

四川洪灾与地质背景的关系

李 正 积

(地质部成都地质矿产研究所)

1981年6—9月，四川遭受的特大洪灾是由于大气环流异常，连续6次暴雨和洪水的直接危害，致使全省138个县（市或区）、2,000多万人口受灾，57个县城、776个场镇被淹，有的县城几乎全部淹完（如金堂、合川等县），造成经济、财政和粮食的重大损失，灾区人民亦有伤亡。

一、如何认识洪灾与地质背景的联系

目前对洪灾的发生及其加剧因素普遍引起大家的注意，从地质学角度出发研究其与洪灾的关系，仍然是日后防洪工作中较重要的一个方面。

据有关部门的资料揭示，嘉陵江、涪江、沱江流域，五百年间遇涝132次，大洪涝17次，可见区内的强暴雨历有出现。这启示我们一定的地质构造格架控制了一定的地貌、水系形态，从而出现了涝区不同的灾害程度，因此洪灾与地质背景不能没有密切的联系。

加剧洪灾的原因之一，是森林植被遭到了严重的破坏，致使水土流失严重，生态失去平衡。四川省森林覆盖率已由五十年代的19%以上，下降到10%以下，盆地内的森林植被覆盖率仅有4.3%，其中少数县降到不足1%。这样光坡秃岭，岩土无蔽，尤其盆周的陡峻山地因毁林开荒，地表裸露，一降暴雨、洪水强挟泥沙，不但影响水位，而且淹淤破坏力增大。初看起来，洪患仅与森林植被有关；细究可知，地质背景与植被又紧密联系着。当植被覆盖率下降，地质背景亦遭恶化，岩石的侵蚀度增大，暴雨卷走的泥、砂更成倍增加。若受新构造运动的影响，洪灾的派生灾害亦会到处出现。故此说明，地质背景无论对植被或对洪灾都不应忽视。

加剧洪灾的另一人为因素是综合规划不够，未按自然规律搞建设。不但人为地破坏了土壤生态、江河航道，而且破坏了稳定的岩（石）层结构和地形地貌，且不于加固，故使生态的失调更加恶化，洪水的危害更严重。凡是没有综合性、科学性地衡量利弊的厂矿、房舍、道路、水利及农田等工程，皆因在滑坡上（或附近）施工，陡坡峭壁下搞建筑、掘渠，在断裂带或易滑岩层下建设，沙坝上修楼房，山洪口修塘库，堵河滩造“良田”……等等，使自身严重受害，也扩大了整个洪灾的严重性；还有某些施工修建中只顾自己节省和方便，将成千上万吨的泥砂、石块及矿渣倾入江河，造成人为的淤浅和堵

塞，也加剧了洪灾的危害。显而易见，人为地破坏了地质背景必然导致一系列恶果。

二、加剧洪灾的地质背景因素

四川农业地质中的地质背景因素对加剧全省洪灾起着较为厉害的作用，研究其影响特点，具有极为现实的意义。

(一) 地壳运动及其地质构造格架的影响。在侏罗纪、白垩纪时的燕山运动影响下，盆地的周边形成了高山峻岭，以古大巴山和古龙门山最为突出；中间是一个大湖泊，在河流的搬运堆积及成岩作用下，形成了今日的红色岩层。再到新生代第三纪初期（约0.3亿年前后），受喜马拉雅山运动的影响，亚州南部地壳板块（印度板块），迅速向北俯冲，不但开始了喜马拉雅山的形成历史，也波及到四川盆地，使其结束了河流湖泊的沉积过程。波涛汹涌的长江水才得以切开巫山三峡东流而去。由于青藏高原不断升至四、五千米，西风大气环流通常会象“大瀑布”一样直泻入仅300—500米标高的四川盆地内，形成气旋；又在热带副高压（或富水分的季风）的影响下，当遇到北极区南移的冷空气气流的牵动，在盆地西部和北部就形成数个（1981年主要三个）暴雨中心区，形成阻塞性降雨，随即洪水泛滥成灾。由此可见，地壳运动导致的地质构造“格架”制约着山势地貌的发展，从而影响着暴雨中心及降落范围。常年出现的暴雨区仍然在龙泉山——旺苍一线以西，雅安、名山地区年降雨量超过1,200毫米；而川中南充一带年降雨量多小于800毫米，个别年份仅600毫米左右，所以该区多旱年。

