

獅子灘水力发电站 施工技术总结

卷 四

堆土, 堆砌石工程及机械施工

電力工業出版社

PDG

前 言

獅子灘水电站在我国第一个五年計劃中是最先兴建的一批水电站中工程量最大的一个。其勘测工作开始于二十年前，是旧中国最早提出要开发的水电站之一。在獅子灘水电站的开发历史中，最能够看出新旧中国水电建设事业的对照。

龙溪河虽只是一条长不到 200 公里的小河，蕴蓄水力资源却有 10 万千瓦以上，离重庆仅有 80 公里。由于四川煤炭缺乏，龙溪河水力的开发是有很大大经济价值的。在龙溪河全河的梯级开发方案中，獅子灘水电站的水库担负着为下游各梯级电站调节流量的任务，是全河开发的关键。但是在国民党统治的 15 年中，对龙溪河的开发采取了时断时续，零敲碎打的方式，对獅子灘以下各个梯级电站进行了局部的开发，而对于作为龙溪河全河开发关键的獅子灘水电站，则由于工程规模大，始终未敢动手。1938 年至 1943 年间，建造了第四梯级下清潭电站，装机容量约 3000 瓩。1940 年时在第三级迴龙寨水电站进行了小部分的土木工程，旋即停工。1946 年开始在第二级上清潭水电站施工，到 1949 年解放时约完成了一半土木工程，解放后继续完成了余留下的土木工程和全部机电安装工程，在 1953 年发电。由于没有獅子灘水电站的调节，下游各级电站枯水季的发电量是很不可靠的。

1949 年冬，国民党匪军在撤退前夕，对龙溪河上唯一已发电的下清潭水电站，予以彻底炸毁。解放后立即进行了恢复，恢复工程在 1950 年完成。恢复后的容量为 3040 瓩。

解放后对獅子灘水电站进行了深入的研究，在开发规模方面，解放前考虑獅子灘水库的正常高水位为 340 公尺，水库容量 4.69 亿公方，装机容量 15 000 瓩。解放后在设计过程中最后确定的獅子灘水电站正常高水位为 347 公尺，库容 8.3 亿公方，为一多年调节水库，装

机容量 48 000 瓩。下游各级电站的容量亦因而有很大的变化。除狮子滩本身装机容量增加 33 000 瓩外，上清洞水电站原定 10 000 瓩，因地下厂房不好扩建，只能把第二台机组容量由原设计的 7000 瓩提高到 7500 瓩。迴龙寨的装机容量原定为 6000 瓩，按新设计改为 16 000 瓩。下清洞在原来的 3040 瓩以外，将另行扩充为 30 000 瓩。全河开发总容量由原来的 64 000 瓩，提高到 107 540 瓩。从这里可以明显地看出旧计划在流域规划方面的缺点，和新设计在充分利用水力资源方面的优越性。

狮子滩水电站具有高达 52 公尺，长达 1014 公尺的拦河大坝和长达 1400 公尺的隧洞，工程量是很大的，但是这样大的工程，只在短短 26 个月的时间内便完成发电了，这不能不认为是新中国水电建设的一个胜利。

随着狮子滩水电站的完成，上清洞水电站也已全部建成，迴龙寨和下清洞两水电站均在施工中，预计到 1958 年年底该二水电站亦将完成，龙潭河全河的梯级开发，即可全部实现。

在狮子滩工程中，我国第一次采用了堆石坝的坝型。这一坝型的选用曾经过了慎重的多方面的考虑，最后由于狮子滩坝址的地质较复杂，缺乏适宜于筑土坝的土壤，也缺乏适合于筑混凝土坝的粗细骨料，交通运输不便，天气多阴雨，而现场有充分的合格的石料，且有方便的溢流和引水的地形，终于决定选用了堆石坝，这一坝型的选定是完全合理的，正确的。

狮子滩堆石坝的断面，采用了与一般堆石坝较为不同的结构。上游面采用了较大体积的块石混凝土墙，混凝土墙和堆石坝体之间又设有一个楔形体。这一断面的采用是考虑了一定的具体情况的；但是在施工过程中感觉到这一断面比较复杂，施工上有相当的不便，尚待今后设计中研究改进。

