

建筑材料
露天矿的水力机械化

И. Я. 阿尼克耶夫 著

建筑工程出版社

內容提要 采矿若能实行水力机械化，不仅所用设备簡單，投資少，而且工效高，节省人力。建筑材料露天矿，如果条件具备，完全可以使用这种方法开采。

本書总结了苏联建筑材料露天矿多年来实行水力机械化所积累的丰富經驗，詳細地介绍了土岩的分类和各种水力机械，論述了土岩的冲采方法、运输方法、排土方法以及劳动組織，同时，对如何提高水力冲采效率的問題也作了探討。

本書可供建筑材料露天矿采矿人員和煤炭、冶金等部門的采矿人員参考，也可供矿业学校有关專業师生参考。

原本說明

書 名 ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ НА КАРЬЕРАХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

作 者 И. Я. Аникеев

出版社 Промстройиздат

出版地点 及 年份 Москва 1956

建筑材料露天矿的水力机械化

北京矿业学院露天采矿教研組 譯

*

1959年9月第1版 1959年9月第1次印刷 1,570册

850×1168 $1/32$ · 170千字 · 印張 $6\frac{3}{8}$ · 插頁1 · 定价 (10) 1.05元

建筑工程出版社印刷厂印刷 • 新华書店发行 • 書号: 1593

建筑工程出版社出版 (北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

序 言

目前，建筑材料露天矿的矿山工程和土方工程实行普通机械化（如使用挖掘机、铲运机、推土机等）或水力机械化（如使用射水机和泥泵等）。

实行水力机械化时，用由射水机喷嘴射出的流速为20—35公尺/秒的水柱冲采土岩，或者用挖泥船吸取水下散碎的土岩。在冲采或吸取土岩时，形成泥浆，即水和土岩的混合物。用射水机冲采时，形成的泥浆沿自然坡地流至堆置地点；或者和使用挖泥船时一样，泥浆经专用管道（泥浆管）排入排土场或砂堆。

实践证明，在一定的自然条件下（如有利的原岩地质结构、施工地点有水源、有设置排土场和循环水池的场地，等等）水力机械化是最有效的方法。

那么，水力机械化比之其它进行矿山工程和土方工程的机械化方法（例如，使用挖掘机）有那些优点呢？

实行水力机械化时，所用的设备简单、价廉。水泵和射水机的制造和使用均简单，而且不太重。用泥泵和泥浆管运输土岩比之其它方法，例如比汽车和铁道运输要便宜得多。用水力机械完成的土方工程和矿山工程所花的费用比用挖掘机时低得多（有时低一半以上）。此外，实行水力机械化还可以少用很多工人。

水力机械化在国民经济的各个部门中，年复一年地在推广着，在水电站的筑坝工程以及其他水工建筑工程中，应用最为成功。例如，在开凿莫斯科运河、建筑乌格里契、谢尔巴柯夫、高尔基、明格恰乌尔等水电站大坝以及开凿列宁伏尔加河—顿河运河等工程中，用水力机械采掘和向坝身排灌了数以千万立方公尺计的土岩。

在农业中，水力机械化广泛地用来清除灌溉沟渠内的淤泥和

疏濬內河航运河道。

在建筑材料工业中，1936年，布良斯克露天粘土矿和克里切夫水泥厂、露天白堊矿，首先实行了水力机械化，1937年，波多尔水泥厂露天石灰石矿紧接着也实行了水力机械化。仅在1948—1954年間，在水泥、制磚、石灰石等企业的28个露天矿中，用水力机械就剥离了二千二百万立方公尺土岩。

此外，水力机械化还用于开采非金属建筑材料(砂和礫石)。

本書的目的，就是总结近年来在建筑材料露天矿实行水力机械化所积累的工作經驗。

目 录

序 言

第一章 土岩概述 (1)

1. 土岩按粒度 (颗粒) 组成分类 (1)

2. 土岩根据可冲性进行分类 (5)