(二) 褶曲（背斜、向斜）构造的控制。四川盆地内的褶曲构造，多形成正地形地貌，华蓥山、龙泉山、总岗山（熊坡）等大小山脉恰好与背斜构造相一致。其构造线方位多呈北东或北北东向，明显地控制了盆地内不对称的枝状水系。以长江为干流，北侧受水面积广阔而丰富，有河道很长的嘉陵江、涪江、沱江、岷江四条大江河，并以宽角或近垂直交汇于长江，嘉陵江下游还聚汇着涪江、渠江之水，连续通过几个峡口才汇入长江，显然这种水系特点不利于排洪。长江以南仅纳聚乌江及其他短促河流（赤水河、永宁河、綦江等），故对导洪影响较小。

尤其值得注意的是，长江北侧的江河正通过盆地中部丘陵区，只要“堤坝式”的背斜山一阻隔，江河被迫穿越狭窄的峡口区（赵镇南的三皇峡口、合川南的沥鼻峡……），形成一处处的“死闸门”。结果因“死闸门”作用，在暴雨强度大、持续时间长的上游洪峰到来时，由于排洪受阻导致洪水位增高（有的地区较正常水位高18米以上），洪峰势头增猛，峡内一片汪洋（如赵镇、合川），峡外低洼区也长时间受冲淤（如简阳、资阳）。但由于洪水延缓消退，对长江中游的葛洲坝工程、荆江工程又起到一定的保护作用。

(三) 新构造运动的波及。四川盆地周边的中低山地龙泉山、华蓥山等相对抬升，以龙门山区最显著；而处于中间的成都平原或其它低洼浅丘区，则属相对下降的凹陷区。这种俗称“撬撬板运动”的作用，近百万年来表现得非常突出，在凹陷区内至今还继续接受沉积物。成都平原在郫县一带，第四纪冲积砂（砾）泥石层厚达250—400米；平原一般厚均有数十米。这说明河道淤浅沉积的现象除人为因素外，大自然也悄悄

干着淤塞和填平江河的事。1981年降雨量增加，降雨区扩大，自然淤积就更加厉害了，使得下陷的成都平原及其他类似区域冲淤加剧，洪灾更加严重。

新构造运动的波及，还反映在地震活动强烈或频繁的区域（如平武、南坪、茂汶一带）不但易爆发山洪，把松散泥、砂冲入江河，致使盆地内河床的淤高，引起洪灾；而且会突然发生泥石流及滑坡，造成山区洪灾派生灾害的严重危害。

（四）降雨区岩石特性的作用程度。据目前初步研究，降雨区的岩石组分、物理化学性质对加剧洪灾有较大影响。依抗侵蚀度强弱可分为三种类型：

1. 抗侵蚀度弱的岩石。暴雨降落在粘土岩类分布区（如盆地内的红色泥岩、砂质泥岩，龙门山和大巴山区的千枚岩、板岩、部分片岩等），因岩石的硬度、比重均小，细微裂隙（节理、劈理）十分发育；其泥岩、砂质泥岩易物理风化成“石骨子”状，千枚岩、板岩、片岩等多呈现“岩屑片”状，抗侵蚀度最弱。一遇暴雨，此类岩石及其衍生土壤，极易遭到片蚀及沟蚀，甚至伴随着崩塌似的刨蚀作用，促使洪水变成浑浊度很高的“红水”，好似流淌的“血”，不但助长了洪水位的增高，加深了对沿江河流域的庄稼的淤害；也大量冲走了肥沃的土壤及土壤的“天然供应库”——土壤母质或母岩。

我曾在潼南县一处遂宁组红色砂质泥岩中观察，估计最强的侵蚀点可达1厘米/年的侵蚀速度，超过年2毫米者较多，大于年平均1毫米的侵蚀速率是普遍现象。秦岭南坡嘉陵江上游是典型的侵蚀区或侵蚀中心区，侵蚀非常严重（如白龙江三磊坝以上区域多年的平均侵蚀模数M值为646.2吨/平方公里，径流深y为361.9毫米），水流中含沙量较大。其中泥沙量粘土岩类起了很大的作用，变质的粘土岩及变质的砂质粘土岩占较大比例。

