

UH30型液压反铲采挖水下沙石的初步实践

张宝声 周克礼 王国文

(水电部第七工程局)

大渡河铜街子水电站水下砂石料开采选用的UH30型液压反铲目前已投入两台(编号192、193),该机型在国内首次应用,尚缺乏使用经验。为了提高机械管理水平,改进操作技术,现将使用情况加以小结,对今后引进此项设备的单位会有所参考。

水下砂石料开采方式的选择是与料场的位置紧密相关的。目前选定的葫芦坝和官厅

坝料场位于坝址左岸下游13公里,为一河

心低漫滩。枯水期漫滩与河岸连成一片;

洪水期近岸低洼部分形成岔流过水。鉴于

砂石料大部埋藏于枯水位以下,富含漂砾

又远离岸边,只能利用枯水季节水下开采。

曾对生产率为120米³/小时的链斗式采砂

船、250米³/小时的铲扬式采砂船进行过比

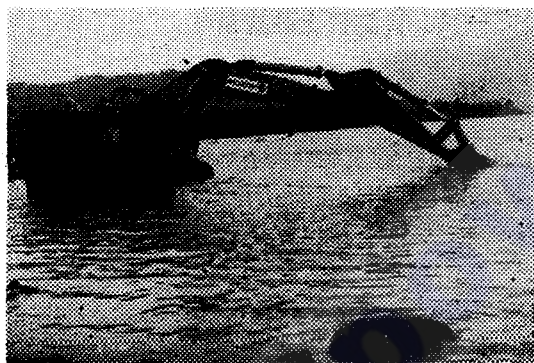
选,链斗式采砂船不能胜任;铲扬式采砂

船虽属可行,但自乐山上溯至料场,长70

公里的河道拖航困难,河道经整治后亦不

能满足拖运要求,还需在减载50%的条

件下,再增加助航设施才能拖运该船。现在选用的UH30型液压反铲可满足深层水下开挖的要求,正铲装置可用来进行表土的剥离和水上部分砂石料的开采,并可增加反铲的水下开采深度。



照片1 反铲在试挖中

一、机械主要性能和结构原理

UH30型反铲的主要规格和性能如表1。

该机械由日本国日立建机股份有限公司于1973年设计,1975年10月开始生产。每台车装备两台带涡轮增压器的柴油发动机,功率 2×200 马力。每台发动机驱动最大流量为225升/分的两个柱塞变量泵,和最大流量为90升/分的一个柱塞定量泵。每台变量泵配有一个R4220型调节器,以实行全功率调节。由排量为105毫升/转的四个斜轴式柱塞马达驱动左右履带行走;由排量为1510毫升/转的两个低转速、大扭矩径向柱塞马达驱动回转作业。该机采用中压系统,主安全阀调定压力为230公斤/厘米²。液压系统具有

表 1 主要规格及性能表

项 目	规 格 性 能
前部形式	反铲（带标准臂）
铲斗容量	3.0米 ³ （堆成山状）
全装备重量	74.9吨
发动机	五十铃E120，200马力两台
全 宽	4050毫米
旋转速度	4.2转/分
行驶速度	2.0公里/小时
爬坡能力	60%（31°）
最大挖掘半径	15030毫米
最大挖掘深度	9180毫米
最大挖掘高度	13400毫米
最大倾卸高度	8940毫米
对地面压力	1.09公斤/厘米 ²

(一) 安装准备

安装前先平整场地，并用两台汽车吊（起重重量分别为25吨、40吨）做起吊机械。配备起重工、安装工、内燃机工和运转工等13名。

(二) 安装程序

用网络计划技术编制具有时间坐标的反铲安装网络图(见图1)。

①→④→⑤→⑥→⑦→⑧→⑨→⑩→⑪→⑫→⑬→⑭→⑮→⑯→⑰→⑱→⑲→⑳→㉑→㉒→㉓→㉔→㉕→㉖→㉗→㉘→㉙→㉚→㉛→㉜→㉝→㉞→㉟→㊱→㊲→㊳→㊴→㊵→㊶→㊷→㊸→㊹→㊺→㊻→㊼→㊽→㊾→㊿

