

混凝土拱坝及重力坝 坝体接缝设计与构造

胡 杰 安

水利电力出版社

内 容 提 要

本书系统地阐述混凝土拱坝及重力坝的坝体横缝、纵缝、水平接缝等的缝位布置、有关尺寸、接缝型式和选择等设计问题，以及接缝键槽、止水设备和缝面灌浆等构造问题。

本书可供水利水电工程技术人员，特别是坝工设计、科研工作者参考。

混凝土拱坝及重力坝坝体接缝设计与构造

胡 杰 安

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.75印张 170千字

1986年12月第一版 1986年12月北京第一次印刷

印数0001—3670册 定价1.60元

书号 15143·0159

目 录

前言	
概述	1
第一章 混凝土拱坝的接缝设计	9
第一节 双曲拱坝的坝体接缝	9
第二节 双曲拱坝横向接缝的布置	13
第三节 双曲拱坝横向接缝的缝距	32
第四节 双曲拱坝的横缝型式	53
第五节 双曲拱坝的纵向接缝	69
第六节 双曲拱坝的水平接缝	72
第七节 双曲拱坝的底塞、基垫及周边接缝	81
第八节 单曲拱坝的接缝	93
第二章 混凝土重力坝的接缝设计	102
第一节 混凝土重力坝的坝体接缝	102
第二节 混凝土重力坝横向接缝的布置	106
第三节 混凝土重力坝横向接缝的缝距	119
第四节 混凝土重力坝横向接缝的型式	136
第五节 混凝土重力坝的纵向接缝	143
第六节 混凝土重力坝的水平接缝	164
第三章 混凝土坝横缝及纵缝的构造	170
第一节 坝体接缝的构造	170
第二节 横缝的键槽	172
第三节 止水片及其构造	185
第四节 沥青止水构造及其修补	203
第五节 横缝灌浆	211
第六节 纵缝键槽	226
第七节 纵缝灌浆	234
主要参考文献	237

概 述

自有混凝土坝之始，便存在有坝体接缝的设计和构造问题。因为混凝土坝在浇筑过程中，有大量水化热发出，若不引导此项热量的散发，便会使坝体因胀缩而发生开裂，产生许多裂隙。这些裂隙将在何处、何时发生以及裂隙发生后的分布情况和将来发展，不但难以预测，而且一经发生便往往难以控制和补救。此外，由于坝基河槽的地形变化、基岩构造情况、地质分布和岩性等也往往因处理不当，引起坝体开裂。为了防止以上各种可能引起坝体开裂起见，最早的坝工工程师便在坝体中设置各种人为的接缝。经过世界各国工程师广泛地采用，并经过七、八十年的实践证明，坝体接缝确属防止坝体开裂措施中行之有效的办法。嗣后，随着水坝建筑事业的发展，混凝土坝不但在数量上不断增加（迄今国外已建或在建中的100m以上高度混凝土拱坝和重力坝已达211座，我国约达20座，而高度在100m以下的坝则很多），而且坝身的高度也日益增加。当初的坝高不过几米或十几米，但在六十到八十年代，则建成有272m高的苏联英古里（Inguri）混凝土双曲拱坝和285m高的瑞士大狄克逊（Grande Dixence）混凝土重力坝。同时，坝体的混凝土方量也发生了惊人的增长，在当初不过建造几千或几万立方米的坝，但到八十年代则有混凝土方量为912万立方米的苏联萨扬舒申斯克拱形重力坝。为了便于大体积混凝土坝的施工，国内、外均采用分段分块分层的柱状浇筑方法，因

此坝体接缝的设置，不但是防止坝体开裂的有效措施，而且还可适应柱状施工的实际需要。所以，随着混凝土坝工的不断扩展，坝体接缝的重要性也日益显著，同时接缝的类型也就逐渐增多。

坝体接缝的种类，无论在混凝土拱坝或重力坝中，一般包括下述三种。

1. 横向接缝（简称横缝）

在枢纽平面图上，横缝是与坝体轴线垂直的竖面，横缝由河的一岸达另一岸，把偌大的一座混凝土坝分割成许多个坝段，所以每一坝段的两端便各是一道横缝，以适应地形、地质的变化，利于水化热的散发和便于分段浇筑等三重需要。横缝在混凝土拱坝和重力坝中占有重要的地位，横缝的道数随坝体轴线长度而异，短坝仅有几道横缝，而长的坝则有三、四十道横缝的，但横缝缝距的尺寸大小，与坝的高度无关。

