

国外矿山疏干排水

冶 金 部 冀东黑色冶金矿山设计研究院

国外矿山疏干排水

冶金部冀东黑色冶金矿山设计研究院

一九八三年

目 录

第一届国际矿山排水讨论会.....	(1)
矿床的降水和疏干.....	(10)
用水平排水孔疏干露天采场边帮.....	(29)
在考虑边帮推进的条件下用降水钻孔疏干露天采场.....	(33)
希腊南部某褐煤矿床露天开采的地下水控制.....	(37)
采场的排水与疏水.....	(45)
铁矿床的疏干工艺.....	(53)
赞比亚钦柯拉地下矿和露天采场排水.....	(59)
南非兰德最西部班克地区的排水与沉陷问题.....	(71)
露天矿疏干方法研究的最新情况.....	(79)
英国用水文地质法评价地下工程中排水问题的几个实例.....	(86)
采矿企业疏干设计的新技术决定.....	(96)
坑道封闭时矿坑水量变化的预测 (之三).....	(98)
合理利用哈萨克斯坦地下水的途径.....	(108)
矿山尾矿坝水的控制和疏干.....	(111)
利用电子计算机求解先期降水的最佳参数.....	(115)
露天矿洪水流量的计算.....	(118)
露天矿排水设备.....	(122)
矿用潜水泵.....	(126)
露天矿新型戈德温高扬程泵.....	(128)
矿井越深泵的能力要越大.....	(129)
普勒格尔潜水泵.....	(130)
国外露天矿疏干排水综述.....	(145)

第一届国际矿山排水讨论会

采矿工程师既不能忽视地下水对矿山生产的影响,也不能忽视采矿生产对矿区周围地下水的作用。这次会议讨论了它们之间的相互关系及其解决办法。

矿山开采深度逐步加深和能源费用不断上涨,导致了矿山排水费用的增加。控制地下水污染的新法规迫使采矿公司花费更多的资金来监测地下水水质和防止水源污染。来自19个国家的275名采矿、选矿、水文和地质方面的专家和工程师已认识到这个问题的重要性。五月二十日起,在美国克罗拉多州丹佛市举行了为期三天的会议,学习矿山排水的新技术和研讨这个困扰着世界各地采矿工作者多年的问题的解决方法。这次会议由“世界采矿”和“世界煤矿”杂志主办。

七个国家的发言者在会上宣读了38篇有关矿山水文的文章。这些文章涉及的问题很广,有:地下水的研究和评价;露天矿地下水控制;地下矿地下水控制;矿山地下水法规和渗透控制方法等。

许多与会人员都指出:地下水是一个具有地区特点的问题,具体的实例也清楚地证明了这一点。在最后一天的技术讨论会上,会议议程主席,加拿大英属哥伦比亚大学矿物工程系的查尔斯·奥·布劳纳在总结发言中再次强调了这个问题。

大家一致认为:在开展采矿工作前,收集大量的地下水水质和形态的准确数据是至关重要的。加拿大西海湾仪器公司的富兰克

林·德·佩顿推荐利用勘探钻孔测取地下水赋存范围和水质的数据。他谈到:一经确定开发某个矿体,水文专家就应同地质勘探工作者紧密合作,充分利用全部勘探钻孔,从而减少收集基础数据的费用。

布劳纳指出:最好的试验室就是现场。分析的样品同分析的结果一样重要。这一看法是美国环境学系统公司的吉姆·鲁赛提出的。他建议只有在地下水形成连续水流以及水流的pH值和渗透率稳定以后才能取样。

分段的方案

美国爱达荷大学的代尔·拉尔斯顿指出:对矿区地下水持静止的观点不能预测地下水对矿山的影响和设计任何合适的排水方案。他认为,工程师必须研究矿区的水流形式,即了解补充水源和排出水的去向。

美国采金人联合会的艾德里安·布朗提出了一个简单评价矿山涌水量的方法。他指出:进行初步计算,对评价地下水状况是非常必要的。复杂的调查研究有时最终证明地下水问题严重,采矿生产不能赢利。这样的调查研究于事无补,只是浪费大量的资金。进行几次简单的计算就有可能解决问题,避免复杂的调查研究,并能节省大量资金。布朗要求工程师们对每个初步阶段的评价进行简单的核对计算,以审核每个阶段的结果。只有在核实以后,才能开展下一步的工作,并要根据前阶段出现的任何特殊情况修改以后的试验计划。

美国新泽西锌公司的克·阿·科克斯在谈到新泽西弗尔登斯维尔锌矿山的水文问题时指出：根据采矿前调查地下水状况的勘探钻孔，可以发现许多地下水问题。这样的钻孔投资是合理的，因为在地下水问题严重的地方，能防止出现给公司造成巨大经济损失的灾难性涌水。

基础数据收集完备后，就应安装相应的监测装置。佩顿详细解释了如何最佳地监测地下水状况的问题。布劳纳和佩顿都强调了作为主要监测设备的水压计的重要性。因为许多矿山，特别是露天矿山，事关边坡稳定性的地下水压力比实际的排水量更重要。

是否要利用水泵排水

倘若矿山必须进行排水，或者在生产矿山中，地下水涌入构成问题的话，首先应评价水泵排水方案。美国多种用途采掘公司的罗伯特·里·洛特博弗罗鉴于水泵排水耗资高（估计每百万英尺加仑为\$0.20—\$0.30），提出了几个选择方案。表1介绍了要进行水控制的规律。

表1 采矿工程中处理水的间接费用

矿山内部水的影响	实 例
1. 在竖井中水是潜在的危险因素：它能腐蚀提升钢绳和其他钢铁部件；在寒冷的竖井中，罐道、梯子、坑木的表面都有可能结冰，阻碍空气流通，并可增加入风井的空气湿度，妨碍出风井通风。	所有湿式矿山
2. 热水能加热矿内的空气；在某些矿山，水还能带入液化的气体。	印第安纳石膏公司的奈卡，巴拉塔克，波托斯
3. 由于下列因素降低劳动生产率及设备作业率： 增大电力危险，引起身体不合和疾病； 致使细粒矿岩由铲斗、车厢、箕斗及矿车中漏出； 导致细粒矿岩粘附皮带，在溜槽和运输机上积塞堵塞； 如果所采的矿物是松散的话，细粒的损失能显著降低产量。	所有湿式矿山 大部分金属硫化矿石，特别是铝、锌、铜和汞。
4. 由于能降低润滑作用，致使磨损面粘结砂粒，导致腐蚀，使橡胶易磨损以及冲刷路面、填充水沟；在水管和水泵内部形成水垢，从而增加设备、轮胎、道路和水沟的维护工作量。	特别在大多数铜矿山，水具有腐蚀性并含有砂粒，如在卡萨帕尔卡，安布罗西湖，比尤特（奥克瑞），晨星（西得里塔）。