安装总消耗工日88.89个,其中关键工作耗工日为49个,占总工日的55.1%。

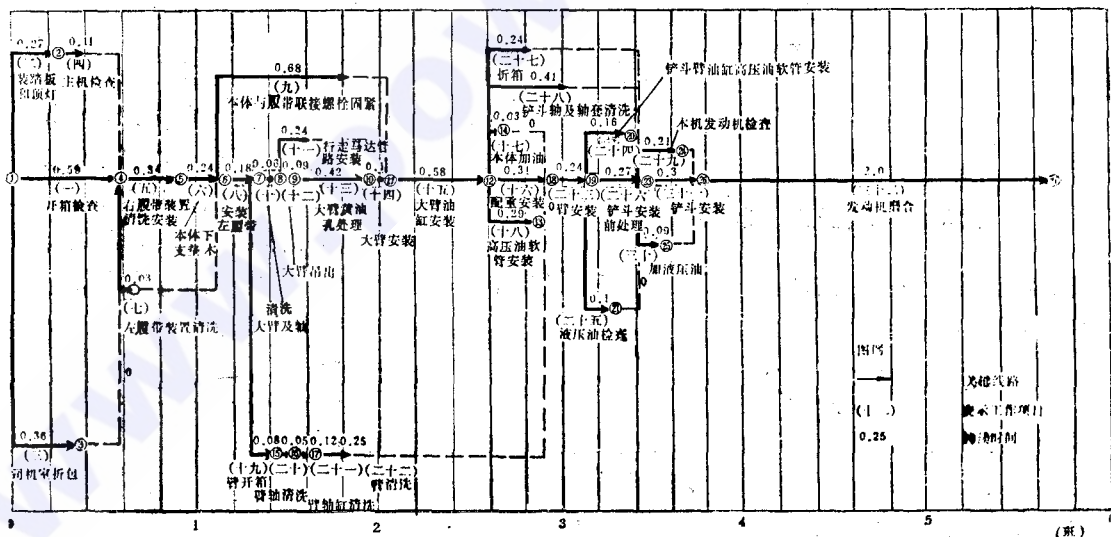


图 1 具有时间坐标的反铲安装网络图

三、主要机械性能指标的检验

这种机型系我国首次进口，该机在挖掘作业中的性能如何，需要了解和考查，这也是整车验收的内容之一。在安装现场，我们对UH30型反铲进行了包括爬坡能力、挖掘

力及牵引力等在内的一些主要机械性能方面的检验。

(一) 爬坡能力

在砂石料堆上,用推土机推成一长度在15米以上,坡度为 $24^{\circ}07'$ 的斜道,并做了碾压。进行反铲的上坡、下坡及中途刹车实验,证明性能良好。如在坚实的路面上,爬坡坡度还可以增大。该机能满足水电施工现场道路常见坡度的行车要求。

(二) 挖掘力、牵引力

根据资料介绍, UH30型反铲具有小臂油缸挖掘力22.7吨, 铲斗油缸挖掘力26.7吨, 行走牵引力42.6吨。在工地现有条件下, 我们采用图2布置的办法, 分别对这三个项目进行了检验。

采用一台W1001型挖掘机和一台D80A—12型推土机(停车状态刹车制动, 共约62吨)作地锚, 反铲检验部位及地锚之间配置4—4滑轮组。钢丝绳所通过的一个导向滑轮, 固定在另一台UH30正铲的铲斗上(停车状态); 另一个导向滑轮挂在25吨汽车起重吊钩上。跑绳头上拴以合适的试荷铸铁块。在未检验时, 铸铁块自然放在地面, 汽车吊作提升操作, 以使绳系绷紧。25吨汽车吊可以自动显示负荷数值, 以确定铸铁块的真实重量。

