

全国水利設計先进經驗交流會議文件选編

滾 水 坝

全国水利設計先进經驗交流會議秘书处編

中国工业出版社

全国水利設計先进經驗交流會議文件选編

滾 水 坝

全国水利設計先进經驗交流會議秘书处編

中国工业出版社

全国水利設計先进經驗交流會議文件选編是由1965年7月中华人民共和国水利电力部召开的全国水利設計先进經驗交流會議的一部分文件选編而成。共分滾水坝、渠系建筑物、水工建筑物装配式混凝土结构、井柱基础建桥、引洪漫地淤灌五册。

本册内容包括會議中滾水坝組討論小結和介紹下列經驗的几个文件：四川省簡阳县猫猫寺电站渡衣坝的設計及水工模型試驗，山西省祁县专署修建干砌卵石溢流坝的經驗，湖南省澧丰坝活动坝門的設計經驗。

本书可供水利水电工程設計、施工、科研人員及各院校有关专业师生参考。

全国水利設計先进經驗交流會議文件选編

滾 水 坝

全国水利設計先进經驗交流會議秘書处編

•

水利电力部办公厅图书編輯部編輯(北京阜外月坛南街5号)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路西10号)

北京市书刊出版业营业许可証出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

•

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $1^{1/2}$ ·字数34,000

1966年1月北京第一版·1966年1月北京第一次印刷

印数0001—3,510·定价(科五)0.24元

•

統一·书号：15165·4228(水电-577)

目 录

滾水坝組討論小結.....	(1)
簡阳县猫猫寺水电站蓑衣坝設計情况	
.....四川省水利电力厅水利勘测設計院	(6)
簡阳县猫猫寺水电站蓑衣坝水工模型試驗报告	
.....四川省水利电力厅水利勘测設計院	(16)
群众修建干砌卵石溢流坝的經驗	
.....山西省忻县专署水利局	(22)
汾丰坝活动坝門設計的經驗	
.....湖南省水利电力厅設計院	(31)

滾水壩組討論小結

關於推廣養衣壩和干砌卵石壩的意見

一

滾水壩是水利建設中重要工程之一。它不僅擔負着引水和抬高水頭的重要任務，而且在合理選擇壩型上直接關係到整個工程的投資和建設速度。在目前群眾性水利運動中，如何多快好省地建設滾水壩，具有極為重要的意義。

我國各地歷史上流傳下來的結構簡單、施工方便的壩型種類很多，這些壩型大都是因地制宜，就地取材，而且經過長期使用，證明技術上可靠，經濟上也合理，充分表達了我國勞動人民無窮無盡的智慧。解放以後，在黨的領導下，這些壩型在群眾性水利建設中又有了進一步的發展。但由於認真總結群眾經驗不夠，對其它地區已經運用成功的經驗也缺乏研究，因而使這些壩型的推廣應用和發展提高受到一定的限制。在設計革命運動中，廣大設計人員下樓出院，深入實際，開始把群眾經驗提高到科學理論上來加以應用，有了總結群眾經驗的良好開端。例如四川、山西等省，在總結群眾經驗的基礎上，設計發展了養衣壩、干砌卵石壩等，從而節省了投資，加快了建設速度。因此，小組認為，當前在水利建設上必須積極總結和運用群眾就地取材修建滾水壩的豐富經驗。只有這樣，才能多快好省地為建設穩產高產農田服務。

小組着重討論了四川省和山西省的養衣壩和干砌卵石壩的經驗，同時也介紹了各地區群眾利用當地材料修建滾水壩的情況以及一些試驗研究成果。例如雲南省修建的木籠壩，內蒙古自治區修建的鉛絲籠塊石壩，黑龍江省群眾廣泛採用的柳條壩，湖南省

