

深井开采技术

资料汇编

北京有色冶金设计研究院总院采矿室
铜陵有色金属公司信息中心
一九九三年二月

目 录

前 言	(1)
编制深部开采设计的实用方法	(2)
克里活罗格矿区矿井深部中段高品位铁矿石的回采	(18)
幸运星期五矿银竖井的设计	(25)
北美最深的单一提升竖井即将竣工	(28)
罗顿·劳里谈南非深部采矿问题	(34)
南非金矿深部厚大矿体机械化开采方法建议	(36)
新的连续快速采矿法 —— 对要求改善工作环境的回答	(53)
芒特艾萨500矿体高温岩层的回采	(58)
在深部开采中如何继续使用房柱采矿法	(63)
马卡萨矿在有岩爆危险环境下用胶结废石充填作为局部和区域性支护的评价	(66)
岩 爆	(73)
岩爆的预测与控制	(81)
威特活特斯兰德黄金矿山的岩爆现象述评	(86)
国内外矿山冲击的研究及评论	(105)
岩爆显现的某些特点及其预防措施	(116)
深层硐室中岩爆和剥落的可能性	(120)
应力解除——改善岩爆条件的方法	(129)
法国煤矿内现场岩石应力测量：原始应力与岩爆之间的关系	(141)
开采有冲击地压危险的矿石时地压的控制	(147)
采矿引起区域性地震方面的理论与工程控制方法	(150)
矿井冲击地压的预测与预防	(165)
深部工作面 and 巷道的地压控制	(178)
米尔加利姆赛矿床深部开采地压显现的研究	(185)
用数值模拟法评价充填体用作深部采矿作业局部支护的效用	(189)
瑞典在分层充填采矿法岩石力学方面的进展	(198)
斯特斯科纳矿岩层稳定状态的监测	(204)
矿井制冷	(214)
矿井降温技术的现状和发展	(217)
矿井降温技术的最新发展	(220)
国外有色金属高温矿井的通风降温技术	(229)
国外矿井深部开采有关问题及其解决的技术途径	(232)
煤矿热害调查及问题的现状	(241)
井巷热环境的研究与预报	(245)
矿井降温研究中的地温研究	(252)

深井巷道围岩地温场的研究	(257)
采用热敏电阻测定温度	(264)
矿井通风和降温设计(一)	(265)
矿井通风和降温设计(二)	(270)
高温矿井气温计算探讨	(276)
关于别子矿山通风条件改善及坑内降温的问题	(282)
英国煤矿井下通风与空气冷却的优化	(285)
采用局部方法和设备进行深铁矿矿井通风	(291)
矿井热力考察与降温方法的实验	(295)
三河尖矿井下降温工程设计浅析	(301)
金矿深井通风与降温中循环风的应用	(307)
在高温巷道壁面涂敷隔热材料的冷却效果	(320)
矿用隔热风筒的研制	(323)
金矿制冷站中冷水机组的性能和规格	(331)
联邦德国煤矿的大功率制冷设备	(347)
南非瓦尔里弗斯金矿地面整体制冷站系统的运行情况	(355)
冰在深部矿井中之应用研究	(363)
南非金矿通讯和制冷系统管理	(372)
布罗肯·希尔北矿深部开采通风技术情况介绍	(380)
南非西部深水平金矿的通风降温	(392)
集中制冷装置空气调节在鲁尔股份公司各矿的应用	(396)
北布罗肯希尔矿山有限公司的深部通风	(409)
矿井降温的技术	(413)
布罗肯希尔Z. C. 矿矿石提运设施的改进	(421)
一些国家卷扬设备的发展近况	(427)
矿井多绳提升设备的新系统	(433)
多绳摩擦提升高度的适应范围	(441)
多绳提升钢绳的安全系数	(452)
采用铝质箕斗与罐笼可降低提升费	(455)
瓦尔瑞福斯金矿的9号竖井	(458)
深矿井井筒装备的改进	(460)
深坑内矿排水系统设备的设计和选择	(464)
地下矿山硫化矿石的自然氧化和自燃	(472)
硫化矿自燃火灾及防灭火方法	(491)
国内外硫化矿床内因火灾的防治	(494)
当今南非金矿矿井金矿降温技术发展趋势	(498)
深井采矿简述	(506)
编者的话	(508)

前 言

铜陵有色金属公司狮子山铜矿冬瓜山矿床是目前国内发现的埋深最大的一个铜矿床。为使该矿床的开采能尽早发挥作用,近年来,北京有色冶金设计研究总院与铜陵有色公司一道,在冬瓜山铜矿床的开发方面作了许多富有成效的工作。鉴于该矿床埋藏深、含硫高、规模大,开采设计时有许多技术难题需要解决,而有些问题的解决目前国内尚无成熟的经验。为此,北京有色冶金设计研究总院采矿室与铜陵有色金属公司信息中心合编了这本《深井开采技术资料汇编(上)》。

《汇编》着重收集过去二十年来国内外深井开采及高硫矿石开采等方面的研究成果,收集论文70篇。由于篇幅的原因,大部分收集到的论文在附录中以索引的形式列出,供读者参考。本《汇编》对于着手进行深井开采研究的广大工程技术人员及在校师生不失为一本较好的参考书。

本《汇编》的编辑由北京有色冶金设计研究总院采矿室张文荣、彭怀生及铜陵有色金属公司信息中心陈忠三位同志负责主持,参加资料收集整理的有徐纯甫、冯智源、郭然、乔春生、文艳、贺百花、安建基、祁保明、张双运等同志。《汇编》最后由于润沧教授、邹振纲教授审定。本《汇编》在编辑、整理过程中得到了刘大荣、周德元、东宝林、尹世林、黄燮中、魏孔章等采矿专家的大力支持与帮助,在此致以衷心的感谢。