美国肯里科特铜矿公司的伯·德·特雷克斯莱介绍了如何确定的每年向爱达荷州的邦克希尔矿涌水达4,800英亩呎的四个区域。并介绍了可以大量减少涌水量的措施，这些措施不仅降低了水泵排水费用，而且减少了矿山水处理费用。这个矿山涌水的pH值约为4.0—4.7。

特雷克斯莱的措施如下：

- 改变天井位置并在一个采区上面修筑隔水墙；
- 在断层和破碎带处采用管子或有集水口的流水槽导水；
- 采用孔塞和阀门堵截从勘探钻孔渗入的水流；
- 增加砂浆浓度以便减少尾矿充填的用水量。

波兰波尔特格的杰克·利毕斯基介绍了波兰排水系统设计所考虑的问题。他还概括地介绍了波兰不同类型矿山的水文地质参数，见表2。波兰矿山排水费用平均占地下矿总投资和占地下矿生产费用的2%，露天褐煤矿为10—25%，其他矿山则少于10%。

续表 1

矿山内部水的影响	实 例
5. 能将松软地层冲刷成洞穴, 也能使粘土、砂、砂砾和砾石悬浮在危险的溶蚀性水流中。	穆富利拉, 菲莱克斯, 阿特拉斯, 巴拉特依, 若塞非恩, 比太
6. 能促使某些岩石蚀变, 炮孔堵塞; 降低边坡、堤坝和路堤的稳定性。	页岩、粘土页岩、许多磷天矿山、白松矿
7. 需要使用更昂贵的炸药。	湿式炮孔
8. 水中的淤泥能降低某些产品的质量。	用于玻璃, 充填料的高钙石灰
9. 如果水泵、电源发生故障或涌水量超过水泵能力的话, 就会淹没矿山。	所有湿式矿山, 西普里方丹, 奈卡, 弗尔登斯维尔
10. 可能会增加“水费”, 即防水帷幕的费用。	大多数竖井和许多湿式矿山
11. 可能需要预先疏干, 大量增加施工费用以及妨碍采用合适的采矿方法和设备。	新墨西哥格兰茨附近的湿式矿山
12. 湿干交替变化能加速坑木的腐蚀。	
矿山外部水的影响	实 例
1. 地下水位下降能使水井中的水减少并要承担责任; 其影响范围难以预测。剩余水的质量可能变坏, 也可能得到改善。	弗尔登斯维尔, 三州和田纳西中部锌矿区及几个阿利桑那州铜矿
2. 可预见的矿山地下水影响可能会推迟矿山开发或成为不予开发的主要原因。	
3. 产品中的水份会增加水运、加工和运输费用。	所有直接运输的物料, 特别是在冰点以下会加倍增加费用。如象石膏, 水泥用灰岩, 石灰和汞等加工成干式产品的物料
4. 排出的废水可能会降低地表水质。	许多煤矿, 金属矿山
5. 地下水位下降可能是引起地表下沉的主要原因, 有时是大面积的, 有时是剧烈的。	奥伯霍尔泽、德龙、罗伯塔矿山塌陷坑

表 2 波兰矿山典型的水文地质参数

矿山类型	围 岩	渗透系数范围 (米/24小时) (米 ³ /分钟)	涌水量
地 下 矿			
烟 煤	砂石和页岩	0.005—1.0	1—25
铜	二叠纪石灰岩和白云岩	0.03—0.85	3—20
铅 锌	三叠纪石灰岩	1—24	20—100
露 天 矿			
褐 煤	表土	8—20	400
	侏罗纪石灰岩	10	
	第三纪细砂	1—8	
硫	粉砂性和浸透性石灰岩	40	30
	细砂	8—4	

露天矿排水

美国达姆斯和穆瑞公司的维·斯特拉斯格罗巴在会上讨论了露天矿排水的技术问题。他谈的主要是美国西部的矿山。露天矿目前采用的主要排水方法有: 矿山地表排水沟, 采场底部排水沟, 水平排水孔, 由地面钻凿的垂直降水井, 由台阶或露天采场底部钻凿的垂直降水井, 排水竖井和排水平巷以及上述方法的综合使用。

虽然如本文开始所述, 排水问题有很大的地区特点。但是斯特拉斯格罗巴还是对六

个主要排水方法的各自优点表明了他概括性的意见。地表排水沟是一种较省钱的方法,对于6—10英尺厚,深达60英尺,渗透系数每天6—20英尺的含水层最为有效。地表排水沟主要用于非封闭性的含水层,露天采场底部排水沟则用于封闭性的含水层。与地表排水沟相比,采场底部排水沟的维护要困难得多。采场底部排水沟要在完全穿透含水层厚度的情况下才能发挥最大的效益,但这不易达到。

在影响露天边坡稳定的含水层中开凿水平排水孔是行之有效的。其主要优点是投资较低,排水不消耗能源,且维护费用少。但水平排水孔须在露天采场边坡形成之后才能开凿。多数情况下,在开凿水平排水孔期间不会出现边坡滑坡现象。通常,水平排水孔配有1.5—2英寸带槽的聚氯乙烯塑料管,管子以1°—5°的上坡角装在钻孔内。

采用由地面钻凿的垂直降水井排水需要利用水泵,重力或自流排水。其主要优点是:可以在露天采场开采前排水,且能防止水坝污染以及对矿山生产绝无影响。同样,还可使用一个降水井同时疏干几个含水层,采用其他方法则是不易达到的。这种方法的缺点是:耗费能源,排水能力有限,疏干渗透性低的含水层时投资效益差。非封闭性含水层渗透系数每天不少于10英尺,封闭性含水层渗透系数每天不少于1.0—1.6英尺,利用水泵由垂直降水井排水的投资效益是显而易见的。

采用由露天台阶和露天采场底部钻凿的垂直降水井排水时,由于扬程降低可减少水泵的投资。缺点是只有在露天采场完成后才能打垂直降水井,且钻井位置交通不便并影响矿山生产。

如果露天采场底部的含水层渗水,可钻压力释放井。

由于排水竖井和平巷的投资高,这种方法只有在水文条件复杂,其他方法不能奏效的情况下才用。

北部地区的排水

加拿大塞浦路斯·阿米尔采矿公司的兰戴·洛帕斯朱科介绍了一个综合采用斯特拉斯格罗巴提出的排水方法的实例。由于冬季寒冷,塞浦路斯·阿米尔采矿公司在育空地区(加拿大)经营的法鲁露天铅锌矿冰和水的问题严重。

