

86.8361

063024

SXY



全国中型水利水电工程經驗交流會議丛書

用倒黃土入水法筑坝 的 施 工 經 驗

山西省沁县月岭山水庫施工委员会



水利电力出版社

內 容 提 要

本書是山西沁县月岭山水庫用倒黃土入水法筑堤的施工經驗總結。用倒土入水法筑堤是苏联的先進經驗。我國以前還沒有使用過。在大躍進的新形勢下，首先在該地試行并獲得成功。施工實踐證明：用這種方法筑堤，無需用碾壓機械，可加快施工進度，節省資金。因而這一方法的試驗成功對我國今後冬明春規模更大的水利建設高潮會有重要意義。本書系統地對用這種方法施工所取得的經驗作了說明。

同時，為了將這一方法的設計施工經驗作更詳細地介紹，我們更將苏联用倒黃土入水法修筑土工建築物設計與施工技术規範亦一并編入供大家參考。

用倒黃土入水法筑堤的施工經驗

山西省沁县月岭山水庫施工委員會

*

14108371

水利電力出版社出版（北京西郊粉房莊二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本*3 $\frac{1}{8}$ 印張*72千字

1958年10月北京第1版

1959年1月北京第2次印刷（10,301—15,320冊）

統一書號：15143·1126 定價（第9類）0.36元

目 录

关于推广水中倒土筑坝方法的意見	3
前言	
一、基本情况	
二、倒黃土入水法筑坝的理論依据	
土壤的压实过程	
三、筑坝土料	12
四、專用排水設備	15
五、施工程序	18
六、場地布置	25
七、施工方法及劳动組織	28
八、施工定額	26
九、質量控制和檢查	40
結論	44
附件一、試驗資料的分析以及对坝坡問題的討論	46
附件二、用倒黃土入水法修筑土工建筑物設計与 施工技术规范	65
序 言	65
一、总 則	66
(一)技术规范及所举修筑方法的使用范围 (§1~7)	66
(二)方法的主要特点和优点 (§8~11)	67
(三)采用倒黃土于水中方法时土壤的地质技术 研究 (§12~17)	68
(四)用倒黃土于水中法修筑土工建筑物时对采土場 土壤提出的基本要求 (§18~22)	70

二、倒土填于水中法修建土工建筑物的施工	71
(一)地基的准备工作 (§23~29)	71
(二)块地的設置, 其尺寸和堆筑上层的厚度 (§30~37)	72
(三)圍堤的修筑 (§38~43)	73
(四)块地的灌水和填土 (§44~66)	74
(五)季节条件对施工的影响 (§67~75)	77
(六)現場記錄 (§76)	78
(七)野外試驗檢查 (§77~94)	78
三、用倒土于水中方法修筑建筑物的設計	81
(一)建筑物的类型 (§95~101)	81
(二)建筑物体的密度和湿度 (§102~115)	83
(三)排水設備 (§117~129)	86
(四)建筑物断面的規定 (§130~136)	89
(五)壩(建筑物)坡和壩頂的复盖 (§137~144)	90
(六)壩体(建筑物)与河岸的銜接 (§145~158)	92
(七)采土場的位置 (§159~161)	93
附1、用倒黃土于水中方法修筑壩(建筑物)时, 壩(建筑物) 体中发生的主要过程	94
附2、用倒黃土于水中方法修筑土工建筑物时所介紹的 野外記錄格式	96
附3、求“沉陷率”临时湿度	100

关于推广水中倒土筑坝方法的意見

水中倒土筑坝方法，是一种先进的筑坝方法，是一种多、快、好、省的筑坝方法。这种施工方法，是在坝基清理之后，先用筑坝土料作成一定尺寸的畦块，然后向畦内灌水，待水深稳定为填土厚度的25~40%以后，即由一边向畦内倒土，逐次向前推进，层层填起。为了加快坝体土料的压实，需要在坝体内修建专门的排水设备。这种筑坝方法，是利用土壤浸水后发生下沉现象及浸水后受不大的荷重自己可以压实的性质，和在施工时利用上层填土的重量及运土工具，及工人踏压等作用，压实土壤，不再用专用机械碾压。