为丰活动坝，江西、湖南修建的护面土石坝，四川省在基岩上修建的浆砌条石连拱坝等。小组认为蓑衣坝、干砌卵石坝是总结群众经验的典型。兹将该两坝的讨论情况分述如下：

（一）蓑衣坝

蓑衣坝是我国劳动人民在长期与自然作斗争中创造出来的好经验。据四川省中江县县志记载，早在明朝天顺年间即已修建，距今已有五百多年的历史，当地群众一直在凯江上长期使用着这种坝型，现有的四十八座蓑衣坝分别抬高水位1.0~1.8米，用于冲动筒车提水灌溉，或用以冲动碾磨进行农产品加工。解放以后受到当地党和政府的高度重视，利用这些坝来修建了一些小型水电站，并且增设了高扬程水轮泵，灌溉农田在万亩以上。

蓑衣坝是一种干砌条石溢流坝，外部衬砌一层层向上游倾斜搭接的条石，内部堆筑块石或卵石，迎水面用粘土铺盖，溢流时形如蓑衣洒水，故得此名。它的特点是：用一般常有的条石、卵石和土料，不用水泥；由于坝身对地基沉陷变形的适应性能较好，无论岩基或砂卵石河床上都可修建；结构简单，施工容易，群众一学就会；对施工导流和基坑排水要求不高，基础工程量小，有利于加快施工进度。但需用条石较多，开采条石方便的地区，较易推广。

四川省在设计革命运动中，设计猫猫寺水电站时，在省委的提示和关怀下，成功地把蓑衣坝应用到大江大河中，从而解决了电站修建中的关键问题，节约了大量人力和物力，缩短了建设时间。但在设计初期，因设计人员迷信书本，不相信群众的创造，习惯于闭门造车，不重视调查研究，在混凝土坝、条石重力坝、活动坝等上面兜圈子，不是工程量大，三材用量多，就是工期太长。后来深入现场依靠群众，搜集了许多关于蓑衣坝设计施工方面的宝贵材料，对蓑衣坝的结构特点、稳定和抗冲性能等都有了进一步的了解，并且把群众治水的经验提高到理论上进行科学的分析总结之后，仅仅用了十九天就作出了一个切合实际的设计。同时通过设计水工模型试验和施工实践，在结构稳定、防渗、抗

冲等方面又有了改进，收到良好的效果。这座蓑衣坝是去年12月开始施工，今年3月基本建成的，坝高4.7米，设计单宽流量23.8秒立方米，校核单宽流量29.8秒立方米，目前正在经受洪水考验。与这个工程同期建成的还有四川省云阳县碛村电站蓑衣坝，这座坝高5.3米，建成后坝顶溢水深度已达4米，过坝单宽流量约13秒立方米，过水情况良好。

（二）干砌卵石坝

山西省原平县阳武河灌区是一个古老的灌区，有干砌石建筑物的传统经验。该灌区的牙门渠首干砌卵石溢流坝初建于宋朝，至今已有八百余年的历史。但是近年来在该灌区用国家投资建设的所有溢流坝和渠系建筑物中，没有一座干砌石建筑物。1963年在做阳武河灌区总干渠渠首设计时，群众建议修建干砌卵石溢流坝，但是设计人员怕坝心淘空，下游冲刷，不敢采用，而设计了一座用混凝土和浆砌石建造的滚水坝，投资四十三万元，用水泥一千三百余吨，因投资、水泥不足而缓建。去年设计革命轰轰烈烈开展后，纠正了忽视群众经验的错误思想，组织人员调查了干砌卵石溢流坝，初步找到了群众的成功经验。利用这些成功经验，在老技工的指导下，设计了一座长150米，高2.8米的凡峙县羊眼河渠首溢流坝。这座坝的设计溢洪流量823秒立方米，校核泄洪流量1,710秒立方米。建设规模和1963年设计的阳武河总干渠渠首滚水坝极为近似，但总投资只有六万元，一个月就完成了坝面砌石任务，基本上达到了多快好省的要求。