洛帕斯朱科简要介绍了这座矿山由于水造成的主要问题:采场东部边坡不稳定,需要降低边坡角;爆破中浆状炸药消耗过大,比干式炮孔的费用增加一倍;露天采场底部运输路面结冰;由于冰和碎石积聚致使排水沟变宽,有时形成单线运输;在卡车车厢和电铲中冰冻粘附物料。

矿区就在法鲁河流域,所以这条河流必须改道,通过山脚开挖的河道绕过采场。但这条河道马上就出现冲蚀和淤积问题,不得不再次改道。新的河道又通过表土层向采场渗水,有600英尺长的一段河道只好采用聚乙烯塑料护板衬砌。

除法鲁河改道之外,采场地表水通过采场境界外的一条未衬砌的排水沟排出。采场表土层的水通过采场内的砂砾层汇集在4030英尺水平的采场内排水沟排出。遗憾的是,这个排水沟的位置正处于边坡稳定有问题的区域。

随着采场开采深度达到当地地下水位,在采场西北部的露天底设置了集水池和泵站。4030英尺水平排水沟汇集的水靠重力流入这个集水池,然后用泵排出采场。水泵是75马力的6英寸标准离心双级泵,V型皮带传动。

塞浦路斯公司研究过露天边坡的稳定性问题,并考虑过几个选择方案。最后选择了水平排水孔。使用阿德瓦克125型履带钻机打了约6000英尺钻孔,孔内衬有外径1.5英

寸的带槽塑料管。自启用后,地下水压力水头下降了7—14英尺,没有发生重大滑坡事故。

虽然在法鲁露天矿这种综合方法(水平排水孔、改道水沟和露天采场底部排水泵站)行之有效,但是在加拿大另一北部采区的情况却完全不同,需要采用一个单独方法——深井泵排水系统。科米考有限股份公司的松树尖铅锌矿位于加拿大西北地区。该矿大多数矿石都是采用露天方法由各个孤立的小矿体采出的。松树尖矿山有限股份公司(科米考公司拥有大部分股份)的克·杰·达斯特恩介绍了这些矿体的排水方法。该矿排水费用占生产费用的比重很大,1978年达16%左右。

排水采用安装在井内的深井泵,降水井沿每个采场的周边环型布置。水泵连续工作,使地下水位形成了一个以采场为中心的降落漏斗。采矿工作完结时,水泵撤走,水位回升。在开采的最后阶段,一度还使用过水仓泵。

采用的水泵有深井泵和潜水泵两种。已经发现,要使大多数降水井的排水量达到每分钟800—1200加仑,总压力水头平均250英尺时,采用100—150马力的水泵为宜。

滑坡有助于排水

美国采金人联合会的约翰·斯·沙普在会上介绍了魁北克省约翰·曼维尔加拿大有限股份公司杰佛瑞露天石棉矿的一个实例。该矿东南角发生过一次严重滑坡,地下水是发生这次滑坡的部分原因,后来决定采用水平排水孔防止再次滑坡。这家公司以前认为,岩石边坡的全面疏干在经济上是不合算的,因为表土层向边坡的充水率太高,岩石渗透系数太低,需要采用较短的排水孔,而且需要采取排水措施的边坡高度达1,000英尺。

这次重大滑坡事故的波及范围达700英尺高,2000英尺宽,250英尺深,滑坡体约重20,000,000吨。为了控制再次滑坡和保护破碎机,采取了一个三点稳定方案:采用水平排水孔疏干表土使其充水量降到最低;在滑坡区域附近的箕斗提升道钻水平排水孔;由现有的地下运输巷道打上向排水孔至事故区的底部。虽然以前这种方法由于在事故区的底部产生一个明显的可能是渗透性的剪切带而排除使用,最后还是付诸实施了。这三点方案实施以后,边坡达到了完全稳定。

美国斯维夫特农业化学公司的约翰·亨·波尔介绍了一个如何避免采用水泵的实例。他介绍了位于佛罗里达洲的沃特森磷矿采用重力联结井作为矿山排水方法以提高矿石回采率和生产能力的情况。露天采场深度超过50英尺,不采取预先疏干措施,矿石回采率在40~60%之间,深部露天采场疏干后,矿石回采率达到70~80%,产量增加20%。在采取排水措施前,地下水造成三方面问题:1)致使边坡不稳定;2)使索斗铲司机分不清矿岩;3)导致土壤膨胀从而减少了挖掘宽度。

立式涡轮泵和潜水泵是露天采场控制地下水渗透的常规方法。但在沃特森磷矿,索斗铲已进入喀斯特石灰岩地段。露天采场底部的石灰岩,即霍索恩层,是上佛罗里达承压含水层。含水层的导水系数平均每天约为2,200平方英尺,但是,在石灰岩中形成的溶洞使此值的波动范围较大。石灰岩中的水位标高足以影响表土中的地表含水层水位,尤其在灰岩坑造成地表沉陷的深凹地区,更是如此。当采场开采到被潮湿泥沙填满的灰岩坑,和可能受到采场底部石灰岩层自流地下水的威胁时,会给矿山生产造成不利影响。

通过斯维夫特公司工作人员的努力,在选择采区,通过重力联接井,使上佛罗里达含水层的水位降低。表土中的地表含水层

也随之疏干。采场底部石灰岩也部分地得到了疏干。

虽然地下排水平巷初期基建投资高,一般仅在其他方法不宜采用的情况下才用,但是美国采金人联合会的德·尔·奔特茨介绍了这种排水平巷方法成功地用关深凹露天矿的实例。他引用了两个采用地下排水平巷降低水压的实例。两个都是铜矿;美国亚利桑那州阿迈克斯采矿公司的双峰铜矿和巴布亚新几内亚的布干维尔铜矿股份有限公司的布干维尔铜矿。

如果地下排水平巷位于水位以下,在岩体中便会形成一个水力梯度。水力梯度导致地下水大量排出,从而降低了水压。需要指出:为了边坡稳定进行排水的目的是降低地下水压而不是排出一定数量的水。压力降低区域扩展的速度取决于渗透系数和岩石贮水系数之比。贮水系数可能同岩石硬度有关,如奔特茨所举布干维尔铜矿实例所示,硬度低和渗透系数低会使压力降低区域的扩展速度极慢。另一方面,如双峰铜矿实例所示,具有高渗透系数和较高硬度的破碎的安山岩会使压力降低区域迅速地扩展。

