

86.83
GJG

091141

86.83
GJG

水工基础处理

顧建国 段 干 編著



湖南人民出版社

编号：(湘)2513

水工基础处理

編著者：顧 建 國 段 干

出版者：湖 南 人 民 出 版 社

(湖南省书刊出版业营业登记出字第壹号)

长沙市新村路

印刷者：长 沙 市 人 民 印 刷 社

发行者：湖 南 省 新 华 书 店

开本：787×1092毫米 1/32

印张：4 5/8

字数：98,000

1963年6月第 一 版

1963年6月第一次印刷

印 数：1——2,100

统一书号：15103·63

定价：(6)三角八分

緒 言

解放十多年来,在党和政府的正确领导下,湖南省的水利建設事业也和全国一样,有了飞跃的发展。特别是1958年农村人民公社化以后,全省人民高举总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗,在发展国民經济以农业为基础、工业为主导的方針的指导下,水利、水电建設方面,特别是农田水利建設上取得了更加显著的成就,对灌溉、防洪、发电、航运等效益方面,均比以前有很大的改善,对于促进全省工农业生产和整个社会主义建設事业的发展,起了巨大的作用。

随着水利建設的向前发展,战斗在水利战綫上的广大群众和工程技术人员,从群众运动和实际工作中,也摸索、創造和积累了許多可貴的有关基础处理的經驗。我們两人在党的教育培养下,近十年来一直从事水利工程的地质勘探工作,参加过一些工程的兴建与处理,虽然現在自己也还是这方面的入門学生,但有志将这些年来亲身实践与学习的点滴体会加以总结,供从事水利工程的同志作一些参考,故此利用工作余暇,就中小型水利工程的基础处理問題試編成了这本书。

本书計分三章,全部內容是从工程地质角度出发来闡明基础处理方法。其中灌浆工程,是目前大中型和一部分小型水利工程基础处理所普遍应用的方法;崩塌滑坡也是基坑开挖必須考虑的地質問題,这些都是处理基础工程中不可分割的組成部分。故本书分列有灌浆工程与基坑边坡稳定两章。实际上全部內容

都是圍繞基礎處理來談的。基礎處理一章所列举的方法，主要是在中小型水利工程興建與整修中的一些實際經驗，而且是一些行之有效的成功的土法經驗。故有它的普及性和群眾性，尤其是石灰岩喀斯特基岩處理一節，完全是廣大群眾在黨的領導下，為了解決水利問題，奪取農業豐收，多少年來百折不回的向自然作鬥爭的經驗的結晶，我們曾在1958年作過專題總結，後由北京地質出版社出版。故此，這次只摘錄其中的主要部分編入本書。第六節所述的特殊基礎處理方法，我們雖沒有實際經驗，但從介紹基礎處理的方法來看，也是必須知道的，這些方法均系外地或國外在基礎處理中一些成功經驗，因為條件的限制，過去很少採用，但隨着社會主義建設向前發展，將來在個別基礎處理時將有它的採用價值，故附於章末，以供參考。

基礎灌漿工程，是隨着水利建設事業的發展而發展成熟的一門專業，已成為基礎加固和防滲處理不可缺少的一個施工環節。它的使用範圍很廣，現在不僅在技術上應用到散松軟弱地基和喀斯特的溶洞處理，同時對灌漿材料上採用粘土灌漿與土法灌漿，均取得了優異成就，日益為大家所週知。它能解決人工基礎處理方法所不能解決的問題，尤其是对已建水庫的基礎加固與止漏處理更是效果顯著。從湖南過去已建工程來看，整為複雜的基礎問題，不論是大型的或中小型的，最後解決問題的方法還是通過灌漿處理。故本書第二章特就在興建和整修水利工程中，通常所遇到幾種不同的基礎問題，根據不同的地質條件，結合我們的實際經驗與體會，重點的對灌漿設計和施工予以介紹，以謀使用範圍更加廣泛、普及而能為群眾所掌握的方法，以利在基礎處理中選擇合理的方法，更能符合多快好省的要求。