干砌卵石溢流坝一般适用于洪水历时短、含沙量大的沙卵石河床，用大卵石包沙砾土作成。一般作成梯形断面，下游并有一平段，平段下有卡桩，卡桩间用卡石填塞，已成坝平段长2至5米，坝的下游坡1:2至1:4，顶宽2米，上游坡基础埋于河床以下，边坡比1:1.5。这种坝石料垂直立插，似有拱的作用而紧密相连。底部铺有反滤层，防止淘刷坝心。下游无消能设备，借卡桩卡石形成的齿墙保护坝身安全。群众作的这种坝一般与水流斜交，交角在70°左右，以减少过坝单宽流量，降低上游回水位。

引水一端坝高稍低于对岸一端，以利进水、防沙。这种坝型在有天然大卵石或能开采块石的地区都能推广。

小组认为上述两种坝型可以就地取材，不用水泥，适应地基变形，减少清基，导流方便，施工技术简单，便于大搞群众运动，有条件的地区可以大力推广。其他各省群众采用的坝型很多，也应积极进行总结，逐步加以充实提高。

二

小组认为当地材料坝普遍存在以下两个问题。

(一) 消能问题

在现有的当地材料滚水坝中，一般经过洪水考验，运用情况良好，但也有个别工程，尤其是干砌卵石坝，由于下游坝脚被淘刷，威胁坝身安全，有的被冲毁。分析其原因，除了低坝下游水跃消能效果较差外，有的是未作必要的保护或保护不当，有的是坝下游产生远驱式水跃；还有的是漂流冰将下游护坦撞坏。为了解决这个问题，可以设法加深护坦部分的水深，以减小下游流速；在易受冲刷的河床上作沉排、梢捆或铅丝石籠等柔性防护工程；在沙卵石河床上作防冲齿墙。至于那种措施最好，应因地制宜，同时还须进一步总结群众经验，摸索出适合的办法。

当地材料坝的坝面比较粗糙，起了一定的消能作用，目前在设计中如何考虑这一因素，尚需试验研究。

(二) 经济断面问题

当地材料坝大都系沿用以往经验修建的，缺乏理论计算数据，有的断面大，用料多，影响了坝的进一步发展，甚至经济上也不合算。需要进一步经过试验研究、摸索出计算方法，求得安全经济断面。

最后，小组建议希望有关科研部门协助分析研究，并到现场进行原体观测，使群众性的工程能够提高到科学理论水平上来。此外，还希望有关院校多搜集这方面的材料补充到教材中去，以体现教学与生产实际相联系的精神。在讨论中，一致认为，只要

各地在今后的实践中认真重视总结群众经验，当地材料滚水坝一定会在我国水利建设中发挥更大的作用。

建議参考文件

- | | |
|---------------------|-----------------|
| 1. 簡阳县猫猫寺水电站養衣坝設計情况 | 四川省水利电力厅水利勘测設計院 |
| 2. 群众修建干砌卵石溢流坝的经验 | 山西省忻县专署水利局 |
| 3. 汾丰坝活动坝門设计的經驗 | 湖南省水利电力厅設計院 |

簡阳县猫猫寺水电站養衣坝設計情况

四川省水利电力厅水利勘测设计院

猫猫寺水电站養衣坝是在我省沱江上修建的第一座拦河坝，坝型是从四川中江县凯江上引用来的，这是一种干砌毛条石及块石溢流坝。经过模型試驗及今年洪水考驗，基本上是成功的，理論上也是比較可靠的。这是在党的总路线、大跃进、人民公社三面紅旗的光輝照耀下，在四川省委提出的“以机电提灌为主，提蓄結合，綜合利用”的水利建設方針指引下，在群众性的設計革命化运动中，打破了旧书本“框框”的束縛，学习和总结劳动人民在长期水利建設中的創造的基础上建設起来的。

猫猫寺養衣坝壅高水位3.2米，最大坝高4.7米，坝长326米，坝基为深7~14米的砂卵石覆盖层，右端与河岸連接，左端与船閘边墙銜接。坝基开挖共約14,000立方米，条块石堆砌30,900立方米，总投資71万元（包括施工导流及排水費用在內）。大坝工程于1964年12月动工，至1965年3月基本建成，仅用了4个月的时间。经过今年5、6两月洪水溢流（单寬流量3立方米/秒左右），情况尙属良好。