在布干维尔矿床打了两条勘探平巷,该矿体的特点是在变质和火成岩体中有很多节理。第一条平巷的结果表明,几乎是立刻就达到了全面疏干。当采场开采到粘土充填构造时,测量到压力水头的突然变化,随之平巷的涌水量也急骤增加。第二条平巷的结果基本同第一条一样,只是当采到半渗透性构造时,变化更为显著。

在双峰铜矿完成了一套庞大的平巷系统。在由地表钻的主要垂直孔中安装了72个水压计,这样,就可以根据东采场东部边坡地下水压的降低来监测整个工程。地下平巷总进尺约为3,400英尺。整个系统配置完毕后,水压下降范围达到11~100%,平均下降了67%。通过水压计和平巷的涌水量发现,平

均渗透系数约为 10^{-3} 厘米/秒。由于地下系统的排水量比降雨和渗透水的补充水量只稍大一点,地下水位仍在或接近地表。

露天煤矿排水

西班牙格拉纳达大学的拉斐尔·费尔南代茨·鲁比概括地介绍了煤矿和褐煤矿的疏干问题。他提出的许多基本原则也同样适用于金属矿山。他介绍了决定排水方法的岩性、岩体构造、水文、水文地质和人的安全等因素。他借用在波兰、英国和捷克斯洛伐克由于涌水所造成的事故对后一因素,即人的安全的重要性作了具体说明。他还介绍了安托宁煤田的开采对捷克斯洛伐克卡罗维发利温泉的暂时性不利影响的实例。

在他的发言中,将排水方法分为积极的和消极的两种。在地下水的问题发生后所采取的措施是消极的措施;积极措施则是对水患采取系统的防护措施。积极措施又可进一步分为预防性、消极保护、积极保护和即时保护。

预防性方法的目的在于预防或推迟水的涌入或减少其危害程度。消极保护则是利用水泵或其它方法排出已进入采场的水;而积极保护措施则是要降低采场附近区域的水压强度以减少水的危害。即时保护是积极保护的改型方案,需要在采场附近区域排水以部分减少采场地下水。

西德莱茵布劳咨询有限公司股份公司的鲁道夫·乌奥依济特介绍了莱茵布劳煤矿的排水问题。这个露天矿有五个采场,深度达990英尺。在煤层上、下盘有一系列的含水层和数不清的断层构成了一组复杂的地质条件。在采区中,这是必须要完全或部分解决的。

采用一维和二维的专门模拟技术对地下水流入排水井的情况进行了模拟。莱茵布劳煤矿每年开凿100多口排水井,总深度达

1650英尺左右。打井采用了反循环空气注入方法。这些井中装有潜水泵，排水能力为每分钟925~8600加仑。

西德地质和采矿咨询公司的罗尔夫·霍费德恩克和奥特·高尔德介绍了露天褐煤矿的排水问题。作为实例，介绍了印度库达洛尔盆地的露天褐煤矿。他们认为，该矿渗漏量的变化是时间的函数。已证实渗漏发生在褐煤层下面两个含水层的压力释放过程中。这两个含水层由一个半渗透性的粘土层隔开。

泵水前，两个含水层的压力水头约高于褐煤层底板110英尺。1961年开始采取地下水控制措施。只对上部含水层采用了水泵排水，压力水头下降到低于褐煤矿层。

当达到稳定状态后，上部含水层导水系数由每天每英尺135,000加仑下降到77,000加仑。在导水系数稳定的情况下，两件事表明渗漏量可能会下降：未进行排水的下部含水层压力即使在水泵总排水量减少和上部含水层压力回升的情况下，仍保持在低的水平；在露天采场外2英里处的渗漏参数是3,900英尺，采场则是8,000英尺（渗漏量同这个系数成反比）。渗漏量的明显减少导致两个结论：当根据泵水试验得出的渗漏系数进行预测时，采取措施是可以成功的；如果随着时间的推移，渗漏量的减少可以预测的话，费用的节省是可能的，也是可以实现的。

查·奥·布劳纳在会上宣读了澳大利亚维多利亚州电气委员会克·杰·弗雷塞的文章，介绍了澳大利亚莫韦尔露天矿的承压含水层疏干情况。这座褐煤矿的下盘有两个主要含水层需要大规模的疏干，以保证采场下盘边坡的稳定。这两个大面积的含水层为承压含水层，需要不断的排水以将水压降到安全水平进而保证露天采场下盘边坡的稳定。

这座矿山的疏干工作始于1960年，但大规模的排水则是1977年才开始的。1975年达

到了稳定的水压。自那时起，在保持稳定水压的情况下，才能稍微减少水泵排水量。

承压含水层疏干的主要问题是由于不断地用水泵排水所造成的区域性沉降。在莫韦尔露天矿，由采场周边起到附近的整个市镇下沉了5—3英尺，整个市镇现已处于倾斜状态。

尾矿坝渗漏问题

先前的发言主要集中在地下水对采矿的影响方面。讨论尾矿坝渗漏问题时，则需要按相反的情况考虑。但更重要的是要收集准确和全面的数据，以避免劳而无功。

美国国际工程公司的依·斯·史密斯介绍了六种类型的尾矿坝事故，并用图片作了说明。这六种类型的事故是：没顶、滑坡、液化、管涌、冲蚀和决堤。

加拿大达姆科和穆瑞公司的克·依·罗宾逊介绍了九个不同的尾矿坝渗漏问题的实例。鉴于渗漏对尾矿坝的稳定性和地下水质的影响，必须要对其进行控制。罗宾逊指出：一般来说，对尾矿坝稳定有利的措施对水质必不利，反之亦然。

上游筑坝法是兴建尾矿坝的常规方法。一般使用尾矿库内的土、矿山废石和其它外部材料建筑坝基；然后，一层层铺上尾矿直至坝顶。此后，用人工或机器挖掘坝顶附近逐渐淤积的尾矿以不断的扩大坝体。

社会上要求减少河流和含水层污染，特别是减少放射性废物污染的压力不断增加；从而须防止尾矿蓄水设施的渗漏。由于选矿工艺需要在尾矿库存水以便循环使用或沉降，将全部尾矿沿山坡以一定的高差向库内排放，水和矿泥都存贮在坝内或许是较为经济的。在这些情况下，就需要采用下游筑坝法，利用外部材料修建相对不透水的堤坝。