第二章 水力开采法 (7)

第三章 水力开采设备 (27)

1. 射水机 (27)

2. 离心式水泵 (34)

3. 水泵站 (39)

4. 泥泵 (45)

5. 泥泵站 (54)

6. 水力吸运机 (57)

7. 挖泥船 (58)

8. 电器设备 (66)

9. 水管和泥浆管 (68)

第四章 射水机冲采土岩 (76)

1. 射水机的供水 (76)

2. 水柱对土岩的作用 (79)

3. 冲采土岩的水压头 (81)

4. 微粘結土岩冲采法 (84)

5. 粘結土岩冲采法 (90)

6. 泥浆自工作面流出 (98)

7. 台阶底盘上设备的移动 (101)

第五章 淹水矿床的水力开采法 (103)

1. 水力机械的应用条件 (103)

2. 准备工作 (104)

3. 挖泥船开采法 (108)

第六章 土岩的水力运输	(111)
1. 土岩颗粒在水流中的运动	(111)
2. 土岩的水力运输法	(113)
3. 水力运输计算	(114)
4. 加压集浆池	(120)
第七章 剥离工程中的排土工作	(121)
1. 排土场	(121)
2. 擋土填的作用及其修筑	(122)
3. 向排土场排土	(131)
4. 向露天矿采空区排土	(134)
5. 向峡谷排土	(135)
6. 向河滩排土	(140)
7. 泥浆沉淀池	(141)
8. 澄清水由排土场排出	(144)
第八章 水力机械化露天矿砂礫的堆置	(147)
1. 砂礫砂的堆置	(149)
2. 建筑用砂的堆置	(150)
3. 砂礫的分級	(152)
第九章 水力开采的劳动組織	(160)
1. 工作人员的职能	(160)
2. 水力设备的班生产定額	(163)
3. 測定已采土岩量的方法	(165)
第十章 水力设备运转状况記实	(169)
第十一章 露天矿水力机械化的設計	(170)
1. 設計內容	(170)
2. 水力设备的选型和运转制度的选定	(171)
3. 一立方公尺土岩的成本核算	(179)
第十二章 露天矿冬季的水力机械化	(180)
第十三章 露天矿水力冲采效率的提高	(184)
附 录	(189)

第一章 土 岩 概 述

1. 土岩按粒度（顆粒）組成分類

土岩按粒度組成進行分類是很重要的，有了分類就能正確地確定土岩的可沖性和在溝、槽或管道中輸送泥漿的條件，以及正確地選擇向構築物（平地、填、堤等）或排土場排灌土岩的方法。

大家都知道，自然界的岩體是由單體顆粒組成的，這些顆粒按其大小而各具名稱：

大于150公厘……………漂石

5—150公厘：

較大者……………卵石（具尖銳稜角者稱為大稜石）

較小者……………礫石（具尖銳稜角者稱為小稜石）

0.05—5 公厘……………砂粒

0.01—0.05公厘……………粉粒

• 0.005—0.01公厘……………泥粒

小于0.005公厘……………微泥粒

注：由5至150公厘的土岩顆粒，在現行的“國定全蘇標準”中統稱為礫石。

此外，土岩視顆粒的大小，還分粒級。例如，砂可分為粗粒級（由5到0.5公厘），中粒級（由0.5到0.25公厘），細粒級（由0.25到0.05公厘）。砂粒通常近似球形，因此其粒度以直徑表示。

大于砂粒的顆粒，以長 l 、寬 b 、高 h 表示。此種顆粒的平均尺寸 d 為其算術平均值：

即:
$$d = \frac{l + b + h}{3}。$$

小于砂粒的顆粒呈薄片状，所以其尺寸用相对法表示。即在实验室内测定该种顆粒在静水中的沉降速度，并据此挑选出另一种与其沉降速度相等的球形顆粒。该球形顆粒的尺寸即相当于薄片顆粒的尺寸。

