

地质科技资料选编 (一一二)

国外探矿工程资料选编

(五)

学

地质矿产部情报研究所
一九八八年三月

前 言

我国坑探工作近年来有了长足的进步，为地质找矿和国民经济建设作出了很大贡献。为了探讨如何进一步提高坑探工作掘进效率和适应开展对外开发技术以及扩大服务领域的需要，我们搜集了国外有关这方面的资料编译了17篇文章。内容包括苏联掘进工作组织管理与提高效率的潜力、勘探坑道的综合利用、系统工程的应用、凿岩爆破新工艺和坑道先进支护方法。还有国外凿岩技术、光面爆破、爆破装药量计算公式、起爆方法和静态破碎剂等。

本选编可供从事坑探工作的工程技术人员、教学和科研人员以及坑、班长和管理人员参考。

由于水平所限，难免有错误和不妥之处，敬请诸者批评指正。

本选编的出版得到部探矿办坑探处、河南省地矿局探矿三队、广西地矿局第五地质队大力相助，谨此一并致谢。

编 者

1988年3月

目 录

〔综合述评〕

苏联坑探工作提高掘进效率的途径.....	(1)
----------------------	-------

〔一般问题〕

地下勘探坑道设计的科学方法基础.....	(12)
坑道掘进工作新技术设备.....	(14)
坑道掘进工作的生产组织管理与提高效率的潜力.....	(17)

〔勘探坑道综合利用〕

地下勘探坑道综合利用现状与前景.....	(40)
----------------------	--------

〔系统工程的应用〕

勘探竖井和平硐参数的标准化和模拟以及综合最优化.....	(67)
------------------------------	--------

〔凿 岩〕

凿岩技术.....	(101)
利用凿岩台车掘进坑道时凿岩爆破的工艺.....	(137)

〔爆 破〕

爆破技术的发展.....	(164)
光面爆破.....	(169)
爆破装药量的经验计算公式.....	(179)

〔起爆方法〕

雷管的各种起爆方法.....	(186)
----------------	---------

〔炸 药〕

磁性炸药.....	(191)
-----------	---------

〔静态破碎剂〕

静态破碎剂的评价及其前景.....	(195)
无爆破掘进隧道.....	(206)
静态破碎剂添加发热剂的破碎效果.....	(211)

〔支 护〕

勘探坑道的先进支护方法.....	(220)
------------------	---------

苏联坑探工作提高掘进效率的途径

坑探工作是现代地质勘探工作中主要勘探技术手段之一。苏联地质部的坑探工作占地质勘探总工作量（以投资计）的5%左右。在固体矿产野外工作总费用中约占15%，从事坑探工作的总人数约占苏联地质部职工的10%。

在有色金属、稀有金属、贵金属和非金属以及晶体原料等复杂矿床中，苏联广泛采用坑道进行详勘。因为坑道可保证高级储量的增长，在这些矿产上约有50~75%的高级储量是利用坑道探明的。不进行一定数量的坑探工作，就不能可靠地对固体矿产进行工业评价，取得矿井和露天采场设计和建设以及开采所需的准确资料。在地质勘探工作中忽视坑探工作，将会导致盲目扩大钻探工作量，影响勘探工作质量，甚至会错误地否定有工业价值的矿床，提高勘探和开采成本。

近年来，苏联地质部的坑探工作结构，有日益复杂的明显趋势。因为在现有大型矿床和开采矿山附近的新矿床成为研究地质和工业开发的方向，以及考虑到勘探坑道在矿床开采中利用的可能性，所以勘探深度增大，坑道长度和坑道断面也将会加大，竖井比重有所增加，地下坑道体系复杂化，这些因素都将给整个坑探工作施工条件带来一定的困难。

苏联地质部坑探工作在“十、五”（1976~1980年）和“十一、五”（1981~1985年）计划期间完成坑道掘进工作量如下表。

苏联地质部历年完成的坑道掘进工作量

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
掘进坑道工作量(万米)	27.88	28.88	28.11	26.93	28.35	27.88	28.06	29.17	29.65	28.80
掘进速度(米/队月)	116.2	121.0	125.5	132.4	137.5	135.7	138.0	146.0	150.0	153.0
掘进队数(个)	248	238	230	228	224	227	231		223	225

近年来，完成的坑探工作量基本上是稳定的。坑道掘进工作量每年保持在28~29万米，探槽掘进工作量每年增长3.5%，大约每年完成1500万立方米。浅井掘进工作量开始下降，现在每年保持完成50万米左右。

苏联坑探工作效率的提高，主要是通过提高掘进机械化程度、改善劳动组织和不断改进

工艺的途径达到的。例如1985年平均坑道掘进速度为153米/队月（即一个掘进队每月完成的工作量），较1976年的116.2米提高了32%。同期的劳动生产率（即一个掘进工人每月完成的工作量）1985年为13.4米/人·月，较1976年的7.7米提高了74%。

我国坑探工作近年来已取得了很大的进展，但与苏联相比还有相当大的差距。例如我国的平均坑道掘进速度1986年为138.71米/队月，比苏联的153米相差10%。从掘进速度看我们不算太低，但从劳动生产率看，问题就显得十分突出。1985年我们的劳动生产率为3.06米/人·月，而苏联的劳动生产率为13.4米/人·月，劳动生产率高出我们3.3倍。掘进速度可通过增加掘进工人数和增加工作面的技术装备而提高，但增加工人数量虽然可提高掘进速度，由于工时利用率低则劳动生产率仍停留在以前的水平上，甚至还要下降。这说明单纯从掘进速度分析问题很不全面。我们应该着眼于提高劳动生产率这个根本点去分析问题研究问题，只有这样才能全面地找到我们掘进坑道的主要症结，从而有效地提高我们掘进坑道的工作水平。我们与苏联相比较，概括起来有三个方面的不足：掘进坑道机械化程度低，掘进工艺落后，管理工作薄弱。