罗宾逊文章中所介绍的实例涉及了许多

体和坝基条件。所以介绍这些工程是因为在某些情况下它们具有代表性,而在其它情况下,它们又体现了尾矿坝设计人员在控制渗漏问题上所面临的较为普遍的问题。如果污染控制条件允许的话,最好尽量采用自流排水结构和上游筑坝法。然而,如果需要对渗漏采取严格控制,就不能采用配有水泵备用系统的渗透性堤坝,而且还需要非常仔细地评价地面地质条件。对整个尾矿设施的影响来说,同尾矿坝基有关的渗漏问题比设计合理的坝体更重要。

加拿大克沃恩·莱奥夫咨询公司的伊阿尔·杰·克沃恩全面介绍了渗漏控制问题。渗漏可能导致三个主要问题,这些问题会引起严重的麻烦,甚至造成事故。如果已存在的渗漏水能卷起矿粒并使它们脱离坝基和坝体的话,就会形成孔洞。当这些孔洞同库中的水相通时,孔洞中就会形成很大的水流,并可能导致整个大坝塌方,这就是第一个问题,管涌。

第二个问题是边坡的不稳定性和崩塌。穿过坝体或坝基的水流所形成的渗漏力能导致坝的背水面边坡不稳定。如果在背水坝趾附近的坝基土壤中形成过大的上向渗漏力的话,就可能出现崩塌。

水的过多流失构成了第三个问题。如坝体或坝基是渗透性的,便会出现这种情况:除去流失水量这种明显的不利因素外,大量的渗漏可能对大坝的稳定产生不利影响。通常,如果渗漏水流的渗漏压力并不会引起不稳定或上向水压力问题,并且,采用合适的过滤装置对管涌采取适当的措施以后,较大的渗漏水是可以允许的。但是,一般认为,在大坝和其基础的迎水面采用较不透水的材料以尽量减少渗漏是上策。

有三种控制渗漏的基本防护措施:

• 过滤设施——防止管涌或崩塌,过滤设施的作用是过滤渗漏水,防止尾矿流失。

• 减少渗漏——在大坝背水面关键出口处减少水压和渗透力。使用的方法有:不透透的隔水墙、灰浆防水层和迎水面隔水层。

• 排水——减少坝体和坝基土壤的水压。使用的方法有:垂直截流排水井,水平排水孔,坡面排水沟,坝趾排水沟和压力释放井。

上述三种渗漏控制措施经常综合使用。例如:如果要大量减少坝的背水面渗漏水流的压力的话,减少渗漏的方法必须是尽量完善的。但是,由于这不易达到,所以,一般减少渗漏方法都同坝的背水面排水方法一起使用以保证理想的最终结果。同样,所有排水设施的设计均必须满足过滤的要求,排出废水而不流失尾矿。

加拿大采金人联合会的约翰·道伊斯介绍了安大略省埃利奥特湖铀矿区尾矿坝渗漏控制情况。这个地区的特点是:降雨量大、湖泊河流多。在这种情况下,基本上不能修建无渗漏的尾矿坝设施。同时,在废水渗出之前,必须对其进行净化处理。

在50年代,埃利奥特湖区的尾矿坝渗漏控制还是小规模,到70年代,达到了完善的全面控制和长期防护。在全面控制和长期防护两者之间偏重哪一个都是不正确的,目前任何技术上可行的措施都是可以接受的,然而,在降雨量极大的地区,采取长期防护措施基本上行不通。最佳的解决办法是同时兼顾控制和防护措施。

同时还必须认识到,控制渗漏有着明显的地区特点。不仅区域性、地质和气候条件影响控制方法,基本目的也决定着控制方法,而且每个尾矿坝的设计也是相当不同的。

美国德·阿波伦尼亚咨询工程公司的姆·杰·泰勒介绍了怀俄明铀矿渗漏过程中,土粒与放射性类原子、核离子的同时沉淀和表面吸附作用如何有助于污染控制。鉴于这个实例和查·奥·布劳纳观察到的其它

实例,布劳纳在他的最后发言中鼓励代表们研究尾矿坝附近土壤的过滤能力。他指出,完全的防污染密封不是唯一的办法,也许从事尾矿处理的设计人员应该在他们的设计中考虑到能控制的渗漏量,以便利用土壤本身的良好过滤能力。

监测和水泵系统

虽然大多数的文章都是有关排水的水文和采矿方面的问题,但也有人专门探讨了与地下水监测和控制有关的仪器问题。加拿大西海湾仪器公司的富兰克林·德·佩顿详细介绍了对地下水监测仪器的要求,并专门介绍了这方面的最新发展——阀式水压计。这种水压计共有两种:滑动阀式,在作其它工作的同时,这个滑动阀可保持开或关;另一种是单向控制阀式,这个单向阀由于外部水压可以保持关闭,但可由内部打开。

阀式水压计的主要优点是一个钻孔中可放置多个水压计。其它的水压计在一个钻孔中放置的数量有实用和经济上的限制。一般情况下,一个钻孔只能放置三个水压计。

西德克莱恩·沙恩茨林和贝沙尔有限股份公司的奥·霍·希尔介绍了高扬程的高压矿用潜水泵的优点。这些完全在水下工作的水泵所具有的优点之一是不受大气压的限制。它们可以直接排水而不用增压泵。这些水泵的直径小;周边速度低;而且如果水中含有固体颗粒的话,还具有抗磨性能。希尔还指出了这些水泵所配置的水封电动机的特殊优点:对密封没有特殊要求,冷却良好,且有防火特性。这些水泵的排水能力达每分钟22,000加仑、扬程1,000英尺、电动机输入功率4,000马力。

阿什尔环境设备公司的尼尔·阿什尔介绍了设计整体矿山排水系统应考虑的要害。他强调指出,最有效的系统是整体设计的系统。

排水法规

美国弗朗耐斯和赖西公司的乔治·弗朗耐斯在讨论会第一天的午餐上作了题为“矿山废水,共同敌人”的发言。弗朗耐斯不仅是律师,而且是采矿工程师。他介绍了美国从英国时代到目前阶段的矿山立法的历史和加拿大、澳大利亚、西德有关矿山废水的法规。

全世界的矿山废水问题现在都起了变化。这个问题经历了几个阶段。第一批法律、条例和规则只涉及如何排出矿山内的水。问题在于矿山经营者能否排出矿内的水而不致引起麻烦。虽然这个问题在世界一些地区尚未得到解决,但它已让位于更为紧迫的问题。