2. 纵向接缝（简称纵缝）

在枢纽平面图上，纵缝位置是与坝体轴线平行的竖面，若干纵缝穿过横缝越河槽，把每一坝段分割成许多柱状块体，以适应散发热量和便于施工浇筑的双重需要。对混凝土重力坝：坝身越高坝的底宽越大，纵缝数量也随之愈多，所以纵缝在混凝土重力坝中也占有重要地位。纵缝的布置道数，随坝体高度而增减，低坝一般约几道，高坝则多达十几道不等，如美国胡佛（Hoover）混凝土拱形重力坝的纵缝多达16道之多。坝体中纵缝和横缝的设置是费时费钱而又阻碍施工进度，近来，为了发挥施工机械功效，加速施工进度，降低水坝投资起见，坝工专家主张，尽量压缩纵、横接缝的数量。对于压缩纵缝数量方面，已取得了可喜效果。如美国，

在1940年建成的海瓦西 (Hiwassee) 混凝土重力坝坝高94 m, 坝底宽64m, 坝内没有设置纵向接缝, 由于采取了严格的防裂措施, 坝体没有引起开裂的不良后果。自六十年代后, 由于低热水泥的创制, 混凝土新技术的应用, 施工条件的改进和革新等种种有利条件, 无纵横接缝的混凝土坝已经问世, 那么, 在高坝中省去纵缝, 更是不在话下的事。如美国于1973年建成的德伏歇克 (Dworshak) 混凝土直线重力坝中, 坝高 $H=219\text{m}$, 坝底宽度达152m, 在如此高大的混凝土坝中便没有设置纵缝, 也没有引起麻烦的开裂问题, 可为佐证。

至于纵缝对拱坝而言, 其地位是次要的, 因此无论在双曲或单曲拱坝中, 坝底宽度一般不过三、五十米, 在现代筑坝技术上, 较小底宽的混凝土坝是毋须设置纵缝的。所以在双曲拱坝中, 一般均不布设纵缝, 但苏联272m高的英古里双曲拱坝仍设置纵缝一道。

3. 水平接缝

经过横缝和纵缝分割后的混凝土柱状块体, 是逐渐自下至上, 分层轮换浇筑的, 在上下相邻的两次浇筑层间, 便存在一个水平方向的接触表面, 称为水平接缝。浇筑层的高度尺寸不宜大, 通常采用约3 m, 而现在更倾向于采用较薄的浇筑层, 以利于水化热的散发, 更能有效地防止混凝土块体开裂。浇筑层厚度既小, 则在一座坝中水平接缝的数量便随之增加, 其总接缝面积往往是庞大惊人的, 这在混凝土重力坝中尤其如此, 有的到达几百万平米之多。所以, 在混凝土拱坝或重力坝中水平接缝的数量和面积都远远超过横缝和纵缝的接缝数目和面积, 而且就在现今新型的材料和浇筑工艺中, 不但水平接缝在数量上没有缩减趋势, 而且还在趋向于

采用更薄的浇筑层，有的甚至把每层厚度减到0.25m，这样便不免大幅度地增加水平接缝的数量，以换得防止开裂的更高功效，此与近代企图减少纵缝或横缝的趋向恰异其趣。但因水平接缝较易处理，并容易满足对接缝面的结构强度和防渗强度的双重要求，同时对高度机械化和高速施工妨碍不大，所以权衡利害后，一般认为薄层浇筑还是可取的。

4. 周边接缝及其他接缝

周边接缝是带有混凝土基垫的双曲拱坝所特有的一种接缝，它存在于坝的底部和混凝土周边基垫之间，在单曲拱坝和各型重力坝中，是不存周边基垫的，也没有周边接缝。即使带有基垫的双曲拱坝也有的不设置周边接缝。周边接缝的功用，在使双曲拱坝底部的主视轮廓平滑，并使之对称或近似对称，从而降低坝体的设计计算高度，同时又可改善坝体的受力情况，有利于坝的安全。但周边接缝会在构造上则带来对防渗要求特殊严格、构造复杂、维修困难等不利因素。苏联英古里双曲拱坝便采用了混凝土基垫和周边接缝。西欧国家也有之。

