

独头巷道炸破后通风

吳中立 著



冶金工业出版社

133

50

独头巷道爆破后通风

吳中立 著

冶金工业出版社

独头巷道爆破后通风

吴中立著

编辑：刘天瑞 设计：鲁芝芳 韩昂石 校对：吴敏

冶金工业出版社出版（北京市灯市口甲45号）

北京市书刊出版业营业登记证出字第093号

工人出版社印刷厂印 新华书店发行

1959年5月第一版

1959年5月北京第一次印刷

印数3-500册

开本891×1161·1/32·170,000字·印张6 $\frac{16}{32}$ ·插页4

统一书号15062·1475

定价0.85元

序

独头巷道爆破后通风是矿山巷道掘进中经常遇到的问题。在铁路工程，水利工程以及地质勘探工程中开凿隧洞时也常遇到这一问题。爆破后通风的时间过长，或炮烟的排除未能达到预期的限度，不仅使劳动生产率不能提高，并且将使工人的健康受到严重的影响。在社会主义建设事业大跃进中每项工程的各工序，各环节都要做有机的配合，这一问题的解决已经感到非常迫切。在提高巷道掘进工作效率的措施中虽然从劳动组织、凿岩工具、爆破方法和装运设备上能提出一些办法，但爆破后的通风问题始终是重要的一环。

现有文献中有关独头巷道通风问题的资料多属实验公式，常彼此分歧，莫衷一是。随建设事业的发展，对此问题的解决要求提出一些切合实际的新的见解。吴中立同志现将其对独头巷道爆破后通风问题钻研的结果整理付印，对此问题的解决当能有所贡献。吴中立同志在总结苏联已有成就的基础上，在实验室及现场做过多次的实验和测定，并加以理论上的分析和论证，提出自己的见解，经北京钢铁学院华凤淑教授评阅，认为其结论中提出的算式有助于现场工作的需要。

吴中立同志在研究工作中对爆破后炮烟排出的过程进行了分析，颇能补前人的不足，针对具体的爆破情况提出改善通风的技术措施，对矿山现有的通风方法做出评价，对今后如何选定独头巷道的通风方法提出具体的建议，对各种通风方法指出了合理的使用范围，所有这些研究工作都能使有关的问题在解决过程中向前推进一步。

本书与广大读者见面之后，经共同商讨，分析、补充、启发、策励，定能促进这一问题的进一步解决并将有利于祖国的建设事业和科学研究工作。

关绍宗 1959年1月

作者的話

在中国共产党第八屆代表大会第二次會議上，党中央提出了“鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义”的总路綫，并且还向全国人民发出了伟大的战斗号召，要“爭取在十五年，或者在更短的时间內，在主要的工业产品产量方面赶上和超过英国”〔1〕。

工业的水平在很大程度上是以鋼鐵及有色金屬的品种和产量为标志的。为了保証完成党所提出的这一光荣而艰巨的任务，金屬采矿工业必需以大跃进的姿态大力发展。按照党中央所指出的“大型企业和中小型企业同时并举”的建設方針，在第二个五年計劃期間，金屬矿山就将如星罗棋布那样分布于全国各地。

在矿床开拓和采矿准备期間都要掘进大量独头巷道，在掘进过程中必須保証供給工人以符合卫生标准的足量新鮮空气，这就是掘进通风所要完成的任务。

随着自然条件和掘进方式的不同，掘进通风应解决的問題亦各異。例如：用爆破手段开掘巷道时，通风的首要任务就是将炸药爆破时生成的毒气（炮烟）迅速有效地排出；在有矽尘病危害的矿山，在各种产生矿尘的作业过程中，通风的任务就是排出矿尘；至于在有瓦斯（二氧化碳或沼气）涌出的矿井，通风的任务則是稀釋瓦斯到安全浓度。当然，有时掘进通风是同时完成几項任务的。

在本書中只是探討独头巷道爆破后通风的有关問題。

独头巷道爆破后通风問題，在苏联已有比較詳尽的實驗和理論上的研究，正如苏联科学院斯闊成斯基院士所說的那样：“还没有任何一个国家能够象苏联这样对此問題在實驗方面和理論方面进行了如此广泛与深入的研究”〔2〕。例如：A.M. 克生諾馮托娃和 M.A. 奧利沃夫斯基在實驗平窿和現場中，对压入式、吸出式和混合式通风过程进行了實驗研究，并得出相应的风量計算