由于时间原因及水平有限,《汇编》定有不少遗漏与不妥之处,恳请读者鉴谅,并希望提出宝贵意见,以便在其续集中更加完善。

编制深部开采设计的实用方法

美国皮拉和乐厄尔联合公司采矿顾问 C. L. Pillar

引 言

经济评价

考虑到本文是向国际读者发表,首先说明,确定矿床及其开发工程价值的经济标准可能是恰当的。矿床开发可能性的依据是基建投资的收益。本文讨论的采矿工艺是根据西方企业的制度和政府有关劳动、安全及环境保护等法令制定的。金属产品在西方世界市场上销售。采矿生产的主要目的是矿山生产所需的投资和劳动挣回合理的利润。此外,新开发的矿山要促进就业、改善国家的外贸收入并生产供国内消耗的金属。一般说来,矿山能投入生产总是因为国际市场需要并能付给产品优厚的价格。这些就是开发设计中的经济准则,它规定与控制了工程的各种工艺与技术方面的设计。根据这一原则,采矿工程的设计、开发与装备必须在经济上是合理的。基建费用、生产费用与产品销售价格必须得到良好的经济效果。简言之,产品价值必须高于基建与开采时投入的资本和劳动价值。由于矿产品的价格是由世界市场供求关系决定的,所以,今日之采矿生产是一种高度竞争的企业。因此,它的各种问题的解决必须经济合理。没有经济生命力的决策在开发设计中是不能接受或采用的。

目的与范围

本文包括深埋矿床投产所需做的全部开发设计。简言之,本文将论述整个开发工程的设计,这个设计是在勘探工程取得成功,并查明该矿床是可以利用的之后才开始进行的。本文将讨论与评述开发设计应取的方法与步骤,并将开发设计分成下面三个阶段叙述,还要讨论与评述深埋矿床投产前所经过的开发过程与所需要的各生产系统。

第一阶段——勘探评价阶段

勘探评价在勘探工程的后期进行,这时已能概略地看出矿床具有开采潜力。在此期间,有必要在已有的勘探资料的基础上做一项先期可行性研究,以便确定矿床是否值得为了开凿进入矿体的通路,进一步高额投资,进一步查明与评价矿床是否值得开采。深埋矿床开发设计成功与否,取决于资料是否精确与可靠,而取得这种资料,必须有进入矿体的通路。其方法是开掘一个或一些早期措施井,并在需要的地方穿过矿体掘出勘探水平坑道。这么做既费时,又需要大量资金作为进一步冒风险的投资。

第二阶段——开发前的准备阶段

本阶段在勘探评价以后进行,内容是设计与完成开发前的工程,凿出进入矿体的通路,具体查明矿体,取得为进一步评价矿体所需的可靠资料。收集到的资料将补充与校正以前的数据,并用来设计矿井开发工程,使矿井投入生产。在深埋矿床条件下,为了减少开发矿床冒巨大的经济风险,这些资料是必需的。

开发前的准备阶段中所应完成的工程及应取得或验证的资料包括:

(1) 全面的综合取样工程, 用来核实以前深部钻探所确定的有用金属成分的品位。

(2) 井下金刚石钻探工程, 作为地面钻探的补充以确定初始采矿境界, 增加钻孔以核对地质构造, 并获得其它需要的地质资料。

(3) 有关岩层特性与稳定性的精确资料。岩层包括矿床周围的岩层、矿床两帮的直接岩层与矿床的覆盖岩层; 资料包括岩石裂隙图、强度、岩石质量等级、塌落性、破碎特性与地层中存在的原始应力集中状态。这些资料是开采系统设计及采掘空间支护设计的依据。

(4) 在矿床开拓及开采过程中, 都可能遇到地下水。为了规划矿井排水与泵站设施, 需有地下水水源、水量、水质与水温的可靠资料。因此, 须进行适当的地下水钻探。

(5) 必须准确估计矿床内部或周围岩层的温度与导热性能, 以便为开拓工程与生产过程提供足够而有效的通风与冷却。

(6) 从矿床中有代表性的地区取得足够吨位的矿石, 为冶炼试验提供矿样, 以便确定正确的冶炼流程, 从而最优地回收金属。

通常, 由一名经理带领高级勘探地质师、高级采矿工程师及必要的助手组成的技术队伍来设计与完成开发前的工程项目。这些人员将管理与指导开发前措施井的开凿与矿床中及其边缘部位的勘探水平坑道的掘进。他们必须为矿井设计与施工负责收集必需的准确的资料。

第三阶段——矿井开发设计阶段

为矿床投产而作的设计的主体部分在本阶段中完成。这时, 已由进入矿体的通路查明与收集了可靠的资料。依靠这些资料形成采矿的构思, 形成最矿后的矿井开发计划与设计, 包括采矿设备、通风、排水与供电辅助设施。开发设计工作展开后, 可以估算出全部矿井开发工程包括设备在内的费用成本, 也能估算出矿井的生产成本。除上述资料外, 还要加上冶炼的、市场的和金融的估计, 用来作最终的可行性研究。

已完成的开发前工程应成为全部矿井开发工程的先导部分, 在计划与设计时, 通常把它看成全部矿井开发工程中的一个有机组成部分, 而不是把两者对立起来。

生产能力

设计之初, 最重要的决策之一是确定预期的生产能力。从理论上讲, 可以依据产量、品位、需要的基建投资、生产成本、利率及产品预期价格, 确定产业的最优现值, 再确定生产能力。也可以根据矿产品需求数量与需求速度或预期雇佣的定员数量来确定。政府或公司管理部门总是要维持采矿作业的持续稳定性, 以便逐步用新矿代替采矿作业的持续稳定性, 以便逐步用新矿代替即将报废的老矿来保持人员就业的连续性。一般, 要求新矿井至少有二十年寿命, 然后相应地确定生产能力。生产能力决定采矿作业的规模和要求的投资额, 确定时还要考虑其它因素。大多数部门不愿意对长期不能投产的矿山的长远经济好处或社会的利益而以昂贵的代价来高速开发一个矿体。生产能力对矿井开拓的型式与工程量有决定性的影响。