众所周知，由大小相等的顆粒组成的土岩，在自然界中是没有的。几乎在任何一种松散（不坚硬）土岩中，都含有由砂粒到粉粒大小不一的顆粒。鉴于这种情况，奥霍亭教授根据微泥粒占烘干土岩总重的百分比，制定了粒度为5公厘以及小于5公厘的土岩的分类（表1）。

松散砂泥質土岩根据微泥粒含量的分类

表 1

土 岩 名 称	各 种 顆 粒 的 含 量 (重 量) , %		
	砂粒5—0.05公厘	粉粒0.05—0.005公厘	微泥粒小于0.005公厘
粉 粒 砂	多于粉粒	20—50	0—3
砂 質 岩 石	多于粉粒	0—20	0—3
砂 質 壙 塹			
輕 質	多于粉粒	—	3—6
輕 粉 質	多于粉粒	多于砂粒	3—6
重 質	多于粉粒	—	6—10
重 粉 質	—	多于砂粒	6—10
壙 塹			
輕 質	多于粉粒	—	10—15
中 重 粉 質	—	多于砂粒	15—20
中 等	多于粉粒	—	15—20
輕 粉 質	—	多于砂粒	15—30
重 質	多于粉粒	—	20—30
重 粉 質	—	多于砂粒	20—30
粘 土			
粉 質	—	多于砂粒	30
重 質	多于粉粒	—	30—60

如上所述，奧霍亭教授所謂的粉粒，其實包括粉粒和泥粒。

从表中可以看出，試样或原岩中所含微泥粒小于3%者为砂質土岩，含3—10%者为砂質壤垆，含10—30%者为壤垆，高于30%者为粘土。粉粒含量大于60%并且砂粒和微泥粒含量大致相等的土岩为黃土質壤垆。在黃土質壤垆中，大部孔隙均为垂直并且很大，所以易被水浸潤而具流动性。

利用上述分类法，可以确定出土岩的粒級。为此，事先应研究其粒度組成。所获数据归列成表，然后繪制曲綫。縱座标表示小于某直徑的顆粒的百分含量（重量），橫座标为 $\lg d$ 的数值， d 为顆粒直徑，以微米表示。在橫座标上用对数縮尺比普通縮尺較為方便，因为各数值的对数比各数值本身增長得慢，而使曲綫沿橫座标不致太長。例如，數位10,000（微米）为數位5（微米）的2,000倍，而其对数比仅为5.7倍。这种曲綫亦称为綜合曲綫，因为它的每一点都代表各种粒級之和，左面标有讀数的縱座标表示小于某直徑的岩石顆粒的百分含量，右面表示大于某直徑的岩石顆粒的百分含量。

下面以別日茨基砂土矿床为例，将其有关数据列于表2中，并繪制粒度曲綫。

別日茨基砂土矿床中土岩的平均粒度組成

表 2

土岩顆粒尺寸(公厘)	各級含量(%)	总合的土岩顆粒尺寸(公厘) <	总含量(%)
0.005—0.09	4	0.09	4
0.09—0.15	37	0.15	41
0.15—0.3	30	0.3	71
0.3—0.6	20	0.6	91
0.6—1.2	5	1.2	96
1.2—2.5	1	2.5	97
2.5—5	1	5	98
5—7	2	7	100

