

深覆盖层面板坝设计 及坝基处理措施

姜苏阳 郭其峰 李远程 邢建营 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

深覆盖层面板坝设计 及坝基处理措施

姜苏阳 郭其峰 李远程 邢建营 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

河口村水库混凝土面板堆石坝建在 40 余 m 深的覆盖层上, 为国内目前最为复杂的混凝土面板坝覆盖层基础。本书介绍了河口村面板坝设计与计算及深覆盖层坝基处理措施研究的科研成果。本书共 11 章, 内容包括: 综述、坝基覆盖层工程地质条件及评价、推荐坝址上的坝型比选、坝基覆盖层防渗设计方案比选、大坝设计、大坝三维有限元应力应变计算分析、大坝稳定及趾板高边坡稳定计算、两岸山体稳定计算、库坝区渗漏量估算及防渗帷幕设计、坝基覆盖层处理措施方案研究、河床坝基覆盖层处理及检测。

本书可供从事坝工建设的勘测设计、施工、运行、科研等科技人员阅读参考, 也可作为相关领域大专院校师生的参考资料和工程案例读物。

图书在版编目 (C I P) 数据

深覆盖层面板坝设计及坝基处理措施 / 姜苏阳等著

— 北京: 中国水利水电出版社, 2011. 12

ISBN 978-7-5084-9342-8

I. ①深… II. ①姜… III. ①混凝土面板坝—设计②混凝土面板坝—坝基处理 IV. ①TV649

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第278591号

书 名	深覆盖层面板坝设计及坝基处理措施
作 者	姜苏阳 郭其峰 李远程 邢建营 等 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	140mm×203mm 32 开本 6.75 印张 181 千字
版 次	2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—1000 册
定 价	30.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

建在深覆盖层上的河口村面板坝研究，始于该工程项目建议书编报的 2002 年。因面板坝趾板修建在基岩面上的设计和施工国内外都有较成熟的经验，技术成熟，安全可靠，故在项目建议书阶段（2002～2005 年期间）作为推荐方案。随着我国坝工技术水平的不断发展，已有越来越多的混凝土面板堆石坝工程将趾板建在深厚覆盖层上，并且有了坝高在 100m 以上的工程实例。为此，可行性和初步设计阶段对趾板修建在基岩上和趾板修建在深覆盖层上的面板堆石坝方案进行了同等深度的比选，前者造价高约 18%，增加工期 7 个月；趾板建在深覆盖层上的面板坝因具有了坝基开挖量小、简化导流、缩短工期、降低造价等显著优点成为选定坝型，坝高 122.5m。

河口村深覆盖层上的面板坝设计面临的主要技术难题有高面板坝变形控制技术、适应大变形的止水结构及深覆盖层基础处理措施等一系列高面板坝筑坝技术难题。在设计过程中曾先后开展了“面板坝三维静力应力应变有限元计算”（河海大学）、“河口村面板坝坝料力学特性试验研究及应力应变分析与安全评价”（黄河水利委员会水科院）、“河口村水库坝址区渗漏与龟头山边坡稳定性研究”（华北水利水电学院）等多家单位参加了研究工作。黄河勘测规划设计有限公司并自主进行重

点科技攻关“深覆盖层上的高面板坝应力应变计算分析研究”的工作，研究主要以河口村面板坝为依托，针对河口村面板坝关键技术难题开展了联合攻关。围绕河口村面板坝长达10年的研究中，国内众多专家提供了咨询意见。

河口村工程于2008年开始前期施工，2011年10月截流，2011年11月开始坝体填筑，工程施工总工期60个月。

河口村面板坝前期论证中的合作研究完成的研究及成果共享，一些成果已公开发表，但尚无系统介绍这些研究成果的专著，为此，现将河口村面板坝设计过程中对一些技术难题的研究过程及主要研究成果进行系统的介绍，希望能对推动我国面板坝筑坝技术的发展尽绵薄之力。

本书由姜苏阳总体策划并统稿。本书前言、第1章综述、第3章推荐坝址上的坝型比选、第4章坝基覆盖层防渗设计方案比选、第5章大坝设计、第10章坝基覆盖层处理措施方案研究和第11章河床坝基覆盖层处理及检测由姜苏阳执笔；第1章第1.1.2节基本地质条件、第2章坝基覆盖层工程地质条件及评价、第7章大坝稳定及趾板高边坡稳定计算和第8章两岸山体稳定计算、第9章库坝区渗漏量估算及防渗帷幕设计由郭其峰和邢建营共同执笔；第6章大坝三维有限元应力应变计算分析由李远程执笔。本书虽然以前四位设计人员为主要撰写，但在撰写过程中参与专题研究的其他设计人员参与基础资料收集和撰写，不再一一列出。全书由原小浪底