經驗公式；И. И. 穆司鉄立 在染色水力模型試驗中得到压入式通风的风量計算公式；值得特別提出的是技术科学博士 B. H. 伏洛宁所做的工作，他应用流体动力学的理論来解决通风过程的計算問題，使局部通风排出炮烟的过程第一次得到理論上的解释和論証。总之，多方面的研究，使通风过程的本質得到愈来愈深入的揭露。

虽然如此，对通风过程的研究，还并未达到十分完善的境地；例如：在目前通常使用的压入式通风风量計算公式有好几个，而其計算結果有时相距頗远。在什么条件下，使用哪种計算方法更为合理的問題，並沒有得到进一步的探討。往往是从概念出发，各持所說，莫衷一是。对于吸出式通风的計算，也存在着类似的情况。更有甚者，如伏、克諸氏对吸出式通风的研究，仅是局限于风管末端离掌子面較近的条件下，而这种条件在现场往往是很难得到保証的。至于当风管末端距掌子面較远时的吸出通风过程至今尚未有人予以詳尽的研究。

我們認為，只有在上列問題进一步得到解决后，才能使各种方式的通风过程的本質得到全面揭露，从而能对前人的研究成果作出切实的評價。也唯有这样，我們才能因地制宜，多快好省地选择合理通风方案，滿足掘进对通风所提出的要求。

为此，在本書的第一部分将着重探討下列几方面的問題：

一、为了能够切实地针对生产条件研究炮烟排出过程，首先对独头巷道爆破后炮烟抛擲情况及其分布进行实际考察。

二、从实验方面和理論方面研究各种通风方式的炮烟排出过程，对前人研究成果給予必要的評價，并提出我們認為合理的通风风量計算方法。

三、在对上述問題研究的基础上，从理論上确定各种通风方式的合理使用范围。

在本書的第二部分，專門討論了我国矿山现有的局部通风設備的能力及其性能，并列舉出我們在若干矿山实际測定的資料，以供我国矿山設計部門或有关单位参考。此外，还附带地列出了

若干性能卓越的外國通風設備的性能資料，對我國目前生產的局部通風設備性能的改善，有一定的實際意義。

在本書最後一章，概述了局部通風設計的一般原則，並且通過合理通風方案選擇的示例來說明我國現有設備在解決局部通風問題上的可能性及需要予以特別注意的一些問題。

在實驗工作中，得到了現場和學校的很多同志的指導和協助，如開灤煤礦總管理處的薛壽亨工程師、楊士茹同志、趙各莊礦通風區的鄭卓華工程師、華銅銅礦的李岳森同志，龍烟鐵礦工程公司的馮愛華同志及東北工學院採礦系通風實驗室李錦太同志等，為此在這裡向他們特致衷心的謝意。

本書原是著者在東北工學院採礦研究生學習期間所寫就的一篇論文。在研究工作中，獲得了學校黨組織的親切關懷支持、使工作得以順利進行。

論文的科學指導人是蘇聯莫斯科礦業學院哈寥夫副教授和東北工學院關紹宗教授。哈寥夫專家在歸國後，仍不斷關心著著者對這一問題的研究工作。謹在本編文付印的時候，對哈寥夫專家關心促進中國科學技術的這種感情表示崇高的敬意和感謝。

