路修建初期。1965年，铁道兵、第二工程局和路内外十几个单位团结战斗，把这项新技术首次应用到铁路隧道建设中。

无产阶级文化大革命中，批判了刘少奇、林彪的反革命修正主义路线，广大工人、干部、技术人员建设社会主义的积极性空前高涨。在毛主席“备战、备荒、为人民”、“深挖洞、广积粮、不称霸”伟大战略方针指引下，随着我国地下工程的大量兴建，喷锚技术有了迅速的发展。

成昆线建成后，第四工程局一处、第三工程局二处和第二工程局九处等单位，相继在新建铁路隧道中积极推广使用。他们在各级党委的一元化领导下，组织了“三结合”的喷锚试验组，全心全意地依靠工人阶级，大搞群众运动，互帮互学、交流经验，使喷锚技术的施工水平不断提高。在既有铁路隧道病害整治中，昆明铁路局基建处等单位，采用喷锚补强代替过去一直沿用的拆除重建和加建套拱的方法，加快了整治速度、降低了工程造价，取得了成功的经验。在铁路桥梁基坑施工中，第二工程局十处在流沙、砂粘土、砂夹卵石等稳定性差，且涌水量大的地质条件下，采用喷锚护壁，取得了可喜成果。喷锚技术在不良地质中的应用，为在类似条件下修建铁路隧道及其他工程提供了有益的经验。目前，全国已有10条铁路干线和支线、110余座隧道采用了喷锚衬砌，总长约35公里。

铁路隧道在采用喷锚衬砌后，获得了显著的技术经济效益，与模注混凝土或钢筋混凝土衬砌相比，减薄衬砌厚度三分之二左右，加快衬砌速度1~3倍；据统计，每公里约少用18000余工天，节约木材300余立方米，节省造价30余万元。

结合生产实践，科学实验蓬勃开展。铁道科学研究院铁建所、西南所、各工程局和有关铁路局的科研所以及第三设计院标准处等单位的科技人员，坚持科研为无产阶级政治服务、与生产劳动相结合，深入现场，与工人“三同”，积极开展喷射混凝土与锚杆材料性能的试验、施工工艺和施工机具的革新、设计理论的研究以及使用现状的调查，分别在吉首隧道、韩家河隧道、碧鸡关隧道、灰峪隧道等，进行了喷锚衬砌的加力试验和应力量测。试验结果表明，喷锚衬砌加固围岩的效果是显著的，能与围岩共同工作，保证隧道安全；一般地质条件下的单线隧道，用厚度10厘米左右的喷锚衬砌，代替30~40厘米厚的模注混凝土衬砌，其工作性能是可靠的，因此，可以作为铁路隧道的永久衬砌。

为了适应铁路隧道及其他工程推广采用喷锚技术的需要，铁道部《铁路工程技术规范》、《铁路隧道工程施工技术规则》、《铁路桥隧混凝土、钢筋混凝土及砌石工程施工技术规则》以及《铁路喷锚技术规则（初稿）》（1976年1月送审稿）中，均有关于喷锚衬砌设计、施工、检验方面的内容。

喷锚技术不仅在铁路工程中采用，同时，在煤炭、冶金、水电、建工等部门，也都有了迅速的发展。技术革新成果大量涌现，使用范围不断扩大。据不完全统计，目前，全国煤矿采用喷锚支护、衬砌的井巷已超过1000公里；冶金矿山的井巷和洞室应用喷锚支护、衬砌，总长近100公里；水

电、建工等部门采用喷锚衬砌的大型洞库，跨度已达30米，高度达60米。

目前，喷射混凝土与锚杆施工的全套机械设备均有国产产品，产量和品种不断增加，质量稳步提高。PH30-74型转体式混凝土喷射机和WG25g型双罐式混凝土喷射机，经过工业性试验，性能良好，已批量生产。在材料方面，继1965年研制成功红星一型速凝剂并成批生产后，又有了阳泉一型和71-1型速凝剂；还开展了喷射水泥和超早强水泥的试制试验。

十年来，喷锚技术取得的丰硕成果，为多快好省地修建铁路隧道、矿山井巷、水工隧洞、地下洞库开辟了新的途径，标志着我国地下工程建设技术不断迈向新的水平。

毛主席教导我们：“**在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。**”科学技术的发展是永无止境的，喷锚技术虽然有了进步，但仍不能满足我国地下工程建设迅速发展的需要。因此，必须进一步加强对喷锚技术的深入研究。在施工方面，国内现有的喷射机具，尚能满足施工的基本要求，但不够完善。常用的“干法喷射”，粉尘和回弹都比较大。今后应着力进行施工工艺和施工机具的革新，如继续改进“干法喷射”的防尘措施；改进、研制机械手和“湿法喷射”的机具。以求进一步减轻喷射手的劳动强度，改善劳动条件，提高工程质量。在设计方面，喷锚衬砌设计理论的研究落后于生产实践，目前是采用工程类比方法设计的。今后应抓紧进行作用原理和计算方法的研究，如总结工程实践经验，尤其是分析典型破坏实例；对实际工程衬砌受力状态的量测和模型模拟试验等。从地质构造、岩体结