凿井

深部井开拓的最重要部分是井, 它提供采矿作业需要的通路与辅助设施。正常情况下总是用竖井, 保证高速运送人员、废石、矿石, 满足通风及水电的输送。竖井通常是圆断面的, 直径范围从18到35英尺。由于提升设备能力的限制, 竖井允许最大深度约7000英尺。深度更大时, 要用两段井筒和多级提升装置。目前, 在12000英尺深处有采矿作业, 用两段井筒。

深埋矿床的凿井是开拓中最困难和最化钱的部分, 也最费时间; 所需时间及投资占投产

所需的投资与时间的最大百分比额。目前的凿井方法有钻孔法、钻井法及由凿岩、爆破、清渣组成的多循环的传统凿井方法。后者仍然是最可靠的，特别在新矿区首次掘凿大直径竖井时更是如此。

一次钻成的钻井法成功地用于小直径、中深度的矿井。然而，用该法钻凿大直径深井时，却遇到了困难。先钻一小直径孔，再扩大直径成井，使孔扩井法有待应用于钻凿深井，但在深度小于2000英尺的较小井筒中，目前已普遍采用。

在新矿区钻进大直径深井时，通常设计一对井筒，先一次钻成一个小井钻到预期深度，钢支护，直径一般5~9英尺。小井用来提升大井的钻屑。大井直径可达18~25英尺，第一阶段钻一孔径12英寸的先导孔；第二阶段扩成最终直径。未来的开拓工程可以利用该小直径井来排风、下管线、以及向地面或井下作紧急运输之用。一对井筒为深部工作提供了足够可靠的基地，从而可以安全而有效地进行开拓。参见图1、2、3。

当前大多数深井用南非法开凿，这是一种常用方法，保持着最高成井速度与最低进尺成本的世界纪录。在南非，直径25英尺井筒每月井尺1000英尺是不罕见的。这些井是由训练有素有熟练工人用精心维护的最好的设备建成，还配有足够的备用设备。在南非大直径深井的钻井作业中，在井底配备了大量工人进行钻孔、装药与清渣。在悬吊式多层工作平台上还外加有工人制井壁模板与浇灌混凝土。连续二十四小时作业。

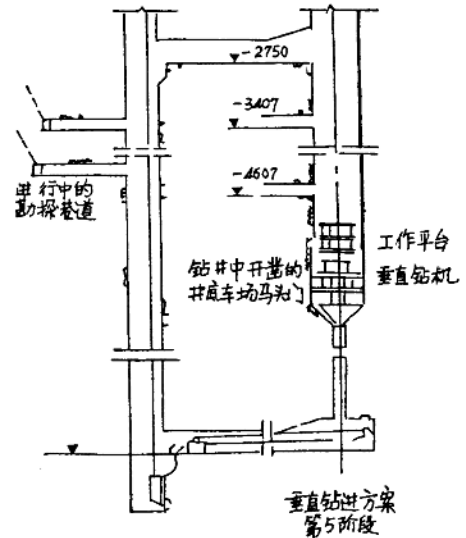
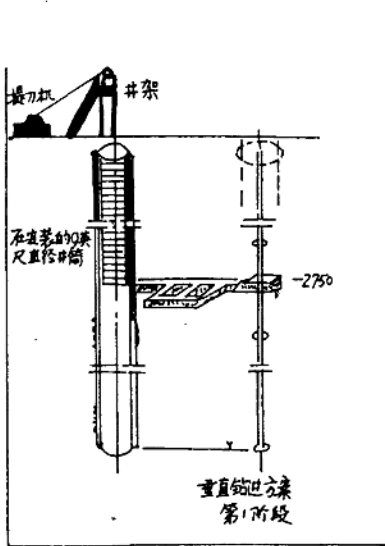


图1、开凿一对深井的初期钻井工艺

图2、开凿一对深井的最终阶段的钻井工艺

大多数深井通过含水层。在预期有水的深井中，在凿井开始前，通常由地表到最深处对井壁进行预注浆。这一作业是在锁井口圈及安装井架时进行。掘凿深井时，这一工艺还能抵御严重的涌水，因此大大减少了由此产生的窝工。