近年来通过我们了解到的苏联坑探工作情况和围绕上述提到的三个方面的不足，认为有如下几个问题值得我们注意。

一、组织管理工作

实践证明，不断地改进和完善组织管理工作，对促进提高劳动生产率和降低成本以及加快勘探步伐有着重要作用。现就苏联地质系统近年来所采取的几项措施作一简介。

1. 建立健全各项制度

苏联过去均以掘进队的队月掘进速度（一个掘进队每月完成的工作量）作为主要技术经济指标来衡量。但队月掘进速度有很多可变因素直接影响该指标的结果，因而用这样指标来评比掘进队完成情况可比性很差。因此，近来苏联地质部编制了技术经济指标表，该表考虑了实际和定额的劳动量，规定了每个掘进工人的掘进速度和在一个工作面一个月的掘进速度指标（即劳动生产率），用来代替队月掘进速度指标。

掘进工作的劳动组织中，存在着大量停工和非生产时间消耗，这些时间损失占掘进工作总时间的10~12%。过去对这部分时间损失不加考核。最近苏联地质部详细制定了掘进队工作时间平衡的核算标准，核算标准包括了这部分时间消耗，并从1983年编制在生产计划里。改进非生产时间消耗的核算办法，能够更仔细地分析研究掘进队的劳动组织情况，以便从中发现问题采取适当措施，尽量减少非生产时间消耗，提高时间利用率。

近年来苏联地质系统制定了很多规范性标准文件和方法性文件，这对加强科学技术管理都有其积极作用。最近地质系统颁发制定的文件有：

- (1) 地下勘探坑道和地面建筑物建设施工设计预算的内容、编制、审查和批准程序的

暂行规范，

- (2) 地下勘探坑道施工、建筑验收规范；
- (3) 水平坑道和竖井的标准设计；
- (4) 爆破工作设计和指示书，选择直线掏槽参数；
- (5) 掘进队劳动组织标准设计；
- (6) 选择支架的类型和结构；
- (7) 砂矿坑探工作体系和参数；
- (8) 长坑道通风的标准设计和复杂通风系统的计算方法；
- (9) 确定勘探坑道质量等方面的方法；
- (10) 通风系统和坑道施工中安全出口设施的设计；
- (11) 地下坑道空气净化设计规范；
- (12) 浅井标准断面手册；
- (13) 锚杆支护结构标准；
- (14) 坑探工作领域的技术术语。

在颁发上述文件的基础上，认为制定整个坑探工作技术标准 and 规程业已成熟，并为利用本部门电子计算机建立自动化设计系统打下基础。

2. 掘进队承包制

为了加强生产管理实行经济核算，掘进队从1978年开始实行了掘进队承包制。到1985年苏联地质部的225个掘进队中有142个队实行了队承包。占掘进队数的63%。掘进队实行队承包后，坑道掘进速度提高了11~14%。

掘进队承包制是指地质队管理部门根据地质勘探任务的需要，与掘进队按工程数量，施工条件和施工阶段订立包工合同。掘进队应在规定的工程进度期限内按规定的工艺和定额完成符合质量要求的工作，并要遵守劳动保护和安全规程。地质队应保证向掘进队及时提供技术资料、材料、机械设备和动力，推广先进技术和先进经验以及进行技术指导，根据合同实行计件和奖励办法向掘进队支付报酬。在承包的作法上，有的掘进队按实际工时和出勤率实行计件加奖励工资制度。辅助工种（爆破工、管道工、机修工）有的队采用计时加奖励，其奖励办法是按照掘进队完成计划的结果进行奖励。

掘进队完成的工作成果，要由地质队有关行政和技术负责人组成的经济核算管理委员会审查，对工程质量进行评定（一般分为优、良、可、差等）确定奖励幅度，对未履行合同义务的提出纪律和物质惩处的意见，对于不执行合同、拖延工期以及不符合质量要求的，掘进队要承担一定的经济责任。管理部门违反合同所承担的责任则由上级机关来处理。上级机关与工会共同确定各部门负责人的责任和奖罚办法，包括扣发奖金和行政处分等。

掘进队承包制是一种新的经济核算形式和有效的生产管理办法，可激发工人的劳动积极性，提高生产效率，节约材料消耗，以及增加工人的物质福利，可真正发挥经济杠杆的作用。

3. 生产组织管理与提高效率的潜力

在进行详细地质勘探阶段，完成地质勘探工作的效率和期限，在很大程度上决定于坑探掘进工作的组织管理技术水平。苏联通过1976到1982年进行大量的坑道掘进工作技术经济分析结果查明，最近十年来，坑探掘进的技术经济指标的增长幅度仍非常缓慢，究其原因不只是技术装备更新跟不上，而且与生产组织管理技术水平有关。分析结果肯定了坑探工作中提高经济效果存在着很大的潜力，认为加强组织管理措施是行之有效的方法。提高坑探工作的经济效果应以如下两条原则为基础。