狮子滩工程由于工程量较大，施工期限较短，在施工中采用了较高的机械化程度。30 余万方的混凝土，57 万余方的堆石，极大部分是采用机械化施工的。然而我们缺少这样大量机械化施工的经验，工作中还有不少缺点和困难。但是通过本工程，对机械化施工积累了初

步的經驗，这些經驗是宝贵的，对今后水电建設工作有很大帮助的。

獅子灘工程的另一个特点是工程的多样性。大坝主体除大量的堆石工程外，还有大量的混凝土工程，而大坝以外的几个小坝则有土坝、条石坝等不同型式，除攔河坝以外，还有引水隧洞，調压井，厂房和单独的溢洪道。几乎水电工程中的各项重要水工結構物，在獅子灘工程中都包括了。这当然增加了工程的复杂性，但是也积累了一定的施工經驗和培养了一些施工人才。

獅子灘混凝土壩工程中采用了填加大塊石的新技术措施，节约了水泥約 10 000 吨，最大塊石填加率达到 26%。这一措施現在已成为一个成熟的先进經驗，在国内各水电、水利工地推行。獅子灘的石料开采采用了大爆炸的方法，一次炸出石料 3000~5000 方，在数量上保证了石料的供应。又在隧洞襯砌工作中，采用了鋼模台車来代替木模，节省了大量木料。这些以及其他許多工程上的特殊措施，都是很值得重視的。

由于獅子灘工程局工作同志們的努力，得以及时編出了獅子灘水电站的施工总结，对这一巨大工程的施工活动进行了詳細的記述，总结的内容是丰富的。为了使这一工程的經驗得到更加广泛的傳播，水电建設总局决定將这一总结分开刊行，以满足一切关心獅子灘工程、关心我国水电建設的同志們的要求和期望。

应当指出本总结也存在着一定的缺点，譬如篇幅冗長，叙述过程罗列事实較多，而分析利弊，綜合研究較少，編写人对此已进行了数次的修改和补充，但結果仍未能完全滿意。

本总结包括獅子灘工程的施工部分，此外还有獅子灘水电站的設計总结、獅子灘水电安裝总结，均在編写之中，將陸續刊行。

水力发电建設总局

1957年8月

目 录

第一章 堆土工程	5
第一节 取土場	5
第二节 土石填堆土	21
第三节 土壤試驗	38
第二章 堆砌石工程	48
第一节 施工准备	49
第二节 堆石	54
第三节 砌石	68
第四节 堆砌石的質量控制	84
第五节 安全措施	86
第六节 岩石試驗	87
第三章 楔形体工程	102
第一节 施工准备	103
第二节 施工佈置	114
第三节 人工滑动面的施工	115
第四节 下游面鋼絲網的噴漿	123
第五节 楔形体填料	134
第四章 施工机械的分佈与使用情况	135
第一节 分佈情况	135
第二节 使用情况	138
第三节 大型起重机的安裝与拆除	145
第四节 蓄电池機車的使用情况	159
第五节 机械的管理与使用	164
第六节 几点体会	170
第五章 閘門安裝	175
第一节 安裝內容	175
第二节 准备工作	177
第三节 安裝部分	180
第四节 質量情况	195
第五节 經驗教訓	198

第一章 堆土工程

第一节 取土場

一、土場的選擇

土石混合壩需土量 12 萬方左右，由於獅子灘水電站的工期短、任務重，加以四川地區雨多含水量難於控制等，慎重選擇土場就顯得特別重要了。獅子灘采土場初由勘测部門提出六個土場，從經濟合理方面加以詳細比較，選定了距土石壩上游 1200 公尺的螺岡壩取土場，土料儲量 20 余萬方，地面高程在 310 以下，經過實踐證明是恰當的。