随后的法律则是确定矿山经营者在不承担法律责任和义务的情况下所允许造成的污染程度。这个问题在法院确定其允许污染程度后也同样退居第二位了。

后来,随着人们认识的提高,问题已不是能否将水排入河流。这个问题在世界的部分地区已经得到解决。如果可能造成污染的话,这样的排水是不能允许的。

目前的问题是排入河流的废水质量。现代的标准对矿山排水提出了更高的要求,只有在排出的废水对河流不造成污染的情况下,才允许排放。

这个问题已不是一个局部性的问题,在某种程度上说,它必将或被迫将成为一个全球性的问题。只要开矿,这个问题就将随之而至。矿山经营者以前所关心的是矿山内多余的水这个共同的敌人;现在,共同敌人依然存在,但只不过是一个方面罢了。坦德丹勋爵在1928年曾经说过:“开发矿业,水是每个人都必须认真对待的共同敌人。”此话今天仍未过时。

美国爱达荷大学的罗·依·威廉斯在会上讨论了矿山废水法规的技术问题。他以爱

矿床的降水和疏干

一、有用矿物矿床水文地质的一般问题

在很多地区,地表都有正常的地下水规律;在正常的地下水规律下,地区的充水量取决于自然条件和该地区的特有因素,也就是:大气降雨量、地区地貌、附近天然蓄水池和人工蓄水池的渗水、土壤组成、土壤裂隙和其他因素。在矿山建设中,开始剥离或开凿先期疏干巷道时,正常的地下水规律和大气降雨径流就要遭受破坏——水开始流入巷道(采场、竖井)。为了保证矿山企业不间断地生产(创造生产劳动的正常卫生条件

和安全进行采矿作业),必须将水从采矿作业区排出。为此,在专门的巷道内安装排水装置;特别是在含水矿床和深水平回采的情况下,排水装置将构成一套复杂的工程设施。在上述专门巷道中,装有水泵设备、管道、开闭器、集水管、电气设备和自动控制设备。

应该综合考虑排水问题,这种考虑始自矿床水文地质问题迄于自动化和工业审美问题。水文地质对于选择水泵设备、设备工作制度以及总结各类矿区和煤田使用上述设备的经验都具有很重要的意义。

进入巷道的矿山涌水量对于设计和使用排水设施具有很大意义;涌水量决定泵组的机型、扬程和工作制度以及排水装置在矿井

达荷州中部布莱克伯茨矿区这个美国唯一知名的钴矿为例作了说明。遗憾的是,该矿山严重的酸性废水问题使它不得不暂停开发。对产生酸性废水的原因进行了详细的研究。

采取各种保护措施可以减少露天、地下矿山和废石产生的酸性物。在将来的矿山开发时,应在矿山设计和地面废石场址的选择上考虑水文地质的各方面因素。防止矿山酸性废水比处理它要容易的多。

实地调查业已表明,矿山特点和水中含有的矿山氧化物是产生酸性废水的主要原因,但这是可以控制的。

纵观各国法规,其共同点都是要求采矿公司带头采用他们居领先地位的最新技术以使采矿生产对周围地下水的不良影响减至最小。通过可靠的分析方法和正确的采样建立

完善的数据库,对土地过滤能力进行适当的调查,研究以及使用完善的监测仪器等措施都是行之有效的办法,既可使采矿公司经济地控制矿山废水,又能满足人们对保持地下水的高质量的愿望。

与会代表学习了解决矿山废水问题的新方法,听取了其它人的经验介绍,最重要的是学习了防止废水问题和通过技术措施达到法规要求的方法。会议成果令人鼓舞,据大会主席乔治·奥·阿加尔称,“世界采矿”和“世界煤矿”杂志将在1981年主办第二届国际矿山排水讨论会。

译自《World Mining》

№7. 1979 p.54—61

吴俊华 译 邢 一 校

各水平的布置。特别要注意矿山预期涌水量的预测,各水平涌水量的分布和涌水的物理化学性质。水文地质数据与排水装置流量不符合会导致淹没巷道。国外关于淹没矿井和采场的大量报道(美国伊利诺斯州《贝尔伍德》矿等)证实了这一点。类似现象的起因是对水文地质条件研究不够,忽视矿井和矿山技术操作规程和因缺少计算矿山预期涌水量而错误地选择了排水设备。有用矿物矿床的水文地质条件可用于评价排水装置的发展远景和将矿井与矿山划分为四类:有用矿物埋藏不深的贫水矿山;富水矿山;深部水平排水的矿山;排除酸性矿山涌水的矿山。

流入矿床地下巷道的现有涌水量和预期涌水量取决于矿床面积、矿体和围岩的地质构造特点、剥离深度、较深矿井邻区的排水影响以及剥离和开采的强度。上述种种确定了排水设备的型号和数量。

二、有用矿物矿床疏干必要性的论据

下列因素决定了矿床疏干的必要性:流入采矿巷道的大量涌水会造成危险的采矿作业条件或降低劳动生产率。在这种情况下,疏干措施的目的是在被保护区(矿床地质断面存在趋于变形的松散土壤;矿石含水量;矿山运输设备作业条件不理想—翻浆、积水、泥泞、结冻;废石场基底存在承压含水层或者引起破坏稳定性的饱和含水粘土层)范围以外用排水装置阻截涌水,以限制涌水进入生产巷道。

为了进一步降低施工时经过第一阶段排水而残存下来的地下水水位,在矿床开发期间,需要进行疏干,以便为矿山运输设备创造正常的作业条件和恪守商品矿石在含水方面所摆出的技术要求。

用坑内开采法开采铁矿床时,对矿山企业施工和生产各阶段的疏干措施要求是不同

的。用常规方法掘进井筒时,允许涌水量为8米³/时(根据建筑规范111-B,9-69)。在坚硬稳定岩石组成的矿床中,采准和回采巷道的涌水量没有一定的标准。当坑内巷道的顶板或底板存在与含水层严格分开的粘性脆弱岩石时,利用对支柱不起破坏作用和不引起巷道底板翻浆的允许静水压来确定疏干的必要性。

当非粘性脆弱土壤发现有破坏带时,决定回采作业前对疏干程度要求的有两个参数:地下水涌水量和残余静水压。缺少这些参数的标准值。矿床开拓经验证明:允许静水压为2~5米。

用露天开采法开采矿床时,排水作业应该保证采场边帮和矿山运输设备路基的稳定性。在严寒气候地区,应避免有用矿物和剥离岩石冻结。

三、疏干法的特点

矿床疏干有地表疏干法、地下疏干法和联合疏干法。

地表疏干法的主要优点是可以由地表,即在开凿巷道前,先期降低地下水压力。根据所用的技术设施,这种方法可分为:深部排水,它是一种降水孔或吸水孔系统;浅部排水,它由排水堑沟、排水沟、针状过滤器和降水井组成。