构、喷锚衬砌与围岩共同工作关系等方面入手，逐步解决设计理论问题。

“世上无难事，只要肯登攀”。在毛主席革命路线的指引下，基建战线的广大工人、干部、技术人员，决心深入开展工业学大庆的群众运动，大干社会主义，将喷锚技术提高到新的水平，更加广泛地普及开来。为多快好省地修建铁路，为在本世纪内把我国建设成为社会主义的现代化强国，作出更大的贡献。

第二章 喷锚衬砌的施工

第一节 施工工艺

一、喷射混凝土

喷射混凝土有“干法喷射”与“湿法喷射”两种。干法喷射混凝土的工艺流程见图1，主要分为供料、供风、供水三个系统；它的水是在喷枪处加进去的。施喷前，先将砂、石、水泥以及速凝剂按一定比例于拌均匀，然后装入混凝土喷射机，在压缩空气推动下，干拌料沿管路连续地送到喷枪，在喷枪处与水混合，以较高速度喷射到岩面，凝结硬化而成。这种新型混凝土的施工方法，将混凝土的输送、灌注、捣固等合为一道工序，使施工工艺大为简化；具有操作简单、占地面积小、施工速度快的优点，便于灵活机动地制作多种形式的支护或衬砌。但干法喷射的粉尘较大，近年已发展了湿法喷射。湿法喷射的工艺流程与干法有些不同，它的原材料是湿拌均匀后才装入混凝土喷射机的。由于湿法喷射的机具和速凝剂尚处于试验阶段，所以，目前常用的以及本书所介绍的仍为干法喷射。

二、锚杆

锚杆有“非预应力锚杆”和“预应力锚杆”两种。施作非预应力钢筋砂浆锚杆的工艺流程见图2，钢筋的两端不作特殊加工。插锚前，根据围岩条件确定锚杆的方向、深度和间距，用普通凿岩机凿出锚杆孔，并拌制水泥砂浆；然后装入锚杆灌浆器，在压缩空气推动下，水泥砂浆连续地经注浆

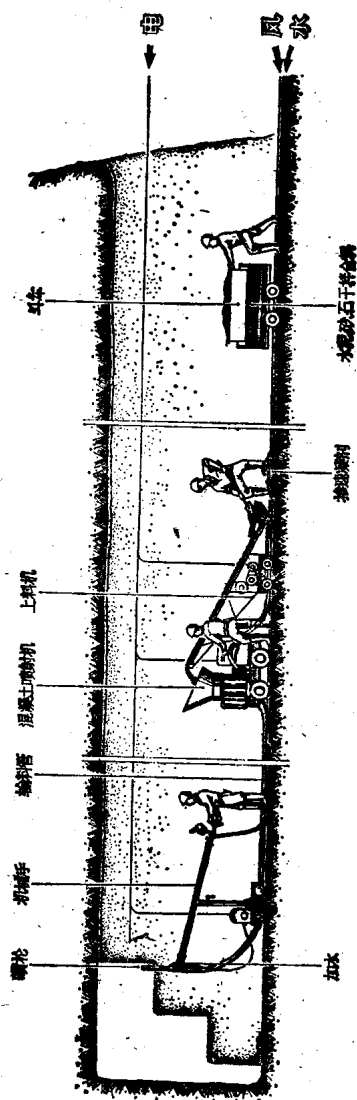


图1 干法喷射混凝土工艺流程示意图

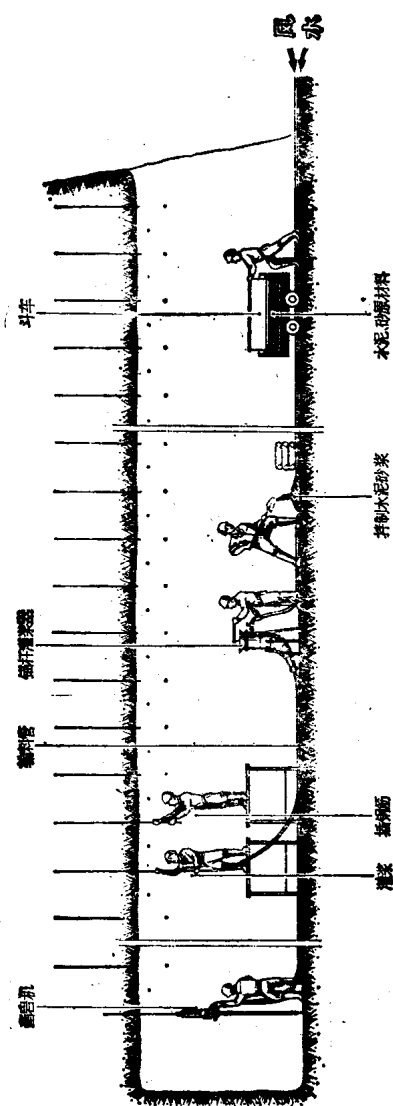


图 2 施作非预应力钢筋砂浆锚杆的工艺流程示意

管灌入孔内（或用木棍将水泥砂浆送入孔内），凝结硬化而成。这种新型的加固围岩的杆件，具有结构简单、安装方便、耐久性好，以及不占隧道净空的优点。但非预应力钢筋砂浆锚杆的长度较短、锚固力较小，近年在大型洞库中发展了预应力锚索。预应力锚索的结构和施作的工艺流程与非预应力锚杆有些不同，它要先将钢索送入孔内，锚固顶端，施行张拉，再灌注水泥砂浆。由于预应力锚杆尚处于试验阶段，所以目前常用的以及本书所介绍的，仍为非预应力的钢筋砂浆锚杆。