土場選擇的原則

(1) 一般以不征收農田為宜，即在庫內取土。如在庫外，則需多征農田，損壞生稼，是不經濟的(蘇聯專家的建議)；

(2) 運輸條件的好壞，距壩址較近為宜；

(3) 地下水的流動及其水位是否會影響取土場的排水；

(4) 土壤自然含水量及其分布情況；

(5) 地形地勢情況，是否影響地面逕流的排泄；

(6) 儲藏數量，質量和分布情況(以均勻為宜)；

(7) 復蓋層存在情況；

(8) 地位高程是否在洪水影響範圍內(爭取時間，採取措施的問題)；

(9) 自然條件及其對土場的影響。

二、土場土料的檢查和試驗

1. 質量標準

(1) 按規範規定作好現場準備工作

1) 划定取土場範圍的邊界綫，並在場內移出樹木和灌木，拆除建築物及塊石等，剷除雜草及植物生長的土層；

2) 在土壤濕潤的取土場上，設置排山洪的截水溝及排水溝；

3) 繪制采土場範圍鑽孔試坑平面圖，地質剖面圖及柱狀圖；

4)搜集土壤的水文地質及工程地質資料。

(2)質量要求及現場規定

1)填作填土料不應有大於1%的有機物、2%的氧化物和5%的石屑，團粒土壤常不能為挖土機或碾壓機械所改變，為保證填土的整體性故不允許採用，土壤內含粘土量不應小於10%。1956年洪水淹沒土場以後，庫外土場有機物含量達3.48%，經過技術鑑定是可用的；

2)在填筑填身時，不允許純砂土上填；

3)如土料含水量大於最優含水量時，應將土取出風干至接近最優含水量，容許誤差為 $\pm 3\%$ 。所取之土，用席蓬或稻草遮蓋，使不致雨淋潮濕或日晒過干；

4)土料含水量原設計為 $19\% \pm 2\%$ ，1956年2月蘇聯專家來工地，鑑於設計要求脫離實際，施工進度影響很大，建議改為24%；

5)土料應清潔無砂、石、雜土存在，凡是不合格的土料不許堆土牛或裝車；

6)土塊粒徑為5公分，經過專家建議提高含水量後，土料不經翻晒，允許過大土塊上填時碎細；

7)工作面應盡量平整，避免凸凹不平，並使成一定斜坡，以利雨天排水，排水溝边坡不小於1:0.4—1:0.5。

2.土料的分析

(1)表土(稀泥)：一般為暗灰色，在砂質粘土，粘土中分布有植物根及腐質臭味(厚約0.4—1.1公尺)，因含大量有機質腐解，不能用作土填筑，應將其挖掉。

(2)粘質砂土：中等粒砂，一般為黃灰白色，手觸時感覺其中有很多的砂粒，濕潤時能搓成圓球，滲水性强，遇水易散，干後易成粉末，並含有粉砂及淤泥較多，故不能採用(厚約0.7—1.1公尺)。

(3)砂質粘土：顏色變化較大，大部分為灰黃色，濕潤時可塑性及粘性弱，能搓成粗而短的條，用手觸及在放大鏡下觀察，其中有砂粒，一般滲水性都較弱，但當時開挖是在水田內進行坑探，受田中水的滲透影響，天然濕度較大，易於壓實(厚約0.8—4.8公尺)。

根据勘测结果,砂质粘土埋藏较厚,尤以靠河西*12探井,该区不论在埋藏量和质量分布上均为最好,是开采的主要地区。

(4)粘土:绿灰黄色夹灰色,塑性较大,手触时不感觉有砂粒,能搓成细而长的条,组织很紧密,湿度较大,干时易硬(厚约1.7—2.3公尺)。

(5)经过多次土壤的物理性质试验,得出下列数据(表1-1)。

表 1-1

土 壤 名 称	tg ϕ 内摩擦 系数	C 粘着力	A 比重	W _p % 天然 含水量	Y _p 天然 容重	Y _{on} 最佳 容重	δ_p 天然 干土重	δ_{on} 最佳 干土重	F 液性	A 塑性	ϕ
重砂质粘土	0.18	0.42	2.67	29	1.90	1.78	1.48	1.55	30	21	17
轻砂质粘土	0.28	0.07	2.63	21.6	1.97	1.84	1.55	1.64	28.3	16.7	11
重砂质壤土	0.28	0.07	2.63	21.0	1.99	1.85	1.66	1.66	23.9	16.5	7