工程坝工总工程师高广淳审核，在此表示深深感谢！

本书引用了大量的设计科研成果和文献资料，并得到了多家单位和多位专家的大力支持，在此一并表示衷心的感谢！由于本书涉及专业众多，撰写时间仓促，错误和不当之处难免，敬请同行专家和广大读者赐教指正。

谨以此书献给所有参与和关心河口村面板坝研究、论证和建设的单位、专家、学者，并向他们表示崇高的敬意与衷心的感谢！

作者

2011年11月

目 录

前言

1 综述	1
1.1 工程概况与基本地质条件	1
1.2 深覆盖层修筑混凝土面板堆石坝技术现状	12
2 坝基覆盖层工程地质条件及评价	17
2.1 砂卵石层	17
2.2 砂层透镜体	27
2.3 粘性土夹层	30
3 推荐坝址上的坝型比选	42
3.1 面板坝与沥青心墙坝的比选	42
3.2 混凝土面板坝趾板基础坝型比较	49
4 坝基覆盖层防渗设计方案比选	53
4.1 岩石趾板方案	54
4.2 碾压混凝土高趾墙方案	54
4.3 防渗墙柔性连接方案	55
5 大坝设计	62
5.1 坝体轮廓设计	62
5.2 混凝土面板设计	64
5.3 趾板及连接板设计	65
5.4 分缝和止水设计	68
5.5 坝体分区、筑坝材料设计及填筑标准	70
5.6 坝基开挖及基础处理	76
5.7 混凝土防渗墙设计	78

5.8	灌浆设计	78
6	大坝三维有限元应力应变计算分析	80
6.1	静力计算本构模型	80
6.2	大坝填筑及蓄水过程	84
6.3	材料计算参数	85
6.4	应力频率曲线	86
6.5	变形图	87
6.6	主要应力变形数据	88
6.7	坝体(含覆盖层)位移应力	89
6.8	面板位移和应力	94
6.9	趾板、连接板位移和应力	95
6.10	防渗墙变形和应力	96
6.11	接缝相对位移	97
6.12	计算结果评价	106
6.13	三维有限元静力计算结论	110
7	大坝稳定及趾板高边坡稳定计算	112
7.1	计算工况	112
7.2	计算方法及假定	112
7.3	计算软件	112
7.4	大坝稳定计算参数	113
7.5	大坝稳定计算结果	114
7.6	趾板边坡稳定计算	115
8	两岸山体稳定计算	120
8.1	左坝肩龟头山稳定性	120
8.2	右岸山体稳定性	129
8.3	左岸古滑坡体的稳定性	133
9	库坝区渗漏量估算及防渗帷幕设计	140
9.1	左岸渗漏量估算	140
9.2	右岸渗漏量估算	143

9.3	河床坝基渗漏	147
9.4	库坝区渗漏三维数值模拟	148
9.5	库坝区基岩总渗漏量及渗漏性质的分析	153
9.6	防渗范围的初步确定及帷幕线的选择	154
10	坝基覆盖层处理措施方案研究	159
10.1	处理方案	159
10.2	处理方案比较	160
10.3	坝基处理应力变形敏感性分析（河海大学计算结果）	163
11	河床坝基覆盖层处理及检测	168
11.1	概况	168
11.2	旋喷桩施工工艺及参数	168
11.3	试验前检测	169
11.4	现场高压旋喷情况及处理	184
11.5	成桩后检测	187
11.6	初步结论	200
	参考文献	201