(1) 最大限度地增加完成掘进工作量，并相应缩短勘探矿床的期限。

(2) 最大限度地减少用于完成工作量的劳动、材料和资金的消耗。

为了客观评价坑探工作的经济效果，必须分析出影响掘进工作经济效果的诸多因素。通过分析掘进1米坑道成本与完成工作量的关系式，采取提高坑探工作强度和增加单位时间内所完成工作量的措施，是提高坑探工作经济效果的最有效途径。在评价生产组织管理技术水平时，分析研究月完成工作量的变化程度也具有意义。在苏联，一般说一年内的月掘进工作量的偏差系数为10~15至50~55%。这些指标的波动充分证明调整生产组织管理就可挖掘完成工作量的潜力。

通过分析研究查明，一个掘进队的掘进工作面数量的增加过多，会有规律地降低工作强度和掘进速度。这是由于增加工作面同时也增加掘进队人数，从而会降低工作强度和掘进速度。也就是说掘进队增加掘进工作面数不一定会提高劳动生产率。当选择合理的掘进工作组织形式时，首先要从掘进速度和劳动生产率两个指标考虑，而这两个指标又是紧密相关的。要依据坑道在实际勘探布置条件以及现有的地质和经济任务，确定其中某个指标为主要的指标。合理组织掘进工作的基础乃是时间上的循环性，就是说依次完成的工序与生产循环持续时间的联系。如班间休息与装药和放炮通风的间歇时间进行合理安排，才有利于提高劳动生产率。一般说最好是使生产循环延续时间与工作班的延续时间一致。

掘进队人员组成的规定，应当采取合理的人数，该人数是从生产循环的总劳动强度中确定的。通过掘进施工实践的要求，合理的掘进速度要求有效利用工作面 and 掘进工的工时。有效地利用坑道工作面，可保证有一般实际要求的掘进速度水平，以最低的劳动力，达到很高的劳动生产率。在正常劳动强度下主要工序和辅助工序都由掘进工完成，而不要额外增加辅助工人。提高坑探工作技术经济效益的潜力大小，应当根据坑探工作数量指标，如工作强度、掘进速度、工作面和设备的利用指标作出判断。当然，工作面的时间利用率低，可明显地说明有着很大的潜力。要增加工作强度，必须通过提高掘进速度才能达到。

通过分析技术经济指标表明，苏联当前主要技术经济指标增长不大，主要是由于生产组织中存在着习惯性缺点所致，而很少是由于技术装备落后，大量资料说明对主要掘进设备的有效利用还不够合理。

4. 综合利用勘探坑道

苏联近几个五年计划期间,地质勘探工作的特点是勘探矿体的产状条件愈加复杂,矿石中有用组分含量分布不均,矿体形态日益复杂。鉴于上述特点,苏联勘探矿床时每年要掘进60万米的勘探坑道(其中地质系统保持在28万公里左右)。考虑到今后掘进地下勘探坑道工作量还会增加,必须采取相应措施来降低勘探费用和缩短勘探周期。解决这项国民经济任务的途径之一,就是要综合利用勘探坑道,即是将这些坑道不仅用于矿床勘探,而在后期亦可用于矿床开采(开拓和采矿准备)。针对综合利用勘探坑道,苏联从60年代就发表了一些综合利用的报道,根据最近实际情况,进一步明确了综合利用勘探坑道的具体作法和有关规定。

基于研究在矿床开采时利用勘探坑道的经验,总结有三种基本解决方法。

(1) 详细勘探的勘探坑道可采用主要生产值参数。所谓生产值参数主要是指勘探坑道的坑道断面大小和坡度以及坑道的曲率半径等参数与采矿相同;

(2) 详细勘探的勘探坑道考虑勘探和采矿共用;

(3) 采用统一综合效用的地下坑道系统。

第1种勘探坑道在矿床开采时而作采矿用途的坑道。这种方法的特点是进行矿山基建和矿山准备工作时,必须改建勘探坑道。在进行勘探坑道设计时,要依照“地质勘探工作设计规范”(该规范征得苏联建设银行同意并由苏联地质部的命令审定),提出详细勘探设计部分并编制预算。设计之前与苏联有色冶金部的地区设计部门协商一致,用议定书方式确定下来,并成为办理组织措施和拨款程序的依据。

第2种勘探采矿共用的坑道,可保证矿床的详细勘探与揭露矿床和准备开采相结合。与第1种方法不同之点在于免除了坑道的改建工作。采用勘探采矿用途的坑道其生产和拨款程序可由《关于详细勘探与固体矿床开拓及采矿准备工作结合程序的规定》(1984年苏联地质部40号命令)来确定。

第3种统一综合效用的坑道系统可保证矿床的详细勘探与矿床开拓以及采矿准备工作的结合。采用这种方法的必要条件是在前期勘探阶段必须有充分全面地地质研究程度。因为这种方法比第2种方法需要更多的投资,因而只能由采矿部门分拨的建筑或改建投资来完成。

目前,苏联地质部门一般在设计和施工地下坑道时没有考虑开采的要求,所以大部分坑道(按长度占65%)要在矿床开采时利用,必须进行重大改建。为了全面地减少坑道改建费用,必须进一步提高勘探坑道的利用率。

