

关于二滩高坝的几点看法和想法

徐煜坚

(国家地震局地质研究所)

编者按

本文系徐煜坚教授在二滩可行性研究讨论会上的发言稿,本刊发表时只在个别地方作了删节。徐先生在研究新构造运动与土工建筑物的区域构造稳定和我国大型水电站的工程地质条件方面都有广泛的研究,本文对二滩高坝的一些看法,无疑对该工程今后的专题研究工作有很大指导意义。

关于雅砻江二滩水电站的区域稳定性和修建高坝的可行性,谈谈我的看法:1.坝区的基本烈度定为七度是合适的;2.坝址不存在“沿江断裂带或韧性隐破裂活动带”;3.高烈度带内可以修建高坝;4.金龙山滑坡不会发生深层整体滑动。还有几点不成熟的想法,供讨论参考。

横断山脉的优越地位是得天独厚的,既有丰富的、重要的和稀有的矿产资源,又有清洁的、廉价的、可再生的和重复使用的强大的水力资源。有利于对钒钛磁铁、钨、金等多种共生金属的开采、分选和冶炼的大量耗电工业的急需,天时地利,相得益彰!可是,峡高谷深,地质构造复杂,地震活动频繁和现代地质作用强烈等一系列问题。因此,要求我们严肃认真地对待,脚踏实地,一丝不苟地工作,来不得一点疏忽大意。我认为上述的客观事实,既有有利的一面,也有不利的一面,二者相互联系,相互制约,相反相成,对立统一,逐步认识,尽力使我们的认识符合或接近客观实际是可以办到的。水利电力部成都设计院、00300部队和中国科学院等二十多个单位,上千的勘测科研人员十多年的同心协力,又多次组织国内外专家现场调研,反复讨论,并且也十分重视不同的和反面的意见,发现任何疑点,立即进行勘测,对于巨型的水电工程采用这样的方式来勘测和设计是必不可少的,而且力争做得更好些。我认为二滩水电站可行性研究报告在科学论证上是可信的,在技术措施上是可行的,在经济效益上是可观的。说这是一个不可多得的坝址并不过份,下面是我的几点看法和想法。

一、看法

1. 二滩坝区的基本烈度定为七度是合适的

我国是世界上多地震的国家之一*。川西又是有名的构造地震带。二滩(拱坝或重力拱坝)坝高达245米,将是我国最高的大坝。对所有坝区的地震危险性的评定,我们慎之又

$M \geq 6$

*据比较二十世纪以来我国 $M \geq 6$ 级地震的数目比美国多十倍;中国和美国在纬度上,构造地质上和面积上(比美国大三十万平方公里)可作比较。

慎。回顾评定坝区的基本烈度简史：先是应用我国丰富的历史地震记载，虽然记载不够齐全、准确，但破坏性大地震是不会被忽略的；尽管川滇两省的地震台网，在六十年代才开始逐渐布设，但可以了解本区近年来小地震活动的动态和动向，乃至中、强震的震源力学性质。随着大量的地貌、地质、大地测量、地球勘探等工作的不断开展和深入，我们的烈度评定也在不断地改变。1957年《中国地震烈度区域划分图及说明书》将二滩坝区定了Ⅶ度；1965年《中华人民共和国自然地图集》（内部资料）中的第27图《中国地震活动分区图》将坝区定为中强地震区；1973年分别经国家地震局成都地震大队及西南烈度队鉴定，坝区基本烈度为Ⅶ度；1977年国家地震局西南烈度队《西昌一渡口地震烈度区划综合研究报告及附图》，其中附图4《西昌一渡口地区烈度区划图》（1973—2072年）将坝区定为Ⅶ度；1981年《中国烈度区划报告》的《中国历史地震烈度分布图》将坝区定为Ⅶ度；1983年国家计委和中国科学院组织的评议会认为“二滩地区基本烈度可考虑七度或七度稍强”，“从工程抗震角度来说，坝区场地烈度定为七度是比较合适的”。“鉴于二滩水电站的重要性，建议国家地震局对该工程地区的基本烈度和场区烈度再次审定”。