1 综 述

1.1 工程概况与基本地质条件

1.1.1 工程概况

河口村水库位于黄河一级支流沁河最后一段峡谷出口处，下距五龙口水文站约 9km，属河南省济源市克井乡，是控制沁河洪水、径流的关键工程，也是黄河下游防洪工程体系的重要组成部分。河口村坝址控制流域面积 9223km^2 ，占沁河流域面积的 68.2%，占黄河小花间流域面积的 34%，总库容 3.468 亿 m^3 。按 500 年一遇洪水设计，2000 年一遇洪水校核。设计洪水水位为 285.43m，校核洪水水位为 285.43m，水库正常蓄水位 275.00m，电站装机容量 18.3MW。河口村水库属大（2）型水库，主要建筑物为 2 级。水库主要以防洪、供水为主，兼顾灌溉、发电、改善河道基流等综合利用。考虑大坝的高度超过 100m，提高为 1 级，次要建筑物级别为 3 级。水库枢纽由混凝土面板堆石坝、泄洪洞、溢洪道及引水发电系统等建筑物组成。

河口村坝址场地震动反应谱特征周期为 0.40s，地震动峰值加速度 0.1g，相应地震烈度为 7 度。鉴于大坝为 1 级建筑物，且大坝基础比较复杂，因此，确定大坝按 8 度地震进行抗震复核，地震动峰值加速度 0.2g。

流域内多年平均降雨量为 600.3mm，年平均气温 14.3℃，1 月平均气温最低，其值为 0.2℃，极端最低气温为 -18.5℃。

河床水面标高 168.00~178.00m，河床比降 4‰，河谷形状介于 V 形与 U 形之间，河谷底宽 130~200m，两岸山头高出河床 400m 以上。谷坡陡缓不一，呈台阶状，基岩大部裸露。库区

阶地不甚发育，呈新月形断续在河谷中分布。

混凝土面板堆石坝最大坝高 122.50m，坝顶高程 288.50m，防浪墙高 1.2m，坝顶长度 530.0m，坝顶宽 9.0m，上游坝坡 1:1.5，下游坝坡 1:1.5，并设 6.0m 宽的“之”字形上坝公路，下游综合边坡 1:1.685。坝体从上游依次由混凝土面板、垫层料、过渡料、主堆石、次堆石和下游块石护坡等组成。河床段趾板修建在深厚覆盖层上，覆盖层内设混凝土防渗墙防渗，防渗墙底部嵌入基岩内，防渗墙下基岩设灌浆帷幕，防渗墙顶端采用混凝土连接板和趾板连接，与面板一起形成完整的防渗体系。两岸趾板直接座在基岩上，趾板下基岩设灌浆帷幕，防渗墙下帷幕与趾板下帷幕连成整体；防渗帷幕并向两坝肩以外分别延伸一定长度。大坝填筑工程量包括上游铺盖在内共总填筑工程量约 650 万 m^3 。面板厚 0.3~0.72m，面板宽 12.0m，面板面积近 7 万 m^2 。趾板采用坝前趾板，下接防渗板的结构型式，趾板宽 6~11m，厚 0.6~0.9m。防渗板宽度 6~15m，厚 0.3m。周边缝结构设底、顶两道止水；面板垂直缝设有底、顶两道止水。

左岸设有 2 条泄洪洞，泄洪洞主要任务是泄洪和排电站进口的泥沙，泄洪洞设 1 号低位和 2 号高位两条，由进口引渠、进口闸室、洞身和出口段组成。其中 1 号泄洪洞进口底板高程 195.00m，与引水发电系统统一布置，形成联合进水口。1 号泄洪洞洞身长 600.0m。2 号泄洪洞进口底板高程 210.00m，洞身长 616.28m；两洞进口均为塔式框架结构，1 号塔高 101.00m，2 号塔高 86.00m，进水塔各设有事故平板门及弧形工作门一道。两洞均为城门洞型，洞身断面尺寸均为 9.0m×13.5m。两洞均为明流洞，洞身后接挑流鼻坎，水流直接挑入河道。

溢洪道布置在左岸，为 3 孔净宽 15.0m 的开敞式溢洪道，由引渠、控制闸、泄槽和挑流鼻坎组成。布置在龟头山南鞍部地带。进口引渠底板高程 259.70m，采用 WES 实用堰，堰顶高程 267.50m，堰上设弧形工作门；闸后为明渠泄槽，底坡 i 为 0.445，矩形横断面，边墙为贴坡式直立挡墙，溢洪道总长度

174.00m。采用挑流消能，下泄水流直接挑入河道。

引水发电系统由引水发电洞、电站厂房和尾水渠组成。

引水发电洞进水口与 1 号泄洪洞进口组成联合进水口。发电洞侧顺水流向总长度为 35.15m。进水口分三层布置，高程分别为 220.00m、230.00m 与 250.00m。引水洞主洞洞径 3.5m，小电站岔洞洞径 1.7m。