深井罐道设计极为重要。由于罐道中心线不正而产生附加的力与提升重量成正比，与提升速度的平方成正比。因此，增加速度的危害比增加重量的危害还要大。不良的罐道接头会

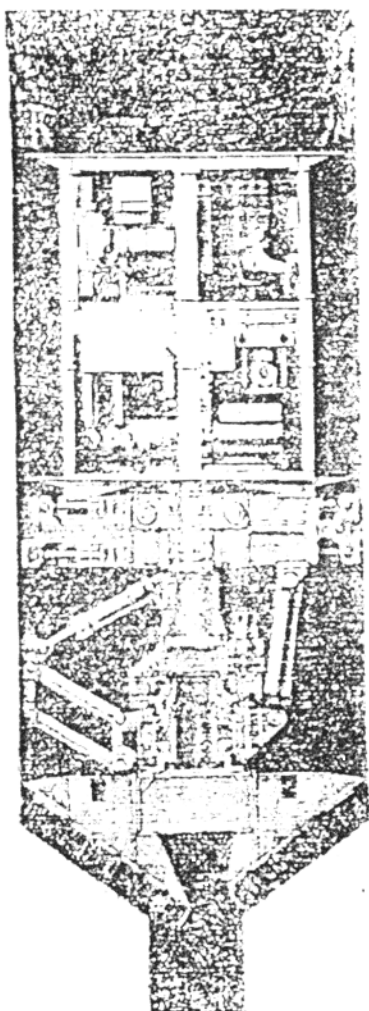


图3 垂直钻井钻进机

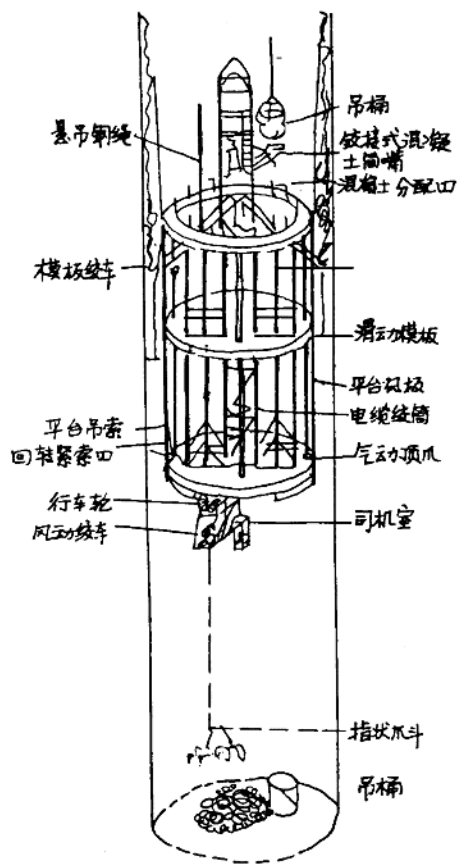


图4、多层工作平台凿井机械化方法

使罐道、罐道支承结构、提升钢绳、箕斗或罐笼的长度至少为罐道之间的宽度的1.5倍。钢绳罐道最光滑，在单水平提升时最优，没有上面的一些问题。但是，它们要求较大的井筒断面，在深井时要求很大的间隙，因此一般不能采用。凿井时，钢绳罐道已经很好的用到7000英尺深度。深井提升用的最优罐道是匣形合金型钢与凸形合金型钢罐道，安装在间隔为20英尺的流线型钢罐梁上。为了避免轧制尺寸公差与加工缺陷引起的问题，在轧制与按一定长度锯断时，罐道要编号。安装时相对的罐道要按照编号将接头错开。现在，一种带有机械式接头的管状罐道值得重视。今天，为了减少振动，所有高速提升容器上装有背衬钢板的充气弹性橡胶轮胎作罐耳。这些提升容器通过限位滚筒与提升钢绳（单绳或多绳）连接以减少罐道

磨损及接头振动。参见图4及图5。

提升设备

深井要求大型, 大功率的提升设备, 以便从深处用高速提升大负荷。每分钟4000英尺的生产提升速度在今日已极为普通。深井所能提升的负荷受到所采用的钢绳尺寸与强度的限制。直径2英寸到2.25英寸的单绳是绳捻效应的极限。直径更大的单绳在7000英尺以上的深井中不能担负更多的荷重。这种单绳很难掌握, 又不能增加多少有效提升负荷。在有效荷重超过2.25英寸单绳的提升能力时, 只要条件允许, 应该采用戈培式摩擦轮提升。戈培式提升要求

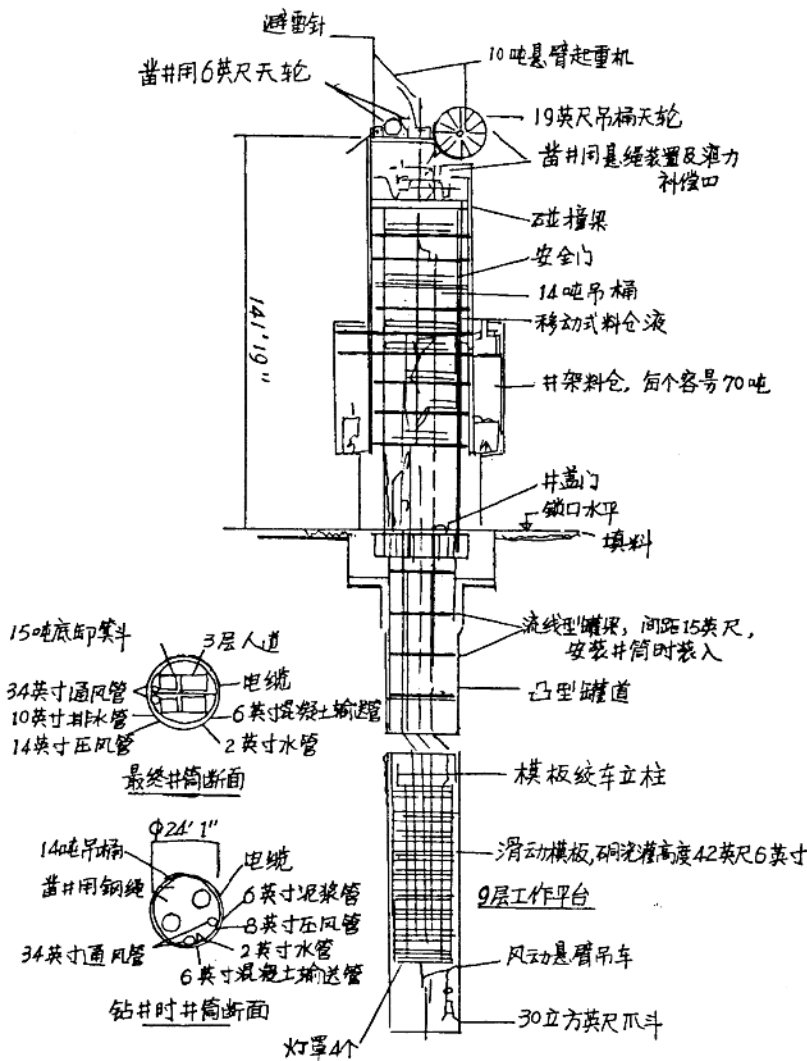


图5、普通凿井法用的井架及工作平台布置

尾绳配重。这种方法不能用于双层单罐笼加配重的岩石平衡提升。多绳摩擦轮提升在深度及

负荷方面受到允许使用的绳数的限制。在深处钢绳会旋绕扭结，使提升机的驱动轮与井底尾绳轮产生严重的磨损。尾绳太长时会发生缠结。一般，可以认为，单绳提升或多绳摩擦轮提升的深度限制均为7000英尺。摩擦轮提升肯定具有节电的优点。直径大的单绳提升意味着大尺寸的滚筒与天轮，使惯性、投资及运转费用增加。目前，应用高度可靠的电子装置检验钢绳，可以在相当短的时间内，从芯部到外层对钢绳作全长检验。这对保证深井提长的安全性贡献甚大。用电子装置检验法估测钢绳强度比过去从罐笼或箕斗端部截下一小段钢绳作拉断试验的老方法要精确得多。