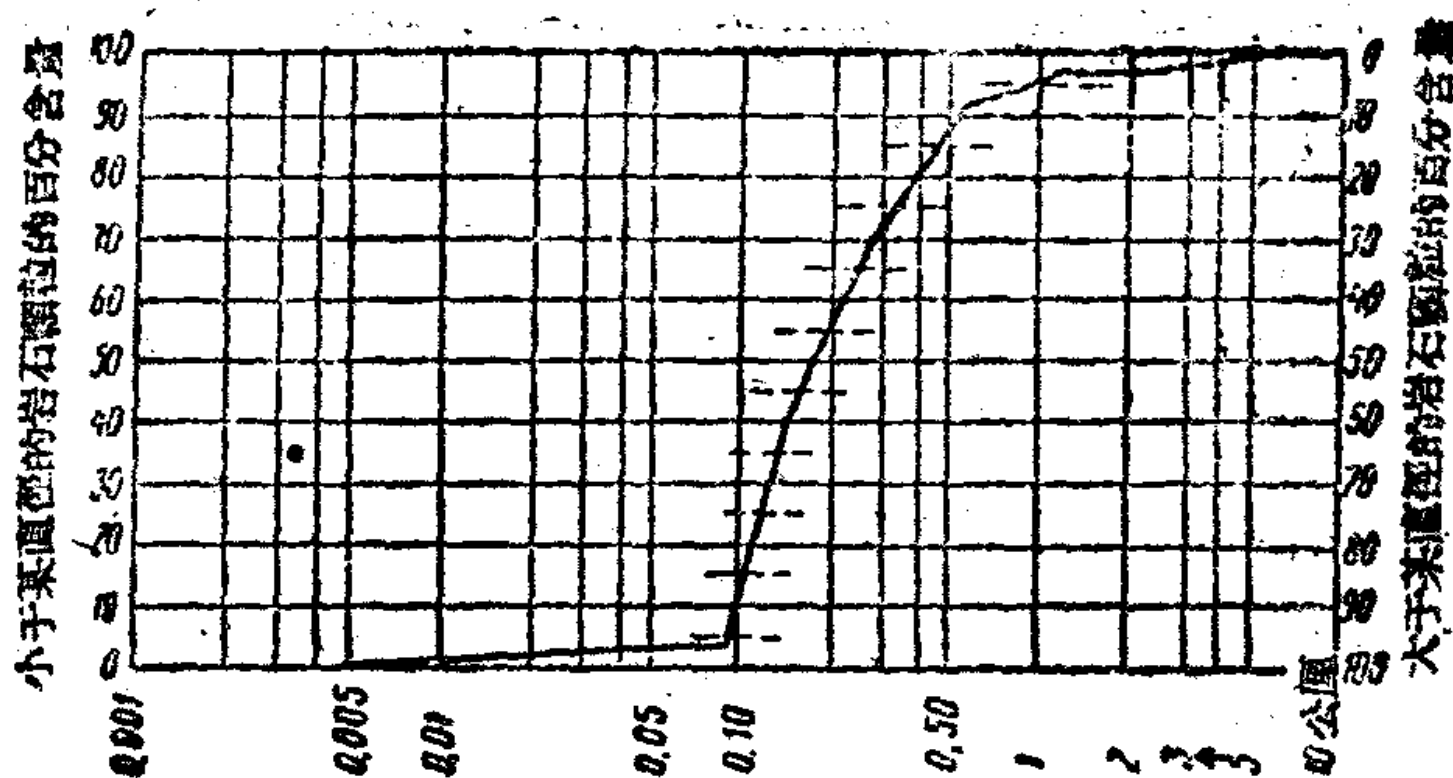


图 1 别日茨基砂土矿床的土岩粒度曲线

从表中和粒度曲线(图 1)可看出, 在别日茨基砂土矿床的土岩中不含微泥粒, 而粉粒含量也低于 4%, 可见, 该矿床的土岩属于砂质土岩类。

利用该曲线图, 不仅能确定土岩的粒级, 而且能求出岩石颗粒的平均直径, 这对于泥浆运输的水力计算是很重要的。土岩颗粒的平均直径用下述办法求出。用水平线将粒度曲线分割成十段, 每段代表土岩重量的 10%。然后再用辅助水平线将每段分为两个相等的部分。辅助线与粒度曲线的交点即为颗粒的平均尺寸。

图 1 中土岩粒度曲线的平均颗粒尺寸

表 3

曲线线段顺序	每线段范围内颗粒的平均尺寸(公厘)
1	0.092
2	0.11
3	0.12
4	0.125
5	0.16
6	0.20
7	0.25
8	0.35
9	0.46
10	1.00