这次审查会上，00300部队的同志根据四川省地震局提供的17年来本地区670个 $M=2-3$ 级地震震中（其中包括矿山爆破的人为地震在内）点在图上，可以看出坝区周围没有小震震中。设在坝址的一台地震仪，一年来的观测检验，亦未发现坝区有小震活动。据此，“或七度稍强”一词不够准确，可以删去，我是赞同的。理由是：1）基本烈度是国家地震局和城乡环境保护部审定批准的。当然，个人、集体、单位可以提出对基本烈度的看法。2）据1983年将出版的《中国地震目录（公元前183年—公元1969年）》，四川省自公元前26年到1969年共记到 $M \geq 4.0$ 的地震212次，（其中历史记载的41次）*但在测区范围内的西昌、冕宁、德昌、盐源四个县地震的记载和记录较多，距坝区最近的米易和盐边各记到一次地震，测定震中位置精度中等（ ≤ 50 公里），震级分别为 $4\frac{3}{4}$ 和 5.5 ，后者震中烈度Ⅶ度，影响坝区估计不到Ⅶ度**。新近的是1955年9月23日23时6分23秒，震中位置 $26.6^{\circ}N, 101.8^{\circ}E$ ，精确度 ≤ 25 公里，震级 $6\frac{3}{4}$ ，震中烈度Ⅷ度，宏观震中 $26.4^{\circ}N, 101.9^{\circ}E$ ，宏观的震源深度10公里，震中在云南永仁拉蚌、四川会理鱼蚌一带，影响坝区为Ⅶ度（437页图161）。再参阅《云南省地震目录》图1、2，1976年—1979年， $M \geq 4.0$ 和1979年—1980年， $M \geq 3$ 的震中分布图，在坝区及其邻近亦没有震中。四川、云南两省的测震同志有经验，又有一定数量的地震台，仪器也正常，他们测定的数据是可信的。所以我认为坝区定为Ⅶ度较合理。

2. 坝址不存在“沿江断裂带或韧性隐破裂活动带”

据我看到各种卫星影像图和红外线航空照片，《中国构造岩体略图》，1979年《中华人民共和国地震构造图》等，在坝区没有“第四纪活动断裂或活动的隐伏断裂”。1979年《中国构造体系与地震图》在坝区也没有“巨型纬向挽近活动断裂或挽近潜伏活动断裂”，而坝区恰好是在两条纬向断裂之间。1983年《中国及邻区海陆大地构造图》中，

* 1962年2月27日14时34分53秒，仪器定的震中位置北纬 27.6° ，东经 101.9° ；宏观震中 $27.1^{\circ}N, 101.8^{\circ}E$ ，位于米易德昌一带（请对坝区影响调查核实）。

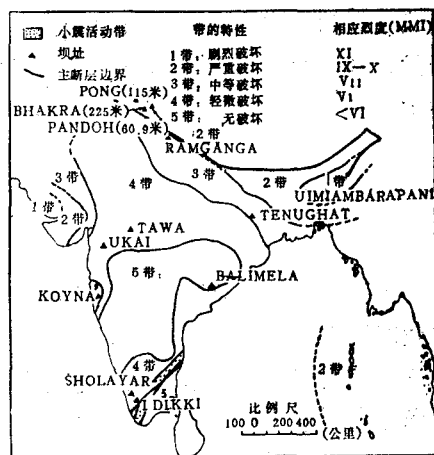
** 西昌已有一千三百多年、盐源有五百多年的历史地震记载。

南北向的岩石圈张性断裂约在坝区东侧的20公里处。重力图和航空磁测图在坝区沿江没有异常带或梯度带。1979年我和同行多人曾沿坝库区江边踏勘，虽然观察不够仔细，如果有明显的断层破碎带相信不会漏掉。头滩断层过江后即尖灭，但据测定，35万年以来它没有活动过。坝址附近的一台地震仪一年来没有记录到坝区和沿江一带有小地震，坝址的谷坡和江底几十个成排的钻孔，所取出的岩芯仍证明坝址沿江并不存在断裂带。