其它接缝则尚有：1) 当坝基河床遇有局部狭谷深槽时，往往用混凝土底塞先行回填，使与一般河床相近，然后再在此底上浇筑坝体混凝土，所以在坝体底部与底塞之间，也存在一种接缝；2) 有时，在双曲拱坝的基垫中，常常设有许多穿过基垫并与基岩面大致正交的短缝，以防止基垫本身在陡岸处的开裂，如意大利的瓦依昂(Vaioni)和苏联的英古里两座双曲拱坝都在混凝土基垫中，设有许多与基岩陡岸约成正交的短缝，以应需要；3) 在双曲拱坝混凝土基垫中，沿着基垫设置1~2条连续不断的接缝，贯穿基垫从河槽的一岸延伸至河槽的另一岸，其深度则与基垫厚度相

同，自基垫顶面到底面，其缝面与2)中的短缝缝面互成直角，功效也是防止基垫的开裂。

以上是就接缝所在坝体中的部位而分类的。但在构造形式上，又可分为临时性接缝和永久性接缝两种。

临时性接缝是指在坝体浇筑过程中，先后浇筑的两个块体间接触表面处存在的接缝缝面，只有当块体降温收缩后，才能用肉眼察觉接缝的存在，其缝隙一般仅约0.1~1.0mm。在坝体挡水以前的适当时刻，须对接缝进行压力灌浆，堵塞缝面，使接缝消失，从而恢复坝的整体性，以保证不因这些接缝而削减其结构强度和防渗强度的双重要求。此类最终将消失的接缝称为临时性接缝。在拱坝和拱形重力坝中所有横缝和纵缝都属于临时性接缝。直线重力坝中的纵缝亦属于临时性接缝，有时其横缝也有属于或部分属于临时性的。

至于拱坝和重力坝的水平接缝，都属于临时性接缝，不过因为其缝面是水平方向的，可利用其上部自重压实，毋须进行压力灌浆，这是与临时性横缝和纵缝不同之处。

永久性接缝则是指在浇筑坝段的过程中，在坝段与坝段之间，有意识地留一道缝隙宽度约10~20mm的横向接缝，此种接缝永久存在，不须进行压力灌浆，但为了防止库水通过接缝而流向下游，必须设置严密可靠的止水设备。此类与坝的寿命而同时并存的接缝名为永久性接缝。属于此类的接缝为数甚少，只有直线或折线重力坝中的横缝，有的属于永久性的，双曲拱坝带基垫时周边接缝也有属于永久性的。

5. 中小型坝的坝体接缝

书中关于混凝土拱坝和重力坝坝体接缝设计与构造的各章节内容，既适用于大型水坝，也同样适用于30~70m高度的中小型水坝，虽然在选取坝例时，对于混凝土拱坝在国内

以78m坝高的广东流溪河坝为起点，在国外则以坝高超过100m的为起点，对于混凝土重力坝，在国内以85.5m高的龚咀重力坝为起点，在国外以坝高100m的为起点；选用坝例既然均属高坝，便难免引起读者错觉，认为此仅以高坝为对象，对于中小型混凝土坝的接缝设计则未必适用。其实不然，本书内容除适用于混凝土高坝外，也同样适用于中小型的混凝土拱坝和重力坝。

(1) 坝体接缝的种类：

中等以下高度的混凝土拱坝的坝体接缝，主要包括横向接缝和水平接缝两种，因为坝的高度不大，坝底宽度也小，一般可毋须布设纵缝。至于双曲拱坝底部是否采用混凝土基垫，和周边接缝，则视实际需要和设计者论点而定，并不受到坝身高低的限制。在国内外，对于低坝采用混凝土基垫和周边接缝均有先例。

至于中等以下高度的混凝土重力坝的坝体接缝，主要亦包括横向接缝，纵向接缝和水平接缝三种。不过由于坝身较低，坝的底宽较小，纵缝的道数亦相应较少，甚至可不设纵缝。

以上横缝、纵缝、水平接缝和周边接缝的功效是和高坝相同的。若坝址基岩遇有局部深槽也应先行用混凝土底塞填平，遇有伸入坝中的突出石咀，也应先炸去，然后再浇筑坝体混凝土，以免开裂。

(2) 横缝：

横缝布置的法则对高坝及低坝均须一律遵守。比如在坝底基岩标高突变处，两岸斜坡改变处，软硬基岩相交处，在与特殊建筑物连接处，均应布设横缝，以防止坝体开裂。不过坝身愈低，影响随之减小，要求也较低，此外，在布缝时亦