(6)螺甸坝土场土质含水量、土层厚度平面分布如图1-1。

3. 土料天然含水量的情况

从以上资料可看出土壤含水量的降低是受着复杂的自然因素,其中主要的是气温、风速、相对湿度;其次是松土方法、翻晒方法及其次数、铺土厚度、土块大小、土质成份等等,而且还与土质本身的物理性有关(如粘土含量、密实程度、渗透系数等)。因此仅从以上不完全的资料中很难得出可靠的规律。但可得出大致的结论如下,以供参考:

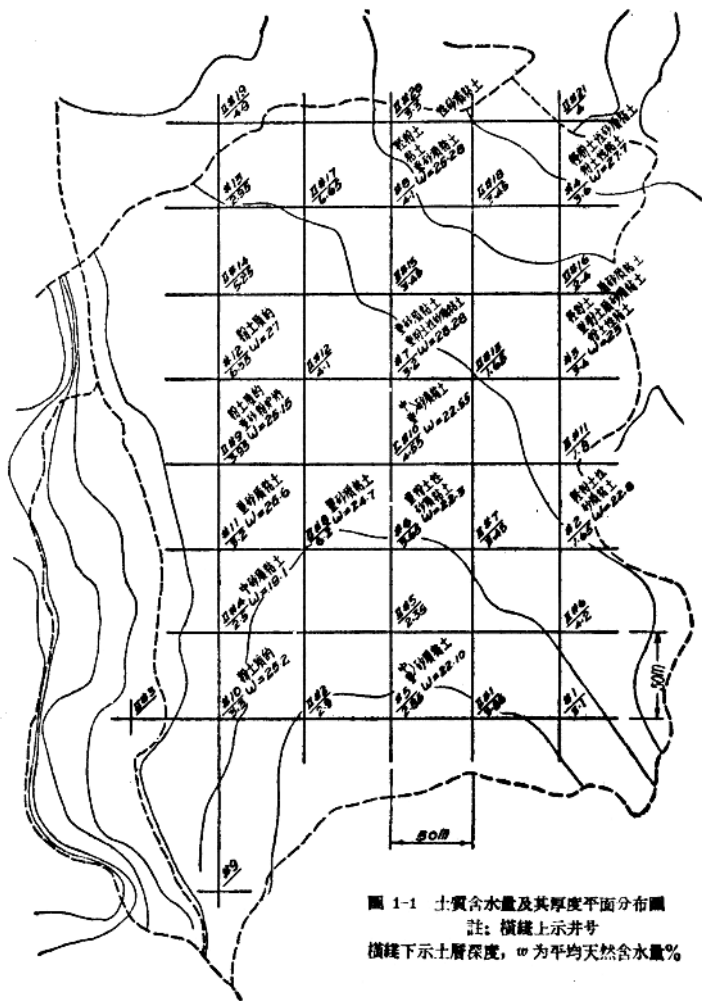
(1)含水量的变化随日照时间、温度高低、风速大小而改变(图1-2);

(2)含水量受湿度、霜露等的影响而升高。在图1-3上可看出有波浪形的变化;

(3)粘土含量大,含水量降低慢;接近最优含水量时降低含水量较慢;

(4)土块愈小含水量降低愈快,同时也较均匀。

由于土壤自然含水量的影响,使取土各料工作形成复杂而细致,也造成不能大量利用机械施工,尤其是在冬季、气温低、日照强度



小、早晨常有霜霧，这就給含水量降低造成更多的困难(甚至有增加的現象)使土場的进度受影响，大大增加了工程費用，而且完不成国家計划。土場有段时期劳动力增加到 800 人左右，而每日出料仅数十方，几乎等于 1 方/15 工，在雨天劳动力又無法安排，形成大量窩工。因而如何保証土壤自然含水量的迅速降低和保持其穩定状态，并合理的組織劳动力及机械化施工，更进一步的研究是有必要的。

