

水土保持綜合措施效益的試驗研究

黄河水利委员会水利科学研究所 仝 允 景 編
蒋 德 麒

黄河水利委员会水土保持試驗研究訓練班讲义之十一

1958年5月

水土保持綜合措施效益的試驗研究

壹. 水土保持綜合措施效益試驗研究的目的和工作方法

水土保持措施的效益一般从两方面来衡量，即蓄水保土和增加生产。两者之间又具有密切的关联。在水土流失区域，蓄水保土直接为农业生产服务，是很明显的；对于整个河流域，蓄水保土的作用却更有其深远的影响。就是由蓄水保土的结果，河流的径流和泥沙将产生巨大变化，从而使防洪、发电灌溉、防涝、航运等一系列水利资源的利用随之改观。对于国民经济起到重大的影响和有利的作用。在开发黄河的水利资源时，将水土保持工作提到首要的地位，就是一个最现实的证明。

水土保持是一种综合性的工作，虽然从措施上按专业性项可以分为农、林、水、牧等不同类别，但在实施时绝大多数是几种措施综合配置的。各种单项措施当它们正确地配置起来的时候，就会由于相互影响而获得更为显著的效果；反之，当它们配置错误的时候，也会相互抵销而降低了效果。在不同的土壤侵蚀类型区，怎样才是最好的综合配置？其效益究竟如何？不经过实际的观测研究和验证，是得不到肯定的答案的。

在我国社会主义建设高潮中，群众性的水土保持工作和小型水利工程以排山倒海之势，迅速而广泛地开展起来。仅以去冬今春短短几个月的情况来看，就比过去几十年来的成就还大。这是水土保持和小型水利同群众利益密切结合起来的結果。根据调查，在很多地区群众所进行的水土保持工作已经起到显著的效果：如河南省禹县薛沟乡鸠山在治理后，1957年夏季20天内8次降雨410公厘，水没有下坡；其中最大一次，在7小时45分钟内降雨122公厘，水土都没有下山。该县尚沟乡菜坪山土壤透水性差，过去经常暴发山洪，经进行水土保持工作以后，1957年夏季4小时一次降雨148公厘，水未出山，保住了山下1200亩农田免遭冲毁，增加了生产。西北各地也有不少实施水土保持措施后控制径流增加生产的事例。这些情况，一方面说明综合性水土保持工作效益是肯定的，另一方面又迫使我们不得不加快速度进行综合效益的试验研究工作，否则就赶不上生产的要求，起不到指导生产的作用。

大规模的水土保持工作开展以后，究竟在一个流域内将引起什么变化和问题呢？

首先是由于土地的合理利用，發展多种经济，既保持了水土又大大提高了生产；但土地究竟如何利用，农、林和工程措施如何配合才能使增产效益最大？可能达到什么指标？还摸不清楚。

其次由于坡石和沟壑拦泥蓄水，河流洪峰洪量将被削减，枯水连流将有所增加，河流泥沙将大大减少，从而对于水利资源的利用，总的将起到有利的影响。但是洪水究竟可以削减多少？枯水连流增加若干？年连流如何变化？泥沙问题解决到什么程度？大、中型水库如何设计？大、中、小型水利工程如何结合了对防洪、发电、灌溉、防涝起到多大作用？等一系列新的问题，都亟待研究解决。

最后，由于各项措施的普遍实施，特别是森林与水库的增加，经过相当时间，在广大区域内将引起气候状况的改变。这种改变也许还相当遥远，但应该不断积累资料，探求问题的明确与解决。

水土保持综合措施试验研究的目的就是要在各单项措施和水土流失基本规律等研究的配合下，对以上诸问题，特别是前两类问题求得迅速解决。

在进行研究工作中，单项的小面积的试验资料是必需的，但是将它直接运用到广大流域面积上，还存在着很大的局限性。所以还必需进行不同规模的综合措施试验，才能更有效更切合实际地解决上述问题。

同时，我们还应该看到，摆在我们面前的任务是迫切而艰巨的，如果仅仅依靠几个兵进行学院式的试验研究，决不可能迅速而全面地解决问题。因此要求在密切结合生产的条件下，将典型重兵试验与广泛的群众性实践和观测配起来。也就是根据重兵试验较精确的资料，对各项效益进行分析取得基本数据，再用群众性的观测资料在广大区域内加以验证补充。这是我国特有的有利条件，应该充分利用发挥其作用。1958年由水利电力部及各流域水利机构共同支援在河南省开展的群众性水利建设观测研究工作，正是这一新型研究方式的前驱。此外，还要求在工作进行中同各级水文测站、农林试验站和气象站网密切联系，加强协作，发挥有关事业的力量，利用他们的资料，才能在最短时间内，共同完成这艰巨的任务。

本专题内容着重讨论坡石和水流域水土保持综合措施效益重兵试验研究的问题。

式. 水土保持綜合措施效益研究的規劃設計

一. 坡石綜合試驗區

1956年扎斯拉夫斯基專家在黃河中游各水土保持試驗站考察時，對各站建議設置從分水嶺到坡腳全坡長的試驗區，以研究水土保持綜合措施效益。(1.2)各站因對試驗區規劃設計缺乏參考資料，並在選擇試驗區位置上遇到困難，1957年並未進行試驗。因此，關於坡石水土保持綜合措施效益研究的規劃設計，還不能根據實際經驗來規定，只能根據扎專家所提原則並參考蘇聯一般徑流站的經驗與規定(3.4)擬訂初步意見於后，希望各地區水土保持試驗站按照具體情況進行試驗總結，作為將來編制須知的參考。