应符合坝体内附属建筑物的需要，即使是低坝，坝底管孔也不允许跨越横缝布设。坝基遇有断层、破碎带及裂隙等情况，亦应先行加固处理后酌情布设横缝。

横缝缝距尺寸，是不因坝身高度而变异的，无论是高坝或低坝。我国常用的横向缝距为15~20m；在国外渐趋向于采用20~25m或更大的尺寸。

关于横缝的型式，对于中小型混凝土拱坝和重力坝均与高坝的相同。不过对于低坝的缝型总以力求构造简单、施工方便为主，比如扭曲面型的横缝和中断缝就宜避免不用。

(3) 纵缝：

中小型混凝土重力坝中布置纵缝的间距尺寸与高坝的相同，其纵缝数量是较少的。纵缝型式亦以构造简单为宜，尽量采用连通的竖面纵缝，避免平面上交错的和倾斜的纵缝。

(4) 水平接缝：

中小型混凝土拱坝和重力坝的浇筑层高尺寸与高坝的完全相同，一般以1.5~3.0m为宜。不宜大于3.0m，否则散热不利，易开裂。至于接缝面层处理和要求对于高坝和低坝是可通用的。

(5) 关于接缝构造：

中小型混凝土拱坝和重力坝的纵缝和带拱圈作用的横缝均宜设键槽。临时性接缝须一律进行压力灌浆，重力坝中永久性横缝并应有可靠的止水设备，各项构造要点与高坝相同，不过要求标准可以比高坝的为低。

6. 砌石坝的坝体接缝

凡用混凝土或水泥浆砌的石坝以重力坝较多，但也有拱坝。关于这类砌石坝的坝体接缝设计问题，简述如下。

(1) 横向接缝的布置：

凡在坝基河槽遇有高度突然变化处，因为坝高突变，基面荷载不同，应在此布设横缝。但是在岸坡斜度变化不大处，在水平河床与较缓斜岸交接处，以及在软硬基岩相差不大的交接处，一般可不布设横缝。坝内遇有天然岩咀伸入时，可不炸去，但局部深槽宜先填实，断层、破碎带等须预先加固处理。

(2) 横向缝距的尺寸：

因坝体以岩石为主，混凝土用量仅占 $1/4\sim 1/3$ ，所以热影响较小。加上此类砌石坝不是按柱状块体施工，毋须利用横缝以防止开裂，故而横缝设置与否，关系不大，因此，横向缝距的尺寸，也往往较大。如印度在1914年建筑的卡力士那拉嗟舍加(Krishnaragasagar)石灰浆砌条石坝，长2522m，无横向接缝，亦未发生开裂；1927~1934年间建筑的麦脱(Mutter)水泥砂浆砌石坝，坝高70.4m，坝长2155m，采用的横向缝距为38.4m；1945~1958年间建筑的钝加卜哈卒拉(Tungabhadra)砌石坝，其非溢流段长1122m没有设置横缝（见第七、第八届国际大坝会议论文集）。

此外，砌石坝内一般不设纵缝，也不存在水平接缝，此与混凝土重力坝截然不同。

第一章 混凝土拱坝的接缝设计

本章内所论述的拱坝，包括双曲拱坝和单曲拱坝两种。凡属于此两种拱坝中各类坝体接缝的有关设计问题，如横向接缝的布置、缝距、缝型；纵向接缝的部位、型式；水平接缝及其处理，以及周边接缝等问题均将分别论述。其内容则以双曲拱坝为主，这与近三四十年来混凝土双曲拱坝在世界各国日益广泛采用的发展趋势是相适应的。

第一节 双曲拱坝的坝体接缝

一、概说

混凝土坝体中是有意识地布设种种接缝的。为了坝工安全和经济的实际需要为了防止坝体乱杂无章地发生开裂的需要，为了有条不紊地浇筑混凝土的施工需要，都必须在坝体的各部分设置功能不同的各种接缝。

因为混凝土体内的水化热及其本身的胀缩性能，加上气温变化，内外约束等种种原因，都足以引起坝体开裂。此类裂隙不仅杂乱无章，影响美观，而且降低坝体强度，有时甚至危及坝的安全。而坝体接缝则可使混凝土块自由胀缩；有利于水化热的散发；减轻嵌固的约束影响；并可使混凝土的胀缩限制在这些预定的缝面。因此，坝体接缝是一种防止混凝土开裂的有效措施。所以美国希尔夫氏(J. W. Hilf)认为：坝体接缝实际上是各种有规律的人为裂缝，用以代替许多杂乱无章的自发裂隙。