3. 高烈度地带内可以修建高坝

国内外建坝的经验证明，高烈度带内已建、在建和拟建的坝高100米以上的不少于410座。台湾是我国地震最多的一个省，大成重力拱坝，高180米；曾文堆石坝，高136.5米；石门堆石坝，高133米和雾社拱坝，高114米。这些都在基本烈度Ⅷ度的地区。甘肃、青海是地震多而大的省份。坝高147米的刘家峡重力坝（已发电多年）和在建的坝高168米的龙羊峡重力拱坝都是在基本烈度Ⅷ度的地区。坝高112.5米的水丰和坝高104米的云峰两个重力坝已发电多年，基本烈度虽然不高，却都在鸭绿江深大断裂带上。著名的三门峡重力坝既在Ⅷ度区，又在黄河地堑边缘。河北邢台的坝高114米的朱庄砌石坝，经历过1966年邢台M=7.2、M=6.8级等长时间的地面振动。坝高103米的河北迁安潘家口重力坝，左坝肩有第四纪断层，在1976年施工期间一天内分别受到M=7.8级，震中烈度Ⅴ度和M=7.1级，震中烈度Ⅷ度的唐山大地震及其强余震的影响。广东新丰江，坝高105米，1962年地震M=6.1级，震中烈度Ⅷ度。震中就在大坝附近约1公里，震源深度5公里。当时大坝顶虽然发生裂隙但并未破坏。关于大地震时和地震后震中区各种类型的坝受地面振动所造成的影响，沈崇刚、陈厚群在《三十年来中国水工建筑的抗震研究》（英文，1981年出版）已有论述。

国外的情况是：据1981年5月公布的25座世界最高坝简表可以看出，其中20座已建、在建和拟建的高坝都是在高烈度地震带内。如苏联坝高325米的罗根（ROGUN）土坝，坝高300米的努烈克（NUREK）土坝，坝高242米的萨杨—舒申斯克（SAYAN—SHUSHENSK）拱坝，坝高272米的英古利（INGURI）拱坝和坝高233米的契尔克（CHIRKEI）坝都是在Ⅷ度或Ⅷ度以上的地震区；1962年建成的瑞士大狄克逊（GRAND DIXENCE）重力坝，坝高285米，也在Ⅷ度地带；1973年建成的坝高245米的加拿大麦加（MICA），坝高245米、1981年建成的墨西哥西朔赞（CHICOASEN）土坝也在Ⅷ度带。除了上述高坝之外，值得注意的如1963年建成的印度巴克拉（BHAKRA）坝，坝高226米，不仅是Ⅷ—Ⅹ度的高烈度区，而且处于亚欧板块与印度洋板块分界线的著名主边界大断裂上（见附图）。



印度次大陆和某些坝址的地震区划
(据S. K. Guha等资料改绘)

加州是美国地震活动最强烈的州*。1968年建成坝高235米的渥洛维尔 (OROVILLE) 坝。那里有高于6呎的大小坝1100多座, 都是在Ⅳ度区。有些坝如水晶泉坝, 圣安德烈斯坝等6个小坝就建在板块边界上。即闻名世界现代强烈活动的圣安德烈斯大断裂带上, 虽然是十九世纪的设计水平和工艺技术修建, 但经过1906年 $M=8.3$ 级(震中烈度Ⅴ度, 估计地面运动加速度值约 $0.2g$)的加州大地震的影响, 也没有崩塌。1936年建成的当时世界第一高坝的博尔达 (BOULDER, 现名胡佛HOOVER) 重力拱坝, 坝高220米, 该高坝建在Ⅳ度地震带上。除经历 $M=5$ 级的和一系列的水库地震之外, 还经历了上百次的内华达州地下核实验爆破而引起的地面振动。该坝距内华达核试验场不到15公里, 但却安然无恙。

是不是低矮的土坝就很安全可靠呢? 也不尽然。1968年5月, 日本一次 $M=7.8$ 的地震破坏了93座土坝, 其中85座坝高小于10米。大多数是按1926年以前的设计标准设计的, 若用现代设计方法修建的高坝, 是经得住严重地震的振撼的。据统计, 自1900以来只有8个大坝受到地震影响但没有一个坝崩塌。

当然我们绝对不能有一点麻痹和侥幸的心理, 我们的国策一向是以“安全第一”作为建坝宗旨。所以, 乃要运用现代科学技术, 精心勘测设计, 保证施工质量, 认真管理维护, 即使在高烈度地带, 仍然是可以修建高坝的。

