

定向爆破与水力冲填结合筑坝研究

郝志峰 卫中平 马国顺 曾伯庆 秦银玉等*

(山西省水土保持科学研究所)

打坝淤地，是山区建设基本农田的一项重要内容，是抬高沟道侵蚀基点，防止沟壁坍塌，控制水土流失的主要措施。研究快速筑坝技术，对加快黄土高原建设，减少入黄泥沙，建设高产稳产农田，发展山区生产具有重要意义。定向爆破筑坝，工期短，速度快，工效高，但筑坝经济成本高，坝体质量不均匀，坝岸结合较差，拦洪蓄水后易发生穿孔跨坝。五十年代末六十年代初，我们试用定向爆破方法，在晋西修筑的几十座淤地坝，大部水毁，保留无几。

水力冲填筑坝，速度快，工效高，成本低，坝体均匀密实。近几年在我省有较快发展。但存在泥浆脱水固结慢，临汛抢修困难等问题。1976年以来，我们试用定向爆破与水力冲填结合筑坝，相互补充，发挥两种快速筑坝方法优点，研制并大量采用铵糠自制炸药，降低爆破成本，较好地解决了定向爆破筑坝中的质量问题，为快速筑坝提供了新方法。

一、试验坝及其施工程序设计

1976-1978，应用定向爆破与水力冲填相结合筑坝方法，修筑试验坝三座。沙麻沟坝，位于离石县沙麻沟下游，控制面积3.5平方公里，爆破岸崖高34米，主要爆破介质为黄土。定向爆破平均坝高7.2米，淤泥培坝，间歇冲填加高至12米，库容10万立方米，可淤地20亩；张子山坝，位于中阳县高家沟流域上游，控制面积3.0平方公里，爆破岸崖高53米，平均崖坡56度，爆破介质黄土，采用单侧主付炮一次爆破，爆破坝平均高10.7米，冲填加高至20米，库容26万立方米，可淤地45亩；北坡坝位于中阳县北坡大队小水峪沟，控制面积0.5平方公里。爆破岸多为沉积砂砾和红土。采用主、付炮爆破，因起爆器故障，两个付炮未爆，降低了爆破效果。爆破平均坝高8.5米，推土机筑坝，冲填加高至15米，库容7.2万立方米，可淤地18亩。试验坝情况（见表1）、爆破筑坝情况（见表2）。

定向爆破与水力冲填结合筑坝设计施工程序为：

1. 坝址勘测与爆破设计，按一般定向爆破筑坝进行，选崖高陡峻，适宜打坝淤地的地方建坝。

2. 结合导洞开挖，在坝轴线的下游5-10米处筑临时蓄水坝，坝高3-4米，拦蓄泉水或小洪水，使爆体落入水中，以增强爆体与坝基结合，并为爆后坝体灌水创造条件。

* 参加本试验的还有张进德、孙宏治、贺清元

表 1

试验坝基本情况

试验坝	控制面积 (平方公里)	坝高 (米)	坝体土方 (米 ³)	库容 (万米 ³)	上坝土方量 (%)			筑坝方法
					爆破	冲填	围堰	
沙麻沟坝	3.5	12	5100	10	54.0	46.0	0	人工淤泥培坝
张子山坝	3.0	20	40500	26	44.5	33.7	21.8	人工运土夯实
北坡坝	0.5	15	13800	7.2	41.3	26.0	32.7	推土机

表 2

试验坝爆破筑坝情况

试验坝	爆破期 (年、月)	爆破方案	土质	爆破参数			装药 (吨)	爆破坝高 (米)	上坝土方 (米 ³)
				W (米)	K (公斤/米 ³)	n			
沙麻沟坝	76.4	集中药包	黄土	8.6	1.2	1.2	1.1	7.2	2960
张子山坝	76.9	主、付炮	黄土	13	1.1	1.25 1.1	4.49	10.7	18000
北坡坝	78.4	主、付炮	砂砾沉积	13	1.4 1.2	1.3 1.1	5.6	8.5	5700

3. 爆破坝体注水湿陷。这是增加爆破堆积体干容重、消除隐患、确保坝体质量关键的一步。爆破后，在迎水坝坡和坝顶，开沟或作畦，提水灌注，灌水量为土方量的 $1/10\sim 1/15$ ，使爆破坝初步湿陷。