在各种不同气温下，土料含水量与时间的关系曲綫如圖 1-2、1-3 所示。

圖 1-2 由温度在 16.5°C — 19°C 时，其中曲綫突然上升，其原因是受降雨的影响。

圖 1-3 由气温在 4.33°C — 2.43°C 时曲綫成波浪形是由于霧露时含水量的影响。

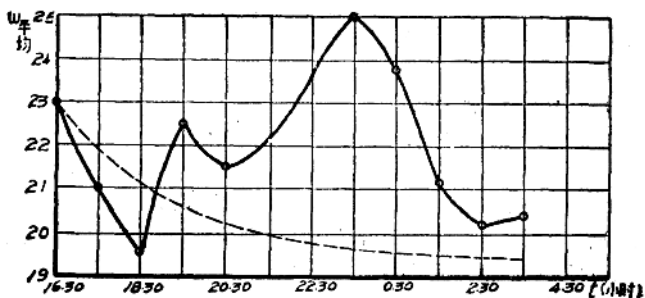


圖 1-2

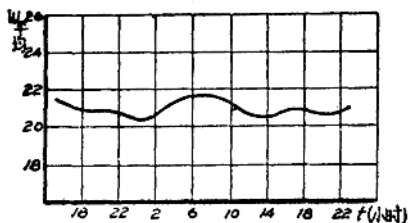


圖 1-3

4. 含水量的試驗和控制

(1) 酒精燒干法：取土 5 克用酒精燒三次，第一次用量 5 c. c.，二次及三次用量各為 3 c. c.，這種方法試驗結果可能偏大或偏小（當含有机物較多時，往往偏大，因可能部分有机物被燒失）不夠精確，但方法簡單得出成果較快，適合現場控制，需應用其他方法校核。

$$\text{採用的計算公式為 } W_e = \frac{G-g}{g} = \frac{w}{g}$$

式中 G ——濕土重； g ——干土重； w ——水量； W_e ——含水量。

(2) 烘箱法：這種方法結果較精確，需時較長（一般需 1 小時以上）不適宜於現場控制，使用公式同上。

(3) 憑個人經驗觀察或搓條，作大約的估計。

土場試驗人員職責是控制土料含水量，決定翻晒時期，土料堆運或繼續翻晒的時間，機械取土範圍及深度，並給現場施工人員提供含水量變化資料，以便施工的順利進行。

三、取土

1. 取土前的准备工作

欲取符合質量的土料，土場最關鍵的問題便是“排水”，因而在布置采土場時，對排除降雨後的地面逕流和地下水，如何降低土料的天然含水量，是保證順利施工起着決定性的作用。其次，由於工作量很大，適當布置交通路綫，工作面的劃分、機械的使用等，在施工者來說是值得重視和細致研究的。

(1) 排水系統

1) 主溝 主要是排除土場全部雨水和攔截場外逕流，降低取土場的地下水位，深度應大於取土深度，以布置於土場四周及主要地位為宜，開挖量大不宜布置過多（挖出的土可堆積利用）。我們根據土場面積及取土深度，一般採用 3.5—4 公尺，在一般粉土性砂質粘土，部分砂質壤土，砂質粘土的情況下，边坡採用 1:0.4—1:0.5，純砂質壤土則應大一些，溝的寬度根據 $B=2mh+b$ 計算，洩水能力根據水流情況進行計算，工地開挖溝的底寬大於 0.5 公尺，預寬一般在 4 公尺左右，據後來的觀察都偏安全，為便於出碴採用由自下到上的梯級開