这种施工方法，在有一定水源的地方，可以广泛应用代替一般碾压或夯实填土工程，如：土坝、河堤、渠堤与渠道大填方等。用这种方法建造土坝及其防渗部分时，除粘土用此法筑坝尚需试验外，一般黄土、轻壤土、冰碛土和河床淤泥、砂、砂壤土、卵石等都可使用。但是最好是易于湿化的粉质土。在我国各地均有应用此种筑坝方法的条件。

这种筑坝方法比碾压筑土坝方法有以下显著的优点：

1. 不需要碾压机械，在有条件自流的坝址也不需要抽水机械，因此它可以减少施工机具不足的困难；

2. 能够快速施工，不受碾压速度的限制，需要的劳力较少，造价较低，可以节约劳力，资金；

3. 在雨季，可以根据不同土壤含水量，调整灌水量，进行施工；根据苏联的经验，在冬季气温冷至 -5°C 时可以照常施工，冷至 -5°C 至 -10°C 时如有不冻水源还可以施工，但必须昼夜不停工，不让土壤冻结。根据苏联伊尔库茨克工地的试验，利用地下水灌水，并在水池内形成循环水，使水温保持在

1°至2°C，在气温为-22.5°C的情况下，將冻土块倒入水中以后，仍然很快湿化，压成紧密的土体。因此，这种施工方法受季节影响較小，在全国很多地方可以全年施工；

4. 坝体型性較大，特別适合建于軟基、大孔性土地基等沉降較大的基础；

5. 在施工中灌水时，容易发现河岸或坝基的洞穴和下沉現象，这样就能够預先采取措施，保証坝与河岸或地基达到可靠的結合；

6. 質量容易控制，施工方法簡單，羣众容易掌握。

以上这些优点，說明大力推广这种施工方法，有重大的意义。它不仅可以节约許多資金、劳力与施工机械，并且可以大大推动今冬明春水利、水电建設的大跃进。

这种筑坝方法，在苏联已有多年的經驗，并且已在技术理論上加以总结提高。山西省的沁县月嶺山水庫，經過实践也获得了成功，并取得了不少經驗。在我国不少地方，羣众也有类似的施工方法。因此，这种施工方法在理論上与实践中的根本問題，已經得到解决。土坝的質量，可以有把握地达到一般的要求。

鉴于这种施工方法的优越性与比較普遍的适应性，是一种多、快、好、省的筑坝方法。因此，大会建議在全国範圍內推广这种先进的施工方法。建議有关部門及各省、市組織水中倒土筑坝法的參觀、訓練工作；出版有关这种施工方法的文献、資料；并且建議在推广这种施工方法时，注意土料、填土厚度、灌水深度与地块大小的選擇，修建專用的排水設備，注意减少稀泥的产生，以便保証土坝的質量。由于用这种方法修建的土坝最大的坝高，在苏联的实践为27公尺，因此在推广中，要由低而高，逐步发展。并且要注意資料的积累，加强試驗、观测研究工作，以便进一步提高这种筑坝方法的設計、施工水平。

全国中型水利水电工程經驗交流會議

1958年9月15日

前 言

白玉河位于沁县南部，年降雨量约为 520 公厘，多集中汛期（7、8、9 月份）。由于雨量分配不均，经常发生水旱灾害，给当地农业生产带来了很大的危害。合作化以前，由于农民的分散经营，无法战胜连年的水旱灾害，以致农业生产不稳定，产量不高，农民的生活较苦。

在党的领导下实现合作化以后，农民的生产积极性有很大提高，生活也有了很大改善，特别是在社会主义总路线的鼓舞下，群众的生产情绪更为高涨。为了根治白玉河水害，保证农业大增产，发展工业生产，当地人民提出自筹资金修建月嶺山水库，治理白玉河。口号是“全乡人民总动员，不要国家分文钱，晝夜苦战整半年，全乡旱地变水田”。群众一致反映：

“过去穷在河上，今后要富在河上”。群众的这一要求，立刻得到县委的支持。原订为 1959 年基本建设工程项目的月嶺山水库，提前一年开始修建。

开始规划时，本打算修筑碾压式土坝。但随着全民性兴修水利运动的开展，对施工碾压机械的要求越来越多，可是目前国家尚不能充分供应；加之群众自办，资金又不足；此外，碾压土坝的碾压质量受气候因素的影响较大，难于控制。为了克服这些困难，早日建成水库，必需采取有效措施。经水利电力部北京勘测设计院王雅波院长及张振邦工程师等视察后，感到当地有充足的水源和土料，于是提出采用苏联先进的“倒黄土入水法”施工的建议。采用这种方法施工，无需运用碾压机械，可节省资金，加快施工速度。当地群众也积极开展献