基坑和建筑物所在地段的边坡塌滑，是兴建水利工程的拦路虎，它常给施工与运转带来困难，同时也是基坑开挖和处理中应考虑到的地质问题。在第三章中着重介绍了崩塌和滑移发生原因及其处理方法，这些方法都是从实践中得来的经验，其可靠性已陆续在许多水利工程中得到证实。文内还分析讨论了如果对边坡稳定问题不够重视将会招致不良的后果的问题，这些意见的提出，也是从不少实际的经验和教训中得来的，值得注意，故末节的不同岩石稳定边坡数据是值得推荐的。

中小型水工基础处理，总的来看，是一个地质问题的处理。

我们只有通过研究事物的发生和发展的过程，深入了解事物的现状及其内部联系和规律，才有可能使我们的主观愿望符合于客观事物发展的要求，因此我们在决定水工基础处理之前，要特别注意加强调查研究工作，尽可能的收集所有的地质资料，这里包括了有关地质构造、岩石和土的物理力学性质，如风化破碎、裂隙、孔隙、紧密与散松散软硬程度以及组成松散地层的成分特性、级配关系与岩石的力学强度等资料，透水层和隔水层的厚度及其相对的透水性能，同时对灌浆用的水质和材料的物理化学性质也要知道。如果是在水库建成后进行基础处理时，还必须调查研究施工过程中的开挖情况和蓄水运行中的地质反映，以及各项观测资料。只有对事物的各个方面都弄清楚了，则解决问题的正确方法，才可能产生。

水工基础处理，是与水工设计直接相关的，我们在考虑和决定基础处理问题时，必须具备有全面的观点，深入了解水工设计意图，应采取最好最全面的技术措施以满足水工要求。有条件的工程，在决定基础处理方案时，最好是勘测、设计、施工三方面的

人員共同到現場決定，應本着因地制宜，就地取材，土洋結合的精神，選擇經濟上合理，技術上可能的方案，避免盲目硬套的片面性。

我們雖從事工程地質專業工作，但由於理論水平低，實際經驗不夠，加上缺乏深入調查研究、編寫時間又匆促，難免不存在許多缺點和錯誤，敬希讀者多加批評指正。

編者 1962年8月

緒 言

第一章 基础处理方法.....(1)

第一节 清基深度与基坑开挖.....(1)

第二节 坚硬裂隙岩基的处理.....(13)

第三节 石灰岩喀斯特基岩的处理.....(19)

第四节 软弱基础的土法处理.....(31)

第五节 砂卵石基础的防.....(34)

第六节 基础的特殊处理方法.....(41)

第二章 基础灌浆处理.....(47)

第一节 坚硬破碎岩基的水泥灌浆.....(48)

第二节 断层裂隙的水泥灌浆.....(72)

第三节 软弱夹层的灌浆固结.....(77)

第四节 土坝基础的防渗灌浆.....(78)

第五节 砂卵石基础的灌浆探讨.....(94)

第六节 喀斯特基础的溶洞灌浆.....(102)

第三章 基坑边坡稳定及塌滑处理.....(106)

第一节 边坡变形分类.....(107)

第二节 塌滑原因及处理方法的分析研究.....(111)

第三节	崩塌的处理方法	(115)
第四节	滑坡处理方法	(119)
第五节	滑坡处理中必须注意的事项	(133)
第六节	不同岩石的稳定边坡参考数据表	(135)

第一章 基础处理方法

基础的地质情况,往往不能完全满足建筑物的要求,因此任何建筑物的基础,都需要进行一定的人工处理工作。在水工建筑物上,基础处理是经常碰到的最复杂的问题之一。但处理方法的确定,并不是完全能由地质人员所能决定的,而是先由地质人员摸清基础的地质情况,再由设计施工与地质等专业人员共同研究解决。解决问题时,必须依靠各专业根据可能的施工条件及技术条件,提出切实可行的办法,以便解决自然地质情况对水工建筑物不利的缺陷,使建筑物的基础能获得稳定、巩固和防渗的能力,以满足建筑设计上的要求。