挖法，同时也可免除开挖面积水。

2)支溝 土場面积很大，要迅速排走积水和降低土区内地下水位，需設置較主溝为小的支溝，間距一般为 60 公尺，以不妨碍机械进行及便于排洩积水为原则。

为了施工的方便曾采用了分層开挖，随取土面的降低而逐渐挖深，一般开挖深度为 1—1.5 公尺。

3)小溝(临时溝) 这是雨天时临时所挖的，排洩現場积水和防止临时土堆的浸湿，一般是挖在低地及土堆四周，溝的深度約 0.5 公尺，多少視現場情况而定。

4)集水坑和抽水机站 由于土場地势較低，开挖取土后形成低塘，必須利用抽水机將水排出，故又設置抽水机站和集水坑，一般都是設于地势最低处，以便于主、支溝水流的集中。

集水坑的底高应低于主溝 1 公尺以上，坑底面积不小于 1 平方公尺，工作时应考虑泥漿沉淀。抽水站要很好考虑抽水的有效高度，一般距水面不大于 6 公尺为宜。

5)涵洞 由于开挖水溝排水，造成机械运行的阻碍，因而在主要机械行駛地方設置桥涵，以便机械順利运行和排水溝的水流無阻。涵洞底高及寬度均与主溝相同。

(2)取土区域的划分

取土范围是根据地質資料确定的，包括土場試坑平面布置圖、地質剖面圖及柱狀圖。再按圖紙計算取土量，划出取土边界綫(由地質人員确定)，后測量人員按圖打設标樁，以免超挖或不足。为便于土場区域的管理和施工中的流水作業，則划分为土牛区、公路区、甲、乙、丙、丁四个取土区，同时划定电鍍工作場，其他还应考虑廢土的运走及堆积，要求运距短堆存数量大，我們是采取場外四周堆积，但应严格控制乱卸，以免影响取土。

(3)運輸綫路

1)場內公路 場內公路为双車道，并在进口及料台处設回車場，以便倒車和減少回車的非生产時間，提高運輸效率。施工时，主要为人工开挖，部分是挖土机开挖，并运送至条形山脊区保护。要求將路基

松軟之塘埧層挖除，挖至堅實土層，深度一般為原地面下3—3.5公尺，因考慮取土後工作面降低。路基挖好後，進行片石及碎石的鋪砌，片石應整齊，鋪砌厚約20—30公分，再鋪碎石一層厚約5—10公分。當時由於滾壓機械不夠，時間緊迫，均未進行壓實即開始行車，加上雨天排水不良，而造成破損現象（呈現彈簧狀態和凸凹不平的波浪形狀），使行車困難。由於公路質量如此不好，在各班都有固定工人作養護工作，一方面修補路面，一方面作清理裝車時所棄散土，減少雨天稀泥存在情況。

土場公路所負擔的運輸任務是很大的，必須要有優良的運輸道路，同時亦應經常加強養護（儲備一定數量的片石，碎石以備養護用），才能保證運輸任務的勝利完成。

2)輕便鐵道 主要為場內轉運土料用，不宜太多，以免影響取土，由於取土工作面的降低，因而使斗車上料愈變困難。在考慮道岔及平面布置時，要注意行車的循環，應加強道路的檢查和整修，避免傾車等事故。

3)機械運輸便道 為便於機械過溝設置橋涵通行，挖土機移動常遇塘埧層而沉陷，故需要用枕木，大塊片石墊道。

4)場外公路（由土場運土料上壩的公路）曾考慮過兩個方案，第一是由土場直接接350公尺高程的壩頂公路，由兩條支綫上壩卸土，全長2500公尺左右，可利用壩頂公路1500公尺左右，新修1000公尺左右；第二是由庫內修公路直接上壩，全長1150公尺左右。支綫接壩頂公路長約300公尺左右，總共新修公路1500公尺左右，比第一方案多修約500公尺，但縮短了運輸綫1000公尺左右，根據運輸費用公路造價相比較，第二方案較經濟，且運輸便利，故最後決定採用庫內公路。

(4)照明設備

在電源問題上，曾考慮過單獨設置柴油機供電；或統一用系統電源，經運輸公路拉綫至土場。經過比較認為後者比較可靠。考慮到今後取土機械操作和運輸問題，土場不宜裝過多的燈柱和電綫，施工時我們大部分採用了1000瓦的探照燈，在主要道路附近搭用臨時燈綫。