南非一些深埋金矿创制了白雷阿（Blair）型多绳提升装置，以满足从深部提升更大的负荷需要。这种提升装置已在单绳提升或摩擦轮提升能力不能满足提升需要的地方使用。白雷阿提升装置所以具有提升更大负荷的能力是因为用两根都缠在滚筒上的钢绳来提升负荷。

所有的现代化的提升装置都安设有如下安全保护：

- (1) 过卷；
- (2) 过速；
- (3) 过载；
- (4) 钢绳松弛；
- (5) 钢绳滑动或蠕变。

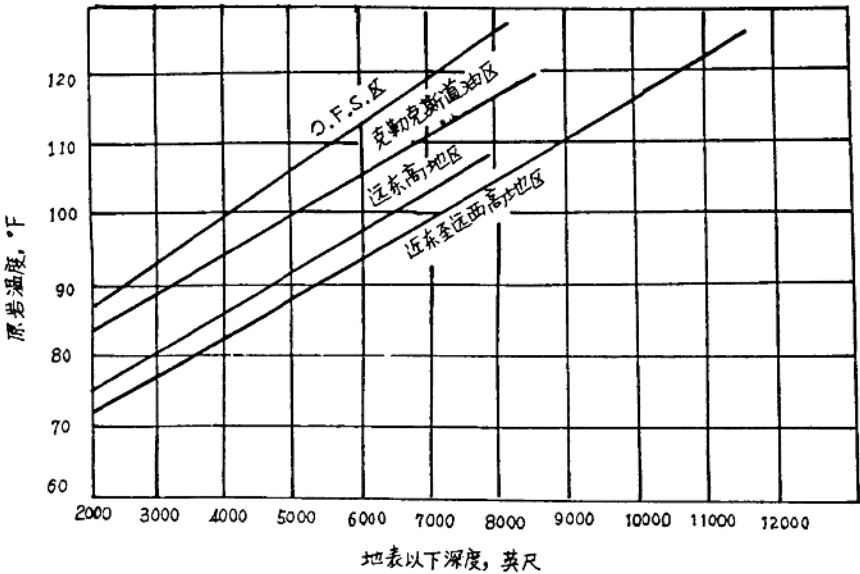


图6 南非金矿区温度梯度

深井提升的实例

西部深部水平（南非威特斯瓦兰德矿）

深度 6300英尺；
有效负荷 15吨，平衡提升；
速度 3600英尺/分；

提升机 多绳戈培式；
功率 6000马力；
提升能力 400吨/时；
用无线旋转光面钢绳。
圣曼纽尔矿（美国亚利桑那州马格玛铜业公司）
深度 4000英尺；
有效负荷 24吨，平衡提升；
速度 2800英尺/分；
提升机 单绳双滚筒单层缠绕带木垫槽；
功率 7000马力；
提升能力 780吨/时。

用较大的箕斗来增加产量可使提升速度减慢，能耗降低。因提升速度减慢，钢绳、箕斗、罐笼和井筒罐道的磨损与损伤大大减少。现在已建成10000马力的提升装置，用得很成功。大型提升机或用直流拖动，电动发电机组调速；或有交流拖动，改变电流周波调速。深井提升要求特殊的制动系统以例对提升机进行紧急控制。单绳和双绳滚筒提升机要有木垫槽（LeBus groove）以适应高速多层缠绕。深井提升机的参数指标要有富裕量，因为矿井生产后，对提升机的要求往往大于预计值。

全部载人容器均装有充分保险的预防断绳的安全装置。然而，大多数用户认为，载人容器的最可靠安全措施是使用所能获得的最优质钢绳，尺寸用得比需要的大，更换频率高于实际需要。

水平开拓

在开拓前的工程项目中，获得有关岩石力学、地下水及温度的资料是极其重要的，十分有助于水平开拓工程设计。柴油动力无轨设备的使用在深部高温开拓工作中受到限制，因为它对通风及制冷的要求太严格。蓄电池、压力或电力电缆驱动的无轨设备缓和了通风问题，但缺乏高度机动性。在允许使用无轨柴油设备的开拓区域，与轨道运出废石联合运输获得了最佳的进度与成本指标。电动或蓄电池驱动的轨行掘进设备是可靠的，在新鲜空气受到限制及地热成问题的区域，可能是最好的办法。

在难钻岩石中，高速液压凿岩机比低速风动凿岩设备优越。在较软的岩石中，这一优越性降低。

水平开拓要求的地层支护问题是一个费时费钱的项目。在新区，最初由井筒向矿体掘进独头长穿脉时，必须有可靠的支护。随着矿井的展开和地层条件的掌握，开拓工程的支护可以按遇到的各种地层条件来选取。一般，地层支护有多种形式：

不支护；
锚杆带板；
锚杆带金属网；
锚杆带喷射砼；
轻型支架，木质或钢质；
重型支架，木质或钢质；

重型整体砧；

重型整体砧带钢支架；

或上述型式的组合。如果开拓工程中解决了散装混凝土的供应问题，在正常条件的地层中，用锚杆支护并喷上一层混凝土密封覆盖层是一种有效而又价廉的支护形式。

只要可能，水平开拓坑道要上坡掘进，坡度约为0.4%，以保证涌水从水沟排出，否则，在工作面处要用水泵。在新区，深部开拓工程难于应付大量的地下涌水。因此，在客观需要时，在开拓坑道工作面推进过程中，要保持超前钻孔，并用高压水泥注浆。