4. 水力冲填加高。根据设计坝高，在爆破坝肩或坝坡筑坝，以爆破遗留山坡松土为土场，提水冲填加高坝体。张子山试验坝施工断面见图 1。

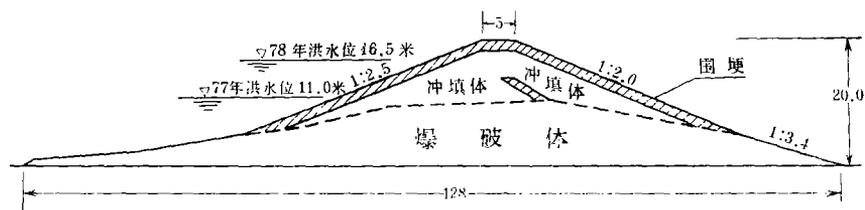


图1 张子山试验坝断面图

二、八二铵糠炸药制造及效果

铵糠炸药，是用硝酸铵化肥和谷糠加工制成的炸药。八二铵糠炸药，是在总结群众土法制造炸药经验的基础上，结合定向爆破施工，研制成功的一种制作简单、成本低、

效果较好的炸药，已在晋西不少社队推广应用。最优配合比及加工程序为：

1. **炸药最优配合比试验：**我们采用掺合谷糠占制药总重的5%~25%，分别制成的铵糠炸药，得到不同的爆破效果。掺合谷糠5%~10%者，用雷管不能直接引爆；掺合谷糠10~15%者，雷管不能引爆或炸药不完全爆炸。均不利于小爆破施工。谷糠掺含量达17.5~25%时，雷管均可引爆，爆破效果以掺合谷糠20-25%者最好。

2. **制药方法：**硝酸铵最好用出厂不久的产品，如有部分结块的需要捣碎，过湿时需炕干。谷糠过筛去尘土。再按硝酸铵80-75%，谷糠20-25%（重量比）配料拌匀，然后用粉碎机或小钢磨粉碎成细面（一般粉碎两遍），稍凉散热后，装入塑料袋防潮待用。

在加工时，如发现钢磨过热，或磨下的炸药发黄时，应立即停机，打开钢磨盖壳，掏空磨腔再继续加工，以防铵糠燃烧，发生爆炸事故。

3. **制药成本及效果：**以硝酸铵当地销价每公斤0.31元，每公斤谷糠6~8分钱计，加包装塑料袋及加工费，每公斤铵糠炸药造价0.3元左右，仅为国产一般炸药价的1/4~1/5。

在爆破介质为黄土，平坦或均匀整齐坡地条件下，采用标准药包，经多次试验，平均每公斤炸药爆破漏斗土方量，国产二号岩石炸药为1.09立米，铵糠炸药为1.03立米。爆破效果后者为前者的94.5%。

三、坝体质量及筑坝成本分析

1. **爆前小坝蓄水对筑坝的影响：**据张子山试验坝观测，爆前在坝轴线下游修高4.2米小坝一座，水深3米，蓄水量1200立米，爆破时土体抛落水中，水面受土体冲击扑向对岸沟坡，爆后钻孔观测，坝体含水量13~16%，而坝岸结合处含水量20%左右，干容重也有所增加。用时，抛落土体以泥水为下垫面，加大了抛滑距，增加了堆积体宽，相应降低了爆破堆积高度。爆破堆积土方1.8万立米，平均坝高10.7米，铺底宽达128米，坝顶宽25米，爆破坝体的加宽，有利于安排冲填加高。

2. **爆破坝体灌水及冲填加高后的沉陷量：**爆破后坝体钻孔观测，坝面以下1-4米，土体疏松，干容重1.12~1.44克/厘米³；5米以下干容重在1.5克/厘米³左右，但不均匀，最小1.44克/厘米³，最大1.6克/厘米³以上。坝体灌水后，坝体都有湿陷，沙麻沟坝沉陷15厘米，北坡坝沉陷26厘米，张子山坝灌水50天后观测，沉陷杆底板埋设在坝面以下3米的（1[#]沉杆，2[#]沉杆）沉陷量为9.7~11.5厘米，埋设在一米以下的（3[#]沉杆，4[#]沉杆）沉陷量为22.6~22.8厘米。冲填加高后，随着坝体升高，爆破坝体进一步湿陷密实，沉陷量加大。张子山坝最大沉陷量达1.33米，占沉陷杆底板以下坝高的15.6%。爆破坝体沉陷量观测成果见表三，冲填加高历程见表四，施工期坝高及沉陷过程线见图2。

3. **坝体质量探测及运用情况：**张子山试验坝，1976年9月底爆破，爆后坝体灌水1500立米。因水源不足，1977年夏开始间歇冲填，78年7月完成，实冲填施工66天；北坡坝1978年4月11日爆破，7月5日完成，1978年10月对两条坝进行钻探检查，坝体干容重，北坡坝在1.55~1.60克/厘米³，张子山坝在1.55~1.65克/厘米³之间，满足淤地