(一) 試驗區的選擇：坡石水土保持綜合措施試驗區必須從分水嶺到坡腳的坡地地形、坡長、坡向、土壤、地質、植被、地下水，和土地利用情況具有當地水土保持小區(6)的代表性，所以選試驗區之前應根據試驗站服務區或所在流域的調查資料，明確水土保持小區的類型，按照這個類型選擇坡石代表地段，每一水土保持小區可選不同特異的試驗地址1~3處，視站上人力與地形條件和實際需要決定試驗區的多少。

1. 主要要求：(1)每處試驗區為一組至少要有2個區的條件基本一致，以便一區實施水土保持綜合措施，一區為對照。如有可能，最好進行2次重複，共4區。基本條件一致，才能比較水土保持綜合措施的效益。

(2)坡石上儘可能處於自然狀態，不要有土坑、道路、坟墓、土堆、及其他影響徑流的障礙物。有地埂地坎的地區，試驗區上地埂地坎必須符合當地一般情況，不必再加人工去除，如能找到無地埂地坎而其他條件相同的坡地，可增加一個對照區。扎專家在烏山曾認為地坎地埂可以用人工搞平，(1)但後來認為需要實地研究。

(3)林地枯枝落葉層不應破壞。

(4)從分水嶺到坡腳應有明显水路，和分水界，以便觀測計標。

(5)梁峽坡上不要有地下水露出地石。

(6)便於進行水文氣象觀測，並進行試驗，如人工降雨等。

2. 試驗区选择不当，常使試驗資料不能应用。马尔达依水文科学研究試驗站以前曾使資料大半作廢，目前观测資料中还有不合规格的，还有不少資料，因为所得数字“符合于我们的想像或不突出总的数字，才加以应用和刊布。天水西峰经德三个試驗站也有許多資料得不到合理的說明。

(二) 試驗区的查勘

1. 地形測量——測制 1:200，或 1:500，或 1:1000 的地形圖，比例尺大小視地形复杂情况和坡長而定，等高线间距用 0.25 ~ 0.5 米。

2. 绘制綜合剖面圖：

(1) 大致沿試驗区的中线，根据地形变化，设小木椿，按分水岭 0 英尺的距离编号，在主要轉折点

上插红白旗，直到坡脚。測量距离，高差，坡度，方位等，用小方格紙绘制剖面底圖。

(2) 利用剖面底圖和大比例尺地形圖，或小方格紙绘制下列各圖：

- | | |
|---------|-------------|
| ① 地貌类型圖 | ② 成土母质成因类型圖 |
| ③ 剖面坡度圖 | ④ 植被圖 |
| ⑤ 土壤圖 | ⑥ 土壤侵蝕圖 |
| ⑦ 径流綫圖 | ⑧ 土地利用现状圖 |
| ⑨ 土地分級圖 | |

(3) 將以上各圖彙总成綜合剖面圖。

(4) 在不同地形条件下用人工降雨法測定土壤渗透性能，並在綜合剖面圖上表明。

(5) 土地利用现状应表明輪作次序，施肥量，树种，植物群落，耕种方向等。

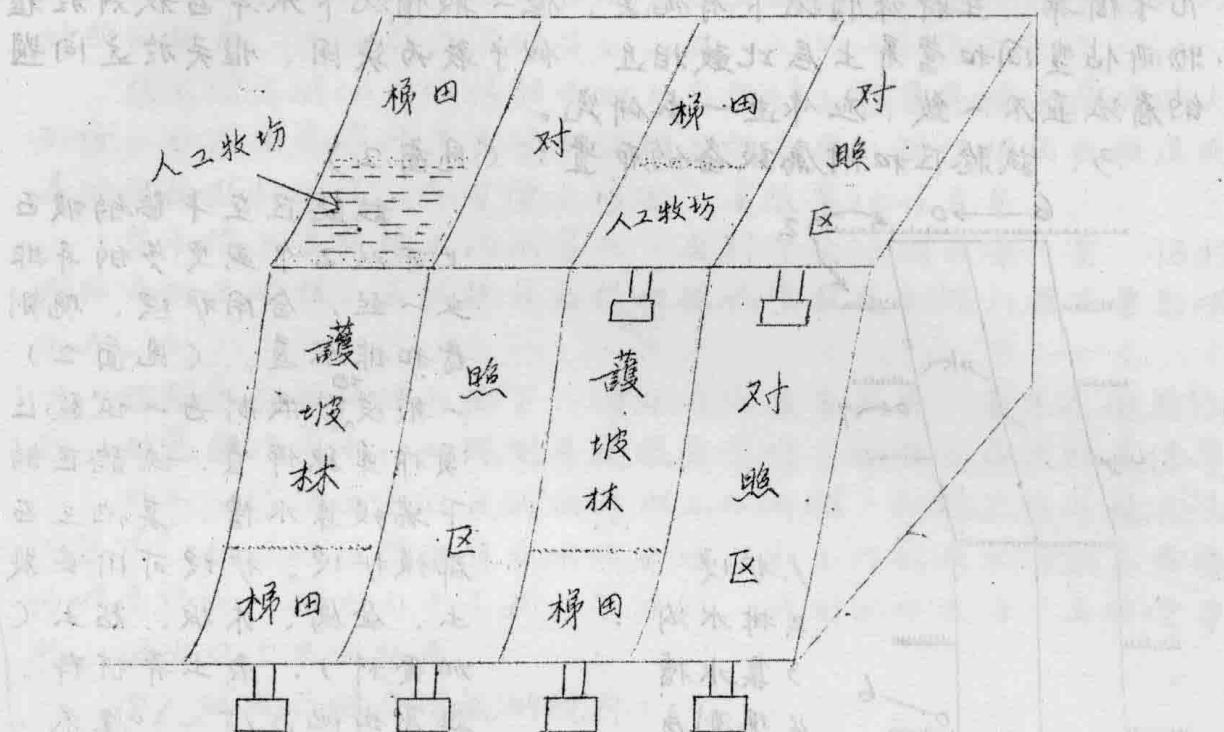
以上各圖的绘制方法可参考米显謨樓桐茂兩先生的讲义(58)和阿尔曼德專家的報告(7)。实施水土保持措施及試驗区必然要发生变化，为了解变化的程度，每隔 3 ~ 5 年重新查勘，並繪圖一次。