探照灯(透光器)不宜单独使用,也应避免以一个方向正面或从下照上及平行照射,使用时应交叉斜照,由高照低较好。

2. 土場施工

土場于1955年11月开工,至1956年7月蓄水淹没,经历9个月时间,最初由于土壤含水量过多,使用人工开挖,劳动力最多达到800人,时至1956年2月含水量问题解决后,才大量使用了机械化方法取土,工作效率由原来平均每天100方左右,一跃高达1700方左右,该土场共取土10万方左右。下面逐步介绍一下我们取土的情况。

(1) 复盖层的清理

一般均为人工开挖,首先挖至接合层,到开始正式取土时,再作一次表层清理(约5公分)见图1-4。

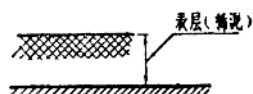


圖 1-4 土料的運輸

圖例

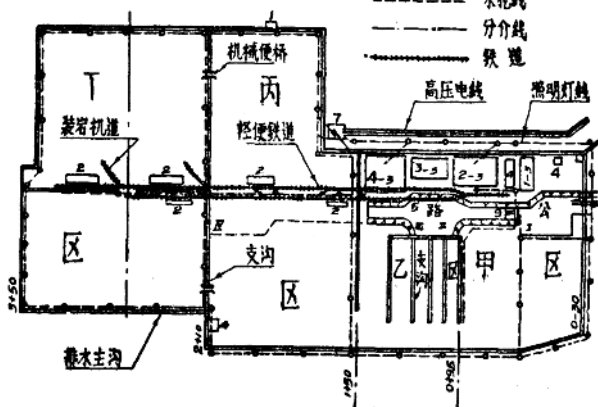
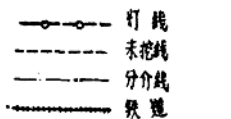


圖 1-5 取土場平面佈置

1—抽水机站; 2—上料台; 3—1-3, 2-3, 3-3, 4-3 土牛棚; 4—油庫; 5—汽車上料台; 6—I II III 电機工作場; 7—变电站; 8—人工上料台。

开挖是按总体规划分区分块进行的(圖1-5), 我們首先从土牛区

开始，顺序是土牛区→公路区→甲区→乙区→丙区→丁区，主要是考虑当土牛区、公路区挖完表土后，可以使公路开挖工作与甲区表土开挖同时平行进行，而公路区开挖的土料又可以运至土牛区堆土牛，这样加速公路及取土的提早进行，以后再随取土的进展顺次开辟各区。晴天劳动力以取土为主，雨天以挖表土为主，这样解决了雨天劳动力窝工的问题。但亦不应使表土开挖工作过于延后，以免影响取土任务。

(2) 取土备料

工序：取土→碎土(含水量未改变以前)→翻晒→收堆→堆牛或上車。

1) 取土

A. 人工取土

a. 分塊分層取土：又有兩種情况，一种是使用一般的条形鋤頭鉋松土壤(圖 1-6a)，挖松土效率較高，最适于砂性較大的土壤，对粘性大的土壤不适宜，因土塊較大时就不易敲碎；另一种是用小元鋤切片(圖 1-6b)，一般切片厚 2—3 公分，分層厚約 10—25 公分，这种松土办法效率較低，但所取土塊易于碎細，适用于粘性較大的土壤。

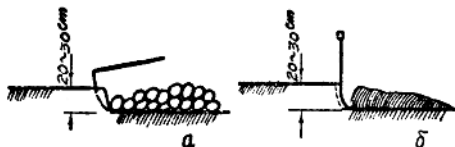


圖 1-6

6. 分層梯級取土：与分層取土完全一致，只是將各塊分成阶梯形开挖(圖 1-7)，由于各阶高度不同，它的含水量变化也不一样，最高阶含水量一般較低，最低阶由于受雨水影响較大，含水量較高。因此可根据气候情况分別挖取各阶，它比分層取土法在含水量的降低及排洩雨水方面有利些。但缺点是翻晒面积較小。

e. 修边截角法：主要是在乙区开挖排水溝后，局部采用过的此法，它的优点是所取土壤一般含水量都較低(約 20%)。但缺点是工作面窄，取土数量小，效率不高(圖 1-8)。