通 风

深埋矿床矿井设计中的一个主要问题是：随着深度增加会遇到岩石与地下水的高温。深部工作面的高热基本源于地壳内的温度梯度，而温度梯度又随地热条件及地区的不同而变化。深度每增加120英尺，温度大约递增华氏1度。例如，在南非深 7000 英尺处预期原岩温度是120°F，而在美国西部深5000英尺处遇到的原岩温度是110°F到130°F。除了地温梯度外，深井的工作面还因空气自身压缩的影响而增加热量，这种热量应该用充分的通风及空气调节来排除。由于地下水及除尘用的水增加了深部的湿度。使湿球温度上升，因此必须加以控制及减少。可以这么说，热问题将左右矿井设计，又和深埋矿床开采的经济问题密切相关。

在同一地区，不同时间的岩石温度有很大的变化，其部分原因是覆盖岩层热传导性不同，它控制了热量由地壳内逸入大气的速度。同样，热传导性也控制了热量从岩层逸入矿坑中的速度。石英岩及硅质、火成、侵入岩的热传导性好，而不少砂岩、页岩及熔岩的热传导性差。

通常，地下的温度可由勘探钻眼来确定。必须提供充分的通风及冷却措施使矿坑维持在人及设备能发挥较高效率的温度上。经验表明，当风速达每分钟100英尺，湿度100%，空气温度不超过85°F。现在，大多数和国家规定了有人员活动处的风流流量、流速与温度的极限值。深矿井通风所需要的风量除取决于岩石温度外，尚有其它因素。这些因素是：

- (1) 人员的多寡及采矿集中的程度；
- (2) 在进风流中水受控制的程度；
- (3) 采矿方法的类型及这种方法所决定的暴露岩石的数量；
- (4) 空气自身的压缩热，取决于深度与岩温的关系；
- (5) 机械设备的类型和数量；
- (6) 环境标准和人的效率。

综合考虑了有利作业条件和不利作业条件后，使高温深矿井达到满意标准的需风量可在很大范围内变动，确定得是否恰当，常常决定了设计的采矿作业赢利和亏损，可行或不可行。

当风流经过冷却或再冷却后，同样的风量所能担负的通风区域大大增加。究竟是增加进风量还是在风路中调节与冷却风流，必须经过全面评价。一般，增加风量要求较大与较多的坑道，并增加电费，这些总计起来，与调节和冷却较小的风流对比，花费要大得多。两个方案必须彻底加以调查。在矿井设计中，必须十分注意去尽可能地减少被通风风流吸收的热量与水分。

在典型的大型深矿井中，因深度与范围的不同，围岩加给全部通风风流中的热能等价于20000到40000千瓦。其数量足以驱动矿井应用的全部井上下设备。

每磅通风量吸收的热量或湿球温度的上升值几乎与通风量或风速的平方根成反比，因此，

提高风量亦即提高风速的倾向，必须与连续上涨的电费结合在一起权衡。进风的通风区域必须尽可能保持干燥，办法是用灌浆法隔绝涌水，并将潮湿岩面或排水沟遮盖起来，使不接触进风风流。矿井设计工程师们时常把进风流的巷道放在热传导性弱的夹层中，而把废风流的巷道放在热传导性最强的岩层中。空气调节与制冷应尽可能地靠近工作面。岩壁与风流间的温差越大，输出的热量越多。设计通风网路的温度标准必须与环境标准一样。在高温深矿井中用干球温度作为人员工作地点的温度标准会造成错误概念。参见图6、7、8、9。