2. 抗侵蚀度中等的岩石。若暴雨降落在组分和颗粒不均匀的花岗岩、长石砂岩、钙泥质砂岩出露地区，因其岩石裂隙较发育，风化壳作用较快，风化带亦较厚，一经强暴雨迅猛地淋冲，疏松的块体立刻崩解成细砂粒；瞬时间就被股股小山洪卷进江河，成为沙洲、沙坝沉积的主体，对加剧洪灾的危害仅次于粘土岩类。

3. 抗侵蚀度强的岩石。当暴雨降落在石灰岩、大理岩、石英岩等岩石区，因岩石硬度大，比重亦大，结构很致密，裂隙率较少，通常以缓慢的化学风化作用为主，物理风化弱，强暴雨对其岩石的机械性冲刷或侵蚀作用，几乎是微不足道。这表明，这类岩石对加剧洪灾的影响甚微，局部洪灾派生灾害滑坡、泥石流有少量岩块卷入。

综上所述可知，岩石类型与洪灾的关系非常密切，软弱的粘土岩类具有加剧洪灾的显著作用，也是抗旱、恢复植被和生态环境最重要的目的层。

（五）地貌的差异性影响。不同的地貌区，工农业生产水平和发达程度有很大的差异。川西以高山峡谷区为主，河流坡降比大，排洪速度快，洪灾对林牧业为主的经济体系破坏较小；川西南会理、会东等地区，多为山间盆地，遇强暴雨则易遭山洪、滑坡、泥石流的危害。四川盆地遭受严重洪灾，其地貌特点具有显著的作用。分析主要受两种致灾因素控制：

1. 四川盆地是一个相对凹陷的汇水盆地，周边的大江、小河及溪涧全部汇聚其中，仅靠偏东南的长江干流渲泄。当大区域强暴雨发洪时，必然易导致洪峰滞阻，偏低洼处积水泛滥。前述的“堤坝山”及“死闸门”地貌决定了遭洪灾的可能性及其控制范围。

由于盆中凹陷，盆周山势陡峭，坡角 $>25^\circ$ 的地区较多，尤以大巴山，龙门山区最突出。因松散的残坡积物很发育，暴雨时，盆周的泥、砂随水直泻入盆内，淤浅河床，沿江岸冲淤农田房屋十分严重；而山区又是滑坡、泥石流大量爆发的场所，故加剧了洪灾程度。

2. 盆地内的江河水系发育较成熟，多呈密集的枝状水系。同时普遍呈现“U”形或蛇曲形河道，其濒临的冲积坝子易遭洪水危害。今年盆中的重灾区（如资阳、内江、遂宁、潼南及南充等地）几乎均与此种地貌有关。在江河交汇口（合川、金堂、新津等地）或紧靠峡口区受灾亦很重。

（六）地质、地理条件与人类活动结合的弊病。盆地红层区及冲积平原（或坝子），是“天府粮仓”的支柱。各沿江流域自古以来土地肥沃，物产丰富，而且水路是古代的交通枢纽，因此沿江一带人口兴旺，房屋建筑密集，码头众多，成为商业物资的主要集散区。至今，人们仍习惯于顺江发展，甚至“掠夺”江面（即围河造田，沙滩建筑等）。这应是加剧1981年洪灾的历史性原因。

（七）复杂的地质、地理环境区派生灾害的出现。1981年6—9月的暴雨时期，四川省西部、盆地西缘及盆西深丘低山区，64个县（市）因暴雨的诱发，出现了大小数千处的滑坡、泥石流、地裂缝和山崩，对工农业生产危害极大。部分地区因爆发了巨大的滑坡、泥石流，严重阻塞了交通，破坏了工程建设，并给群众的生命财产造成很大损失。