(三) 試驗区的設計和布置

1. 試驗区的組合——先按人力与地形条件和实际需要决定一组試驗区的数目，然后设计試驗內容，每组試驗区的處理：

(1) 二区——对照 1 区，水土保持綜合措施 1 区，每区裝測驗设备一套，測全区水土流失量。

(2) 4区——全上重复共2次，或2区全上，另2区利用全上惟每区按地形变化装测验设备2—3套，分测不同地貌类型的水土流失量。（见备1）



备1. 坡石综合试验区示意图

(3) 4区以上可考虑增加水土保持综合措施的不同方案。

（在同一坡向或不同坡向）

为了解试验区本身的误差，在实施水土保持综合措施前应进行空白试验一至二年，但为争取提前得到综合措施效益的资料，可将1组2区改为3区，即对照区和实施综合措施区以外增加1区和对照区一样作平行观测，一、二年后再加措施。

2. 试验区的大小和形状：

(1) 在平整的坡石上，试验区应采用长方形，宽至少要10米以上，长度视一般从分水脊到坡脚的坡石长度而定。有条件时每区两旁各设保护区宽5米。

(2) 一般受地形限制，只能按坡石上的自然小集水区划为试验区，依自然分水界略加整理定为区界。苏联防止土壤侵蚀研究方法中有与此相似的规定。(17) 这样试验区的大小和形状不能完全一致，因此，实施综合措施以前更需要先进行空白试验

一二年，以了解試驗区本身的誤差。

(3) 試驗区为便於計測和比較，最好一律用水平面积。

水平面积与斜坡面积比較，虽斜坡面积在緩坡上与水平面积几乎相等，在特殊情况下有优点，但一般情况下水平面积對於植物所佔空间和营养土层比較相近，似乎較為实用，惟关于这问题的看法並不一致，应作进一步研究。

3. 試驗区和附属设备的布置：(見圖2)



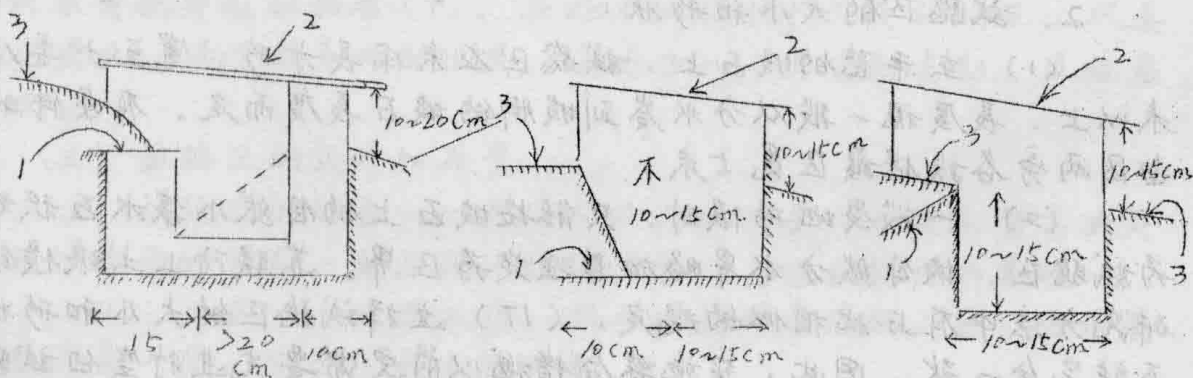
圖2. 坡石綜合試驗区布置示意圖

試驗区在平整的坡石上可以2个或更多的并排在一起，合用护埂、观测房和排水道，(見圖2)

一般受地形限制每一試驗区須作单独布置。試驗区的下端设集水槽，其他三面都设护埂。护埂可用混凝土、金属、木板、粘土(加麦秆)，表土等材料，应高出地石15~30厘米，下部积雪可能深厚处应高出50厘米，須注意防止埂内外迳流混流防止沿护埂裂缝增加渗透和沿护埂增加侵蚀。耕地内应作临时土护埂或装可拆卸的金属或木制护埂。