表 3 是与每隔10%，亦即与0%—10%，10%—20%等綫段間相对应的顆粒大小之值。

利用粒度表中的数据，可用公式（1）算出顆粒的总平均尺寸：

$$d_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{10} d_i}{10}, \quad (1)$$

式中分子为各綫段（10%）範圍內顆粒的平均尺寸之和。

将表 3 的数值代入此式，則得

$$d_{cp} = \frac{0.092 + 0.11 + \dots + 1.00}{10} = 0.29 \text{ 公厘}。$$

2. 土岩根据可冲性进行分类

原岩的粒度組成决定着岩石各部分間有无粘結（內聚）性及粘結程度，而粘結性又影响水力的冲采效率。粘結性可用一个力来表示，該力能克服顆粒間的內聚力和摩擦力，并使土岩的一部分与另一部分脫离。

細粒土岩的顆粒靠一层极薄的水相互結合起来，这层水称为薄膜水。小于0.005公厘的微泥粒的表面，通常复以薄膜水；具有自然湿度的原岩，这类顆粒愈多，則愈坚固。例如油性粘土的粘結力最大，而純淨的干燥砂粒，彼此几乎不粘結，所以在自重或外力作用下，易于散离。

砂質土岩在抵抗剪切力时，不是依靠粘結力，而是依靠各顆粒間的內摩擦力保持平衡。內摩擦力以內摩擦角表示。內摩擦角是在直角坐标系中由橫座标和一直綫所組成的夹角，該直綫表示原岩的一部分（上部）沿另一部分（下部）滑动时的剪切力与施于原岩表面的負荷之間的关系（橫座标为負荷，縱座标为剪力）。由此可見，如果原岩是非粘結性土岩（砂）或微粘結性土岩（砂質壩埽和壩埽），則水力冲采的效率最高。用泥泵吸取水下的土岩时，情形也是如此。砂質土岩向泥泵吸入口移动的速度比砂質壩埽和壩埽快。具有天然水分的土岩，其粘結力和內摩擦角之值列于表

4。

具有天然水份的土岩的粘結力和內摩擦角 表 4

土 岩 名 称	粘結力 (公斤/平方公分)	內 摩 擦 角 (度)
砂	0—0.01	26—33
砂質壩塼	0.05—0.20	20—28
壩 塼	0.15—0.60	17—25
粘 土	0.40—1.50	14—22

土岩充水后，粘結能力失去，摩擦阻力降低，产生流动性。

根据現行的規程^①，按水力冲采和采后水力运输的难易程度，可将土岩分为6級。根据各級土岩的特点，拟定了冲采和运输（至堆置地点）1立方公尺土岩的耗水量，亦即單位耗水量（表5）。

水力冲采和运输土岩的單位耗水量 表 5

土 岩 級 別	土 岩 名 称	采 运 1 立 方 公 尺 土 岩 的 耗 水 量 (立方公尺)
I	預先疏松的、不結塊的土岩	5
II	細粒砂、粉粒砂、輕砂質壩塼、松散的黃土、分解的泥炭	6
III	中粒砂和杂粒砂、重砂質壩塼、輕壩塼、致密的黃土	7
IV	粗粒砂、重砂質壩塼、中重和重壩塼、瘦性（砂質）粘土	9
V	砂礫石类岩石（礫石含量低于25%），半油性粘土（微泥粒含量低于50%）	12
VI	砂礫石类土岩（礫石含量低于40%），半油性粘土（微泥粒含量由50%到60%）	14