合肥工業大學採礦系 吳中立

目 录

序

作者的話

第一部分 独头巷道爆破后通风过程及其所需风量的計算…… 1

第一章 在独头巷道爆破时炮烟的抛出及掌子面

炮烟的浓度…………… 2

第二章 独头巷道压入式通风时的炮烟排出过程

及所需风量的計算…………… 9

§ 1 概述…………… 9

§ 2 压入式通风时风流有效作用长度…………… 11

§ 3 压入式通风时掌头区炮烟排出过程…………… 14

§ 4 压入式通风时掌头区炮烟排出过程的实验研究…………… 17

§ 5 B. H. 伏洛宁对压入式通风过程的研究及其
风量计算方法〔7〕…………… 22

§ 6 压入式通风时炮烟排出过程的全面分析及其风量計算…………… 27

第三章 独头巷道吸出式通风时的炮烟排出过程

及其所需风量的計算…………… 35

§ 1 概述…………… 35

§ 2 吸出式通风的有效作用长度…………… 35

§ 3 在吸风有效作用范围内吸出式通风过程
及所需风量的計算…………… 38

§ 4 吸出式通风时炮烟停滞区通风过程的研究…………… 43

第四章 混合式通风时的炮烟排出过程及

所需风量的計算…………… 61

§ 1 概述…………… 61

§ 2 吸风管口在炮烟抛掷区外 ($l_{TP.B} > l_{OT}$) 的混合式通风…………… 62

§ 3 吸风管口到掌子面的距离等于炮烟抛掷长度 (即 $l_{TP.B} \approx l_{OT}$)
时的混合式通风…………… 64

§ 4 吸风管口在炮烟抛掷区中 (即 $l_{TP.B} < l_{OT}$) 的混合式通风…………… 65

§ 5 喷射器在混合式通风中的应用…………… 72

§ 6 单扇循环混合式通风	74
第五章 单扇变换方式通风	83
§ 1 概述	83
§ 2 单扇吸-压式通风	83
§ 3 单扇压-吸式通风	89
§ 4 单扇吸-压-吸式通风	93
§ 5 使用隔离风帘的单扇变换式通风	95
第六章 天井和竖井的掘进通风	101
§ 1 概述	101
§ 2 天井掘进通风	101
§ 3 竖井掘进通风	107
第一部分总结	114
第二部分 局部通风设备和局部通风设计	119
前言	119
第七章 风管风阻	121
§ 1 概述	121
§ 2 风管风阻的测定方法	121
§ 3 我国矿山几种常用风管的风阻	125
第八章 风管漏风	131
§ 1 概述	131
§ 2 风管漏风量的计算	131
§ 3 我国矿山几种常用风管的漏风情况	132
§ 4 漏风对炮烟排出过程的影响	141
§ 5 局扇串联工作时的漏风	142
§ 6 在漏风条件下的局扇工作风阻	143
第九章 喷射器	148
§ 1 概述	148
§ 2 压气喷射器	148
§ 3 水力喷射器	157
第十章 局部扇风机	164
§ 1 概述	164
§ 2 局扇性能鉴定方法	164

§ 3 局扇的性能.....	166
§ 4 局扇的工况.....	170
§ 5 局扇串联工作.....	171
第十一章 独头巷道爆破后通风設計	178
§ 1 概述.....	178
§ 2 局部通风設計的一般原則	178
§ 3 平巷掘进通风設計	181
§ 4 天井及豎井掘进通风設計	191
結束語.....	194
参考文献	198

第一部分 独头巷道爆破后通风过程 及其所需风量的计算

前 言

用凿岩爆破手段开掘巷道时，炸药爆破后生成大量气体，气体的成分与数量因炸药的性质、用量、爆破方式及岩石的种类等条件而异，其中一氧化碳和氮的氧化物具有剧毒，因一氧化碳的化学和物理性质远较氧化氮为稳定，故在通风计算中即以一氧化碳为衡量指标（氧化氮的生成量则以1:6.5的比例折算成当量一氧化碳）。我国矿山保安规程规定空气中一氧化碳最高允许浓度为0.02%（以体积计）〔3〕。通风的任务就是使爆破后的炮烟降到此规定标准以下。

在我们着手研究通风过程之先，有必要了解爆破后炮烟在独头巷道中的分布情况及其可能的最大浓度，这就是我们在第一章中所要讨论的问题。

在其后各章中，我们将详尽地探讨各类通风方式的炮烟排出过程并提出必需风量的计算方法。

必须指出，我们研究独头巷道炮烟排出过程是以平巷为典型的，竖井和天井爆破后通风情况会有所不同，但从空气动力学的观点来看，除了在竖井中存在强烈的自然对流，在天井中掌子面炮烟易停滞而不易扩散之情况外，其基本机理则是完全一致的。因此，在竖井和天井的掘进通风方面只是在平巷通风过程研究的基础上，用不大的篇幅对若干有关问题提出自己的看法，作为今后进一步研究该问题时的参考。