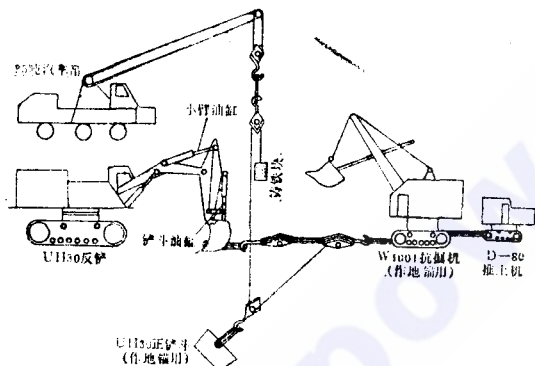


图2 UH30性能试验布置示意图

在检验小臂油缸挖掘力时(图3), 4—4滑轮组上穿6股绳, 连接UH30反铲与滑轮的钢丝绳拴在铲斗上, 预先使反铲小臂与大臂位置如图3所示。此时小臂油缸最大挖掘力 Q_1 由下式算得:

$$Q_1 = \frac{\text{小臂油缸作用力} \times A}{B}$$

检验时, 只操作小臂油缸的活塞杆, 使小臂与铲斗一起向内伸, 直至铸铁块离开地面。通过汽车起重机电子显示重量, 该读数为3.5吨, 相当于滑轮组中跑绳拉力为3.5吨。由于与铲斗相

连的动滑轮组随铲斗向UH30型反铲停车位置动作, 相当于滑轮组中重物下放的情况。根据滑轮组起重重量计算公式:

$$Q = \frac{(1 - \eta^n) \cdot S}{(1 - \eta)(\eta^{n+1})}$$

式中 Q 为滑轮组中起重物重量, 此处为小臂油缸最大挖掘力, 设为 Q_1 ; S 跑绳拉力, 此为铸铁块重量3.5吨; η 滑轮效率, 取 $\eta=0.98$; n 滑轮组倍率, 即绳数为6。

代入上式得: $Q=23.02$ 吨。

在检验铲斗油缸挖掘力时, 穿绳方法与上述检验相同。铲斗与小臂位置如图4所示。

此时铲斗油缸最大挖掘力 Q_2 由下式算得:

$$Q_2 = \frac{\text{铲斗油缸作用力}}{D} \times \frac{A \cdot C}{B}$$

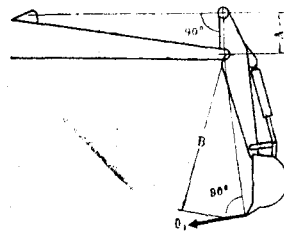


图3 检验小臂油缸挖掘力时小臂位置

检验时,小臂油缸不动,只操作铲斗油缸的活塞杆伸出,使铲斗向内转,直至铸铁块离开地面,通过汽车起重机电子显示重量读数,铸铁块重量为3.85吨。仍由上述公式可算出铲斗油缸的最大挖掘力为25.32吨。

在检验牵引力时,4—4滑轮组上穿八股钢丝绳,连接反铲与滑轮组中动滑轮的钢丝绳拴在反铲行走履带架上,操纵行走机构向图2所示相反方向行走,至铸铁块离开地面为止。此时,汽车起重机电子显示铸铁块重量为4.5吨,仍按上式算得行走牵引力为40.27吨。

由于成型试荷铸铁块的限制,无法选择合适重量,所以没有按原机所标定的挖掘力和牵引力来检验。但从结果来看,这三个力都接近原机标定数。上述检验办法所需设备简易,结果可信。