注：采运1立方公尺土岩的耗水量是針對工作面高3—5公尺而定的，高度增至15公尺时，耗水量降低20%。

① “建筑定額与規程”，苏联建筑工程出版社，第四卷，M，1954。

根据从水下吸取土岩时的可采程度,同样可将土岩分为6级,并相应地确定采运土岩的单位耗水量(表6)。

水下吸取土岩的单位耗水量 表6

土岩级别	土岩名称	采运1立方公尺土岩的耗水量(立方公尺)
I	细粒、中粒和杂粒砂、粉粒砂、流泥	8
II	含砾石不到5%的粉粒砂 含砾石不到5%的杂粒砂 含砾石不到5%的粗粒砂 轻砂质壤土	10
III	含砾石和卵石不到10%的杂粒砂、重砂质壤土	12
IV	含砾石和卵石不到25%的砂砾石类土岩 含砾石和卵石不到10%的轻壤土	15
V	含砾石和卵石不到30%的砂砾石类土岩 含砾石和卵石不到10%的中重壤土	18
VI	含砾石和卵石不到40%的砂砾石类土岩 含40%微泥粒不到40%和含砾石和卵石不到10%的瘦性流动土岩 含10%以下砾石和卵石的重壤土	22

注:计算单位耗水量时,土岩体积应取天然体积,亦即取原岩体积。

第二章 水力开采法

土岩,视开采地区的自然条件(土岩的充水程度,原岩的地质结构,土岩的粒度组成,粘结性和地形条件),可用以下三种原则上不同的方法进行冲采:

1. 賦有天然水分或夾有個別含水層的非粘結性和微粘結的土岩用射水機直接沖采。

2. 賦有天然水分的粘結性土岩，先用水力或機械法加以疏松，然後用水力沖采。疏松的目的，是降低直接用水流沖采原岩時所需的壓頭。

3. 淹水露天礦內的土岩（亦即湧水量很多，能把台階淹沒到一定的高度）用挖泥船開采，挖泥船除開采外，還能造成在管道內排運泥漿所需的壓頭。

充水的粘結性土岩要用一種專用銑鏟預先疏松，然後用泥泵直接吸取。銑鏟要裝在泥泵的吸入口處。

開采過程中，自原岩湧出的潛水若與泥漿一起排出，或者是自由地沿台階底盤外流而不淹沒台階的話，則充水土岩有時可用射水機沖采。克里切夫水泥廠所屬的一個新的露天白堊礦準備使用這種沖采方法，據估計，該露天礦的地下湧水量為500立方公尺/小時。

上述任何一種開采方法均可用於同一露天礦，但方案各有不同。例如，上部非粘結性剝離土岩，可用射水機直接沖采，下部致密土岩需用機械法預先疏松，而淹水露天礦的非粘結性土岩可用泥泵直接吸取，無需疏松，但經久密土岩需用疏松設備疏松之。下面分別就若干建築材料露天礦現在和過去使用的水力開采法加以介紹。

用射水機剝離和自流運輸

在別爾郭洛得水泥廠露天白堊礦、斯塔依闊夫各制磚廠露天粘土礦以及基什涅夫地區各石灰石露天礦的剝離工程中，均採用此種方法。

別爾郭洛得水泥廠露天白堊礦，使用這種方法最為成功。該礦位於一個分水嶺和兩個谷坡上（圖2）。礦床的剝離岩石為第四紀沉積岩，分水嶺上是礫層互層（上層剝離物）和夾有白堊和砂岩碎屑的砂質粘土（下層剝離物）。在這兩個岩層之間，有一層