第一章 在独头巷道爆破时炮烟的抛

出及掌子面炮烟的浓度

直到现在，人們对于炸药爆炸时产生有毒气体的反应机理还未透彻了解。一般說来，生成較多的这种或那种有毒气体是与炸药的氧平衡情况有关。但是实际使用适氧平衡的炸药，仍然生成相当数量的有毒气体，表明仅此一点不足以解释毒气产生的根源。在苏联有很多人正在探索这一秘密，并且不断地在論爭。有人認為一氧化碳生成的主要原因之一是爆破时带有足够热量的微粒矿尘使二氧化碳分子热分解〔4〕，以此来解释同一种炸药在不同围岩中爆破时一氧化碳生成量不同的现象。有人則反对这种意見，認為一氧化碳生成的主要原因是爆破时生成的高温水汽与二氧化碳使含碳物（如炸药卷紙壳）氧化所致〔5〕。总之，由于爆炸反应的复杂性及其在实验研究上的困难，至今这些见解还都处于假說阶段，未能作出定論。

炮烟发生量制約于很多自然和技术因素，就通风計算的意义来說，只可能根据在生产实际中直接测定的大量資料来确定統計性的指标。

在炮烟发生量一定的情况下，炮烟区中炮烟浓度就与爆破时炮烟抛擲散布的情况有关。在爆破瞬間，炮烟在巷道中占有的空間可称为炮烟抛擲区，該区的长度为炮烟抛擲长度，以 l_{or} 表示。因此，炮烟区炮烟平均浓度可由炮烟总发生量除以抛擲区容积而求得。这里就向我們提出了一个問題，炮烟抛擲长度制約于那些因素，应该如何計算？还应指出，爆破后炮烟区中炮烟浓度分布当然不能是均匀的，一般是离掌子面远，則浓度减小，但并无一定规律可循。考虑浓度分布不均匀的情况，只能增加計算的复杂性，对問題的解决毫无补益，所以在計算中，都是以炮烟的平均初浓度为准。

炮烟抛掷长度的資料只能从实际观测中得来。苏联一些学者在研究独头巷道通风的同时也对炮烟抛掷长度作了一些实际观察，从苏联文献中可以见到两种计算公式，即

A. И. 克生諾馮托娃式 [6]：

$$l_{OT(k)} = 15 + \frac{A}{5} \quad (1)$$

B. H. 伏洛宁式 [7]：

$$l_{OT(y)} = 2.4A + 10 \quad (2)$$

式中 l_{OT} ——炮烟抛掷长度，公尺；

A——爆破的炸药量，公斤。

必須指出，克、伏两氏在提出其近似计算方法时，并未对各该式的适用范围与条件加以充分说明。但是，在相同炸药量的条件下由两式计算的结果表明，所得 l_{OT} 值相差很大，炸药量大时尤甚，这种情况使人难以理解，更不知何所适从。在苏联司闊欽斯基院士和關馬洛夫教授合著的“矿内通风学”一书的附注中虽曾说明：在软岩用前式，在硬岩用后式。但仅此是不足以说明其差别原因的。試問岩石軟硬又以何为准？也有答称：煤矿用前式，金屬矿可用后式，实际也未能澄清这一問題。

为了进一步了解此問題的实质，可試行分析影响炮烟抛掷长度的几个因素。

很明显，爆破用的炸药量愈多，生成的炮烟量也愈大，随之炮烟在巷道中所占体积也愈大。但是我們认为，已有的炮烟为外力推动而扩展的因素应该放到首位来考虑。掌子面所有炮眼中的炸药一次瞬間爆破和先后分次爆破，在炮烟生成量上是沒有多大区别的，但炮烟所受的外力推动作用却截然不同。

在实际观察中我們可以看到下列情况。选择主巷一侧正在掘进的独头巷道（长为 20 公尺左右）进行爆破观察，用导火綫点燃起爆，每炮間隔時間为 3~7 秒不等；在独巷口設置电灯，人們可以在主巷中較远处清楚地看到白色霧状炮烟冉冉漫出的情况。每响炮一次，立刻就能见到由独头巷道涌出一股浓烟，这就