養衣坝在因地制宜，就地取材，加快建設速度，节省投資，以及依靠群众自力更生办电站方面，显示了一定的优越性。与同高度的浆砌条石重力坝比較，基本上不用水泥，开挖方量不到十分之一，投資不到四分之一，节省了大量人力物力，縮短了建設時間。養衣坝的建設符合党提出的多快好省的要求。養衣坝的建成，是党的三面紅旗的胜利，是省委水利建設方針的胜利，是設計革命运动中取得的初步成果。

現將我們在養衣坝設計中的情况和一些肤浅体会作一簡要介紹。由于我們水平所限，錯誤和不妥之处，还希望同志們提出批評指正。

一 四川省中江县凱江上的蓑衣坝

据中江县县志記載，凱江上的蓑衣坝早在明代天順年間（1457~1464年）即有修建，用以壅水冲動筒車提灌兩岸高地，沿用至今，已有五百余年的历史。由此說明蓑衣坝是劳动人民在多年从事生产实践与自然作斗争中不断总结发展創造出来的，适合于当地自然情况。

根据調查訪問，蓑衣坝修建前須先将河床表面深約1.0米較松散的砂卵石层清除，如河床为基岩，則将基岩面凿平，底部向上游傾斜成1:3~1:4坡度，即可开始安砌毛条石。毛条石尺寸一般約为35×50×150厘米，毛条石順河流方向分层錯縫鋪砌，沿河方向鋪砌3~5层条石后，再向上游即可用块碎石及砂砾填实，条石砌出河床面，每层向上游方向退进30~40厘米，坝建成后，上游坡約为1:3.5~1:4.0，下游坡平均約1:1.5~1:2.0，頂面用一层較大的毛条石压頂。

中江县凱江上修建的蓑衣坝，如高岩头，何家堰，猫儿嘴等坝，坝高2~3米，頂寬1.5~2.0米，壅高水位1.5~2.0米。由于是散体砌筑，能适应不均匀沉陷变形，故不单可在岩基上而且特别适宜在砂砾石軟基河床上修建。解放后，1953年凱江曾发生較大洪水，洪峰流量达1870立方米/秒，上述各蓑衣坝上过水单寬流量均在20立方米/秒左右，坝体均安全无恙。目前部分筒車堰已改建为水輪泵站或农村水电站，更好地为社会主义农业建設服务。

通过蓑衣坝的調查研究分析，可归納出五方面的特点或优点：

1. 因地制宜，就地取材，可不用或少用水泥，完全不用鋼材和木材，造价低廉；
2. 坝身可适应不均匀沉陷，岩基或砂砾基上均可修建，不深挖基础，开挖和回填工程量都很小；
3. 坝体结构简单，修建技术簡易，便于群众性施工；

4. 施工导流和基坑排水均較簡便，工作面大，因而施工进度快，建設工期短；

5. 管理养护方便。

二 猫猫寺电站是如何采用蓑衣坝的

猫猫寺电站拦河坝型采用蓑衣坝的过程，不仅是一个学习劳动人民的历史經驗的过程，同时也是設計人員自己改造思想的过程。

猫猫寺电站的勘测設計工作早在1964年元月就开始进行了，但在很长一段時間內，开发方案始終不能确定，主要問題之一就是坝怎样修和修什么坝的問題。沱江是流經四川盆地中部丘陵区的大河之一，河面寬达200~300米，河床为深厚細砂卵石覆盖层。在簡阳猫猫寺一段，多年平均流量为270立方米/秒，实测洪水流量一般为3000~4000立方米/秒，最大6800立方米/秒，枯水流量則仅30立方米/秒左右，洪枯位变幅在10米以上。根据电站采用机組要求，拦河坝需要抬高水位3.2米。