表 3

张子山坝爆破堆体湿陷（累计值）观测

单位：厘米

沉陷杆	观 测 日 期											
	1976年			1977年				1978年				
	29/10	20/11	18/12	28/4	7/6	21/9	30/12	26/3	21/4	29/5	28/6	18/7
1*	0	2.0	11.5	21.0	26.0	28.7	34.0	47.7	54.2			
2*	0	1.2	9.7									
3*	0	11.5	22.8	32.6	39.2	44.5	52.2	64.7	78.8	92.4	108.9	125.6
4*	0	11.1	22.6	30.6	51.7	65.2	68.8	80.6	85.6	100.1	117.7	132.8

表 4

张子山坝冲填加高历程

坝高 日期 (米) 部位	1977年				1978年			
	5/7	16/7	18/10	22/10	4/4	21/4	29/5	18/7
上游围埂	13.0	13.5	15.1		15.1	16.2	17.5	
上冲填池	9.9	12.6	14.6			14.6		20.1
下冲填池			10.4	10.8		14.1	16.9	

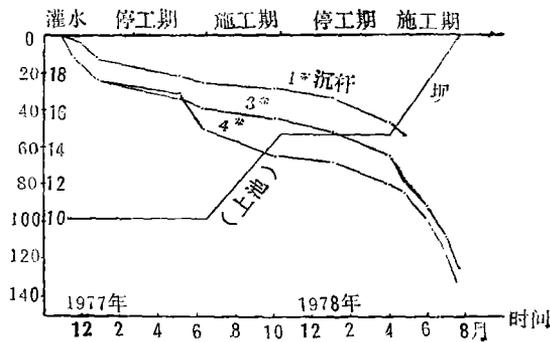


图2 张子山坝施工期坝高及爆破堆体湿陷过程线

坝质量要求，爆破坝体经灌水、冲填加高，湿陷压密，坝体干容重有显著提高，见表五。

三座试验坝经3-5年洪水考验，都安全无恙。沙麻沟坝1976年汛期，坝高10.5米，曾蓄水9.0米；张子山坝1977年坝高12.9米时曾蓄水11米；1978年完工后蓄水深

表 5

张子山试验坝体质量探测成果

干容重 (克/厘米 ³)	钻深(米)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
		冲填坝体				爆破坝体					
时间											
灌冲加高后		1.63	1.56	1.64	1.59	1.55	1.55	1.58	1.63	1.65	1.63
爆破后						1.12	1.37	1.46	1.47	1.46	1.52

16.5米；北坡坝全部拦蓄了1978~1980年洪水泥沙，最大蓄水深11.5米，常年蓄水深10米左右，都未发生穿垮坝等问题。1980年汛后，沙麻沟坝已淤地8.5亩，张子山坝已拦泥12.3万立方米，淤地34亩。

4.筑坝工效及成本：三座试验坝，坝体总土方59400立方米，总用工3710个，总投资9650元，综合工效12.6-38.7立方米/工日，平均16立方米/工日，综合成本0.111-0.314元/米³，平均0.162元/米³（见表六）。这与我省水力冲填修筑的河曲桃儿嘴试验坝（综合工效14.2立方米/工日，综合成本0.31元/米³），大宁县太仙河试验坝（4.6立方米/工日，0.40元/立方米），推土机修成的离石县王家沟流域的大局试验坝（11.5立方米/合班，0.459元/立方米）相比较，定向爆破与水力冲填结合筑坝是工效较高，成本较低的。

表 6

试验坝工效、成本

试验坝	坝体土方 (米 ³)	用工 (个)	工料 费 (元)	综合 工 效 (米 ³ /工日)	筑坝成本 (元/米 ³)			库容 造价 (分/米 ³)
					综 合	爆 破	冲 填 加 高	
沙麻沟坝	5100	140	821	36.5	0.161	0.261	0.076	0.8
北坡坝	13800	356	4333	38.7	0.311	0.426	0.235	6.18
张子山坝	40500	3214	4496	12.6	0.111	0.147	0.083	1.73
合计	59400	3710	9650	16.0	0.162	0.219	0.120	2.23

定向爆破与水力冲填结合筑坝，吸取两种快速筑坝施工方法的优点，互为补充，定向爆破遗留山坡松土是水力冲填的好土场，冲填加高可使爆破坝体湿陷压密，提高坝体质量，爆破坝体的吸水，还可加速冲填泥浆的脱水固结，因而达到速度快、工效高、成本低的效果。它是快速筑坝的一种好方法，在加快黄土高原治理中具有实际意义，有条件的地方可试点应用，使之进一步臻于完善。