厂房采用岸边式地面厂房，共分两个电站，均坐落在较完整的基岩之上。大电站总装机容量 10MW，最大水头 102.90m，最小水头 52.20m，额定水头 76.00m，单机额定流量 $7.80\text{m}^3/\text{s}$ 。小电站总装机容量 1.6MW，最大水头 57.50m，最小水头 29.00m，额定水头 41.00m，单机额定流量 $2.31\text{m}^3/\text{s}$ 。

大电站主厂房总长 28.92m，总跨度 13.00m，总高度 23.61m。机组安装高程 171.20m。小电站主厂房总长 27.02m，总跨度 10.00m，总高度 13.17m。机组安装高程 217.17m。

主变压器布置在大电站厂房上游侧室外平台上。小电站不单独设变压器，通过电缆沟与大电站相连。尾水平台高程根据下游最高尾水位确定。大电站尾水平台高程 180.00m。小电站尾水平台高程 215.00m。

施工导流采用河床一次拦断，隧洞导流方式；枯水期围堰挡水，汛期大坝临时断面挡水。本工程施工总工期 60 个月，工程筹建期 24 个月。2011 年 10 月河床截流，2011 年 12 月开始大坝填筑。

1.1.2 基本地质条件

(1) 区域构造与地震。沁河河口村水库工程区位于太行山与华北平原的交接地带。工程区处于华北断块南缘的二级构造豫皖断块与太行断块的交接部位，广泛发育燕山运动以来形成的各种构造形迹。本区的构造稳定性主要受西侧的汾渭裂谷断裂带和东侧的太行山前断裂带及聊城—兰考断裂带控制。由于河口村水库距上述断裂带较远，对工程区域稳定虽有一定影响，但影响不大。

盘古寺断层是区域内规模最大，距坝址最近的一条断层，断层总体呈近东西走向，延伸长度大于 60km。盘古寺断层的形成时间为燕山期，喜山期还有一定活动。其最新活动年龄测定范围值均早于 10 万年，故应不属于活断层。

根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)，河口村水库的地震动峰值加速度为 $0.10g$ ，相应的地震基本烈度为Ⅶ度，反映谱特征周期为 $0.40s$ 。根据河南省地震工程勘察研究院 2008 年《沁河河口村水库工程场地地震安全性评价工作报告》，工程区基准期 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 $0.09g$ ，相应的地震基本烈度为Ⅶ度。

(2) 地形地貌。河口村水库为峡谷河道型水库，回水长度约 18.5km。库坝区为古生代石灰岩地貌形态，多呈悬崖峭壁。张庄以上库岸，地形分水岭较宽厚；张庄以下左岸库外有切割较深的山口河，分水岭相对比较单薄。水库基岩库盘基本处于封闭状态。

坝址区位于吓魂潭与河口滩之间，长约 2.5km，平面上呈反 S 形展布，河谷为 U 形谷。河床水面高程 168.00~178.00m，纵坡比降 4‰。坝址区河谷为 U 形峡谷，谷坡覆盖层较薄，大部分基岩裸露。河谷宽度一般 200~500m，最宽不超过 1.0km。残存有 I、II 级阶地。河漫滩高出河水面 1~11m，覆盖层厚度 10~40m，最厚 47.97m。

坝段内右岸有一古河道分布，从四坝线右坝肩起，经东、西余铁沟至一坝线右坝肩，全长 2.5km。谷宽 150~200m，谷底高程 245.00~250.00m，堆积物厚度 5~40m。在二、三坝线右坝肩，已被后期河流侵蚀，残存无几，唯独余铁沟内保存完整。

坝址区河床覆盖层以下基岩坡度陡缓不同，基岩谷底有 6 个长轴顺河向的封闭式深槽，组成一个纵向为波浪状的基岩深槽。自上游起前 5 个深槽中心点间距为 250~350m，其中最深的两个深槽位于二坝线和四坝线处，最低点高程分别为 131.06m、

129.68m。河床未发现有顺河断层。

(3) 地层岩性。坝址区出露地层有太古界登封群、中元古界汝阳群、古生界寒武系及第四系。

太古界登封群 (Ard): 分布在坝址区, 沿河谷底部出露。顶面高程 168.00~257.00m, 一般南高北低, 至吓魂滩倾入河底。岩性以片麻岩为主, 其次为云母石英片岩, 含少量铁质石英碧玉岩, 混合岩化作用较为普遍。