集水槽可用混凝土，

磚砌水泥护石，石板水泥构缝，白铁皮(24或26号)等制成。



上应加盖板，可用白铁皮、木料等制成。（见图3）集水槽横断面根据各地区保证率为1%的最大^{设计}径流量计算确定。槽底和壁涂上0.5厘米沥青。槽底向观测房应有2~3%的坡度。从集水槽通至观测房可用引水槽或引水管，其断面应与集水槽最高水位的断面相等，并应有1%坡度。

集水槽与坡地土壤接触处往往有裂缝，很容易漏去径流的大部份，如不注意常使许多观测资料不能应用，防护板用白铁皮或其他金属材料制成，就可防止渗漏，其放置地位见图3。

集水槽上盖板防止雨水落入，否则即设法减少降水量，仍影响径流的正确性。当试验区面积和径流系数愈小时，径流量影响愈大。

观测房应部份埋入地下，须距沟底适当距离，并不应低於沟底，以免房内灌水。如观测房建筑有困难，测验设备应加盖保护。

排水沟修筑在试验区的顶部以上和两侧，以防止区外径流流入区内。如试验区顶部自分水线开始，则上部的排水沟就不需要；为坡度很缓，排水沟中不致引起冲刷，两侧的排水沟可与护埂平行，留出0.5米的距离。

（四）试验区综合措施的规划：

根据试验区查勘的资料，应用小流域水土保持规划方法的原理（不8）。将实施综合措施的试验区从分水岭至坡脚，按照当地国民经济要求，因地制宜的规划各种适应的水土保持措施，并绘制水土保持综合措施规划图，即土地利用规划图。然后根据规划切实实施。如对照区找不到未进行措施的地块，可在不影响观测资料正确性的条件下，恢复原来状况，或再增加一种对照区，代表综合措施的不同方案。

考虑到农业生产合作化基础上不断跃进式的发展，土地利用规划应每3~5年修正1次。

二、小流域：

水土保持综合措施效益研究，在水土保持试验站上除坡面试验区外，采用的小流域可分为0.2~1.0, 2~10, 20~100平方公里3种不同面积。几百个平方公里的流域目前由径流站负责，将来普遍设立，如何划分研究对象，应讨论决定。

（一）小流域的选择：研究水土保持综合措施效益的小流域，不论它的面积大小，它的自然条件和土地利用情况必须具有当地

水土保持小區(6)的代表性,較大的小流域代表性要全面些,較小的可代表較大的小流域中的較普遍的类型,或几个类型中的一个。根据調查資料,按照水土保持小區的类型,选择2~10或20~100平方公里的典型小流域,再在这个流域内选择0.2~1.0或2~10平方公里的小流域。每一水土保持小區内选小流域的个数,視人力和实际需要来决定,至少选2~10或20~100平方公里的小流域一个,实行綜合措施,根据历年变化情况总结其效果。在流域内选0.2~1.0或2~10平方公里3个相似而相距不远的小流域,一个实行綜合措施,一个为对照,作效益比較,另一个与对照区作平行試驗1~2年后再实行綜合措施。(見圖4)如实际需要而条件許可,增加2~10或20~100平方公里的小流域一个作为对照,增加0.2~1.0或2~10平方公里相似的小流域1~3个或更多些,实行其他方案(包括不同农林牧比重)的綜合措施,或比較不同类型(包括不同坡向)的效益,或比較原沟联系和原沟分开的影响。