基础是建筑物的最基层,承受压力最大、受水力作用最复杂,且系长期埋藏在很难进行检查的隐蔽处。因此对于基础的清理和处理工程,我们应该采取认真负责的慎重态度,勘测时要把自然情况搞清楚,设计处理方案时更要针对情况考虑周详;施工时要满足设计要求,保证质量,总的目的应要求永久建筑工程在长期供水与运转当中,能发挥其最大效益,不出任何问题。

基础处理方法是很多的,各地采用的也不一致,兹就我们经常采用的几种分述于下:

第一节 清基深度与基坑开挖

清基是任何建筑物都必须采取的步骤。清基的目的,是把地表松散软弱的地层挖掉,使建筑物建立在稳定坚固而不透水

的基础上。

(一)清基深度：清基的深度是根據工程規模，按地層性質、風化程度、滲透係數三個主要條件而異。重要建築物清基深度，均要求達到堅硬的新鮮的沒有軟弱夾層的滲透性很小的基岩，新鮮基岩是指沒有受到風化作用的影响，而岩塊完整的地層。假如是均質的地層，則清基到新鮮岩面，乃是平整的基面，深度相差不大；假如地層不均一而抗滑性又很低的夾層或斷裂面，則縱使在新鮮岩石中，清基的深度也要加大，以挖除軟層。一般在堅硬岩石帶清基較淺，軟弱的和半堅硬的岩石帶清基較深，才能符合要求。一般混凝土重力壩壩壩等剛固結構的高建築物，其清基深度都必須達到堅硬新鮮均一基岩的要求，對堆石壩土壩的要求則可以較低。

中小型水工建築物清基深度，常常可以不必都清到新鮮基岩，如果某一岩層虽有風化性，但其力學強度能夠滿足建築物的要求，則清基深度可以只清到輕風化帶；如果岩石是堅硬的，只是因裂隙割切使其力學強度降低，則可以考慮用水泥固結灌漿方法，以提高其承載力和增強其抗滲能力，則清基深度亦可以較淺。反之，如果新鮮基岩出露很高，甚至接近地面，則為了避免地表風化因素影響，亦必須清到地表以下風化作用微弱的地帶，或者按照水流冲刷所不能達到的深度。如果新鮮基岩是很平的，或是傾向下游的斜坡，為了對建築物基礎加強其阻滑性起見，在新鮮岩石上也要清除一部分，以造成一定的反坡。如果新鮮基岩內含有軟弱夾泥層時，則必須清除其軟弱夾泥層，使建築物置于沒有軟層的地層上，以增強其穩定性。根據以上所述，可見要決定清基深度，必須首先摸清地層情況，全部掌握其物理力學指標

的变化规律。再按建筑物规模和設計对基础的要求,然后才可以决定。

中小型土坝基础,一般不要求全部清基,只是当有稳定性很差的土层,如淤泥、流砂、树根、草皮、动物洞穴、坟草等则必須清除外,其他的东西可以不必深清,如果河床砂卵石层的稳定性較好也不必清除。但对于截水墙基础的砂卵石层,則要求清基,而达到不透水基岩或抗水地层,以保証不发生漏水和管涌现象,故土坝清基綫一般都浅,而其截水墙則要深一些。

清基深度正规的确定方法: 要根据坝轴綫(或截水墙中心綫)的詳細地质勘测横剖面图。如图1所示。剖面上必須有各个不同深度地层的物理性質、力学强度和滲透系数等指标的描述,一般包括从掩盖层风化带,直到新鮮岩石的不同抗压强度,摩擦