中元古界汝阳群 (Pt_2r): 分布在坝址区, 沿河谷底部出露, 顶面高程 180.00~282.00m。厚度 2~48.2m, 一般厚 20m 左右。下部为石英底砾岩, 中部为含砾石英粗砂岩、粉砂质页岩, 上部为石英岩状砂岩。

古生界寒武系 (ϵ) 分布于整个库区, 是构成库区沁河两岸的主要岩层。总厚 420~470m, 在水库区出露下统馒头组、毛庄组, 中统徐庄组、张夏组。

馒头组 (ϵ_1m): 分布在沁河及山口河两岸谷坡。总厚 94~105.6m。该层在沁河的顶面高程 338.00~220.00m, 南高北低, 至圪料滩附近, 岩性为白云岩、灰岩、泥质条带状灰岩夹页岩。该层下部夹有一层岩溶化灰质白云岩, 是水库漏水的通道。

毛庄组 (ϵ_1mz): 分布在沁河、山口河谷坡, 南高北低, 厚 33~40.5m。岩性为鲕状灰岩、团块灰岩夹粉砂岩及页岩。

徐庄组 (ϵ_2x): 出露在沁河、山口河谷坡, 总厚约 105m, 岩性为钙质页岩与厚层鲕状灰岩互层。中、下部岩层分布在库盘, 上部岩层已高出库水位。

张夏组 (ϵ_2z): 分布在库区河谷两岸的上部与坝址下游沁河谷地, 地貌上形成悬崖峭壁, 厚度约 180m。底部 10~30m 为黄绿色钙质页岩、泥灰岩互层, 以上为灰色巨厚层鲕状灰岩、鲕状白云质灰岩。该层岩溶较发育, 梦仙洞和旋风洞等大型溶洞及黑龙洞岩溶泉, 皆发育在此层下部。

第四系 (Q): 分布在沁河河谷, 上更新统 (Q_3) 为冲积、

坡积、滑坡及崩塌堆积物，岩性为漂石、卵石、岩块、碎石及粘性土；全新统（ Q_4 ）为冲积、洪积、坡积及滑坡堆积物，岩性为岩块、碎石、漂石、卵石及粘性土。

（4）地质构造。根据构造形迹，由北至南可分为三个构造单元（图 1.1-1）。

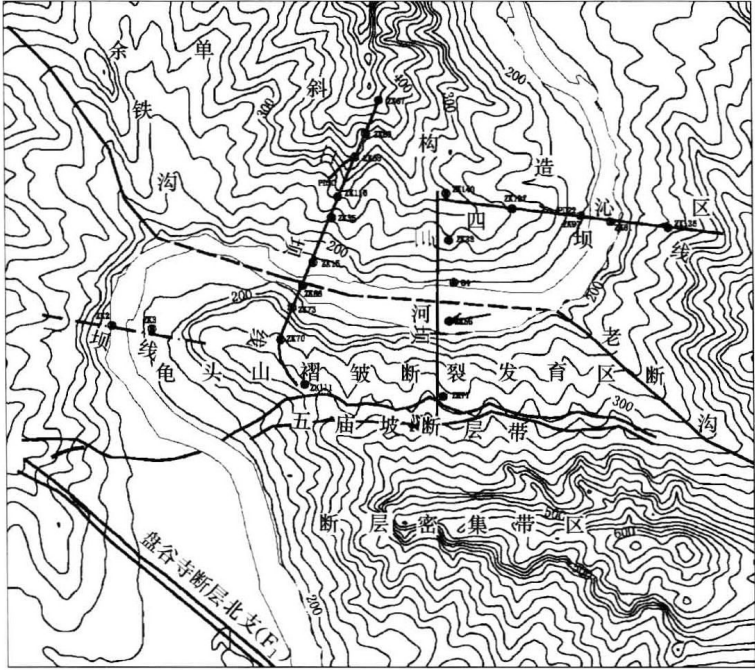


图 1.1-1 河口村水库库坝区地质构造分区简图

1) 余铁沟至老断沟以北，为一单斜构造区。区内岩层走向近于东西，向北缓倾，断层与褶皱基本不发育，构造形迹微弱。但在馒头组下部，发育一拖曳褶皱层，其中伴生构造夹泥及裂隙溶洞。