不仅在采场施工期间使用地表疏干法疏干采场,就是在生产时期使用地表疏干法也屡见不鲜。对于矿井疏干,这种方法基本只是用在矿床开拓的初期(井筒掘进)。

疏干脆弱岩石层时采用深部排水,不过这种方法用在由稳定岩石组成的矿床更为有效。它要求修建降水孔和吸水孔并由降水孔和吸水孔抽水。

近来,由采场边帮台阶开凿水平排水孔得到了发展。如果岩层互相间隔成层的话,深部排水则不能保证岩层完全疏干,因为用

降水孔不能将岩层水位降至岩层的隔水底板。约占15~35%厚的无压含水岩层不能抽水。如果在渗透性好的能承受高压的厚度大的泄水岩石中开钻降水孔的话,那么可以得到良好的深部排水效果。例如,渗透系数大于5米/昼夜时,在无压含水层进行疏干是有效的;而在承压含水层疏干时,渗透系数0.3~0.5米/昼夜是有效的。

广泛地而有效地采用小型排水方法疏干露天采场。它的特点是疏干方式多样化。明沟或暗沟、水沟、吸水孔和针状过滤器都属于这种排水设施。当含水层埋藏不深时,为了疏干矿石及其围岩,可在靠近露天采场境界和运输巷道附近建立这些排水设施。

图1示出用喷射针状过滤器疏干入车沟地区的平面图和剖面图。入车沟地区水位下降了5—6米,保证了该地区路面处于良好状况。但是,应该指出,使用喷射器是不经济的,因为喷射器排水的成本约为0.6卢布/米³,可是使用潜水泵排水则为0.1卢布/米³。为了临时降低水位,通常将针状过滤器装设在露天采场的台阶上。

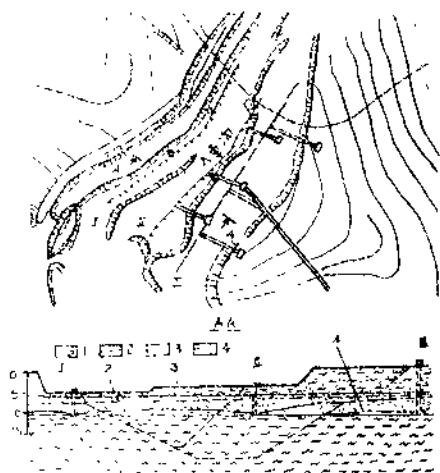


图1 用带喷射器的针状过滤器疏干入车沟地区

1—喷射器泵站; 2—静水位; 3—I—II排列线2.5"喷射过滤器工作时的水位; 4—I—III排列线喷射过滤器工作时的水位; I—第一期2.5"过滤器的第一条排列线; II—第一期2.5"过滤器的第二条排列线; III—第二期2.5"过滤器的第三条排列线

为了疏干位于有用矿物上部的含水层,可在露天矿边缘及其各个台阶上开凿排水竖沟。为了保证露天矿非工作帮的稳定,可在邻近边帮区域排水,也就是在位于含水层中的各台阶上开凿不深的排水沟。并且往这些沟内敷设带砂砾过滤层的排水管。为疏干露天采场非工作帮,目前常使用水平排水孔。在充水台阶上开凿呈扇形或平行布置的排水孔。在柯夫道尔、柯尔舒洛夫、里萨柯夫等采选公司露天矿采用了地表疏干法。

地下(井巷)疏干法既可用于坑内矿又可用于露天采场。露天采场需要预先疏干时,采用地下疏干法必须大大超前矿山基建。

某些露天采场采用地下疏干法时,必须形成几条由专门的井筒、探井和平硐开凿的井巷排水系统。最初,在入车沟和开段沟地区开凿排水平巷,然后,在已经投产的露天采场,于采矿推进之前,必须扩大排水系统。排水平巷的用途是:疏干需剥离的岩体;可在排水平巷内安装几套疏干上伏和下伏含水层的疏干设施;用这些平巷可以同时需剥离的岩体和上伏和下伏含水层进行排水。地下排水巷道也可用来接受和排出大气降水,这样就使露天采场内部雨水的排出问题得以解决。用排水孔将大气降水由露天采场引入排水平巷。

采用地下排水方法疏干井巷时,只有在特殊情况下,也就是在非常复杂的矿床水文地质条件下(米尔卡里姆沙依矿山)方能考虑掘进专门的排水巷道(排水平巷)。用地表疏干法不能得到良好的排水效果时,采用地下排水方法效果可能较好。例如,在渗透系数低的砂岩(<3米/昼夜)中排水或要求疏干两个(或更多的)被隔水层分开的渗透性弱的水平含水层时,采用地下排水方法较为适合。矿井的地下疏干法按下列工艺:随着掌子面的推进,在采准巷道的顶板穿凿上

向排水孔，并安装插入式过滤器。由地表安装直通式过滤器。在巷道底板开凿降水井和安设针状过滤器。

当地下排水法用于露天采场时，会有下列缺点：在井巷建设方面花费的劳动量太大以及排水巷道长时间处于工作状态，在道斯达哥里、谢涅盖斯、阿巴塔斯矿和克里斯巴斯矿的深部水平采用了地下疏干法。

联合疏干法同时具有地表疏干法（可预先降低水压）和地下疏干法的优点。它可分为两个阶段。第一阶段一用吸水井和降水井预先将水压降低到一定数值，以便掘进采准巷道、矿井和露天采场。第二阶段一地下疏干法；采用穿透式和打入式过滤器、排水孔及其它措施降低矿岩下的残余水压头和矿岩上的含水层水位。由于这种方法本身的灵活性，以及有可能在紧迫限期内完成矿井和露天采场的建设，因此，一般用于水文地质条件复杂的矿床。图2示出了露天采场综合疏干法的实例（平面图）。由两条集中排水线进行疏干：外部界线一用于阻截主要的地下涌水，内部界线一用于排除涌水。在索柯洛夫斯克—沙尔拜采选公司库尔斯克磁力异常区露天采场采用了综合疏干法。