派生灾害发生的直接原因是特大暴雨的诱发。由于强暴雨的降落提高了地下水位及潜水的运移能力，一些较松散的土体和较软弱而不稳固的岩石因水分饱和，重量增加，起“润滑油”作用的水浮托着已有滑坡痕迹的滑坡体，突然滑落，致成滑坡灾害。凡是具有泥石流基本条件的隐患区，在水的诱发下，立刻会造成泥石流灾害，如1979年11月雅安附近曾发生一次灾害性泥石流，给国家建设及当地人民带来重大的损失和伤亡。地裂缝形成的原因较复杂，但仍与水的作用相关，常同滑坡活动有关（如去年苍溪一带发生的地裂缝，中江常有出现）；亦有因地下溶洞和矿山采空陷落等因素引起，造成灾害的程度多随地而异。山崩多属坚硬或较坚硬岩石的陡崖和绝壁区出现的灾害，水依然是打破坠落的临空平衡的重要因素之一。

然而地质背景条件则是产生滑坡、泥石流、地裂缝、山崩的基础。因为这些派生灾害多发生在地质构造复杂（断层、断裂交错）的大巴山、龙门山、邛崃山及凉山等中低山地貌区；部分常出现在盆西北的深丘—低山区（如旺苍、苍溪、仪陇、南部、中江及龙泉山等区域），其岩石类型常以较弱易碎的粘土岩或砂质粘土岩、薄层泥灰最发育。它们不但抗侵蚀度差，而且易沿层面或裂隙面滑动、崩塌和破碎。同时暴雨期的水文地质条件总是朝着有利于前述派生灾害方向变化着，故此，洪灾中的派生灾害与地质背景条件的优劣有密切的关系。

三、洪灾的地质背景分区

1981年四川的特大洪灾，其较重要的加剧因素地质背景条件，既显示地质背景分区性特点，又呈现隐性倾向。现依据各种地质背景条件的结合形式，综合性影响，历次致灾特点和当年的危害程度等方面，概略地将四川西部划分为三个洪灾危害区：北部山

地滑坡、泥石流及蚀源区；盆地西北冲淤滑塌区；盆中冲淹淤积区。

（一）北部山地滑坡、泥石流及蚀源区。该区正处于秦岭构造带的南侧，褶皱构造、断裂构造均较发育（如龙门山、大巴山构造带），而且新构造运动强烈，长期处于上升活动，致使形成低中山——中高山山地地貌，其间峡谷区的山间河流坡降比较大；区内粘土岩类、花岗岩及其他柔性或脆性岩石，因受地震的频繁影响和坡陡崖峭的临空不稳定趋势所制约，故大量疏松破碎的岩石裸露。常年在暴雨诱发下就会爆发较多的滑坡、泥石流、岩崩。1981年受到罕见的强暴雨袭击，灾害十分严重（如宝成路沿线）也就势在必行了。同时，该区地表径流冲蚀力强，搬运砂粒迅速，属强侵蚀区或侵蚀中心区，大量的土壤颗粒及岩石碎屑被卷入河道。不但区内土壤及其母质损失很大，破坏了生态平衡，而且严重冲淤了盆地内的河床和沿江岸坝子。

（二）盆地西北冲淤滑塌区。位于盆地西缘与龙泉山至旺苍一线之间，呈北东走向展布。北段以深丘低山地貌为主，大部分岩层为白垩系“城墙岩群”，垂直裂隙发育，既遭到滑坡、地裂缝的危害，又呈现“死闸门”作用，严重地冲淤了旺苍、广元一带的低洼区（最高洪水位普遍较正常水位高13米以上，局部超过20米）。

该区南段，除三台、中江、龙泉山一带遭受滑坡、地裂缝致灾外，成都平原及沿江、沱江流域的第四纪冲积坝地造成严重淤害。其中赵镇南的三皇峡一带，由于侏罗系砂岩形成的狭窄“之”状或“齿”状峡口，在“堤坝山”（龙泉山阻隔下），三皇峡一带的“死闸门”作用更加厉害，使金堂县出现百年不遇的洪水漫淹灾害。新津南的狭窄河道，平缓河床夹于熊背斜北端的白垩系岩层之间，曾经是洪水漫淹区，仍有潜伏的隐患，因此与金堂一样都应注意防洪研究。