4. 金龙山滑坡不会发生深层整体滑动

根据成都勘设院和00300部队在金龙山的七个钻孔和五条探洞所取得的资料 and 所拍摄的彩色照片, 以及在Ⅰ区的金14号、金15号钻孔和Ⅱ区的金18号钻孔分别埋设的滑面计经一年多时间的观测结果, 提出金龙山不会发生深层整体滑动的分析和予测是令人信服的。还有, 距金龙山约6公里的霸王山滑坡, 滑动时估计总量约二千万方, 但并未诱使金龙山产生深层整体滑动。在坝区十公里内没有能动断层和微小地震震中。这是从另外一个侧面支持这个看法。大家也一致认为只有Ⅰ区存在表浅层的滑动。有的同志认为表浅层滑动是由玄武岩体失稳所致, 可是提出滑动证据尚不确切, 这个看法难以成立。当然, 提出疑点, 开阔思路, 促使我们重视和加强金龙山谷坡稳定性的监测和研究是有益的。

二、想 法

1. 二滩高坝是我国水力资源最集中、也最大的西南地区的重点的骨干电站。考虑到我国地震工作的特点, 我们要防护大水电站、大水库、铁路干线和重要的冶金城市免遭危害, 因此, 二滩水电站场区的基本烈度、场地烈度和设防烈度还应尽快请城乡建设环保部和国家地震局再共同审定落实。

2. 用模糊数学或其它方法把二滩水电站的设防烈度换算为地面运动的加速度值, 并参考1975年海城地震和1976年唐山地震的强余震的强震仪所记录地面运动的加速度值。同理, 目前世界二十五座最高坝的有关设计的地震力的参数也应该借鉴。总之, 二

*加州约二百年内发生过二次 $M \geq 8$ 级地震。不包括古地震六次, 五十多次烈度 (MMI) \geq Ⅳ度的地震,

滩高坝的抗震科研课题已有了良好的开端，尽快开展科研是有基础的。

3. 为了更有效地监测二滩高坝在修建前，修建中和修建后的天然地震和人为地震的动态和动向，请四川省地震局在坝库区增设5—7个高灵敏度，三分向的地震台。除了和本省群测点的台网联系外，最好尽快和云南省滇西地震试验场具有多种观测手段的台网联系。我认为这是二滩工程基本建设的一个必不可少的组成部分。

4. 为了研究金龙山滑坡，将探洞和钻孔的全部资料准确和完整地用录相保存下来。改进滑面计为连续的可见的和自计的遥控装置，以便随时了解金龙山的表浅层和局部滑动动态和动向的细节，以及它与外力及内力等各种因素的关联，及时地研究并探索有效的处理措施（其实，二滩坝库区的各种勘测、量测、实验、试验和监测乃至探洞的四壁和钻孔岩芯都可以录相，妥善保存，经过严格鉴定，作为科技档案，储存在资料库中）。

请考虑采用电测法配合钻探、洞探求得金龙山滑坡体的空间分布、物质组成、松散与块体结构的三维定量指标，再进行数学模拟或比例模型求出几种滑塌量，以及可能造成的涌浪对正在修建或对已建成坝体和隧洞入口的最大的可能危害性。

5. 因为二滩反调节坝和联合开关站的场地选在桐子林，原来都认为是理想的，所以在二滩下游的桐子林全新世河湖相(?)地层中发现的揉褶和小断层是一个新问题，值得重视。另外安宁河泥沙量的问题也值得调查研究。

6. 充分运用地质矿产部、冶金部、铁道设计院和中国科学院等单位专业性的最新的第一性资料，如航空磁测、区域地质、泥石流和滑坡的治理、人工地震剖面等等研究报告，不仅有利于二滩和桐子林等坝区勘测论证的补充，还有利于冕宁—永仁构造地震带的西部边界的位置和攀西裂谷形成理论的依据。

7. 二滩高坝将是我国七五规划的一座耗资约四十亿元，工期约十二年的巨型水电站。它可以，也应该反映出我国当代的科学技术水平（包括施工组织能力、工艺、器材和原件的质量等）。水电站的科学技术综合性强而专业性精。因此我有两点希望：(1) 组织全国老、中、青专家（推荐和选拔），及早召开少而精的专题研究小组会，针对疑难问题，做好充分准备，各抒己见，畅所欲言，出谋献策，反复争论，以得出明确的见解和有效的措施。既促进相互学习，集思广益，又能培养人才和锻炼干部。(2) 二滩水电站工程要求高，难度大，有必要考虑建立一支强有力的班子，协助领导，加强勘探、设计、施工和管理（包括维护和监测）人员紧密配合，同心协力，高质量和高速度完成任务是有可能的。

由于施工前准备只有二、三年，机不可失，时不再来，上述意见，当否请斟。