尽可能综合利用勘探坑道,不仅使掘进勘探坑道所花的费用得以回收利用减少总费用的支出,还可以加速采矿的开拓阶段。

5. 系统工程管理方法的利用

为了进行科学管理,苏联地质系统在坑探工作中开展了系统工程的研究。系统工程是60年代兴起的一门新学科,它促进了各学科体系和方法论的变革并促使管理科学的飞跃,开辟

了科学技术向前发展的新途径。系统工程是指由若干相互联系又相互作用的各个部分有机地结合起来并能完成某一目标的综合体。从而使所达到的目标具有最优的自动化管理和生产控制工程以及设计与计划。

苏联坑探工作管理的系统工程研究开展较晚,最近有了一些报道,仅仅是处在开始探索阶段。现就苏联勘探竖井和平硐参数的标准化和模拟以及综合最优化的情况作一介绍。该文探讨了综合最优化的一般原则,具体确定标准化在解决最优化课题中的作用和地位,以及已制定出的标准化方法与实施结果。

苏联地质部的坑探工作被认为是一个复杂的社会经济体系,分散于苏联整个国土上的各个勘探竖井和平硐则是构成该体系的要素。同时坑探工作又作为一个重要环节而列入“地质工作”体系中。坑探工作的管理目标和进行生产方面的各种研究工作的目的,就是保证以最少的资源和资金以及使坑道最优化完成地质上的要求。坑道的最优化参数,即是能使费用和结果达到最好的结合的目标参数,被认为是最优化的目标参数,而费用和结果的最好结合则是论证的目标。在解决方法上则采用多方案优选法,即是在达到目标的一系列方案中选择出的最优方案。使目标参数为最优化,而最优化方案是根据最优标准来选择的。

在勘探工作设计阶段,就是在最优化管理的阶段,大体上已经知道目的和条件参数。如果对象的标准化已完成,并且对象的目的和条件已经搞清,则对系统的管理就是有效的。所谓对象的目的和条件已搞清,指的是对象可归入某一种类型,按照模型来选择方案。苏联目前正在制订勘探竖井和平硐参数最优化的方法指南。在每个具体情况下决定目标函数的极限值,必须按照“达到目标的条件”和“达到目标的方案”使勘探竖井和平硐标准化。因此研究坑探工作管理的系统工程方法。在一定意义上讲,也是制订出整个工作的各部分和各阶段标准化的方法。

二、掘进技术

掘进技术范围很广,有的已作过报道不再赘述,现对其中几个主要问题叙述如下。

1. 凿岩

苏联地质系统掘进坑道的凿岩设备大都采用风动气腿式凿岩机。浅井或短浅水平坑道以及探槽中虽然采用了电动凿岩机、内燃凿岩机和电钻,但由于设备性能的关系,应用的局限性很大,使用量不大。地质系统所使用的风动凿岩机,都带有消音和减振装置。从当前苏联生产的风动凿岩机来看,气腿式和伸缩式凿岩机与国外最好的同类型凿岩机的参数相比,其冲击次数和打眼速度大致处于同一水平。液压凿岩机和凿岩台车与国外最优产品相比还有一定差距。

研制液压凿岩机由于起步较晚,到目前苏联只制造了三种规格的液压凿岩机,即ГП-1、ГП-2、ГП-3型,其冲击功相应为10、16、25公斤·米。应当提出的是吉尔吉斯加盟共和国地质局系统曾试制了一套液压凿岩机,这套设备包括ГП-2М型液压凿岩机和УБШ-211Г型液 压

凿岩台车，现已批量生产。ГП—2М型液压凿岩机的冲击功为10~16公斤·米，凿岩机重量为175公斤。

许多国家认为虽然液压凿岩机有一些优点，但矿山完全换成液压凿岩机还有困难，也不见得经济合理。因此风动凿岩机仍将广泛使用，所以应继续改进风动凿岩机和制造性能更好的风动凿岩机，以便与液压凿岩机竞争。

在凿岩过程中为了消除振动对凿岩工身体产生不良影响，提倡采用对人身健康更安全的凿岩台车等技术装备。从目前地质系统使用的凿岩设备看可有两类，一类是能自行或不能自行的凿岩台车，另一类是移动式轻便凿岩装置。为了便于运输和安装移动式凿岩装置是由易拆卸的部件（推力立柱、推进装置、凿岩机）组成，并组装在一根立柱上，立柱借助气压千斤顶固定在工作面上，立柱与安装着凿岩机的推进装置相接。使用这种装置无疑可改善劳动条件，消除振动对工人的影响，但使用它手工劳动还很多。优点是一个凿岩工可开动2~3台，因之可提高劳动生产率和提高掘进速度。

过去曾一度生产的装载机上安装轻型大臂，是一种凿岩装载综合式设备。由于结构不完善，没有得到广泛使用，因而已从系列产品中取消。但这种设备最大的特点是能提高时间利用率和设备的使用率以及减少设备的种类。随着将来不断完善设备的结构，在坑探工作中使用这种综合式设备的前景是很大的。

苏联目前生产的凿岩台车都是供采矿工业使用的，几乎没有考虑掘进勘探坑道的特点，因而适合掘进勘探坑道使用的凿岩台车极其有限。苏联在推广使用大型设备中，很强调技术上、经济上的合理性。关于凿岩台车合理使用范围，一般说年掘进工作量不低于1500米，使用凿岩台车最佳年工作量为2000米。只是在高山条件下掘进坑道时，虽然年工作量少，为改进工人的工作条件也要使用凿岩台车。基于上述原因地质系统还没有全面推广使用凿岩台车，使用凿岩台车大约占总工作量的10~15%。