款、献料、献工等运动，并提出石料自采，燃料自备，炸药、水泥自造，磚瓦自燒等办法。这样就給工程的兴建带来了有利条件。

这种施工方法，在国内說来尙屬創举，不但毫无經驗，而且許多人連听都沒听过，因此这一建議提出后，首先遇到的是思想上的障碍。有的同志怀疑用这种方法施工的可靠性，他們說：“学剃头要在旁人头上学，不要到咱头上学”，意思是最好不要在月嶺山水庫做試点。經過县委反复討論，最后还是克服了这些思想障碍，一致認為苏联的成功經驗是不容怀疑的，只要我們克服保守思想，深入鑽研，敢想敢干，一定能在月嶺山水庫試驗成功。

随后，中央、省、專派来了技术干部，送来了設備，加以支援；并在县党委和施工委员会的統一领导下，以边学习、边試驗、边施工、边总结的方式，进行了工作。經過兩月来的施工，証明这种方法是成功的，質量也合乎要求。現在工程已全部竣工，为了及时总结、交流、推广这一羣众办水利不用碾压机械的筑坝經驗，特作此小結，提供参考。

一、基本情况

1. 地形：

(1) 流域地形：白玉河发源于沁县南部石梯山，流經故县鎮、徐村、南池等村而入浊漳河西源。全河道長32公里，流域面积为296平方公里，略呈圓形。石城村以下河道平均縱坡为1/400，西高而东低。上游多为石山区，支溝較多，較大者有5条，大部集中在故县鎮至徐村間汇合，后經月嶺山峡谷而入古城—南池平川，注入漳河。

(2) 坝址地形：月嶺山水庫位于白玉河中游，月嶺山峡谷，

进口处，上游距徐村約 500 公尺。坝址上游不远处为各支溝的交汇处，地势平坦，形成了較大的盆地。白玉河于月嶺山吳家祠堂处入峡谷。兩岸为較高的台地。坝址的左岸为紅色土的台地，高出河底約 9 公尺左右，坡度較平坦，距河岸約 300 公尺左右。山坡坡度逐漸变陡，为土石山。右岸为老馬嶺，为石山陡崖。坝軸呈南北方向，坝址处河道主槽寬約 30 公尺，兩岸为岩石削壁层。

2. 地質：本区为低山丘陵区（即半山区），大部为紅土和黃土复盖。基岩露头較少，坡度較緩。山坡紅土被流水切断成破碎冲溝，因之水土流失較为严重。黃土和紅土下面为三迭紀砂頁岩互层，地質構造簡單。仅从地表看来，本区沒有断层和破裂帶存在。庫区为一个橫向向斜河谷盆地，岩层一般傾向上游。坝址附近为 $N40^{\circ} \sim 50^{\circ} E$ 方向背斜軸，岩层傾向上游。傾斜坝軸位于背斜西翼。因地层局部扭动下陷，节理較发育，同时走向变为 $N2^{\circ} \sim 10^{\circ} E$ ，傾向 NWW 。再往下游岩层較平，但还有小波浪起伏。坝址为 30 公尺寬的基岩缺口（河水則經此而流入下游）。左岸台地大部为黑土及薄层粘土的沉积物，厚度約为 18 公尺。上游沉积层复盖厚度为 5 ~ 8 公尺，愈往上游愈厚。一般无河卵石层。

本区水文地質条件簡單，除第四紀黃土复盖层有潛水外（潛水位距地表約 2 ~ 5 公尺，含水层为砂礫及細砂），其他均不含水。在暖泉村有接触泉，其他窪地亦有沼泽化現象。庫区周圍，地形平緩，无大的垂直黃土陡崖，大部为粘土和基岩，因此庫区渗漏及塌岸現象可以不必考虑。