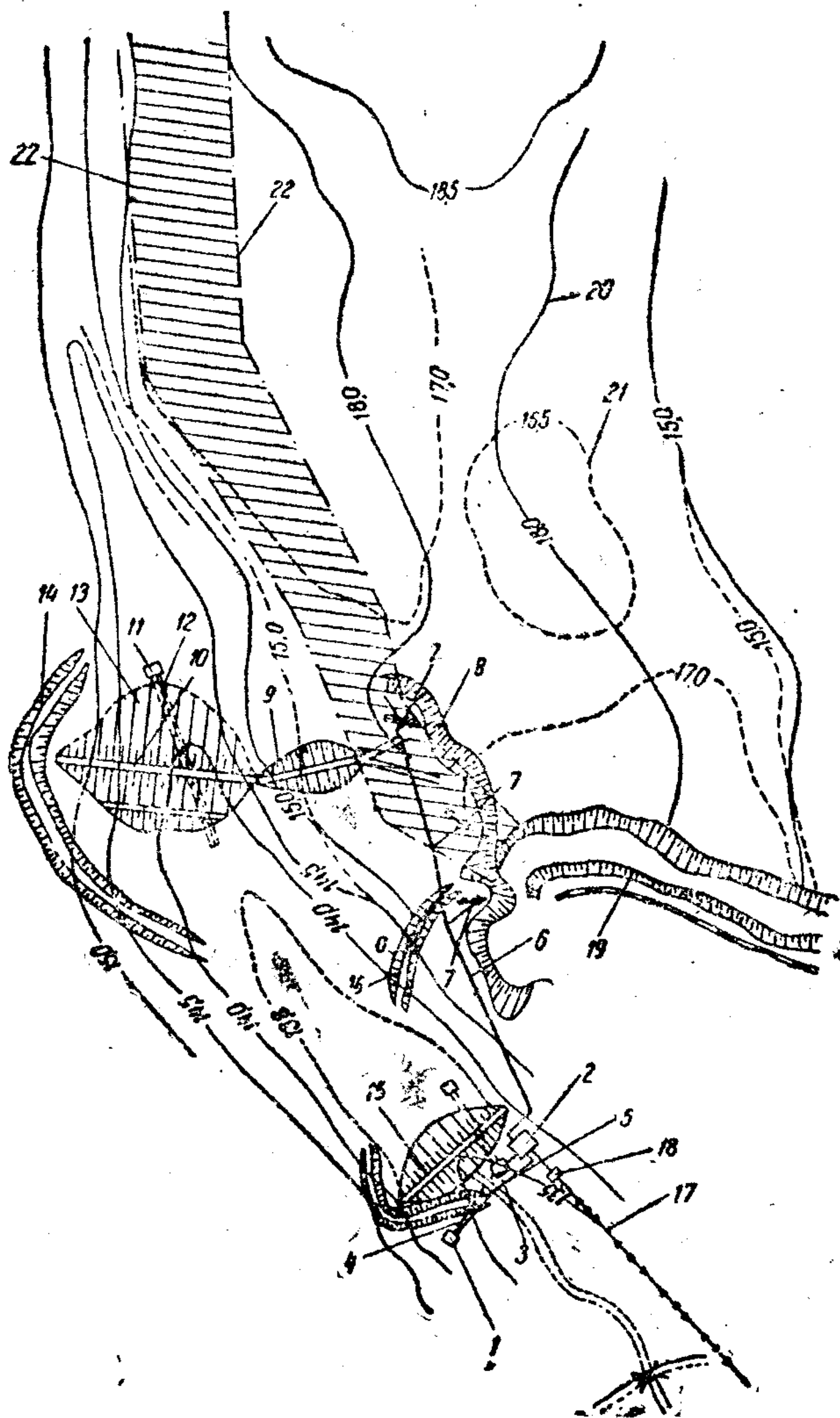


图 2 别尔郭洛得水泥厂所屬磷天白聖矿氣离时
水利設備和开采布置图

1—自流鑽井；2—水泵压气机房；3—吸水池；4—来自鑽井的水管；5—由压气机接出的压气管；6—干綫水管；7—射水机；8—剥离台阶；9—沟，用以輸送灌壘土壤的土岩；10—用以灌壘填身的槽；11—溢水井；12—洩水管；13—排土場的土堤；14—溢洪道；15—蓄水池的土堤；16—向蓄水池排送土岩的沟；17—供电綫路；18—电力变压器；19—白聖开采台阶；20—剥离物的表面等高綫；21—白聖頂板的等高綫；22—設計的出車沟的沟帮