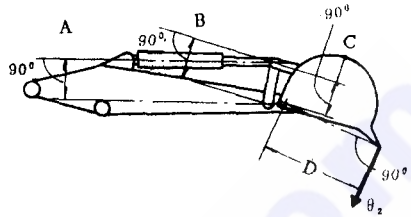


图4 检验铲斗油缸挖掘力时铲斗与小臂位置

四、操作技术和维护保养要点

新机安装后需进行50小时负荷为80%的磨合运转,50小时后可满负荷工作。

(一) 操作技术要点

1. 按规定的次序起动发动机。发动机起动后,为把液压油加温至20度以上,需进行暖机运转,同时观察气压表、水温表、充电灯、机油、液压油滤芯报警灯等各种仪表和报警装置是否正常,发动机是否有异常声音。在挖掘作业前,需检查各种操纵杆是否在中位,停车制动器必须拉作“关”的位置,全车各部才有可能动作。

2. 行走时要往前进方向行走。转向时尽量以大的转弯半径,并增加转向次数来改变车的方向。上坡时,臂要朝前;下坡时,臂朝后,并使铲斗与地面保持20至30厘米距离,一旦发生溜滑可立即降下铲斗触地。可在深度为1.4米以内的水中行驶,但必须注意河床或道路的状态和水势,制定出万一被水淹后的应急措施。

3. 反铲挖掘作业时应主要用臂进行。为提高工效,在挖掘、回转、卸料等循环作业中,均可操纵两个以上的复合动作。铲斗齿尖方向对着挖掘方向,入土不宜过深。要绝对避免铲斗陷入地下再行走进行挖掘或使用车体后抬前倾的力量进行挖掘,也不能用旋转力横扫地面障碍物。大臂下降在途中急剧停止时,会对机身带来很大的冲击,要避免这种操作。

4. 停机时,应按正确的操作顺序熄灭发动机,将停车制动器拉作“开”的位置,各种操纵杆放在中位。在山坡上停车,除在履带后部加阻塞物外,还要施加旋转锁定以防溜车。

(二) 维护保养要点

重点是坚持每班的检查保养。

1. 在起动发动机前主要检查内容:①曲轴箱机油、各减速箱齿轮油、液压油、柴油和冷却水的数量及污秽程度;②行走及工作装置是否有异常现象;③各部螺栓螺母是

否有松动或丢失；④各指定润滑点是否加注润滑油脂。

2. 发动机发动后主要检查：①各种仪表和报警灯的动作状态；②发动机是否有异常声音；③各液压元件及管路是否正常或漏油；④工作装置的各种动作是否正常等等。

(三) 年检结果

经过一年多的运转（共820小时），八三年六月，在日方服务人员的协助下进行了全面的年度检查。结果表明，发动机转速、系统压力、元件的泄漏量、执行机构各油缸、液压马达的动作速度等项技术指标未发现大的变化，均属正常。