苏联已认识到应用凿岩台车凿岩的比例还很低，准备研制适合勘探坑道特点的新型凿岩台车，并要增加应用凿岩台车的数量。认为凿岩设备的发展在很多方面决定于今后爆破工艺的继续发展和完善。

凿岩爆破今后发展趋向于深眼，通过实际资料证实，由炮眼深1.5米增加到2.5米时，装药通风相对劳动消耗量减少20~31%，并可提高掘进速度15~28%，个别情况高达70~74%，空气中粉尘浓度可降低70%以上。提高凿岩效率要与其它工作同步发展，就是说凿岩必须与装载和运输能力相适应。因此，认为在没有高效率的装载和运输设备的条件下，配备高效率的凿岩设备在地质系统毫无意义。取代气腿式风动凿岩机的凿岩台车，特别是自行式凿岩台车，不仅要配备较重型的凿岩机，而且要有打深眼的能力。这种昂贵的一套凿岩设备在勘探坑道掘进中是否有生命力，取决于勘探工作中能否充分利用设备的效能和凿岩爆破的工艺，以及增加崩落深度有关。

2. 爆 破

对掘进指标和速度有很大影响的因素是崩落的深度，它决定整个循环全部持续时间和设

备的使用效率。增加深度可减少打眼、装载和运输的非生产时间的损失，以及缩短装药、爆破、通风的相对时间，由于减少底板和坑道壁附近清碴相对数量，可提高装载机效率。勘探坑道由于受到断面小的限制，发展深眼爆破不可能利用斜线掏槽方法，只能向平行空炮眼掏槽过渡。采用这种掏槽方法不仅能增加循环进尺，还可使打眼过程便于实现机械化和自动化。

苏联开始采用直线掏槽方法时间较晚，至今还未能广泛的应用，主要是因为可供打大空炮眼的技术手段有限。特别在勘探坑道中应用凿岩台车很有限，大都还是采用斜线掏槽。苏联将直线掏槽一般称为“龟裂式”和“星状”掏槽，它与圆柱形掏槽区别是首先爆破炮眼距未装药炮眼的距离较远，一般超过 $2.1D$ （ D 是未装药的炮眼直径）。采用这种掏槽方法，爆破岩石向一个或数个不装药的空炮眼方向崩落，循环进尺为 $2\sim 2.5$ 米或更多一些。苏联将圆柱形掏槽称之为带补偿眼的直线掏槽，因为补偿眼在掏槽中起着辅助裸露腔室的作用，即起自由面的作用。采用这种掏槽方法循环进尺可达 $4\sim 4.5$ 米，它的最大优点可用于脆性、韧性和不同韧性的岩石。因而建议掘进勘探坑道采用的爆破方法就是以利用这种掏槽方法为基础。

圆柱形掏槽的突出特点是有大直径为主的不装药空炮眼（补偿眼）形成辅助自由面，掏槽炮眼主要是向着辅助自由面崩落，借助整个炮眼深度的破碎造成掏槽腔室，并扩大其腔室。实践的结论是，采用一般直径的不装药炮眼不能保证掏槽腔室正常发展所需的补偿容积，就是说用一般直径的不装药炮眼作为辅助自由面的作用显然是不够的，因而限制了工作面的循环进尺数。

认为所有掏槽眼能否有效地崩落，在很大程度上取决于崩落过程中掏槽腔室内排出被炸碎岩石的程度。在掏槽腔室形成过程中导致复杂化的主要因素是岩石抛掷不理想，特别是岩石被挤压入腔室中。对产生挤压作用最大的影响因素有补偿眼的直径和数量、掏槽中炮眼间距、炸药性能、炮眼装药量等。补偿眼的直径（辅助自由面的尺寸）对挤压作用有很大影响，在其它相同的条件下，增大补偿眼的直径可完全消除岩石挤压现象。当然，增加补偿眼数目也可达到。掏槽炮眼间距过小，会引起相邻炮眼的破坏或装填的炸药被压实，造成拒爆。间距增大，将使掏槽腔室的扩展产生困难，导致整个掏槽爆破效率降低。掏槽眼中装入强暴力炸药会造成掏槽腔室挤压增加和增大破碎带。

为了提高掏槽爆破效率，苏联采用了专门的“清除”装药爆破方式。它的作法是中心空炮眼长度比其余炮眼长 $0.4\sim 0.5$ 米，在其底部装 $1\sim 2$ 个药包的炸药量，可在第1或第2个掏槽眼爆破后再爆破。如此，可清除掏槽腔室的碎石，为以后顺利爆破和扩展掏槽腔室创造有利条件。

3. 支 护

苏联地质系统大约有40%以上的工程需要支护，而绝大部分支架是木制的，木支架的制

作和架设完全采用手工操作。按劳动消耗量计算, 架设木质支架占工程施工总劳动消耗量的50~70%, 按价值计算约占40%。从根本上说, 坑道支护成了加速矿床勘探步伐的阻力。每年支护要消耗33万立方米的优质木材。支护的发展是要研制坑道支护综合机械化和自动化的技术装备, 以及研制利用廉价支护材料的有效方法和新工艺。