（三）盆中冲淹淤积区。在龙泉山背斜一线以东与川东平行岭谷区（尤其华蓥山背斜）之间的地带，几乎全为侏罗系红色岩层的丘陵区。岩层中泥质及砂泥质岩石占70%以上，侵蚀强度普遍较大，“石骨子”岩屑及其单源类土壤常遭片蚀和沟蚀。1981年洪水致灾最严重的是嘉陵江、涪江、沱江沿岸，一方面因河流的蛇曲曲弯系数较大，河床通常很宽缓，当洪水位增高后，洪峰尽力循直线开拓新的主航道运动，结果肥沃的坝地、人口密集的村庄严重受灾。另一方面由于川东平行岭谷区的典型“堤坝山”和“死闸门”的综合作用，提高了洪水位（有的区域高出正常水位18米，甚至20米以上），拖延了洪峰消退时间，造成不少城镇（如合川）全部被淹，带来重大损失。显然，本区是历史上洪灾的受淹区，一遇灾害必然十分严重；而且还是洪灾的隐患区，故此应充分注意防治。

四、注意地质背景规律，采取综合性的防治灾害

洪灾的自然发生规律是很复杂的，加剧洪灾的人为因素和自然背景条件（地质背景是其中较重要的一项）更多。但只要研究它，认识它，趋利避害，采取综合性的防治措施，从“优选”关键因子入手进行治理；若再次发生类似或更大的洪灾时，就一定会降服它，至少可极其显著地减弱它的危害程度。

首先，四川省的防洪应与农业的综合区划相结合，与当前的或长远的工业布局相结

保护环境资源，发挥地区优势

四川省环境保护局

一、洪灾对环境的破坏

四川省1981年发生的洪灾，主要在沱江、涪江、嘉陵江、岷江流域20万平方公里范围内的人口稠密、交通方便、土地肥沃、物产富庶地区。这次特大洪灾，为什么集中在几条主要江河，涉及如此大的范围，损失如此之严重呢？究其原因，除不可抗拒的自然因素外，主要是人为活动破坏了环境和自然资源，生态平衡失调，抗御灾害力弱，加重了灾情危害。

1、森林是环境中最大的生态系统，具有调节气候、涵养水源、保持水土、防风固沙、净化大气、改善环境等生物效能；破坏了森林就失去了生态平衡的主体，使环境恶化，后患无穷。四川省的森林复被率解放初期为19%，现下降为13.3%，资源多集中于阿坝、甘孜、凉山三州，既是长江上游重要的木材生产基地，又是四川的绿色屏障，其利用的好坏，关系极大。但由于大量的砍伐，资源开始枯竭，森林效益逐渐减退，一些地方将具有特殊作用的林地也砍掉。如弓桢岭（岷江、嘉陵江、涪江的源头）的水源涵养林，被砍成残林迹地，夹壁沟的科研教学林已伐取殆尽；不少保护区的自然景观遭到破坏，一些护坡护岸林、山脊林墙被砍伐，还有些草原向森林过渡的小块零星林地，遭到毁灭性采伐等。这些森林对抗御灾害，维持生态平衡，保持水土都具有重要作用。毁掉了森林这个调节中心，势必要影响“天府之国”的农业，使长江有变成第二黄河的危险。从这次特大洪灾发生的地点可以看出，几条主要江河上游的森林植被破坏都很严重。

第二、防洪除了坚决克服人为的影响或加剧的其它因素之外，应充分考虑地质背景的多方面，如地质构造、岩石组构、水文地质、地貌及第四纪堆积物等的变化规律，因为地质背景条件是具有多向性和隐蔽性影响因素之一。

第三、应注意四川的地质背景条件是很复杂的，且随地区而变，这又往往容易被人忽视。如地质构造的影响（即构造“格架”的控制）主要是掌握它的规律性。因势利导；地层特征及岩石类型的差异，与抗侵蚀强度和暴雨的携沙量有明显的相关性，所以建议防洪先治沙，治沙先治岩的办法。尤其是抗侵蚀度低的粘土岩类区域和其它易破碎的岩石（如花岗岩）地带，依据岩石特性，积极有效地植树造林，稳定岩层或土体边坡，修建滤沙治沙工程，采取合理的耕作制和协调的工业布局，这样对防洪必奏良效。