細粒砂层。谷坡上，剝离岩石仅为一层夹杂著上述碎屑的壩埧。

剝离物的平均厚度为 9 公尺，最大（在分水岭上）为 15 公尺，最小（在谷坡上）为 4—5 公尺。

在谷坡上，白堊的頂板（剝离物的底板）坡度达 25%。由于这种情况，再加之采区附近有排土場，因而由工作面到排土場形成了特別有利的自流运输条件。矿床谷坡上的土岩全部冲采掉，使白堊露出，而在分水岭上，白堊頂板是水平的，所以仅能冲采到土岩不能自行流向排土場为止。剩下的少部分土岩石，則用挖掘机和汽車运至排土場。

如上所述，矿区的地質和地形条件是很有利的。但是，在矿区附近未发现可供射水机使用的地面水源，所以只好用自流鑽井中流出的加压潛水作为水源。

这种供水方法，在我国的水力机械化开采中，还是初次应用。冲采用水分两段送到水枪，即先用 200 B—10/B 型压气机以 8 个大气压将水自鑽井內压入吸水池，再用 8HДБ 型水泵自吸水池将水压至冲采地点。

水泵的抽水量根据压气机的压气能力可加調整，其抽水量为 240 立方公尺/小时，揚程为 37 公尺。射水机噴嘴处的压头平均为 50—55 公尺

剝离物按照下列步驟进行冲采。沿山谷左坡在剝离物底盘上鋪一条水管，其上接一台射水机，用該射水机由南到北开掘寬 30 公尺和長 100 公尺的开段沟。然后，在 30 公尺距离內，順着开段沟的方向，再設二台射水机，接于同一水管上。剝离土岩就用該二台射水机輪替冲采，自开段沟逐漸向分水岭推进。

一台射水机由一个小組操作，每日一班。使用射水机后，仅第一年的前 5 个月，就冲采了 35 万立方公尺的剝离土岩，一共才用了 27 名工人，若用挖掘机完成該項工程，則起碼要配备 100 名工人。

近三年內，該矿剝离了近 125 万立方公尺土岩。

用射水机剥离和联合运输（自流与泥泵运输）

阿姆伏洛西第一水泥厂的2号露天泥灰岩矿是使用这种剥离方法（图3）。

根据剥离土岩的地質結構，矿床共分为三个采区。

东部和中部采区，主要是第三紀砂和第四紀褐色壩埽，

砂层位于剥离台阶下部，壩埽层在剥离台阶上部。由表7的数据可以看出，剥离总量中，砂約占2/3。中部采区，剥离物为壩埽，其上部有砂岩和石灰岩夹层，而在泥灰岩和壩埽之間有一层“陶土”，厚約1.5—2.0公尺。西部采区的剥离物中，亦有这种陶土，呈扁豆状。“陶土”层一般是呈若干角度傾向开采台阶，因此雨水滲入，往往发生滑坡現象。但是，西部采区的地質特征却与中部和东部采区截然不同，該采区均为致密壩埽，剥离台阶高度仅为10—12公尺，而中部和东部采区的剥离台阶却高达30—35公尺。

阿姆伏洛西第一水泥厂所屬2号露天矿中部
和东部采区剥离土岩的粒度組成

表 7

岩石名称	各 級 含 量（重量），%			
	砂 粒 1—0.05公厘	粉 粒 0.05—0.005 公 厘	微 泥 粒	
			0.005—0.001 公 厘	小于0.001 公 厘
砂	83	12	2	3
粘土和壩埽	14	53	16.5	16.5
平均的粒度組成	64	23	6	7

实行水力机械化初期，仅中部和东部采区分两个台阶进行剥离。上部台阶的土岩用自流法运往排土場，下部台阶的土岩用泥泵排运。近年来，該两个台阶的大部土岩均用泥泵排运。

上述两个采区的剥离物中有夹石，給冲采造成很大困难。起初，用水柱冲采松散土岩时，石块沉于底部。过一定時間后，需