将来随着混凝土技术的进一步发展，如对新品种水泥的制造，骨料的恰当选择，混凝土配合的合理改进，预冷技术的提高，施工散热的高效措施等，则坝体的各种接缝是有可能消失的。但在现阶段，坝体接缝仍然是控制混凝土坝开裂的可靠措施。

双曲拱坝的坝体接缝，主要有下列四种：

- 1) 横向接缝；
- 2) 纵向接缝；
- 3) 水平接缝；
- 4) 周边接缝。

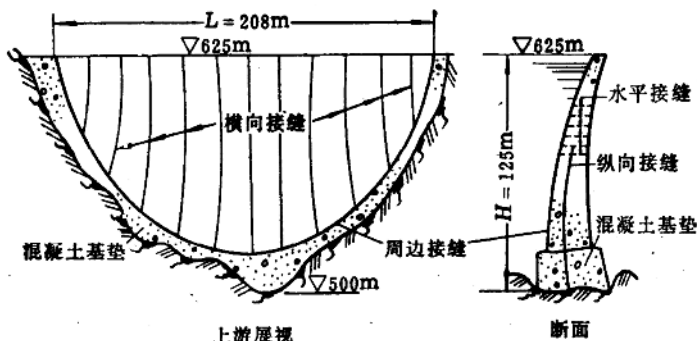


图 1-1-1 双曲拱坝各种接缝示意图

上述四种接缝的所在部位各不相同（图1-1-1）所具功能也有所不同。就接缝存在时间的久暂而言，又可分为临时性和永久性两种接缝。前者的特点是：缝面即是先后浇筑相邻两混凝土块体之间的接触表面，并在混凝土块体冷却收缩后，缝隙张开达一定程度时，进行压力灌浆，使接缝消失，以使符合设计时的力学要求；后者的特点是留一道人为的缝隙，用沥青填充，并设置可靠的止水防渗措施，它是与坝体

同时并存的。双曲拱坝中的横缝、纵缝，都属于上述临时性的接缝。水平接缝也属此种，但不需灌浆。周边接缝则有的属于临时性，有的属于永久性。

现就上述四种接缝概要述之。

二、横向接缝

双曲拱坝的横向接缝是主要的接缝。在平面图上是位于半径射线方向的铅直竖面或扭曲竖面，从坝底向上升至坝顶，贯穿坝的整个横断面。但也有不升至坝顶而中断的。一座坝中，往往沿坝的中线用横缝分全坝为10~40个坝段，所以横缝的数目也往往有10~40道。这要根据坝的全长和横缝的间距而定。

横向接缝的主要功能为：把相邻的坝段分隔开，不相联结，以适应所在河谷的地形和地质的变化，满足施工期内沉降的需要；浇筑混凝土时的温升和气温变化，将使坝段胀缩，横缝则可听其自由变形，且又便于散热，以满足防止开裂的需要；分段分块，浇筑方便，可满足施工的需要。

由于双曲拱坝在平面上是按整体拱圈设计的，所以横缝是临时性构造。等到适当的时刻，进行压力灌浆，把所有横缝一律严密填塞封闭，恢复整体的拱圈原形，以符合设计规定。灌浆后的横缝除应保证其整体性的强度外，还应具有防渗性。此种横缝只须附设止浆片和灌浆有关的管阀，不需永久性的止水装置。

横缝面上还必须设置键槽，以咬结加固，利于传递所受之力。

三、纵向接缝

双曲拱坝的纵向接缝是沿拱坝的平面弧形中线跨越河谷的一个连续竖面，它与所有横向接缝互成正交，在平面上和

横截面上都是曲弧形状，所以纵缝也是双曲面形。双曲拱坝的坝底宽度一般不过20~30m，一般不设纵缝。只有底宽在40~50m以上的，才考虑设置纵缝一道。所以纵缝在双曲拱坝中是次要的，远不如横缝的重要。

纵缝的功能在于可以人为地控制浇筑时混凝土坝的开裂部位及其延伸方向，利于混凝土水化热的散发，并方便施工。

纵缝也是存在于坝体中的临时构造，等到适当时期，要进行严密的压力灌浆，把纵缝封闭，以恢复横断面的整体性。因为设计拱坝时，在垂直悬臂梁计算中，假定其断面为整体而未被分割的，所以必须进行灌浆处理。灌浆需用的止浆片、管阀等，应预先埋设。