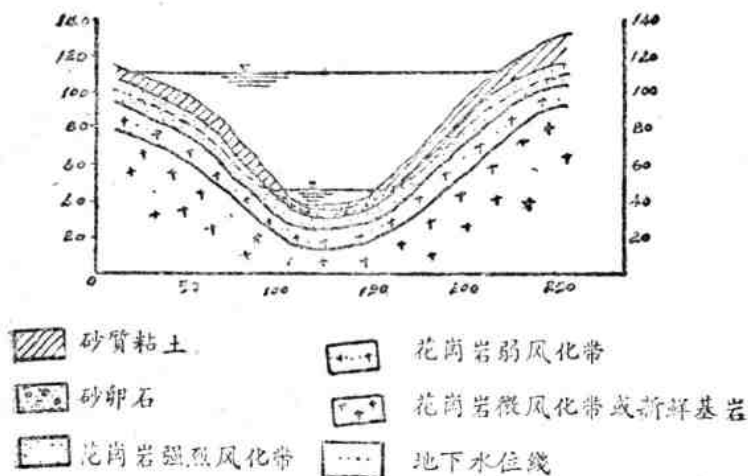


图1 坝轴綫地质横剖面图

系数，渗透性等的逐层变化数据，然后再按建筑物的设计要求，来确定清基深度。兹举填抽线地质横断面图，及岩石风化带逐层变化表如下。这种图表是确定清基深度的依据。

岩石风化带逐层变化表

表一

风化带	物理性質	水 文 地 質 特 性	力 学 性 質	工 程 地 質 条 件	施 工 开 挖 方 法
剧烈风化带	黄褐色，具塑性，可用手搓成粉末，有滑感的砂质粘土	不含水，渗透不均，地表渗透性小，中部及下部又小。 $K=0.1\sim10.0$ 米/昼夜	坚固系数 $0.5\sim1.0$ 内 摩擦角 35° 干容重 1.5 凝聚力 0.5	不能作为刚固水工建筑物基础，只可作为土填基础	可用铁镐人工开挖
强风化带	棕黄色，半坚硬，不能用手搓碎，容易用锤击碎，块球体比较坚硬	含孔隙裂隙水，渗透系数随深度逐渐减小 $K=0.05\sim1.0$ 米/昼夜	强度不均，有裂隙，抗压强度在 200 公斤/厘米 ² 左右，坚固系数 $1.5\sim3$	同 上	其中碎屑部分可用风镐清除，块体须用炸药爆炸
弱风化带	上部块体半坚硬或坚硬，锤击碎，下部坚硬或极坚硬	含裂隙性水，局部有承压水，含腐蚀性 CO_2	抗压强度 900 公斤/厘米 ² ，软化系数 $0.7\sim0.8$ ，坚固系数 8 ，抗剪强度 0.55 ，凝聚力 0.3	经过灌浆处理的，可以作为中型建筑物基础	用凿岩机打眼，以黄色炸药爆炸
微风化带及新鲜基岩	深色矿物，黑白分明，极坚硬，用锤很难打碎	渗透系数随深度的增加而逐渐减小 $\omega=0.05\sim0.01$ 为不含水层	抗压强度 $800\sim1000$ 公斤/厘米 ² 以上，软化系数 0.9 ，抗剪强度 0.6 ，凝聚力 0.4	可作为大型水工建筑物基础	同 上

(二)基坑地形整理:清基后基岩的地形面,常常不适宜于建筑物要求的地形条件,必须采用清基整理的开挖方法来改变地形,使之符合于建筑物形状的需要。

(1)土坝基面的地形整理:土坝的两端与山坡接头处,山坡不宜过陡,以小于 45° 为宜,坡度愈缓将对接头更为有利。因为山坡基岩面很陡时,当坝身填土沉落之后,能造成在短距离内的沉降量相差很大的不均匀现象,使坝的接头处发生垂直的纵向裂缝(裂缝与坝轴线成正交,它可能成为漏水或管涌的通道)。其处理方法必须在清基时把陡坡清除,使山坡不大于 45° ,能愈缓愈好。尤其是对于高土坝接头更要如此。如果陡段削坡放缓数量很大时,也可以用混凝土浆砌块石体,置于陡坡之下,以造成缓坡,使土坝坝体得到适宜的山坡接头地形。在山区河流之峡谷中建造土坝,能经常遇到这样的问题。兹以图示如下:



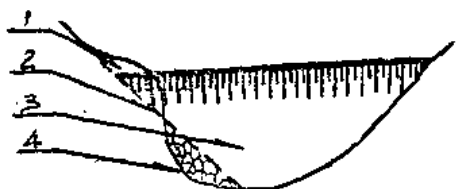
1.陡坡部分必须削坡放缓 2.1:1的边坡 3.陡坡 4.土坝

图2 土坝左岸边坡大于 45° ,可采用削坡处理



1.土方过大,不宜采用削坡方法 2.1:1的自然边坡 3.土坝
4.此部分因坡度过陡采用浆砌块石或混凝土体填补,放缓坡度

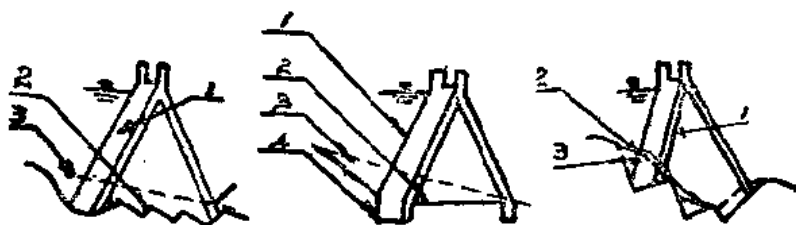
图3 土坝岸边坡度大于 45° 时,可用圬工体补填放缓方法



1. 削坡部分 2. 1:1的边坡 3. 土填 4. 被补缺陷

图4 土壤岸坡大于 45° ,用上部分削坡,下部填补放坡方法

(2)支墩坝基面地形整理:在平板坝大头坝的支墩之下,如果纵向地形造成高低悬殊过大时,应该在基面上加以整理,使一个支墩的基础近于和平,最好是能改变地形成为反坡,切忌倾向下游的顺坡。并在基面上凿成锯齿状的形状,或凿成阶梯状。图示如下:



1. 支墩坝

2. 齿槽基面

3. 原地形为缓顺坡

1. 支墩坝

2. 凿成反坡

3. 原地形为顺坡

4. 齿槽防渗

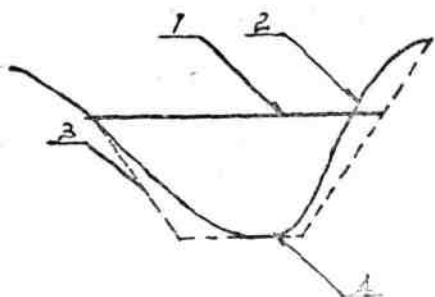
1. 支墩坝

2. 梯形反坡

3. 原地形为高低悬殊的陡坡

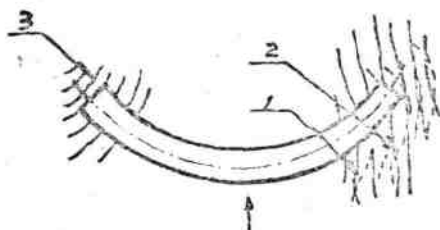
图5 凿成齿槽基面 图6 造成反坡基面 图7 凿成阶梯状反坡

(3)拱坝基础地形整理:拱坝对地形的要求,河谷要两岸对称,坝头的地形等高线最好与坝的弧形轴相垂直。假如在不对称河谷段,或者一岸的地形等高线不与弧轴相垂直,即应在基岩面上再加修凿整理,使地形条件符合拱形坝的要求。



1.拱坝 2.原不对称河谷剖面 3.拱坝基础要求的对称河谷剖面 4.河床要求清理平整

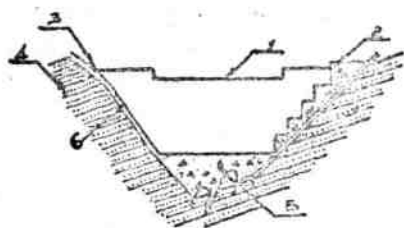
图8 拱坝基础不对称河谷的整理



1.原地地形高线与其轴斜交需要整理 2.整理后的地形等高线 3.原地地形等高线与其轴垂直能符合要求,可不予整理

图9 拱坝右岸地形整理示意图

但在实际工作中,倘因清基开挖量很大时,亦可以采用人工建筑来适应地形条件,图示如下:



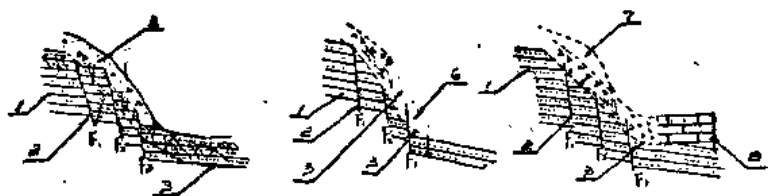
1.拱坝 2.混凝土坝体 3.不对称河谷原始剖面 4.新鲜基岩 5.河床混凝土垫层 6.坝端嵌入与坝轴垂直的槽内

(a)右岸用混凝土坝体补筑起,使两岸地形对称

(b)河床底高低不平,用混凝土基座使其平整

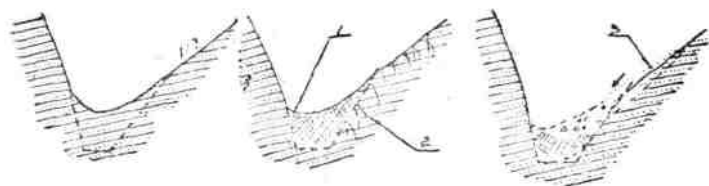
图10 拱坝基础整理之实例略图

(4)陡坡地形整理:陡坡清基有时不能仅限于建筑物砌置地点,而要包括建筑物以外的山坡影响部分。因为陡坡的稳定条件很差,或者是接近极限平衡状态。而清基开挖必将使岸坡变得更陡,就必然会将稳定性降低,那就可以招致坝顶以上山坡的崩垮,尤其在爆破的时候更会引起山崩。所以在这样的情况下,清基开挖不能仅限于坝基,而应包括有关的山坡部分,特别是当山坡为松散堆积体或老滑坡体时,更应作这种考虑,才能保证施工安全和建筑物牢固,但是在很多的工地上,对这一点,并没有引起足够重视,教训不少,如图11、12所示:



(a)原岸坡已不稳定 (b)被清基使岸坡变陡 (c)引起崩塌
 1.基岩 2.断层 3.清基线 4.强烈风化带陡坡岩层的地形线
 5.清理时,先开挖下部,致使岸坡变得更陡 6.已清除部分
 7.因雨雪,致使山坡崩塌,此部分无法继续清基 8.阻滑建筑物

图11 先在下部清基引起岸坡崩塌之例



(a)原来山坡稳定 (b)清基开挖岸坡稳定 (c)引起山崩被破坏

1.采用大爆破方法,被清出的基岩部分 2.受爆破影响,这部分岩石全部震动,并沿节理张开 3.受爆破影响,使山坡突然崩塌

图12 先在下部清基,并用大爆破,引起山崩之例

(三)基坑开挖:清基的开挖所采取的方法,应该是以不会引起山岸崩塌,和不会影响基岩的强度与防渗性能为原则。在中小型工程建筑物基础开挖时,可以分为下列三项述之:

(1)开挖步骤:陡坡下清基时应采取自上而下的步骤。应该先做好陡坡高处的削坡工作,逐渐往下,对于松散堆积体或厚层强烈风化带等所组成的陡坡,尤其应坚持从上而下的开挖步骤。只有当开挖的山坡是坚固稳定的岩石,才可以把边坡开陡。采用从上而下的不把山坡变陡的清基做法,虽然在当初似乎会费工费时,但从整个工程而言并非如此。且其效果有二:一、能避免施工中发生滑塌事故,损坏岸坡基岩构造;二、既然是从坡上作起而逐层清到河谷,那末以后在砌置或浇筑混凝土时,清基只是修凿加工,不致再有很大的开挖数量,对于后期施工速度比较快,