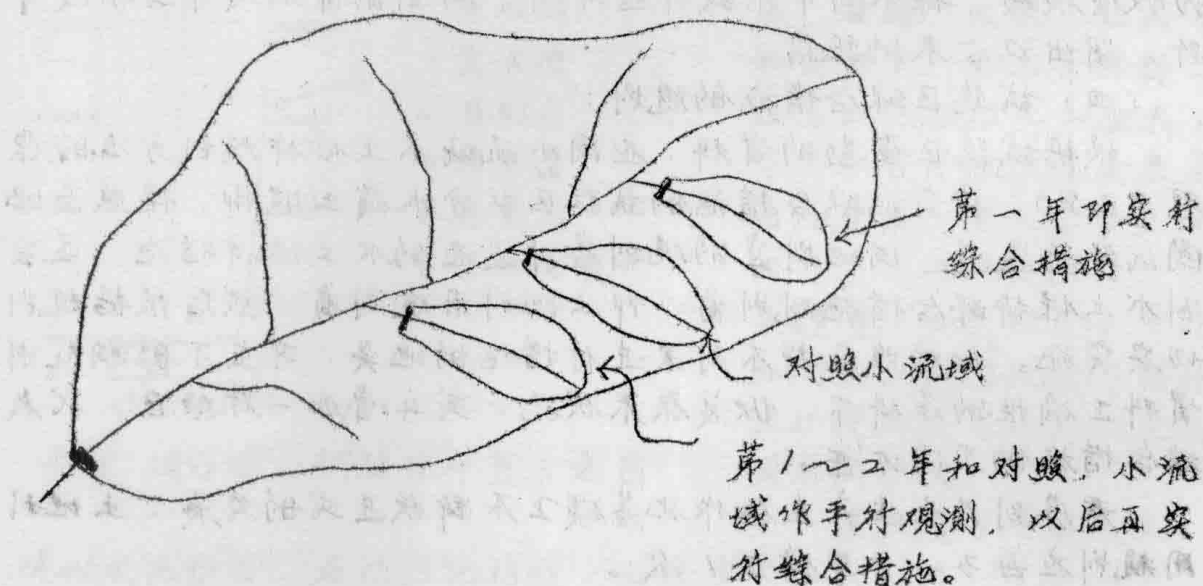


圖4. 試驗小流域布置示意图

西峯、綏德、天水、高山等站所进行小流域对比試驗都没有先作平行試驗(空白試驗)(9、11、12、14),就不知道小流域本身的誤差多大,对效益比較的可信程度缺乏根据,必須注意对比小流域事前进行平行观测。(15)

小流域应有明确固定的分水界。西峯站所选治理沟和非治沟都包括原石和沟壑石积,在计算径流时有时用总流域石积,有时

用沟壑占积，以致数字引起混淆（9.10）。最好一致用总占积，如只测沟壑侵蚀，则总占积不应包括原占积，并将2个流域的原占积加固，使原占积绝对不下原，以免影响沟壑资料的正确性。

小流域选择适当与否，和试验资料的应用价值有直接关系，所以应特别注意，作为对比的小流域除水土保持措施外，其他条件应尽量相近似。经德站所选对比的小流域占积相差太大，距离太远，这样就影响了对比的价值。（12）

（二）小流域的查勘：

1. 地形测量 采用比例尺大小须视地形复杂情况而定可参考表1。

小流域地形图比例尺标准举例： 表1

流域占积 Km ²	< 1	1~2.5	2.5~5	5~10	10~20	20~50	50以上
苏联径流 站须知规定	1:2000	1:5000	1:10,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000
西北黄土区 适用(建议)	1:500 ~1:1000	1:2000	1:2,000	1:5,000	1:5,000	1:10,000	1:10,000 ~1:25,000

2. 进行自然和社经调查，并制图：

除试验区查勘中规定绘制的各种图外还应绘制沟壑密度图，割切深度图等，并进行社经和水土保持经验调查总结。（5.8）在流域内选有代表性的断面1~3处，绘制综合剖面图。（7）小流域实施水土保持措施后，每隔3~5年重新查勘并制图一次，以反应变化情况。

兹将西峯梁山两站所选治理与非治理小流域的坡度组成列表作比较，从表2，（9.11）可看出要选很相似的小流域并不容易，虽绝对相同的小流域是没有的，但仔细地查勘，反复研究比较，可以得到最大的相似程度。

西峯离山站治理沟与非治理沟坡度组成比较 表2

站别	沟别	流域面积(Km ²)	沟长(米)	坡度组成(%)							
				0~5°	6~10°	11~15°	16~20°	21~25°	26~30°	31~40°	40°以上
西峯站	治理沟	0.87	1500	19.3	8.9	7.7	11.7	12.5	11.9	13.4	14.4
	非治理沟	1.15	1600	39.8	5.7	6.2	6.4	7.4	8.9	10.5	15.1
离山站	治理沟	0.19	758	5.2	7.4	9.5	22	21	3.1	31.8	
	非治理沟	0.21	790	16	3.0	13.2	14.9	2.6	22.3	22.2	4

(三) 小流域综合措施的规划

根据小流域查勘的资料，应用小流域水土保持规划的方法(7.8)，将实施综合措施的小流域和流域外有关农业社的土地，按照当地国民经济要求，因地制宜以小流域为中心，以农业社为单位，规划各种水土保持措施，并绘制水土保持综合措施规划图，即土地利用规划图；然后依照规划切实实施。如对照小流域已部份实施水土保持措施，应将实施项目和工作量调查清楚，在图上表示，并尽可能延迟水土保持措施。小流域和农业社地界关系见图5。如流域面积很小，可单独做一个规划。