在整个地区看来，岩性系屬三迭紀延長統，虽坝址处节理較发育，但岩层傾向上游，估計对渗漏影响不大。

3. 气象与水文：

(1)气象:由于本区資料缺乏,主要依靠訪問老农,查閱沁州州志,并參照該县樊村农場近3~4年实测气象資料对照選擇采用。年降雨量在520公厘左右,年蒸发量在1,500公厘左右。

(2)水文:本河道无水文資料,仅按照山西省水利局頒发的“水文分析与計算規程”一書中所分析的資料和公式計算求得。

年徑流量:1,904万公方(其中清水流量平均为0.2秒公方,全年清水徑流量为630万公方,占总徑流量的33%左右),上游計劃引水量为178万公方。故坝址上游实际来水量为1,726万公方。

年輸砂量:含沙量以17公斤/公方計,則年輸砂量为32.4万吨(或13.5万公方)。

洪峯洪量:根据洪水調查和采用阿列克塞也夫公式計算对照求得数字(如表1所示)。

表1

	洪 峯	洪 量
100年	847 秒公方	1245万公方
20年	456 秒公方	915万公方

表1为坝址以上計算的資料,未考慮上游水土保持工作的效益和小型水庫修建的影响。

4. 水庫經濟指标:

河 底 高 程	934.8	公尺
死 水 位	942.6	公尺
正常擋水位	948.0	公尺
設計洪水位	949.2	公尺

校核洪水位	950.0	公尺
坝顶高程	951.1	公尺
死库容	340	万公方
有效库容	1,000	万公方
防洪库容	577.5	万公方
总库容	1,917.5	万公方

坝高：16.3公尺

坝长：387.5公尺（其中主坝长 65 公尺，副坝长 322.5 公尺）

工程量：

坝体土方量	120,000方
石方量	27,816方
渠道土方量	227,354方
石方量	6,068方

淹没损失：

土地	2,000亩
户数	110户
总投资	36万元
工程净效益	37万元/年
灌溉	18,000亩
发电(装机)	80瓩

5. 坝型及断面尺寸：根据筑坝土料调查属粉质壤土，储量约20万方，土壤性质基本合乎规范要求。施工期间河中水量充足（每昼夜约有2万方）。因此决定采用同一湿度的均质坝型，其断面尺寸为：坝顶宽4公尺；坝上游坡为1:4，戕台以下为1:4.5；坝下游坡为1:3，戕台以下为1:3.5；反滤坝趾顶宽1.5公尺，内坡为1:1.2，外坡为1:1.5；另设有专用排水设备（见

后文)。

关于断面尺寸，目前还只是按經驗决定，无可靠计算方法。按规范规定，填坡一般在 $1:3 \sim 1:1$ 之間，較高填（高度不超过 25 公尺）水下部分一般用 $1:4.5$ 。我們考虑到最危險情况是施工剛結束土壤还没有稳固起来时，此时，均質填型的上下游坡在稳定性方面大致处相同地位，故兩边填坡应相同。但是我們認為如果在一定的施工条件下，一边填筑一边坝身浸水，或坝剛筑到一定高度立即投入运用，則此时上下游边坡可以不相同(图 1)。

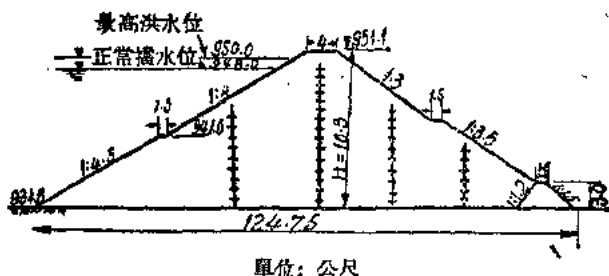


图 1 月嶺山水庫土壩断面示意图

坝清基后本拟作截水牆，但由于当地石工較少，石方量大，加之已近汛期，故未作截水牆，仅在岩基上用人工夯实一层厚 $0.5 \sim 0.8$ 公尺的粘性土。这样做，我們認為还是不大恰当的。

6. 放水設備：輸水涵管基础位于基岩上，采用石砌无压拱形涵管。基岩挖槽表面略加平整，即当做拱座，上复砌石拱盖。洞長 42.5 公尺，寬 1.4 公尺，高 1.2 公尺。起拱高为 0.7 公尺。底坡为 $1/300$ 。最大泄量为 3.0 秒公方。进水口用二道閘門控制，前面为修理閘門，采用木迭梁式(經常开启)，后面一道为工作閘門，用鑄鉄制成。閘門尺寸为 1.2×1.2 公尺，用 4 T