为要貫徹党提出的全民办水利，貫徹多快好省的要求，在設計一开始时，院领导就曾經明确地指示我們設計人員要向劳动人民請教，走自力更生的道路，并組織我們到中江县去參觀蓑衣坝，但由于我們思想上沒有提高，到了中江，只是走馬观花地看了一下，就认为它“土”，“缺乏科学根据”，“靠不住”，因而就这样輕易地把这种坝型否定了。我們还是回到书本上找根据，設計了一座混凝土重力坝，一計算，单是水泥就要12,700吨，工程量非常之大，要三个枯水季节才能建成，不符合多快好省的建設方針。这一个方案被否定后，我們又去找书本，設計了第二个方案——浆砌条石坝。新的方案虽然水泥用量减少到3,500吨，但造价高，而且施工导流复杂，不能保証在一个枯水季节內建成。第二个方案被否定后，为了解决坝型选择的难关，我們只是在书本中的重力坝、活动閘等上面兜圈子，几个月的時間，轉眼就过去了，始終沒有找到一个多快好省的方案，漸漸地有些設計

人員甚至对在沱江上能否修坝也产生了怀疑。后来，上级决定了要采用蓑衣坝坝型。11月，毛主席号召开展群众性设计革命化运动，我們响应主席号召，根据上级指示，设计人員“下楼出院”到現場设计，首先大学主席著作，再学省委水利建设方针，批判了过去貪大求洋，迷信书本，脱离实际，脱离群众，瞧不起劳动人民和患得患失，怕负责任等资产阶级设计思想和不良作风。通过学习，在思想认识有所提高的基础上，厅、院领导指示我們设计人員和施工人員一道带着問題再到中江县去参观蓑衣坝。到現場之前，还有不少人抱着疑虑的态度，主要认为条石不浆砌，一定会被水流冲翻；砂卵石軟基上筑坝，時間长了，坝基一定会被水淘空，造成坝体垮塌；蓑衣坝只能在小河上修建，不能用于沱江。总之，设计人員对群众創造的“土东西”，虽然行之有效，总还是不够信任的。

到了中江，会同当地水利干部一起到每座蓑衣坝地点仔細观察研究，并就地訪問附近貧下中农，問詢蓑衣坝修建和运行情况。从訪問中得知，有些蓑衣坝已經运用了200多年，从未垮塌过。这使我們感到惊異，也使我們受到很大启发。經過現場共同分析研究，了解了蓑衣坝之所以能过水不垮的理由：首先是坝体毛条石是向上游傾斜安放的，因此水流压力不但不会将它冲走，而且把它向坝上愈压愈紧；水級較大的蓑衣坝（1.5~2.0米以上），坝軸线与河流方向斜交，单寬流量小，受冲力也小；坝体毛条石不用浆砌，主要是可适应河床基础不均匀变形，石縫經過洪水期泥砂淤塞，坝也就不怎样漏水了；凱江蓑衣坝內还有一种鉄螺蛳，专门长在石縫里，它的軀壳能将石縫胶結起来，時間一久，条石撬也撬不开，就更牢固；蓑衣坝后沒有护坦，主要是凱江上蓑衣坝基本形成銜接梯級，下一級坝壅高水位形成上一級坝下水垫，等等。这些都是符合水工科学原理的。在中江县蓑衣坝現場的研究討論，對我們确实是最好的教育，这些活生生的事实和科学論証，在我們旧的技术书本上是找不到的。通过对蓑衣坝的調查訪問总结，使我們了解到必須向劳动人民学习，同时对于在大

江大河上修建養衣坝也有了信心和决心。我們根据收集到的資料結合沱江洪水大、水級較高的实际情况，將凱江養衣坝結構作了一些改進，在几天內就提出了拦河坝設計圖紙，經過上級審核批准，立即投入施工。過去在大樓里花了九個月時間沒有解決的問題，這次連同參觀調查，只用了很短的時間就解決了。為了保證設計質量，在成都工學院的大力協助下，又進行了水工模型試驗，在施工過程中實行“三結合”，設計人員參加修建大坝勞動，和工人們一起研究，對坝體結構又作了不少改進。