为适应生产大跃进形势，小流域土地利用规划应每3~5年修正一次。

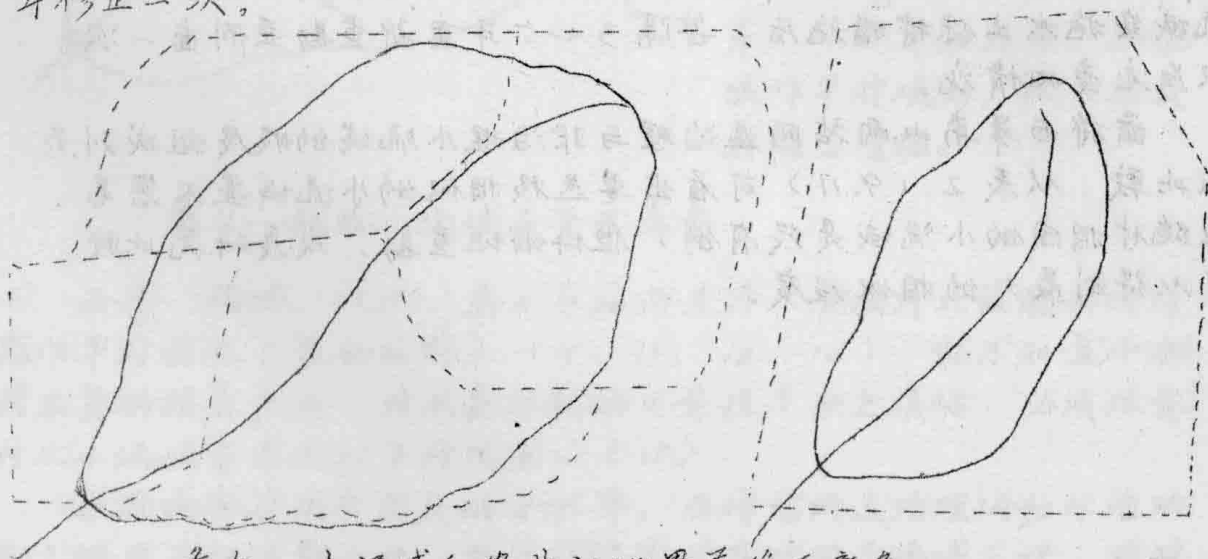


图5. 小流域和农业社地界关系示意图

(四) 小流域观测设备的布置:

1. 水土流失测验——在小流域沟口控制点按流域面积大小设置不同的水土流失测验设备, 在流域内根据需要, 还可加设小支沟上的观测点。

2. 气象观测——(1) 一般气象观测——小流域内或附近设气象站, 有条件时设山上和山下 (或原上和沟底) 气象站各一處。

(2) 雨量观测——雨量站多少应视小流域面积大小, 地形和植被情况而定, 苏联径流站须知 (4) 规定一般标准见表 4:

苏联不同流域面积设置雨量站数量表 表 4

流域面积 (km ²)	< 0.2	0.2~0.5	0.5~2	2~5	5~10	10~20	20~50	50~100
雨量站数	1	1~3	2~4	3~5	4~6	5~7	6~8	7~10
备注	上列雨量站数目中应有 30% 以上设置自记雨量计							

我国侵蚀地区一般地形复杂, 布置雨量站数目应适当增加, 布置时应依据地形, 尽量在平地上和高程上照顾均匀。

有大批森林地区雨量站也应增加, 并设在附近耕地上。

雨量站布设顺序, 大体可参考图 6 中号码: 仅一處时设在 1, 兩處时设在 1, 2, 余类推。

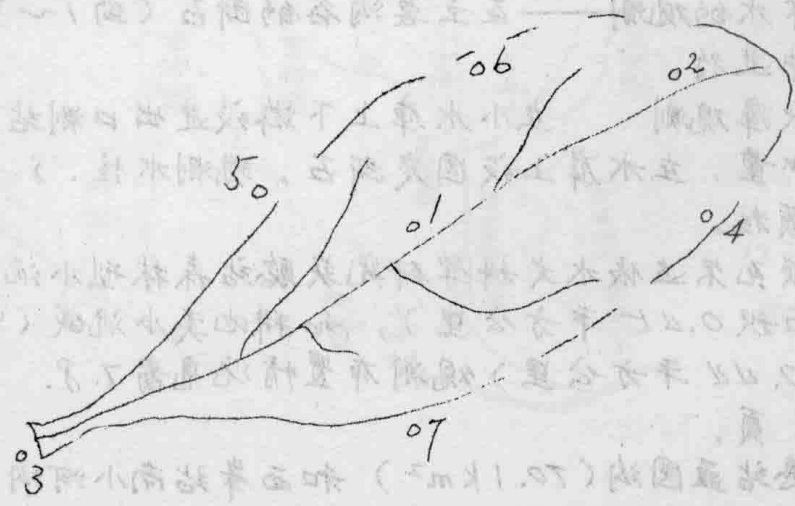


图 6. 小流域雨量站布设顺序。

經德站在不同流域面积内布设雨量站的数目見表5:(12,13)

經德站不同流域面积設置雨量站数量表 表5

流域名称	第三試驗沟	南窑沟	桑坪則沟	蕪园沟	备 注
流域面积(km ²)	0.312	0.732	0.93	70.1	
雨量站数量	6	8	6	17+12 [*]	*流域附近
其中:自記雨量計	1	1	1 [△]	1+2 [△]	△分式设计程度
委托雨量站				10+12 [*]	*流域附近
設气象園地类	山 上			山 下	

西峯站南小河沟流域面积30.7平方公里,除設^{以上}層上和沟底气象園有自記雨量計外共設雨量站15个,其中委托的10个,(13)由于分布不勻,分析資料时常遇到困难。

3. 蒸发和土壤渗透观测——在气象園或附近进行,或根据^{特殊}需要选点进行,如水库内进行水库水与蒸发,和不同土地利用条件下的土壤渗透。

4. 土壤含水率的观测——在綜合剖面不同地类不同輪作地内进行,每地类固定观测地塊,四週打樁编号。

5. 地下水的观测——在主要沟谷的断面(約1~3个)上專設的观测孔中进行。

6. 小水库观测 在小水库上下游設进出口測站,观测水位流量和含沙量,在水庫上設固定断面,观测水位、淤积、流速,並取样分析顆粒。

7. 苏联瓦尔达依水文科学研究試驗站森林型小流域(荒林溪間小流域面积0.45平方公里),和耕地类小流域(庄園沟谷小流域面积0.44平方公里)观测布置情况見圖7.8. 見瓦尔达依 40.44 頁。