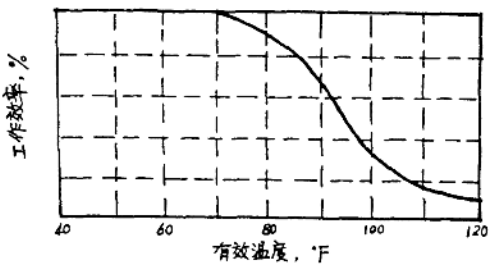


图7、湿球温度与工作效率的关系

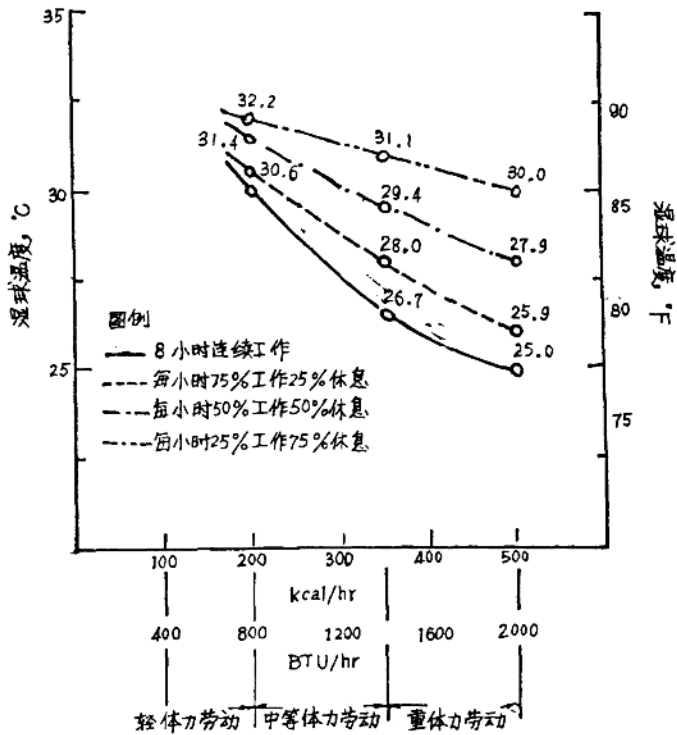


图8、允许热暴露临界值

粉尘控制

在高温深矿井中，如果通风网路控制良好，总会有足够的风流不使有害粉尘集中在矿内

大气中。采矿工艺设计应能使井下产尘处的粉尘浓度降低。

凿岩处：

使用密封的花键设备。

凿岩水要洁净。

装载处：

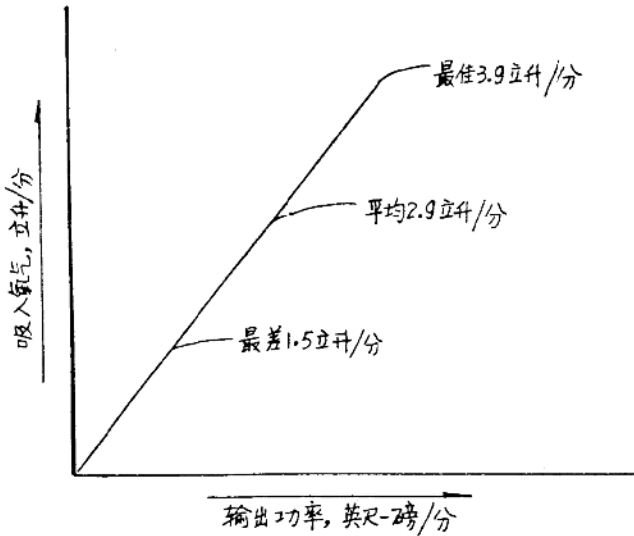


图9、输出功率与吸氧量的关系

用洁净的水喷洒，保持爆堆充分潮湿以消除粉尘。

放矿点或溜口处：

放矿时喷洒洁净的水。

在汽车或矿车的卸矿点和地下破碎机站，应配备维护良好的有效的集尘装置。

在所有情况下，新鲜风流在到达工人作业地点之前不应受到粉尘或柴油动力设备废气污染。风流应由工人作业处流向尘源或其它污染发生处。大多数政府及私人采矿企业都订出与粉尘及柴油设备有毒气体有关的人员作业地点的空气质量标准。工业生产及通风工作应使粉尘含量低于临界极限，而不是恰好保持在极限线上。

粉尘的生理危害只有在很多年后才能察觉，因此要求对作业环境保持不懈的警惕。矿井环境中矿尘的临界析限值取决于岩石中的游离二氧化矽的含量。美国蒙大那州白蒂城通风顾问工程师波萨特已发表了多种计量二氧化矽晶体极限值的方法。

(1) 全部粉尘的极限值，用m. p. p. c. f. 计(百万粒/立方英尺)

$$\frac{300}{\text{二氧化矽}\% + 10};$$

(2) 呼吸性粉尘的极限值，用毫克/立方米计：

10毫克

呼吸性二氧化矽%+2

(3) 包括呼吸性及非呼吸性在内的全部粉尘极限值, 用毫克/立方米计:

30毫克

二氧化矽%+3

各项破碎工序(凿岩、爆破、连续采矿、破碎)及物料运搬(装载、运输、卸矿及运输机运搬)均向矿内大气中输送粉尘。以下标准可以基本上认为是良好的: 矽质岩石粉尘含量在暗场中放大200倍观察时, 不大于200粒/毫升, 湿球温度低于85°F, 柴油机排出有毒气体浓度满足美国矿务局标准。

岩石力学

取得岩层特性资料是十分重要的, 岩层包括组成矿床的岩层, 其覆盖岩层及邻近区域中的岩层, 资料内容为特征、强度、裂隙形态、塌落性、破碎性和地质构造等。这些资料对设计开采系统、采掘顺序、落矿方法、挖掘空间的位置及支护方法有很大的助益。大多数深埋地下矿床及其围岩都处在高度应力状态下。开拓坑峒的挖掘及矿石的采出更增加了这些应力。地层软弱处会发生垮落, 使挖出空间堵死。地层坚固稳定处, 在更坚固的岩层中会产生诱导

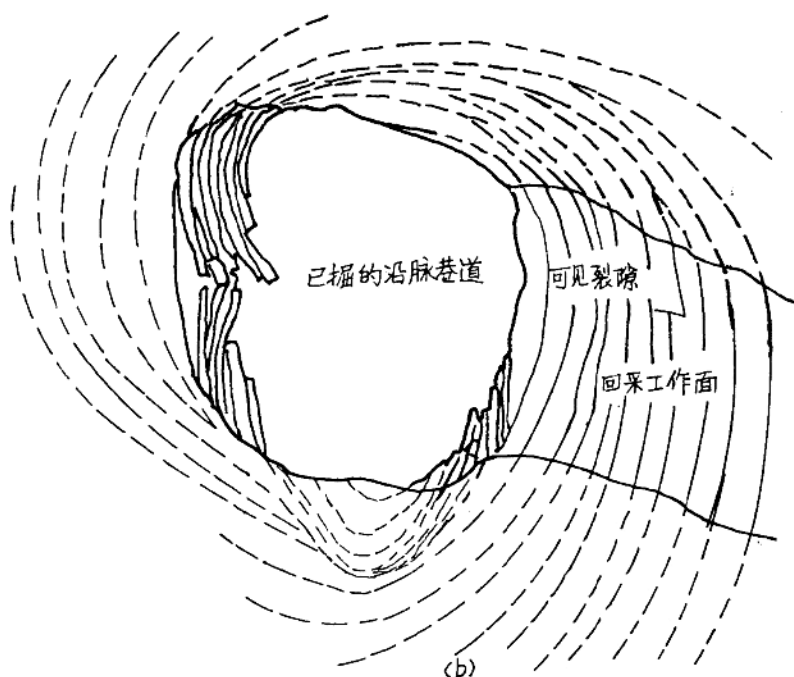


图10. 开拓坑道中典型的环状应力裂隙

应力，以致形成岩爆。岩爆往往没有预兆。其猛烈程度足以伤害附近的采矿作业与人员。因此，在设计开采系统时，了解并运用产生岩爆或软岩层岩石移动的因素，是十分重要的。在矿井设计中，有一些预防措施可以减少或抑制诱导应力。其中包括：