絲杆起閘机自閉。自閘机設于涵洞进口处圓形垂直豎井的頂部。豎井系用漿砌条石建成，高8.0公尺，底部直徑为3.4公尺，頂部为2.8公尺，以工作桥联于坝頂。

由于原来考虑利用輸水涵管做为施工导流渠，从而降低围堰高度(据計算可降低工程造价)，故將輸水涵管的基础較原設計高程降低了2公尺。由于开挖綫的降低，使得現在的洞高变为3.9公尺(加起拱高在內)，并在洞的进出口处，再用漿砌块石砌至原設計高程，因而使洞內形成了2公尺的积水。为了排除洞內积水，在出口洞底埋設排水管一道，用閘控制。

7. 溢洪道：位于坝左岸山坡处，寬15公尺，水平段長117公尺，陡坡段長225公尺。陡坡坡度为1/11，最大泄量773秒公方，水深为2.0公尺。

8. 水电站：位于坝下游約1,000公尺处，每日按12小时发电可发电80瓩，供十余村照明及加工厂用。

9. 开竣工時間：本坝于1958年3月1日开始施工，計劃于7月15日竣工。

二、倒黃土入水法筑壩的理論依据 及土壤的压實过程

黃土的成因是多种多样的，有的是純粹风散的，有的是坡积、冲积、洪积生成的。所有黃土类土的特征是含有大量的粉粒和微砂，不多的粘粒和粗砂。它們几乎有一个共同的特性，那就是浸水后发生下沉現象，亦即湿陷現象。根据这种性質，所以可以不用机械压实，而仅利用水来破坏黃土的結構，使其顆粒湿润散化，造成有利的压实条件，然后在人、畜、运输工具以及在土层本身的重量之下得到压实。

压实过程分为下面四个阶段：

第一阶段是向水中填土时土层下部土块的散化和初步的压实；第二阶段是向次层块地上灌水和填土时土层上部土块的散化及压实；第三阶段是在工程进行中由于建筑物自重、压实荷重加大而逐渐压实；最后，第四阶段是在以后压实荷重固定时压实。

三、筑壩土料

全部土料蘊藏量估算約为20万公方，大部分集中在上游河左岸，一部分在下游河右岸及主壩南端山坡。

以上土場的土料經過試驗后，一般能符合該施工方法的技术要求（土料基本条件有二：一为 $5 \times 5 \times 5$ 公分土块在水中湿潤速度不大于10分鐘；二为滲透系数不应小于 1×10^{-6} 公分/秒）。具体各項性質的說明見表2、表3（同时將工地試驗結果与山西省試驗室試驗結果作了一个对比）。

为了控制施工质量以及了解采土場土（上壩土料）的性質，根据工程要求建立了工地試驗室。根据规范規定，对采土場的土料需作以下的試驗：1. 土粒比重；2. 含水量；3. 天然容重（即湿容重）；4. 顆粒分析；5. 塑限和流限；6. 內摩擦角和凝聚力；7. 湿陷特性；8. 滲透系数；9. 化学分析（包括易溶鹽、难溶鹽、有机質）；10. $5 \times 5 \times 5$ 公分土块在水內湿潤的速度（即湿化試驗）。对地基土只試驗前九个项目。至于干容重（干容重）、飽和度、孔隙率、孔隙比等可根据以上試驗結果換算而得。

我們的試驗室只能試驗第1、2、3、4、5、10和第9項的一部分，另外加一項崩解試驗。除湿化試驗外，所有各項試驗均按照水利部頒发的“土工試驗操作規程”进行。

表 2 一般性質 (工地試驗)

取土場	土樣名稱	粘土含量(%) <0.005公厘	塑性指數	天然性質		
				濕容重 (克/立方公分)	干容重 (克/立方公分)	含水量(%)
1	中粉質壤土	16~18	9.4	1.77~1.79	1.50~1.51	16.98~19.43
2	中粉質壤土和 重粉質壤土	18~21.5	5.7~7.2	1.66~1.78	1.44~1.49	15.5~19.2
3	重粉質壤土	28~29	10.9	1.76	1.49	18.03