8. 經德站蕪园沟(70.1 km²)和西峯站南小河沟(30.7 km²)观测布置情况見圖, 9.10

9
國

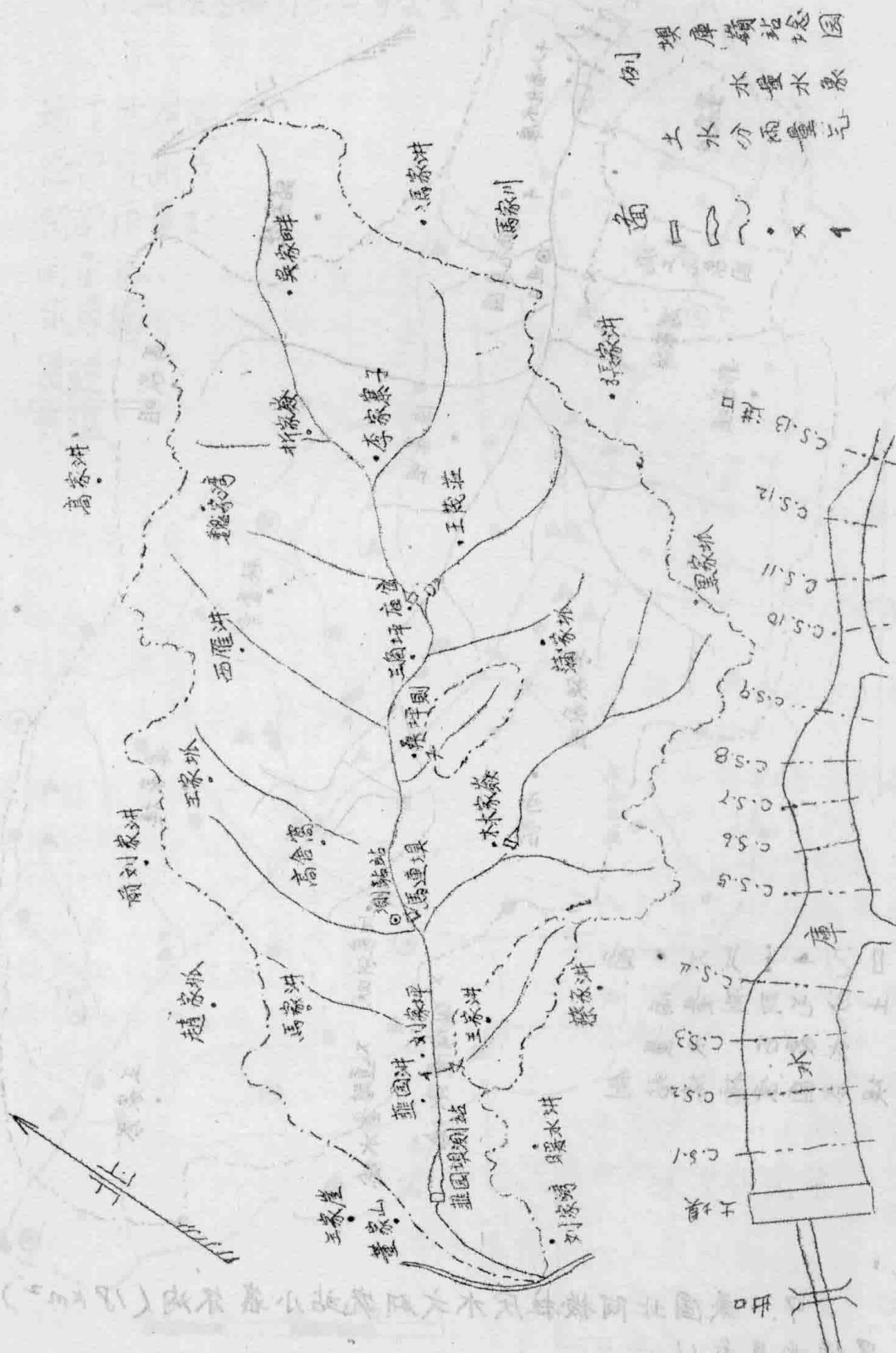
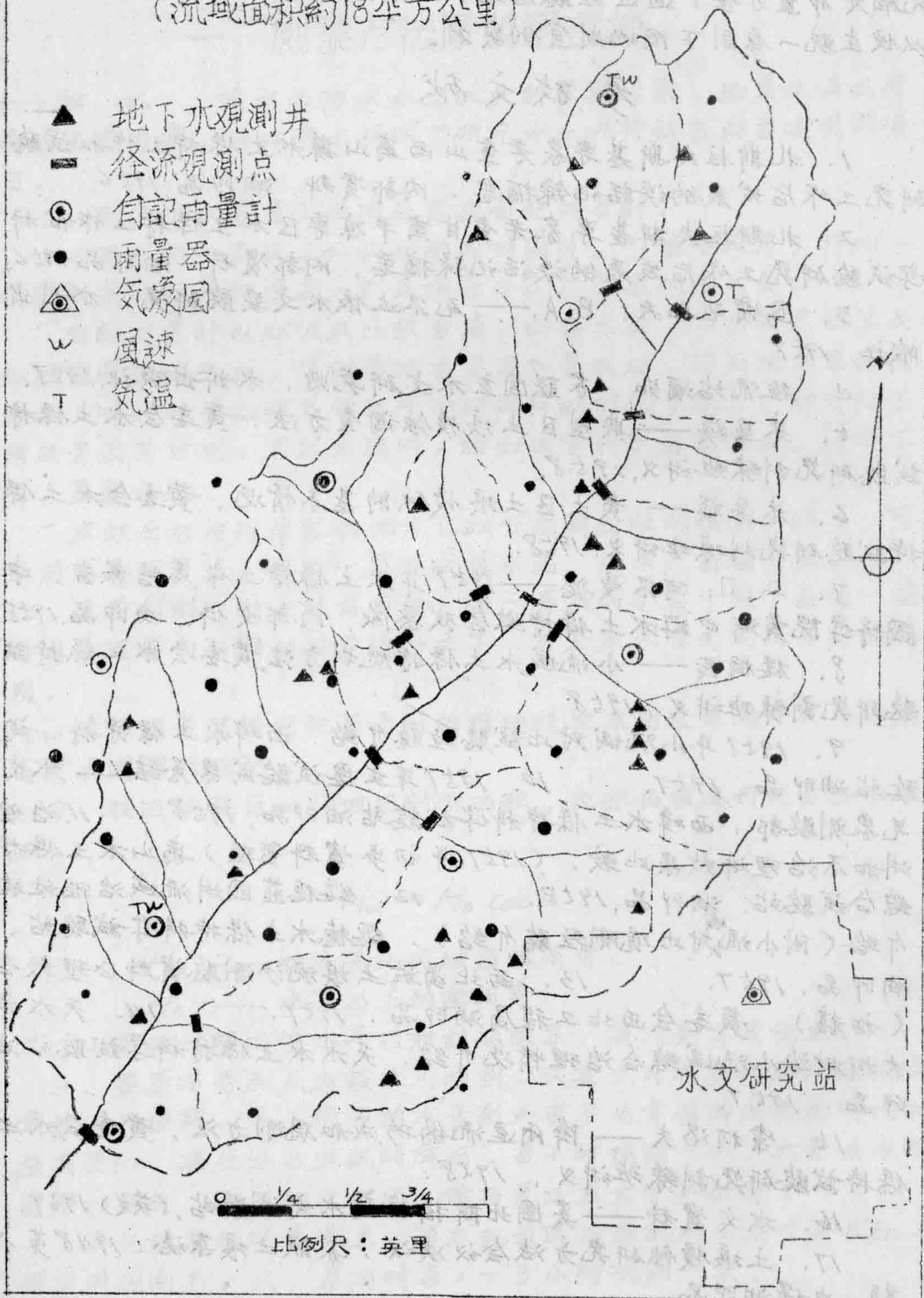