- (1) 在高度集中的区域放慢开采速度。
- (2) 开采顺序错开，使开采不沿着集中的共同的前沿推进。
- (3) 削弱边界岩体。

(4) 开采中会留下一些不开采的矿柱及低品位区域，要了解它们的位置、形状、大小和岩体构造所能产生的效果，并加以运用。

(5) 最初的采矿方法应设计得保守一点，在允许范围内浪费一些钱和效率，直到人们通过采矿实践认识并掌握了地层时为止。

岩石力学的研究工作对采矿工业极有助益。深矿井开拓设计中，有意识地运用这种知识是最为重要的。今天，政府部局、大专院校、专业研究机构和专业咨询团体在岩石力学课题上作了大量的研究工作。目前的任务是整理已经取得的有价值的成果，以便更实用、更有效地运用来改善开采工艺。在深矿井开拓系统设计与开采作业中，公认的和以实践经验为基础的试验方法正被结合运用在岩层移动与应力控制方面。参见图10及11。

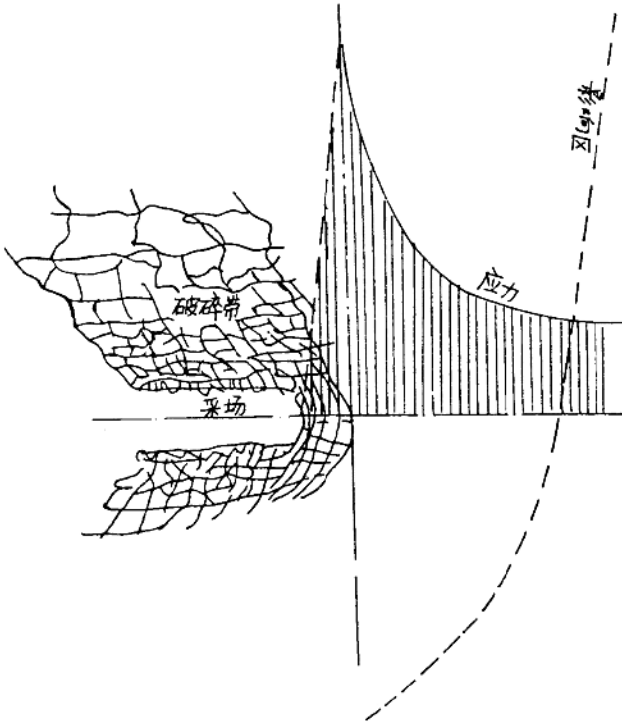


图11. 掘进工作面或采场前面典型应力分布

涌水控制

新采矿企业要求优质的饮用水。一般，上部凿井时即能解决此问题。

在深部开采系统的开拓及开采作业过程中，地下涌水的控制问题是主要考虑的对象。企业开拓与生产时期地下涌水的位置、来源、数量与质量等方面的可靠资料对工程设计是重要的。必须努力减少地下涌水流入开采空间。最好的方法是高压灌浆。井底区域要有一套足够的矿井排水设施，其中包括：

集水；

沉淀；

处理；

向地表扬水；

地表处置——为了符合环境条件有时要进一步处理。

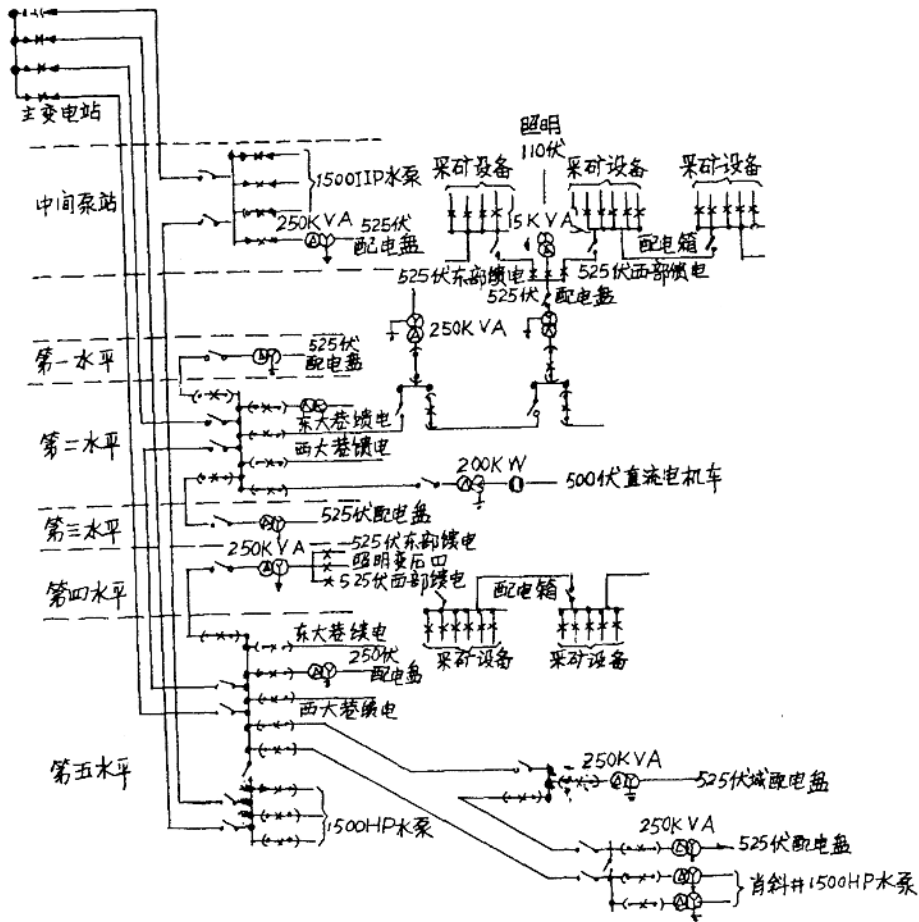


图 1 2 南非深井供电系统