表 3 (山西省試驗室試驗)

編號	取土場	土樣名稱	粘土含量(%) <0.005公厘	塑性指數	抗剪強度		
					干容重	飽和度(%)	內摩擦角 ϕ 凝聚力 C
井1-1	3	中粉質壤土	19.4	14	1.4	83.73	29.0
					1.5	82.75	29.6
					1.6	84.47	30.0
井2-2	4	重粉質壤土	22.9	14	1.4	86.10	27.9
					1.5	85.77	28.5
					1.6	85.84	29.0

表 3

技术指标与試驗結果

項 目 \ 数 值	技 术 指 标	試 驗 結 果
湿润速度	5 立方公分土块小于10分鐘	9 分鐘
渗透系数	筑成后不小于 1×10^{-6} 公分/秒	$1.50 \sim 2.6 \times 10^{-4}$ 公分/秒
含鹽量	IV及V級为 $<14.0\%$	0.3% (易溶鹽)

注：1. 渗透系数由扰动土配制成試样的試驗結果，其孔隙比为 0.796~0.988；

2. 易溶鹽由水土比为5:1的浸出液試驗結果，难溶鹽才进行測定。

在施工質量控制的試驗中，主要是試驗填土填土的湿容重和含水量，干土重可根据湿容重和含水量的試驗結果算得。

考虑到一般中、小型水利工程，完全按規程要求进行各項試驗，实际上有困难，因为人力和仪器都比较缺乏，所以在中、小型水利工程中，我們认为可根据条件作以下几項試驗：

1. 含水量；2. 湿容重；3. 土粒比重；4. 流限 塑限；5. $5.5 \times 5 \times 5$ 公分土块在水中的湿化和崩解速度。

这些試驗所需的設備較簡易，花費也不多，而且操作容易。

有了湿容重、含水量和比重的結果，便可根据公式（一般土力学和土工試驗操作規程上都有）求出干容重、飽和度、孔隙比、孔隙率，从而可根据这些来控制填筑質量；有了流限、塑限的結果，便可求出塑性指數，以大致鉴别土的类型；有了湿化和崩解速度的結果，便可大致了解土的透水性質和湿化的容易程度。

所有这些，对初步鉴定土的物理性質以及填筑土的質量是够用的。

对于一般小型水庫，填不高、蓄水不多的情况，如果施工經驗丰富，不作試驗也行。

所謂濕化試驗，就是將 $5 \times 5 \times 5$ 公分的土塊放入水下，看它在10分鐘以內是否全部被水浸入。作此試驗時，最簡單的是用一臉盆盛滿水，按規定切好土塊後，放入水中，記下放下的時間，經過10分鐘時，取出切開，看內部是否完全被水浸潤。若有條件，最好將同一處采得的同一種土，切出5個立方體塊（按規定尺寸），將土塊放在鐵絲網板上沉入盛水容器中。第一個土塊浸水後隔2分鐘取出，第2個隔4分鐘，第3個隔6分鐘（余此類推），然後分別切開土塊，觀測浸濕的情況，并可大致知道土塊完全浸濕所需的時間。一般說土壤如濕化的速度快，則崩解也快；反之濕化慢，則崩解也慢（試驗時主要使用的儀器如表4）。

表4 主要儀器設備表

名 稱	規 格	數 量	備 注
天 平	$\frac{1}{1000}$ 感量, 100克稱量 $\frac{1}{10}$ 感量, 100克稱量 $\frac{1}{2}$ 感量, 1000克稱量	各1	3
鋁 盒	55×26		25
環 刀	$\Phi 6.6$, 高3公分		4
流 限 儀	圓錐式		1
磨沙玻璃			2
量 筒	1000cc		6
比 重 計	甲種或乙種（土壤用）		1
電 熱 架	六聯式		1
烘 箱	355×355×405		1
比 重 瓶	100cc		10
化學藥品	測定陽離子有機質用		1 組
酒 精	95%或100%	若干	可視試驗工作量而定
沙 浴	60×46公分	1	
水 浴 鍋	單 座	1	
其 他	切土刀、攪拌器、玻璃器皿	若干	視試驗工作配備
科瓦列夫快速容重測定儀		1	