圖11: 美国北阿拉巴契水文研究站小密尔沟观测佈置示意图

(流域面积约18平方公里)



以上小流域观测布置情况仅供参考，各地区根据具体条件研究确定布置方案，通过经验总结，将来应制订小流域观测须知，以便在统一原则下因地制宜的实行。

参考文献

1. 北斯拉夫斯基专家考查山西离山縣水土保持工作和試驗研究工作后发表的談話記錄摘要，內部資料，油印品，1956。
2. 北斯拉夫斯基专家考查甘肅平涼專區水土保持工作和科學試驗研究工作后发表的談話記錄摘要，內部資料，油印品，1956。
3. 烏雷瓦也夫，B.A.——瓦爾達依水文實驗研究，水利出版社，1957。
4. 徑流站須知，蘇聯國立水文研究所，水利出版社，1957。
5. 朱昱謨——典型區土壤侵蝕調查方法，黃委會水土保持試驗研究訓練班讲义，1958。
6. 朱昱謨——黃土區土壤侵蝕的基本情況，黃委會水土保持試驗研究訓練班讲义，1958。
7. 山.Л. 阿尔曼德——1957年水土保持工作總結報告，中國科學院黃河中游水土保持綜合考察隊，內部文件，油印品，1958。
8. 樓桐茂——小流域水土保持規劃方法，黃委會水土保持試驗研究訓練班讲义，1958。
9. 1957年小流域對比試驗經驗介紹，西峰水土保持科學試驗站油印品，1957。
10. 1957年主要試驗成果總結——水文氣象測驗部，西峰水土保持科學試驗站油印品，1958。
11. 治理溝和不治理溝效果比較，（1957年初步資料整理）禹山水土保持綜合試驗站，油印品，1958。
12. 經德莊園溝流域治理經驗介紹（附小流域對比觀測經驗介紹），經德水土保持科學試驗站，油印品，1957。
13. 西北黃淤土填泥沙測驗資料整理報告（初稿），黃委會西北工程局油印品，1957。
14. 天水市大柳樹溝小流域綜合治理情況介紹，天水水土保持科學試驗站油印品，1957。
15. 索柯洛夫——降雨逕流的形成和觀測方法，黃委會水土保持試驗研究訓練班讲义，1958。
16. 水文資料——美國北阿拍拉灰水文試驗站，（英文）1939。
17. 土壤侵蝕研究方法會議決議，蘇聯土壤雜誌，1948第八期，中譯油印品。