五、反铲挖装效率分析

(一) 挖掘深度与挖掘时间的关系

反铲在各种土质和各种挖掘深度下，它的挖掘动作所消耗的时间是不一样的，其实测值如图5所示。

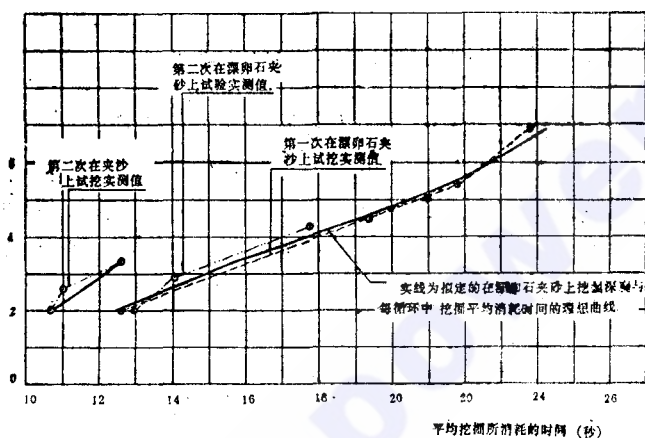


图5 挖掘深度与挖掘时间的关系

时间增多。挖掘深度在4米以内，曲线坡度较缓，4米以上坡度较陡，说明挖掘深度超过4米以后每挖一斗的挖掘时间相对增加较多。

将图5中各点进行整理，得出一条在漂卵石夹砂地层上挖掘深度与挖掘动作所耗时间的理想曲线，并推定该曲线方程为：

$$H = 0.0088 T_1^2 + 0.0856 T_1 - 0.373$$

式中 H 为挖掘深度； T_1 为与挖掘深度相对应的挖掘所消耗的时间。该方程的约束条件是 $H < 6.9$ 米， $T_1 > 12$ 秒，可用图6表示。

从图6中可以看出，随着挖掘深度的加深，所消耗的时间增多。

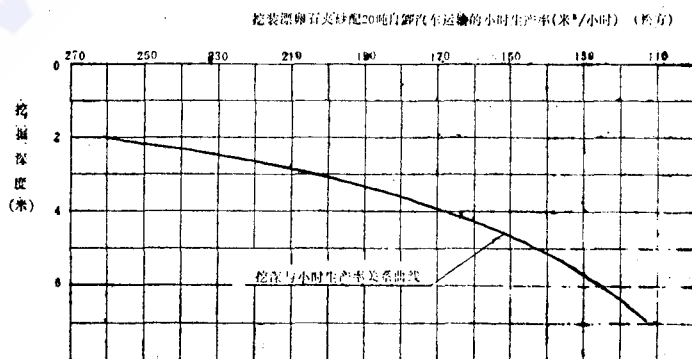


图6 理想曲线图

(二) 挖掘深度对铲斗充盈系数的影响

铲斗平斗容积为2.6米³，实测两者相关数值如图7。

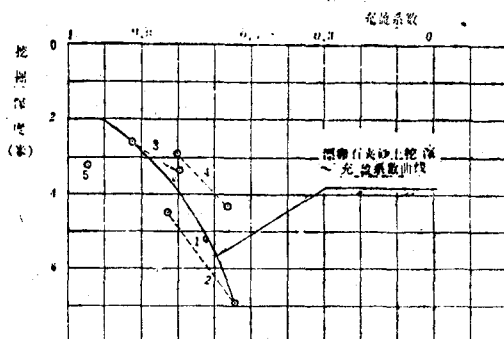


图7 挖掘深度与铲斗充盈系数的关系

挖掘深度与铲斗充盈系数关系曲线方程

$$K_H = 0.00813H^2 - 0.134H + 1.01$$

式中 K_H 为挖掘深度相对应的铲斗充盈系数； H 为挖掘深度。从曲线可看出，随着挖掘深度的增加，铲斗充盈系数逐渐减少。当挖深5米时，充盈系数为0.545。

(三) 挖装的小时生产率

按计算公式： $Q = \frac{3600}{T} \cdot K_H \cdot q$ ，可算出

反铲配20吨自卸汽车挖装漂卵石夹砂时各种挖深条件下的小时生产率，并绘制曲线如图8，其曲线方程为： $Q = 4.7H^2 - 70H + 375$ 。该曲线方程是由下列条件推定的： q 为铲斗平斗时的容量（2.6米³）； K_H 为各种挖掘深度所相应的铲斗充盈系数； T 为每一循环的延续时间，它由挖掘时间 T_1 与重转时间9.63秒、空转时间6.5秒、卸料时间4.56秒组成（迴转角度为60°至130°）。式中 Q 为小时生产率（松方）； H 为挖掘深度（6.9米以内）。