沱江養衣坝修建從1964年12月動工，到1965年3月在一个枯水季節內基本建成，坝的造價只及原設計第二方案的四分之一，達到了多快好省的要求，不僅為猫猫寺电站今冬全部建成發電提供了保證，也為今後開發大江大河水力資源提供一個解決辦法。當然，沱江上養衣坝還沒有經過較大洪水考驗，在結構上也不是盡善盡美，施工質量上也存在一些缺點，我們對養衣坝的認識還很不够，有待今後實踐，認識，再實踐，再認識，逐步改進提高。

在沱江上採用養衣坝代替重力坝這件事實，生動地告訴了我們，勞動人民的智慧是無窮無盡的。我們要作出正確的設計；只有克服資產階級思想，打破“框框”的束縛，投身到群眾中去，虛心向勞動人民學習，把他們的創造成果和革命精神吸收到設計中來。

通過向勞動人民學習，通過設計、試驗和施工實踐，特別是設計人員親身參加施工，和工人們一起挖基、安砌，發現問題，及時解決問題，現在對養衣坝的看法與最初比較起來，完全是另外一種思想感情，不僅不再對它有任何疑慮，而是對它的穩定有了堅強的信心，對它的發展和推廣，寄予很大的希望。

三 猫猫寺电站養衣坝設計

猫猫寺电站系利用猫猫寺壩口河灣裁直獲得水頭3.0米，再拦河抬高水位3.2米。坝址以上流域面積約7,900平方公里，多年平均流量約270立方米/秒，推算20年一遇洪峰流量8750立方米/秒，200年一遇洪峰流量12400立方米/秒。洪枯水位高達10米以

上。

猫猫寺埡口上首适当河湾深水段，故拦河坝坝轴线移向埡口下游约600米河滩段上。此段河床在枯水期水深仅1.0米左右，便于施工。坝址段河道平直宽敞，枯水期水面宽约220米，大坝壅水3.2米，坝长326米，右岸与岸坡连接，左岸接船闸重力边墙，总平面布置示如图1。河谷地质除两岸岸坡有朱罗纪砂页岩互层出露，产状略近水平外，河床部分均为较细砂卵石层覆盖。覆盖层厚度经钻探查明为7~14米。

与中江县凯江上蓑衣坝比较，砂卵石基础是相同的，壅水高程由2.0米左右增大到3.2米；过水单宽流量由20立方米/秒左右增大到30立方米/秒以上。对坝体防渗有较高要求；凯江上蓑衣坝联成梯级。沱江上只有单独一座坝，下游壅水位低，故对坝下消能防冲也有更高要求。根据上述不同条件和要求，在坝体结构设计上采取了加强加固措施。现分为：1.坝坡；2.坝身防漏；3.坝顶加固；4.坝脚加固及5.细部结构等几个问题分述如后。

(一) 坝坡

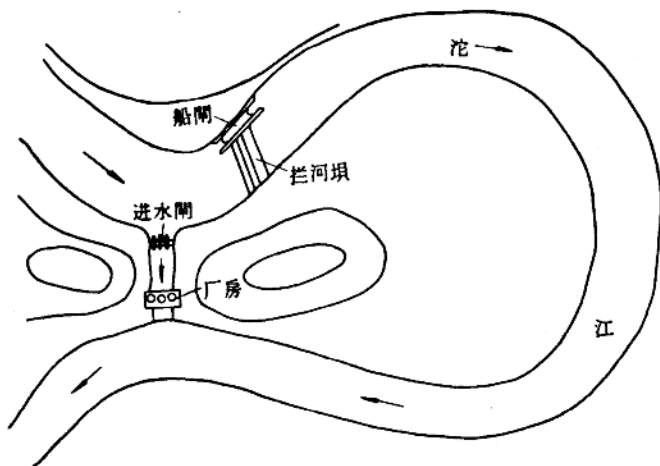


图1 沱江猫猫寺电站平面布置示意图

養衣坝下游面用毛条石鋪砌，故上游坝坡由条石向上游鋪砌的傾角决定。傾角愈小，即条石接近水平，上游坝坡愈緩，不单坝身断面大，工程量大，而且坝頂面条石抵消的水流冲力小，易被冲走（參見養衣坝水工模型試驗报告）。条石向上游鋪砌傾角愈大，則条石本身易于滑动，同时坝下游坡将愈坦，工程量也将增大。根据計算，在保証鋪砌条石稳定条件下，鋪砌傾角以 15° （上游坡 1:3.7）为宜。說明凱江上養衣坝上游 1:3.0~1:4.0 是合理的。我們根据坝坡稳定，結合工程量大小，經過比較，选用上游坝坡为 1:3.0，下游坝坡 1:2.0。纵断面如图 2。