充分說明了每次爆炸的气浪冲击原有的炮烟，使之向外迅速扩展的作用。

因此，可以作出結論，爆破方式应是炮烟抛擲长度的定性条件。在爆破方式保持不变的条件下，才能討論炸药量对抛擲长度的量的影响。

可以理解，用电雷管起爆与火雷管起爆，各炮眼爆破的时间间隔是不同的，所以在放炮完毕的瞬间，两种情况下的炮烟抛擲长度将是不同的。

为了了解在不同爆破方式下炸药量对抛擲长度的影响，我們在华銅銅矿、龙烟鉄矿及开灤赵各庄煤矿进行了实际观察。

观察的方法很简单。选定直隸巷道为观察场所，爆破前离掌子面相当距离处每隔 3~5 公尺設置一电灯，爆破时观察者在安全地点，爆破完毕后立即到离掌子面 40~50 公尺处（以防止万一发生的緩炮事故）观察炮烟分布及其运动情况，炮烟在灯光照射下呈白色浓雾状，根据照射炮烟的电灯位置可以判定炮烟抛擲长度的大小。

今将在华銅銅矿、龙烟鉄矿和开灤赵各庄煤矿用不同爆破方式进行試驗的条件及其結果列于表 1 中。

实际使用的炸药是：华銅銅矿——国产阜新岩石炸药与朝鮮产岩石炸药混合使用；龙烟鉄矿——朝鮮产岩石炸药；开灤赵各庄矿——撫順硝磺炸药。

用导火綫燃爆时，每炮间隔时间与各根导火綫的长度及点燃时间间隔有关。如果各根导火綫长度相等，則各炮眼爆破的时间间隔与点火时间间隔大致相等。在华銅銅矿用預先制就的点火导綫进行分組集中点火，各炮间隔时间比較均匀，約为 3~5 秒。整个爆破时间依爆破眼数而定，在 16~24 个眼的条件下，全部时间为 60~100 秒左右。龙烟鉄矿是用的个别点火法，故各炮时间间隔长短不一，大致在 3~7 秒之間。巷道断面大，炮眼数多，整个爆破时间就稍长。

用电雷管起爆者均分三段爆破，全部爆破时间不过数秒。

表 1

观 测 地 点	巷道断面 公尺 ²	岩 石 种 类	支架型式	炮眼 数目 个	炸药 用量 公斤	爆破 方式	炮烟抛 掷长度 l_{0T} 公尺
华铜矿北山坑1130号探矿	3.6~4.0	粉 岩	无	11	6.00	火	22
" "	"	"	"	11	6.00		20
" 1201号	"	岩脉(压不完全木棚 碎带)	$\Delta=5\sim7$	8	4.50		22.5
" "	"	"	"	11	6.17		21
" "	"	"	"	11	4.97		20
" "	"	"	"	11	4.20		20—22
" "	"	石灰岩	"	12	10.95		25
" "	"	"	"	19	13.50		26
" "	"	"	"	16	15.60		30
" "	"	"	"	15	17.40		29—31
" 1304	"	花岗岩	无	17	13.80	炮	29
" "	"	"	"	17	8.30		24—25
龙烟铁矿小吴营平副巷	7.5	风化石 英岩	不完全木棚 $\Delta=6\sim7$	17	10.65	火	24
" "	"	"	"	19	9.30		25
" "	"	"	"	19	9.00		22
龙烟铁矿大西部东平巷	14.4	石英岩	无	36	24.00		39
" "	"	"	"	24	21.00		36
龙烟铁矿大西部西平巷	"	"	"	35	27.00		40
" "	"	"	"	27	21.00		33
华铜北山坑1201号探矿	3.6~4.0	岩脉(压 碎带)	不完全木棚 $\Delta=5\sim7$	10	5.40	电	14
" "	"	"	"	8	5.50		12
" "	"	"	"	12	8.00		15
开滦赵各庄8104	5.7	石灰岩	砖 墩	21	9.50		18
" "	"	"	"	21	12.10		20
" "	"	"	"	22	14.00		17
" 8101号	"	"	"	21	11.50		18
" 8101号	"	"	"	10	4.90		16
" 8西大巷	7.5	"	"	15	7.00		16