根据多年的试验研究, 坑道支护工作条件可按发生地压的特点不同和支架方式分成六大类。

不同工作条件的支架分类

类 别	工 作 条 件
第一类	在没有外力作用下, 坑道轮廓保持稳定。
第二类	坑道周围形成新的坑道稳定轮廓或自然平衡拱顶。
第三类	脆性岩体破裂后, 形成非弹性假塑性变形。
第四类	岩石脆性破裂下形成非弹性变形区和在岩石完整性以及联接性不受破坏的塑性变形。
第五类	遭受地质断裂严重破坏的, 已成为松散介质的岩体。
第六类	粘土质粘性岩石, 岩体的应力值过渡到粘形流变状态。

在分析岩石稳定性和支架与岩体相互作用的基础上, 选择支架的类型和结构, 确定支架的初步参数。

越来越认识到地质系统采用木支架的方法已不能适应地质发展的需要。根据苏联煤矿和金属矿的支护经验, 地质系统提倡和开始采用金属支架、锚杆支架、预制钢筋混凝土支架和用空心部件组成的预制钢筋混凝土支架等支护坑道。

支架间的护板是支架的重要组成部分, 护板可保证坑道处于安全的工作条件。为确保支架各部件具有同等的坚固性, 要采用具有足够承载能力的支架间护板, 还要注意支架护板的经济性。护板的材料消耗占全部坑道支护材料消耗的20~55%, 按劳动力消耗坑道护板占支护总消耗的28~55%。

目前采用的坑道护板有:

(1) 钢筋混凝土护板: 该护板为矩形截面的平板, 由200~300号混凝土制成, 用3~8毫米圆钢焊接网焊接。

(2) 塑料玻璃护板: 用6~7毫米厚的塑料玻璃制成矩形的沟槽板状, 其中部有波浪形表面, 以加强结构的钢性。

(3) 玻璃布: 厚1.5毫米宽800~1600厘米浸泡聚合粘性材料制成玻璃布, 并卷成卷, 每卷长50米。

(4) 金属护板: 用不同直径的平滑断面和分段圆钢筋制成的金属网以及纵向与横向钢筋组成, 用点焊连接。

(5) 金属网护板: 用直径2.5毫米的铁条制成金属网, 金属网可卷成捆。

实践证明采用金属支架与木支架相比, 可改善勘探坑道的状况, 提高工作的安全性和降低坑道的支护成本。经过分析对比认为从耐久性、材料来源、制造和架设所需劳力情况, 金属网状和网格状防护网(板)最适合勘探坑道, 成卷的塑料玻璃布护板也值得注意。

4. 坑探工作机械化

(1) 机械化作用和现状

苏联地质系统早在30~40年代就使用了少量的矿山机械掘进勘探坑道,当时主要是掘进一些短浅坑道。直到二次世界大战后,开始使用风动凿岩机和硬质合金钎头打眼。到50年代末75%的打眼工作已实现了机械化,并在部分坑道使用了装岩机械。60年代初掘进地下坑道大约有25~27%实现了各个主要生产环节的综合机械化,从60年代提出了向综合机械化过渡。到第九个五年计划末(1975年)掘进坑道已完成了向综合机械化过渡,机械化程度达到94.2%,到80年代掘进坑道综合机械化程度已达到98%。

1975年前由于掘进坑道综合机械化程度迅猛发展,队月掘进速度也得到很大提高。1976年比1960年综合机械化程度提高了2.5倍,同期队月掘进速度提高了2.3倍。明显地看出,坑道掘进速度基本上是与机械化程度成正比例的提高。当然也不能忽视其它方面的改进和提高。例如,提高掘进工艺和改进劳动组织,同样会提高掘进速度。实践证明,苏联1976年到1985年10年期间掘进坑道综合机械化程度只提高了7%,但队月掘进速度却提高了30%。这充分说明当综合机械化程度低时,机械化程度的提高是与队月掘进速度大致成直线关系。但此时工艺和组织管理工作必须同步发展,不然就显示不出机械化掘进的优越性。也可以说提高机械化程度,不能看成是唯一促使队月掘进速度提高的因素。

苏联地质系统机械化掘进坑道的设备使用情况和条件如下表所示。

掘进坑道采用的机械设备情况

设备名称	采用条件
气腿式风动凿岩机	水平坑道、垂直坑道(不包括天井)、倾斜坑道主要采用这种设备。
凿岩台车	适用于年掘进工作量不低于1500米,最佳年工作量为2000米;但在高山地区(用气腿式凿岩机生产率下降20~30%)即便年工作量少也要采用凿岩台车。
装岩机	平硐、沿脉一般都采用装岩机。转载机械适用于直线坑道,不适用曲率半径小的坑道,采用转载机械最佳年工作量为2400米。
矿车	平硐采用翻转式矿车,从竖井运输岩石采用固定式矿车。
电耙	适用在短平硐、短沿脉、长穿脉和在浅井中掘进穿脉。
机车	电瓶车适用于较长的水平坑道,架线式机车适用于多中段的竖井中各水平中段。
电钻	适用于软岩和短浅水平坑道。

浅井机械化掘进一直是很棘手的一个问题。由于机械化上不去,完成的工作量有限,无疑地给开展普查工作带来一定的困难。近年来浅井机械化程度仅达31.3%。现有的浅井机械设备:打眼采用摩托凿岩机、电动凿岩机、风动凿岩机;提升采用浅井提升机、升降机、吊车;通风机;水泵等设备。在砂矿中推广使用了大口径钻机,实现了“一钻成井”能达到全