第四、应普遍加强水土保持工作，加速绿化，增加森林或植被覆盖率，是当前防洪

重，流域内复被率很低，岷江为16.1%，嘉陵江为13.7%，涪江为11%，沱江仅有6.18%。在大致相同的暴雨情况下，森林复被率大的，灾情较轻；复被率小的，受灾较重。如嘉陵江畔的苍溪县龙王公社，大跃进时把森林砍败，1964年三天内降雨250毫米，冲毁耕地100多亩，以后大抓了造林，森林复被率恢复到30%，这次两天内降雨290毫米，土地一亩未冲毁；沱江流域的资中渔溪区森林复被率为24.8%，这次降雨259毫米，淹没和冲毁农作物1.5万亩，垮塌房屋573间；而相邻的水南区，森林复被率只有1.9%，降雨比渔溪区还少4毫米，却淹没和冲毁农作物4.3万亩，垮塌房屋1.5万间。这些都说明，森林有明显的防洪、滞洪和保护环境作用。

许多山区为了“向荒山要粮”，农业跨纲要，不顾山穷水尽，毁林开荒，陡坡垦种，结果是越垦越穷，越穷越垦，使生态环境遭至严重破坏。据有关部门不完全统计，解放以来毁林开荒和火烧林地达4,000多万亩，相当于全省历年造林保存面积的总和。不少山区县的耕地都比解放初期增加1—2倍；南江县的耕地，解放初期为25万亩，现扩至52万亩；北川县由10万亩增至27万亩；城口县由20万亩增到42万亩，加上轮歇地为88万亩；通江县由不到30万亩扩大到58万亩，算上轮歇地，实际为110万亩。

植被破坏后，加剧水土流失。土地是发展农业的基础，是环境的重要方面，只有土地才能满足人类最基本的需要，而土壤的形成非常缓慢，要几个世纪才能形成3厘米表土，一旦流失，基岩裸露，很难恢复。因此发展农业再没有比保护土壤更为重要的事情了。保住水土资源，才能够保护好农业生态系统。四川省的水土流失相当严重，每年流经三峡的泥沙量达6.4亿多吨，相当于500万亩耕地被冲走表土半尺厚，所带走的氮、磷、钾肥料约480万吨。1981年的特大洪灾对土壤的破坏力极大，被剥蚀的表土滚滚而下，受淹地区的场镇，洪水退后，淤泥达1—2尺厚，长江的含沙量达7%，比20年前增加一倍多。据重庆寸滩水文站监测，洪水最大流量达8.5万立方米/秒，巫山站监测为7万多立方米/秒，即洪峰期间，每小时有180多万立方米的泥沙出三峡。上游水土流失，下游遭殃。据反映，长江上游地区的土壤侵蚀，占全流域侵蚀总量的54%，使下游的生态系统日益恶化，环境演变。洞庭湖是过去的云梦泽被淤积消亡后出现的，解放初期洞庭湖水面为4,350平方公里，现在缩小35%。目前湖面已高出江汉平原3米多。如

抗旱不容延缓的任务。但须注意地质背景中的母岩特征和各种地质营力作用，对绿化树种、营造方式及进行步骤起着地域性特殊性限制。

第五、防洪应把疏浚河道、修建防洪堤与其它水利工程结合进行，但亦需加强工程地质、水文地质的研究，充分考虑地质背景的利弊性。

第六、防洪还应积极加强对派生灾害（滑坡、泥石流、地裂缝、山崩、地陷等）的调查分析，认真研究地质背景条件与隐患性的联系，采取有效的、综合性的防治措施。

第七、防洪不仅是一时之计，需组织多种学科的综合研究。在监防洪灾发生的同时，也要警惕旱情的发生，加强地质背景研究应是综合性防治措施中较重要的方面之一。

最后、鉴于过去工农业布局及修建中的盲目性或未注意其广泛后果（如不少地区不但破坏了自然生态，而且破坏了土体结构及岩层的稳定性，也不予补救），故建议四川省应设立专门的管理机构，确保洪旱灾害的减弱或根治。