圖 1-7



圖 1-8

B. 机械取土

机械化施工是我們力爭的方向，开工很長一段時間，由于原来設計含水量为 $19\% \pm 2\%$ ，在实际土場土料含水量大大超过的情况下。为了达到要求，不得不用人工取土翻晒堆牛，使施工进度老是拖后。1956年2月分苏联專家来到工地，鑑于这种情况建議提高土料的含水量达 24% ，这样土料不經過翻晒直接取土上填，随即才大量使用了机械。

a. 推土机取土

推土机采用分区分层取土，每層取土厚約5—10公分，其工作定额是225方/台班，实际达到300方/台班以上(松土方約为实土方的1.5倍)，其效率最好一般是推送50公尺以内为宜。

推土机所出土料一般含水量是合格的，且均比較碎細，故不用土場敲碎，而个别大塊土可于填面鋪土时碎細即可。

原考虑是每推取一層后待其含水量接近标准时再推取次層，但往往由于进度及工作面积的控制而造成取土層較深，因而个别含水量仍有較大現象。

推土机一般都是直接將土料推送至上料平台20公尺以内，便于人工运料裝斗車；在使用鏟运机时由于其卸土面积較大，需要推土机配合推送至料台附近，同时推土机也配合电鏟，將土料推送至电鏟工作均使电鏟挖裝入汽車上填。

在使用推土机时主要的是工作面的控制，因推土机工人操作的不熟練因而常使工作面推成凹塘形，这就造成雨天大量积水，因而应严格控制，使堆成一定方向之斜坡以利排水。除此以外，并应加强其养护工作，以保証其連續工作。

6. 鏟运机

用轉圈法进行取土，鏟运机(刮土机)的取土厚度一般与推土机相似，但它适合于较大面积和 50 公尺以上距离，它所工作的 工作 面亦較推土机为平整，但亦应严格控制，以使尽量平整或留一定方向的斜坡以利排水，其生产效率是 300 方/台班，实际达 500—600 方/台班(松土方)，距离平均 70 公尺，但它的缺点是卸土面积較大較乱常需推土机配合工作。

B. 挖土机

土場最初使用的挖土机是 1 方挖斗容量的挖土机，工作效力較高能挖坚实土壤，其工作高度一般应大于 3 公尺，工作效率較高。

以后使用之挖土机为 0.75 方(挖斗容量)的正向鏟其工作高度一般亦需大于 3 公尺，工作效率較高。利用挖土机时最好能使其自挖自卸，这样使用才是合理的。但由于土場土壤含水量在 0.5 公尺以下均較高，同时土質分布不均匀，因而不能采用一次挖取的办法，这就使挖土机不能利用，我們采用了推土机配合的办法来使用。利用推土机分層取土推送至电鏟工作場用电鏟裝車，这样使用当然是不甚經濟，但比人工裝車是好得多的。

0.75 方的挖土机由于本身能力較小，因而在挖坚实土壤时其效率是低的，同时也常坏，不过在有較高工作高度时可克服这一缺点。

使用机械施工我們还是第一次，对机械性能及合理使用，配合上都是不好的，因而在充分發揮效力和与人工适当配合上都存在了很多問題，故更好的合理利用机械施工还需我們深入研究。

使用机械施工时，使用人工和挖边(因溝边机械不能工作，而成边高中低)平整工作 面、部分土料运输裝車、挖溝及雨后清理工作 面、排水等工作作为机械取土創造条件。

2) 碎土

一种是用鋤头挖碎，但效率很低，故很少使用；另一种是用扒梳扒碎，碎土一般不宜在土壤含水量过大的情况下进行，应在其表面風干后进行，則易于打碎；如果土壤含水量接近最优含水量时，只需要少許用力拍打即可碎成細塊，碎土要求土塊直徑小于 5 公分，以利含水量的迅速而均匀的降低，同时便于压实，故土塊宜小不宜大。但当其提