部机械化掘进。

探槽工作量分散性很大，给机械化掘进带来一定困难。所采用的机械设备大都是通用机械，例如挖土机、推土机等。根据探槽特点设计的专用设备非常有限，移动式耙斗机也是利用拖拉机的底盘。在硬岩层和常年冻土带采用摩托凿岩机和摩托钻打眼。探槽机械化程度为53.4%。

(2) 机械化发展趋势

掘进水平坑道的主要工序已全部实现了综合机械化，但最繁重而花费又高的支护工作尚未实现机械化。除此之外掘进坑道采用新技术装备水平还很低，如凿岩台车、天井掘进设备、风动装药器、转载设备、水平移车机等，大约仅占10~15%，其它辅助工序手工操作的劳动量还相当大。加之探槽、浅井的机械化程度又很低，总的说来苏联地质系统坑探工作量大约有60%还是手工操作。这种状况已引起了各方面的重视，现正在研制新技术，借以提高机械化程度，从而减少手工劳动。

预计近几年坑探工作机械化发展的趋势是：

- ① 扩大推广使用液压凿岩台车、新型电动装岩机和转载设备、电动梭式矿车、滚轮式转车器；
- ② 继续完善液压凿岩设备，扩大其应用范围；
- ③ 制造辅助工序机械设备，采用机械架设支架和铺轨用的技术装备；
- ④ 研制喷射混凝土支护的全部机械化；
- ⑤ 推广使用在难以通行地区的浅井提升机和自动翻卸岩石的吊车以及掘进深达60米的浅井吊车；
- ⑥ 在浅井中采用液压抓岩机和悬挂式抓斗机；
- ⑦ 研制圆断面浅井自动化喷射混凝土支护；
- ⑧ 推广使用钢绳耙斗掘进探槽；
- ⑨ 制造以拖拉机为底盘的自行式探槽钢绳耙斗机。

结 语

通过近年来大量的报道材料看，苏联的科研工作是与生产密切相结合的，它对提高坑探工作水平起到了重要作用。关于坑探工作的技术政策和规范等具有方针政策性文件都是由全苏矿物原料经济研究所提供给部有关领导部门，以指令性文件下达给各基层单位执行。关于坑探工作的技术方法和改进生产中的一些技术措施，大都由中央地质勘探科学研究所提出。这两个研究所能及时从战略上和战术上对坑探工作提出问题，不仅是地质部的一个好参谋部，而且对促进坑探工作的发展和提高都有其重要作用。这种作法很值得我们注意。

目前地下勘探坑道已实现了综合机械化掘进，但辅助工作和槽、井探的机械化水平还相当低，从苏联地质部坑探工作看大约有60%还是手工操作。经过多年的生产实践已认识到只有通过提高机械化程度，才能适应坑探工作的发展需要。过去苏联地质系统机械化发展速度

是很快，主要是因为采用了国家成批生产的矿山轻型设备，货源充足，机械化上得快。而今后要发展的机械化设备，大都不是国家生产的系列产品，必须由地质部负责研制，且机种多。所以，进一步全面提高坑探工作机械化掘进水平，尚有很大困难。

地质系统坑道掘进速度与采矿企业相比，矿山大约可高出地质系统一倍。因为矿山的生产组织管理和掘进技术远比地质系统要好。最近，地质部大力提倡要采用矿山的经验。当然采用这些经验要根据地质工作的特点去推广应用。在掘进机械设备方面已感到完全采用矿山机械设备有不足之处，主要是考虑地质工作的特点不足。最近苏联针对此种情况在今后机械设备的更新换代方面注意了这一问题。

陈恒岚 编写

一般问题

地下勘探坑道设计的科学方法基础

Ю.Т.斯米尔诺夫

现在，坑探工作的设计方法和实际设计，还未完全考虑坑探生产具体条件的特点和矿床地质研究工作、工业开发工作的发展前景以及采用先进的坑道施工工艺方法和其它工程技术方案的可能性。

到目前为止，还没有研制出坑探工作统一标准设计方法，使之能根据地质任务性质、地理经济、矿山地质、组织技术和其它条件，选择最适宜的施工方案。

所谓坑探工作设计的科学方法基础，是指在一个地质项目上确定勘探竖井和水平坑道一套主要技术参数合理数值的方法。这些方法结合科学技术进步成就，应能保证有效地研究矿产资源。

坑探工作设计理论和实践任务的提出是和解决这些工作实施的组织技术水平、经济、社会和自然保护的现代要求密切相关。

由于大型矿床和现有采矿企业附近的新矿床成为研究地质和工业开发的方向，因而勘探深度增大和地下坑道体系的复杂化，还有考虑勘探坑道在矿床开采中利用的可能性，提高安全和环境保护要求，以及未来某些因素的影响，预计坑道掘进工作量的集中程度将进一步提高，坑道的长度和断面将会加大，竖井的比重将有所增加。上述因素将导致整个坑探工作施工条件的进一步复杂化。

上述坑探工作的发展趋势首先必须在更新技术装备，改善生产技术和组织，改进计划编

制和工作设计，以及广泛采用科学技术新成果和先进经验的基础上，大力提高工作效率和工作集约化。

在坑探工作领域，科学技术进步的重要方向之一，是进一步完善普查和勘探方法，完善用坑道勘探的方法，其目的是使地质勘探过程中各工种的比例和勘探网度最优化，减少探明每吨储量所用的最繁重和最昂贵的工作量比重，在考虑地质任务和矿床工业开发要求的基础上，使地下坑道体系合理化，就是当坑道掘进工作量大，详细勘探与矿床开拓和准备开采工作相结合时，地下坑道可同时用于勘探和开采。