第二节 施工机具

喷锚衬砌的施工机具包括用于喷射混凝土作业和锚杆作业的两类。

喷射混凝土作业的机具主要有混凝土喷射机、上料机、机械手以及空气压缩机、搅拌机；锚杆作业的机具主要有凿岩机、锚杆灌浆器以及空气压缩机等。此外，还有制备砂、石集料的碎石机和制作喷射混凝土质量检查试件的切割机。其中，混凝土喷射机、锚杆灌浆器、切割机等专用机具，一般铁路工程处的修配厂或工程段的修配所均能制造。

一、混凝土喷射机

目前，国内使用的混凝土喷射机主要有三种类型：一种为双罐式，例如冶建65型、WG25g型等；一种为转体式，例如PH30-74型、HPⅡ型等；还有一种为螺旋式，例如LHP70-1型、71-1型等（表1）。

混凝土喷射机技术特征及性能

表1

项 目		单 位	双 罐 式	转 体 式	螺 旋 式
			冶建65型	PH30-74型	LHP70-1型
生产率		米 ³ /时	4	2~6	1~3
工作风压		公斤/厘米 ²	1~6	1~5	2.5~4
耗风量		米 ³ /时	5~6	10	9
骨料最大粒径		毫 米	25	25	30
输料管内径		毫 米	50	50	75
电动机功率		千 瓦	2.8	7.5	5.5
一般 输送距离	垂直	米	40	100	5
	水平	米	200	250	15
重 量		公 斤	1000	800	320
外形尺寸 (长×宽×高)		毫 米	1500×830 ×1520	1500×1000 ×1600	1500×730 ×750
设 计 单 位			冶金部冶金建筑研究院	一机部建筑机械研究所 扬州机械厂	煤炭部煤炭科学研究院

(一) 双罐式混凝土喷射机

双罐式混凝土喷射机由上、下串联的两个罐体、传动机构、油水分离器以及输料管、喷枪等部分组成(图3)。在料斗与上罐之间、上罐与下罐之间,分别设有伞形罩,下罐底部有给料盘和底盘。底盘上有一出料口,接输料管及喷枪。工作时,在出料口的前方通入压缩空气;给料盘作慢速旋转。干拌料由上料机装入料斗,通过顺序开启和关闭两个伞形罩,向下罐供料。给料盘将料均匀而连续地拨到出料口,由压缩空气将其输送出去。

WG25g型喷射机与冶建65型喷射机的构造大致相似,

主要是伞形罩的操作不同，前者为气动控制，后者为手动控制，此外，管路的布置和参数也有一些差异。

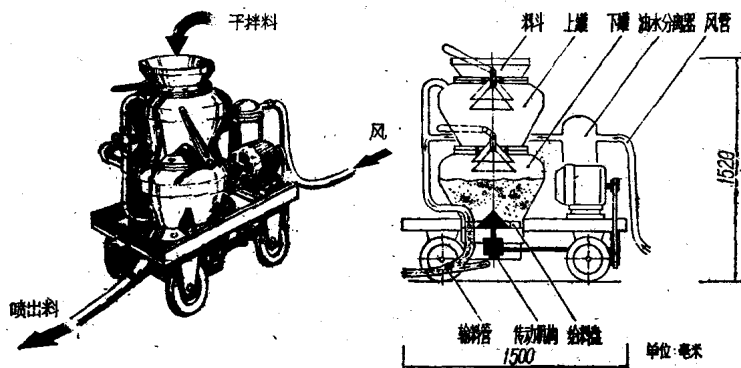


图3 冷建65型混凝土喷射机

这类喷射机有效率高、不易损坏的优点，但机体较大，操作较复杂。

(二) 转体式混凝土喷射机

转体式混凝土喷射机由8~12个并列的圆筒组成的旋转体、传动机构、油水分离器以及输料管、喷枪等部分组成（图4）。在圆筒与给料盘和底盘之间，分别设置耐磨橡胶制成的结合板，以保证密封。底盘上有一出料口，接输料管及喷枪。工作时，在圆筒的上方及出料管通入压缩空气，圆筒作慢速旋转。干拌料由上料机装入料斗，通过给料盘，依次向各个圆筒供料。当圆筒与出料口相对时，料即由压缩空气输送出去。如此往复，使供料连续而均匀。

这类喷射机有操作简便、效率高的优点，但上、下结合板容易磨损。

(三) 螺旋式混凝土喷射机

螺旋式混凝土喷射机由一根焊有螺旋叶片的中空轴、传