注 Δ 为木料支架的腰口径。

将表 1 中资料标记于图 1 中：横座标为炸药量 A (公斤)，
纵座标为炮烟抛掷长度 l_{0T} (公尺)；不同爆破方式的资料用不

同符号表示：○○○——火雷管起爆；×××——电雷管起爆。

由图 1 可以看出不同爆破方式的明显区别。

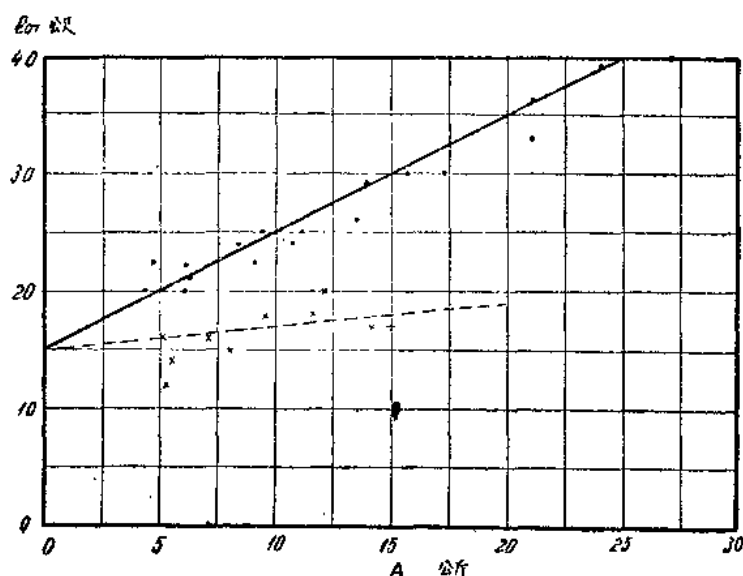


图 1

在火雷管起爆的条件下，炮烟抛掷长度 l_{OT} 与炸药量 A 的关系可用下式近似表示：

$$l_{OT} = 15 + A \quad (3)$$

可以认为，巷道断面的影响是不大的。因为，巷道断面大，固然对炮烟推移时的阻力较小，但炮烟发生量一定时，巷道断面愈大，炮烟区长度就愈小；这是相互制约的两方面，使断面大小不具有显著的影响。此外，支架有无或其型式如何，在观察中也未看出有何影响。

电雷管起爆时的炮烟抛掷长度显然要较火雷管起爆时为小。这样就产生了一个问题：伏洛宁计算式是适用于什么条件下的？如设炸药量为 15 公斤，则按 (2) 式计算得 $l_{OT} = 46$ 公尺。这么大的数值甚至是在火雷管起爆的不同条件下多次观察也未曾见到，

与电雷管起爆的情况則相距更远。我們認為，只有在爆破后間隔相当時間，炮烟方能扩展到如許远处。

由于生产条件的限制，对电雷管起爆的情况观察次数不多，炸药用量的变化幅度也很小。但由图 1 仍可看出大致輪廓，与按克氏建議的計算公式所画出的曲綫（虛綫表示）約略符合。因为克氏算式是以大量实测資料为依据的，故可以用来近似計算电炮条件下的炮烟抛擲长度。

关于炸药的炮烟发生量問題，在苏联已根据实验对过去 100 升/公斤的规定予以修正，目前都以 40 升/公斤为标准。我国安全规程至今尚定为 100 升/公斤，尚有待实际試驗后予以修正，在未作修改前，可仍沿用原标准。

爆破后掌子面的炮烟平均初浓度 C_0 可用下式計算，即

$$C_0 = \frac{Ab}{10l_{or}S} \% \quad (4)$$

式中 b ——炸药的炮烟（以 CO 計）发生量，100 升/公斤；

S ——巷道断面，公尺²；

余均同前。

由于爆破方式不同， l_{or} 值不同， C_0 值也各異。

对于不同爆破方式的炮烟抛擲长度应用下列各式分別計算。

将 (3)、(1) 式分別代入 (4) 式，即得

用火雷管起爆时

$$C_{0(m)} = \frac{10A}{(15+A)S} \% \quad (5)$$

用电雷管起爆时

$$C_{0(s)} = \frac{50A}{(75+A)S} \% \quad (6)$$

为了計算 C_0 值方便起见，将 (5)、(6) 两式制成綫图，见附录 (I a、b)。首先依爆破方式选定适用的綫图：火炮用 b 图，电炮用 a 图；然后由已知的炸药量 A 及巷道断面 S 值在两侧标尺上找得相应点，联此两点成一直綫，直綫与中間标尺之交点即为所求答案，可自中間标尺之左侧讀得 C_0 值体积百分数。