（二）坝身防漏

凱江上的養衣坝系用于冲轉筒車，所需流量很小，冬季河道流量小时，又不需車水灌田，故不防渗。猫猫寺电站对防渗有較高要求，設計时除在坝的块石体上游面加鋪反滤层，其上設置粘土斜墙外，并从坝踵向上游繼續加鋪长 11.2 米（壅高水位的 3.5 倍）的粘土鋪盖。以减少坝基渗漏，鋪盖和斜墙的粘土，应掺和卵砾石一起夯填密实，这样可增加斜墙稳定，并减少以后粘土层沉陷。猫猫寺电站養衣坝斜墙粘土与細卵砾石配合比为 3:1。先拌合均匀后，再上坝夯实，初步看来效果是較好的。

（三）坝頂加固

为防止洪水冲走坝頂毛条石，最初考虑将坝頂上三层条石用风钻打眼，用鋼筋串联起来，以增加坝頂稳定性。經過研究，这样的处理措施，不单多费鋼材水泥，而且施工复杂，鋼筋中部易被銹蝕，联結整体是不可靠的。在施工进行中，和工人同志們一道研究，工人們建議将頂面条石长度由 1.5 米加长为 2.0 米，增加条石稳定性，并在坝頂面条石的通縫中开横向槽口，嵌入长扁圆形卵石作卡子，阻止其移动。这样的处理措施，通过水工模型試驗驗證，說明是合理的，因此被采用了。

在坝頂施工过程中，发现坝頂条石发生沉陷錯动，除有部分是因斜墙粘土夯填不实，发生不均匀沉陷而外，在設計上将坝頂条石置于粘土斜墙頂部，如图 3a 所示，是发生条石沉陷的主

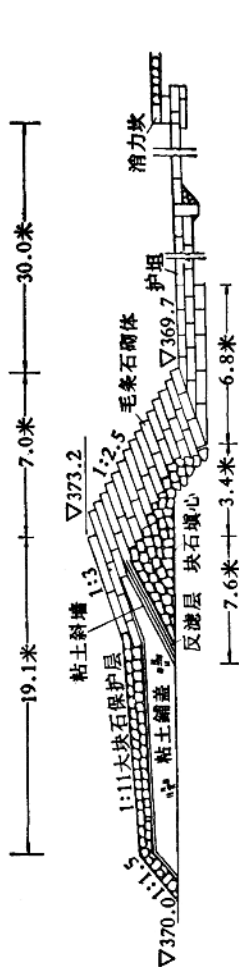


图 2 猫猫寺电站拦河费衣坝剖面示意图

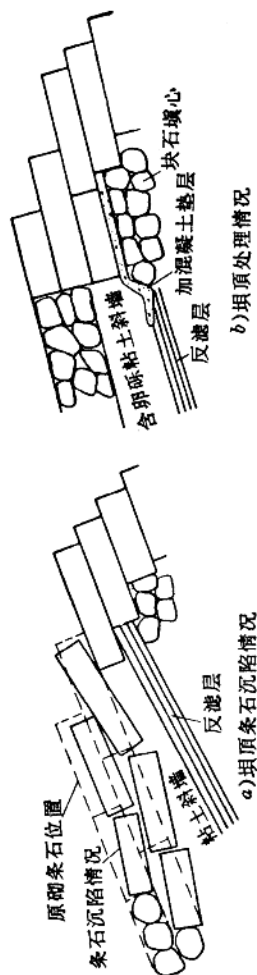


图 3 坝顶沉降及处理示意图