用钻孔代替浅井，减少浅井掘进的绝对工作量，这是良好的发展趋势。近二十年来，浅井掘进工作量从每年的110万米减少到50万米（或者说，从第七个五年计划的560万米减至第十个五年计划的260万米）。在砂矿勘探中，证明大口径钻孔代替浅井是可行的。将来完全可以在云母、金刚石和金的原生矿床用大口径钻孔代替部分坑道；在许多金属矿床用坑道钻（无岩心钻进和取岩粉样品）与核子地球物理方法相结合代替一部分穿脉和天井。

有一些坑探工程项目被另一些更经济的坑探工程项目所代替，这对于改善勘探方法和方式也具有很大的意义。近年来，在砂矿床，利用地下坑道（斜井和其它工程）代替深堑沟，在原生矿床深浅井代替浅竖井等方面出现了良好的趋势。

然而，应该指出，在地质勘探工作设计中，对于选择合理的勘探方法和方式（即技术装备、工种、坑探工程的深度、数量、空间分布和施工顺序的组合），保证以最少的费用和时间进行地质勘探工作方面没有给与应有的注意。这说明地质部门的设计单位研究生产经验不够，研制的科学方法和实际办法不多，缺少相应专业方面的专家。

在选择用坑探工程揭露普查勘探目标的方案时，往往出现一些困难。选择方案时，一般不考虑整个地质勘探工作发展的前景。至今还没有使用坑探工程项目及其布置地点的技术经济论证的规范性标准文件和方法文件。

地下坑道为矿床勘探和工业开发所共用的问题具有重要意义。这个问题要在新的科学方法和组织的基础上，按苏联地质部批准的关于固体矿产矿床详勘与开拓和准采相结合的程序条例来解决。

关于这个问题，中央地质勘探科学研究所进行一系列研究，研究结果：

证明，在脉状、细脉和矿化带矿床上勘探坑道体系和参数与这些矿床的开拓和采准方案一致；

证明，勘探坑道（不论坑道的技术状况怎样）用于开拓和采准的现实必要性；

证明，解决勘探坑道综合利用问题主要应该以降低改建工程费用为基础，在可能条件下，详勘应采用勘探开采性质的坑道，以免将来利用时再改建；

建议按某些因素（矿床地质、地理经济条件）采取解决地下坑道综合利用的具体措施；

首次编写了用于矿床开采的坑探工程参数（断面规格、倾斜度、曲率半径）值选择方面的方法建议书；

按水平勘探坑道的形状和断面规格，编制了国家标准设计，其中有断面为2~2.9平方米的主要标准的无轨坑道，断面为4.4~4.7至7.5平方米的单轨坑道，断面为8.6~8.8至12.5~14.9平方米的直径300~600毫米通风管道的双轨坑道设计；同时，还列出了直径700~1000毫米通风管道的大断面坑道的计算资料。

为实现上述设计，必须编制标准文件，规定地下坑道设计、施工和综合用于勘探和开采程序。

在地质勘探工作设计中，必须严格地和具有高度责任感地论证坑探工作量和工程布置地点，考虑勘探坑道在开采中不需花费很多地改建费就可利用的可能性，而在首期开采的一些项目上，应考虑布置勘探开采性的工程。

由于上述原因，而地质勘探工作中有可能更广泛地采用高效生产设备，因此，对坑道掘进工作设计水平的要求将不断提高。

在最近5~7年里，苏联地质部系统制定了一系列规范性标准文件和方法性文件，如关于地下勘探坑道和地面建筑物建设施工设计预算文件的内容、编制、审查和批准程序的暂行规范；地下勘探坑道施工、建筑工作验收规范；关于选择水平坑道和竖井井筒断面规格，选择井筒掘进技术设备和地下设备、选择爆破工作机械化方案；关于爆破工作设计和指示书，选择直线掏槽爆破参数（包括使用凿岩设备时）；关于采用坑道周边爆破，选择矿山支架的类型和结构，选择水平坑道掘进速度、砂矿坑探工程体系和参数；关于确定地下勘探坑道质量等方面的方法建议；关于水平坑道支护、通风系统和地下勘探坑道施工中安全出口设施的设计、地下坑道空气净化设计等方面的规范；水平坑道和浅井断面，锚杆支护结构标准；坑探工作领域的技术术语等。

但是，上述文件和部门间许多其它标准文件（包括国家标准）并没有认真地贯彻到设计工作中去；同时，在苏联地质部系统又没有计算单位动力消耗、坑探设备和备件需求计算方法，按工地最充分供料和技术设备选择生产和劳动组织形式的方法；没有坑道掘进速度和地面设施的标准等等。

制定整个坑道掘进和坑探工作技术标准（仿卫生标准和规程）的必要性早已成熟，这将为利用本部门既有电子计算机建立自动化设计系统打下基础。这种方法有助于选择最佳工作方案。大型竖井和坑道转向两期设计已事在必行。

史崇周译自：《ЭИ. ВИЭМС. Передов. науч.-Прозв.опыт. геол.-развед. организаций》1985, выд.3, с.1-6

坑道掘进工作新技术设备

В.А.基连科等人

坑探工作占地质勘探总工作量的5%左右，60%的工作量是手工操作，它是最繁重的工作，苏联地质部约有10%的职工从事这项工作。例如掘进浅井机械化程度仅达31.3%，探槽