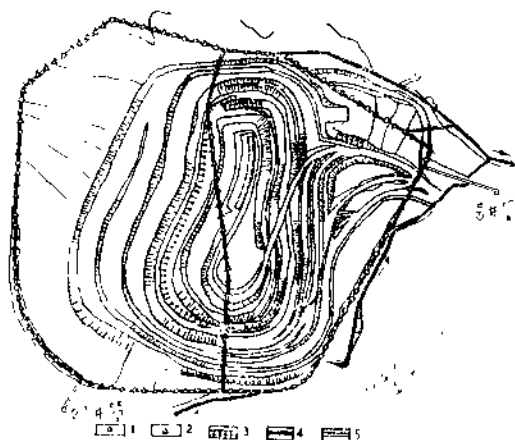


图2 露天采场综合疏干法

1—改换成穿透式过滤器的降水孔；2—穿透式过滤器；
3—针状过滤装置；4—邻近边坡排水；5—排水巷道。

在静水压的含水岩层中掘进地下水平巷道之前，应在巷道工作面上开凿超前孔。

掘进井筒时，用井筒周围开凿的降水孔同时降水。对于透水性弱的岩层，可采用在工作面直接安装的轻型针状过滤器，但经常采用的是阻止水进入巷道的防水装置（岩石注浆、冻结等）。

选择疏干法时，应考虑下列主要因素：矿床的水文和工程地质条件；水文地质勘探程度（决定了涌水量预测的精度）；矿床开采时采用的方法和开采方案；采矿生产工艺；采用的矿山运输设备；装设的疏干设备；疏干工作经济效益。

设计复杂或非常复杂的矿床疏干方法时，要考虑几种（两种以上）方案，按这些方案，用疏干费用经济数学模拟法，求出与各种方案的参数和数量有关的排水设备成本估算。

四、疏干系统和疏干方式的特点

疏干系统应理解为按一定方式采取疏干措施的顺序，而这种顺序在时间和空间上与开采作业有关。换句话说，疏干系统就是排水设施投入运行的次序，这些排水设施的配置在平面和高度关系方面，无论按哪种方式均应考虑地下水降落漏斗的发展，必须随时保证开采作业的安全条件。研究疏干系统要根据开采作业进度表，使之适合于矿区的具体水文地质条件。

疏干系统要确定：与采区有关的排水设施平面和断面布置方式，以后称之为“疏干方式”；与采准和回采平面和进度计划有关的排水设施投入运行次序。非常重要：在设计疏干系统时，要正确地考虑各含水层的适时排水（与开采作业的进展相适应）。例如，在竖井建设时期，需要疏干那些在掘进采准巷道时形成危险的含水层。仅在回采作业开始前，才根据已知作业的超前量适当

规划上部水平的疏干。

有超前疏干系统、平行疏干系统和联合疏干系统。

采用超前疏干系统时，要求在采掘作业前疏干露天采场或竖井采区，然后疏干措施在时间上要提前，这种疏干的排水设施基本布置在采准和生产巷道以外，所以排水设施与上述巷道无关。超前疏干系统基本上用于水文地质条件不复杂的矿床和要求先期排水的矿床（扎伯罗什 Запорожский，沃尔干斯克 Волганский 露天矿）。超前疏干的基本特点是：无论是在竖井（采场）建设时期还是在生产时期，地下水排水的进展均应超前于采掘推进线；在竖井（采场）建设时期形成地下水降落漏斗，而在生产时期保持降落漏斗的稳定状态。

采用平行疏干系统时，一方面采取排水措施，同时还掘进采准巷道与生产巷道；降落漏斗的发展与采掘作业平行。平行疏干系统应用较少，一般用于水文地质条件简单和中等复杂的矿床，即无需超前排水的矿床。

采用联合疏干系统时，要求在采掘作业前进行排水，然后，在竖井露天（采场）建

设和生产时，无论是超前掘进或工作面同时推进都还要采取疏干措施。这种排水系统是一种广泛使用的疏干系统，它主要用于水文地质条件复杂和极其复杂的矿床（列别金露天矿、米哈依洛夫露天矿、莫斯科近郊煤田的竖井）。联合疏干系统的主要特点是：在建设时期，逐渐形成超前采矿的降落漏斗，然后，在生产时期与采矿同时进行疏干；在矿井建设时期形成降落漏斗，而在生产时期降落漏斗则保持稳定状态。

详细拟定疏干方式是疏干系统设计的主要部分。它们能够确定有关采矿空间内排水设施的位置。同时，在每个系统中可采用几种不同的疏干方式。根据排水设施在平面上的布置，疏干方式可分为：单线的、双线的、网状的、单边界线的、双边界线的、（集中的和单个的）以及块状的。在平面方向，这些排水方式可能是永久的（图3，a、б、в、г、д、е）和变动的（图4，a、б、в、г）。在高度方面，它们可能是单层的、双层的和多层的。随着采矿作业的进展，这种疏干方式可以布满整个露天采区（沙尔拜斯克矿山），或个别采区（局部疏干方式）。（扎良洛夫斯克矿山）。

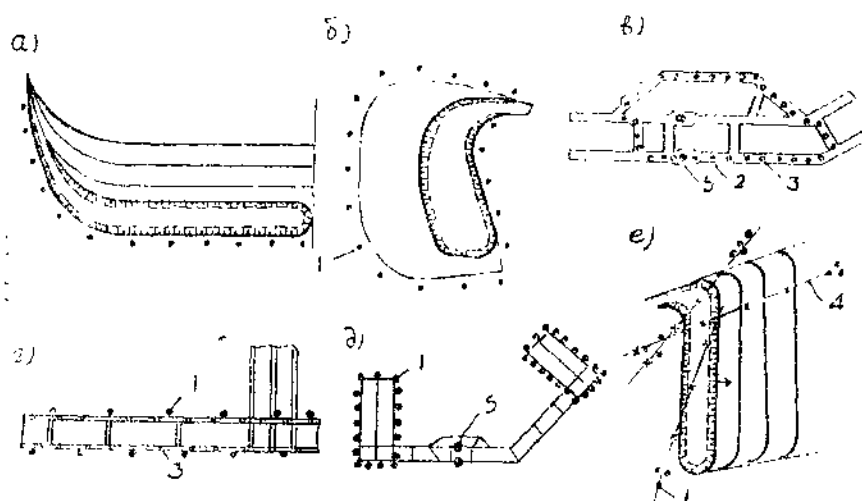


图3 永久疏干方式

a—单线的；б—单边界线；в—井底车场单边界线疏干方式；г—主要走向平巷双线疏干方式；д—采掘区双边界线疏干方式；e—块状的；1—降水孔；2—穿透式过滤器；3—上向钻孔或降水井；4—构造变动线；5—井筒