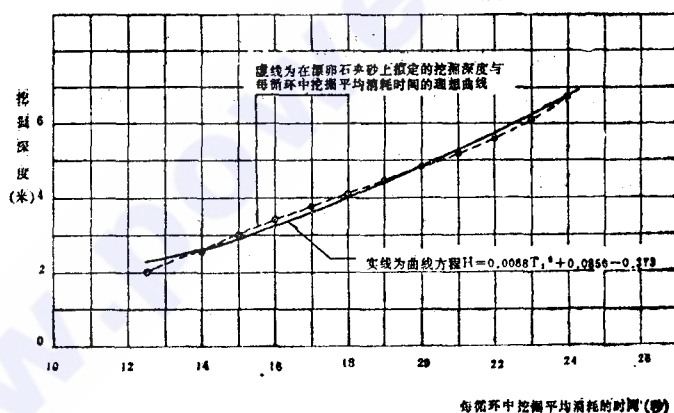


图8 各种挖深时的小时生产率

从曲线上可以查出，当挖深5.2米时 Q 为139米³/小时。实测反铲配12吨（应为20吨）自卸汽车的小时生产率已达103米³/小时（松方）。

六、机械配置与挖装方式

(一) 实际挖掘深度的确定

本次使用是带大臂9.1米、小臂5.07米的标准臂机型，表1列出了主要性能，其中最大挖掘半径与最大挖掘深度，均未考虑被挖地层的自然休止角大小及履带前缘距坑坡顶的安全距离。从图9中可看出确定实际挖掘深度 B_1 与安全距离 M 和地层自然休止角 θ 有关。

料场的地层大部为漂卵石夹砂, 少部为砂夹卵石。地勘资料与我局实测数值相近, θ 均为 40° 左右, 其中砂含量较多的部位为 34° 。当 M 为 $1.5 \sim 2.0$ 米、 θ 为 40° 时, 挖掘深度 B_1 从作业范围线上查得为 6 米; 如 M 为 2 米、 θ 为 34° 时, 则 B_1 为 5 米。为机械运用安全考虑, 履带板着地高程比水面高出 0.5 米, 则水下开挖深度仅为 4.5 米左右。我们认为: 以此做为实际挖掘深度来组织挖掘作业是合适的。

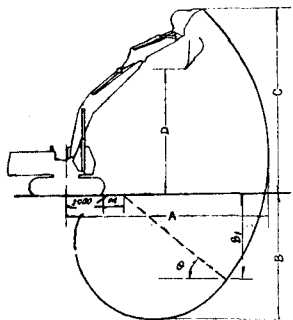


图9 反铲作业范围线

(二) 影响循环时间的因素

提高综合生产能力, 必须压缩循环时间。它包括挖掘、重转、卸料、空转四个操作的时间。

1. 挖掘时间与挖掘深度有关, 当挖深一定时, 此数为一定值。如挖深 5 米, 时间为 20 秒。

2. 重转、空转的时间与回转角度大小有关。实测回转 60° 至 90° 时, 重转为 5.7 秒, 空转 5.13 秒。回转角度 100° 至 130° 时, 重转 7.2 秒, 空转 7.32 秒。

3. 卸料时间与汽车车身位置有关 (指装车而言)。当车身方向与反铲回转径向重合时 (称径向装车), 卸料不必对位, 时间短; 当车身方向与反铲回转径向垂直时 (称切向装车), 车箱宽度小于铲斗旋转卸料所需的长度, 卸料必须边卸边对准车箱, 为避免洒料, 卸料时间长。实测平均卸料时间, 径向装车 4.56 秒, 切向 7.77 秒。

(三) 两种采掘方式的比较

反铲进行挖装作业时, 挖掘方向必须与机械纵轴方向重合; 挖掘范围为纵轴两侧各 $45^\circ \sim 60^\circ$; 履带的行走电动机应位于后部; 挖卸总的回转角度以不超过 150° 为宜。

铜街子砂石料场系冲积漫滩, 开采规划规定采掘自下游向上游顺序进行。

由于开挖砂石料的实践时间较短, 有关挖掘方式还有待摸索, 仅对以下两种方式进行了初步研究。

1. 顺向退挖法: 顺向即顺水流方向, 退挖即自下游向上游沿机械纵轴方向挖掘。机械每次后退移位 6 米, 逐次定位作业 (详见图 10)。每次按挖深 5 米, 挖掘总量为 400 米^3 。如欲堆存, 则旁侧料堆按其直径 14 米, 堆坡 $1:1.2$ 计算, 总堆存量仅为 250 米^3 (自然方)。扩大堆存面积将影响下个车