由于通过纵缝要传布较大的剪力，所以在缝面设有键槽，以利衔接。

四、水平接缝

坝体的浇筑是分段分块，自下而上，逐层浇筑而成的。因此在上下相邻的两个浇筑层之间，存在一个水平向的连接缝面，此即称为水平接缝。各个坝段，各个坝块，均有许多此类接缝。因此，在一座坝中，将会有数以千万平方米计的水平接缝。同一坝内的各种接缝面积，一般以水平接缝的为最大。其对坝缝造价的经济影响也较显著。

水平接缝的主要作用在于利用表面散热以防止坝体开裂，如采用较薄的浇筑层，并适当延长其间歇时间，都有利于水化热的散发。所以利用水平接缝的缝面散热，是控制开裂的另一有效方法。设置水平接缝后，可以分层浇筑，便于施工。

只要对水平缝面处理适宜，并在下层浇筑后的两周以内

便浇筑上层的混凝土，此类接缝的强度和防渗性能，均可满足设计要求。所以，对水平接缝是不需要进行压力灌浆。但对缝面的事前清洗处理则不可缺少。

五、周边接缝

周边接缝是双曲拱坝底部设有混凝土基垫时所特有的接缝。无基垫的无此接缝，有基垫的也不是都有此接缝。

周边接缝是设于混凝土基垫和坝底接触面之间的接缝，其轮廓形状与基垫相同，也是跨越河谷的鞍形。

周边接缝具有平滑的弧形表面，坝底可在此面上滑动，因而可调整应力变位，缓和拉应力，减少开裂危险。它又使坝体的计算高度得以减少，对设计有利。

缝面之间应设止水片，有的并须进行压力灌浆，以防渗水进入缝内，避免不利的扬压力。

此外，坝体的纵横向接缝有时也穿过基垫，直达基岩。在两侧陡坡处的基垫部分，往往设有与陡岩大约正交的短缝，以防开裂。当采用混凝土底塞填堵河谷深槽时，在底塞与坝底之间亦设有局部的接缝。凡此种种，以后另有论述。

第二节 双曲拱坝横向接缝的布置

一、横缝布置及其因素

双曲拱坝的坝顶展开长度，一般约200~500m，更长的达600m以上。如苏联的英古里双曲拱坝和美国的奥本(Aubarn)双曲拱坝，其坝顶展长为640m。坝顶长度既大，则坝底地形高差亦多，基底所在的地质条件也不同，加之为便于施工和散热等要求，必须用许多横向接缝把坝体分为若干坝段，然后逐段逐层施工浇筑。所以横缝是兴建混凝土

土双曲拱坝所必不可缺少的工程部分。

横缝布置在确定每一横缝所在的适宜部位，布缝总以不损害结构强度和有利于坝体安全为原则。在符合此原则情况下，然后适当注意坝体美观等次要问题。

横缝布置的影响因素甚多，如坝址河谷的断面形状，坝体附属建筑物（主要为各种管道及孔口）的部位、大小和数量，基岩种类和构造情形，通常采用的横向缝距尺寸，混凝土发热性能，人工冷却，接缝灌浆以及施工要求，气候条件及美术设计等，均与横缝布置有密切关系。而混凝土发热量的大小，又与水泥化学成分、骨料物理性能、水灰比、冷却设备、浇筑层高以及间歇时间长短等有关。其中水泥性质一项尤其重要。所以在布置横缝时，必须对上列影响因素充分了解，通盘考虑，反复布置，慎重选择，以期符合每一坝的特殊情况，选择最佳的布缝方案，力求发挥各横缝的最好功效。

二、地形条件与布缝

为了适应建坝处河谷断面的形状变化，一般利用横向接缝，分全坝为若干坝段，亦即配合地形，布设横缝。为使坝段适应局部地形变化，所以坝段长度，或长或短，难能一致。但在条件适宜时，也可等距布缝。

凡遇基岩中有尖锐凸角将伸入坝体时，应将其炸凿平整，然后浇筑坝体混凝土。否则，该处坝高突然变化，坝的断面刚度随之变异。加上岩石与混凝土弹性模量各不相同，因而不免引起应力集中，导致坝体开裂。即使在此布设横缝，开裂现象亦难避免。同样，凡遇基岩中有局部凹陷位于坝底时，需用混凝土将凹陷处先行堵塞填平，然后再浇筑坝体，以防开裂。如若清基后岩面坡度混乱不明，没有规律时，