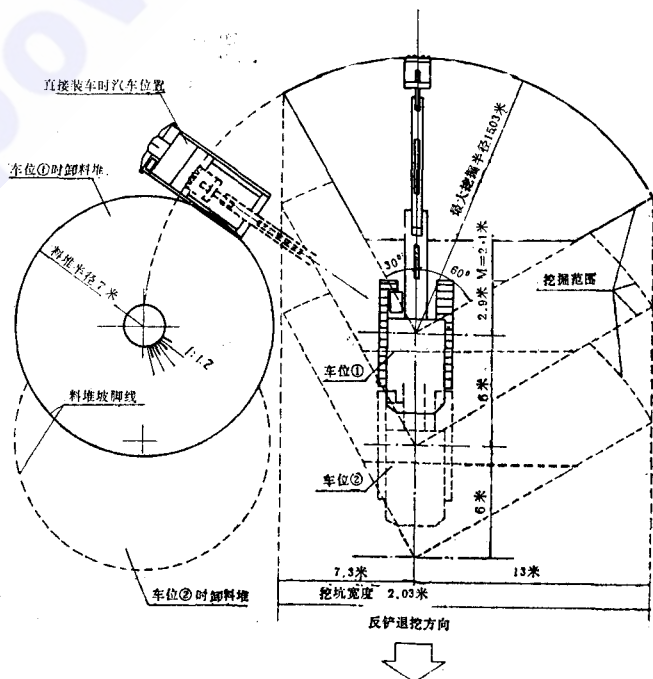


图10 顺向退挖法直接挖装与挖装分开方式示意图

位挖料的堆存。为此，顺向退挖法必须挖装一部分（至少 150 米^3 ），即采用直接装挖与挖装分开的两种装车方式。当在车位②挖掘时为机械运行安全考虑，车位①的卸料堆仍不能使用其它装载机械进行装车作业（因此时反铲铲斗需越过卸料堆）。车位②的卸料堆容积小于 250 米^3 。

2. 横向侧挖法：横向即垂直水流方向，机械做垂直纵轴方向的移位。机械每次横移16米，逐次定点作业。每次挖掘总量 400 米^3 （自然方），分两处堆存，采取挖装分开的装车方式。当在车位②挖掘时，车位①所堆料堆即可使用其它装载机械进行装车，安全、且不相互干扰（见图11）。

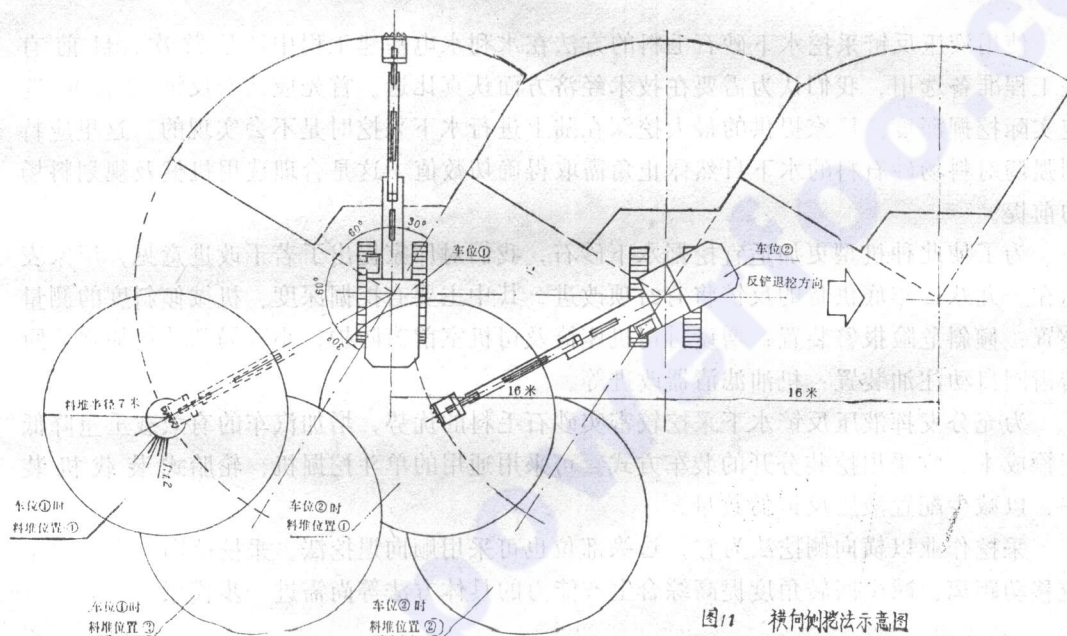
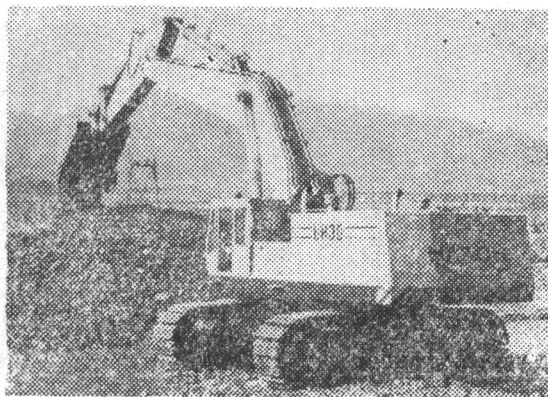


图11 横向侧挖法示意图

从上述看来，横向侧挖法是较好的，它创造了挖装分开的条件，充分发挥反铲水下挖掘优势，两种作业可以相继进行；它还有利于汽车的倒车就位，回车场较宽阔。照片2为反铲挖掘后向旁侧卸料的情形。

（四）两种装车方式的比较

1. 直接挖装：反铲进行水下挖掘，铲斗内的料物含水较多，如果直接装车其多余水量将使汽车超载；如果减载装车将增加运输成本。今年初曾连续进行了两次测算，结果表明当挖深3.6米时，平均每斗砂石毛料重4.79吨、水重1.77吨，水重占总重6.56吨的27%。载重20吨的自卸汽车可装 7 米^3 以上（自然方），其中含水2~3吨，比额定装运 8 米^3 约少12.5%。



照片2 反铲挖掘与卸料中

2. 挖装分开。为改善带水的弊病,可用反铲堆存,用其它机械装车。实测表明,直接挖装循环时间50秒,其台班生产率为640米³(自然方);挖装分开时,循环时间仅为35秒,台班生产率可达900³米(自然方)。

3. 我们以反铲直接装20吨自卸汽车运距12公里与挖装分开用W1001型挖掘机装车同样运距进行了经济比较。结果砂石毛料自然方的单价前者为6.56元,后者为5.86元,相差0.70元。

七、几点初步认识

使用液压反铲采挖水下砂石毛料的方法在水利水电基建工程中还是首次,目前有些工程准备选用,我们认为需要在技术经济方面认真比选。首先应结合反铲的性能选定实际挖掘深度。厂家提供的最大挖深在陆上进行水下采挖时是不会实现的。这里应特别强调对料场砂石料的水下自然休止角需取得确切数值,这是合理选用机械及规划料场的前提。

为了使此种机型更加适宜挖掘水下砂石,我们对厂家提出了若干改进意见,厂家表示在一九八三年底供货的反铲将有21项改进。其中主要有挖掘深度、机械倾斜度的测量装置;倾斜危险报警装置;增设付司机座椅及司机室前窗防护;小臂局部结构加强;回转齿圈自动注油装置;机油滤清器改进等。

为充分发挥液压反铲水下采挖较密实砂石毛料的优点,增加汽车的有效载重量降低运输成本,宜采用挖装分开的装车方式。可采用通用的单斗挖掘机、轮胎式装载机装车,以减少配置液压反铲的数量。

采挖作业以横向侧挖法为宜,边缘部位也可采用顺向退挖法。采挖范围、合理的车位移动距离、减少回转角度提高综合生产能力的具体方法等尚需进一步摸索。