2) 两沟以南至五庙坡断层间，为龟头山褶皱断裂发育区。该区共发育 5 条较大规模的断层（ F_9 、 F_{10} 、 F_{11} 、 F_{12} 、 F_{14} ）及两个褶皱束，断层以东西向为主。除以上断层外，临近五庙坡断层带附近尚有大量东西近向小断层密集发育。

3) 五庙坡断层以南至盘古寺断层北支 (F_1) 之间, 为一断层密集区。以一组走向 $270^\circ \sim 300^\circ$ 的高角度正断层为主, 其中 F_1 规模最大, 起控制作用, 其次为五庙坡断层带, 其他断层规模较小。

五庙坡断层带是一条与盘古寺断层北支相伴生的分支断裂, 主要由 F_6 、 F_7 、 F_8 三条近东西向的阶梯状正断层组成, 是由很多断裂面与岩层层面错综交汇组合的破碎岩体。五庙坡断层带宽度 $6 \sim 70\text{m}$ 。由于五庙坡断层邻近水库主体工程部位, 带来一系列工程、水文地质问题, 如龟头山山体稳定及左坝肩绕坝渗漏等问题。

(5) 岩溶与水文地质条件。

1) 岩溶发育。库坝区岩溶多属于近代岩溶, 主要沿河谷两侧的河流阶地 (古河道) 和近岸岸坡发育。坝址区岩溶发育程度主要受地层岩性与地质构造的控制, 同时与Ⅲ级阶地及古河道的分布范围与分布高程相关性较好。坝址区岩溶发育主要在馒头组下部 ($\in_1\text{m}^4 \sim \in_1\text{m}^1$) 的灰质白云岩中以及五庙坡断层带以南的碳酸岩岩层中, 由于馒头组地层在库坝区两岸均广泛分布, 与水库渗漏问题密切相关。

近坝区单斜构造区馒头组下部岩溶总体上不甚发育, 主要集中在馒头组下部的构造层中, 岩溶发育多沿层间的小断层和皱曲发育, 较为明显的岩溶现象多发育在受地质构造、河流阶地、古河道以及地下水强活动影响强烈的近岸坡地段, 且其发育程度具有随远离岸坡减弱的特征。馒头组下部 $\in_1\text{m}^3$ 和 $\in_1\text{m}^1$ 岩层中溶蚀现象较为普遍, 且一般成层性较为明显, 在 $\in_1\text{m}^3$ 局部还可见规模较大的溶洞发育, 其中以 PD19 号探洞及支洞及 PD26 揭露的岩溶现象最发育。

龟头山褶皱区, 岩溶发育主要受构造作用控制, 馒头组下部岩层岩溶现象程度较高; 在五庙坡以南的断层密集带区, 岩溶多沿断层带发育。岩溶现象表现多为沿断层发育的串珠状溶洞。在沿较大规模的断层处, 多表现为溶蚀裂隙, 其延伸一般较长, 特

别是在较大的断层或者多条断层交汇处，往往有较大的溶隙及溶蚀架空现象发育，如导流洞开挖揭露的 F₄ 和 F₅ 断层交汇处的溶蚀架空现象等。

2) 水文地质单元及岩体透水性。根据岩层分布、地质构造、岩体透水性等，可将库坝区划分为四个水文地质单元：余铁沟—老断沟以北的单斜构造双层含（透）水层区，余铁沟—老断沟以南至五庙坡断层间的龟头山褶皱断裂混合透水层区，五庙坡断层以南至盘谷寺断层间的断层密集带低水位区及河床砂卵石及浅层风化带含水层区。各单元的透水性指标汇总统计见表 1.1-1。

表 1.1-1 各水文地质单元岩层透水性指标

单 元 区		各透水岩体透水性率 (Lu)							
		Ard、 Pt ₂ r	∈ ₁ m ¹⁺²	∈ ₁ m ³	∈ ₁ m ⁴	∈ ₁ m ⁵	∈ ₁ m ⁶ / ∈ ₁ mz	∈ ₂ x	delQ ₃
单斜构造 双层含 (透) 水层 区	右岸近岸	10	100	200	30	20			
	右岸中远岸	1	20	100	10	1			
	右岸远岸	1	5	10	20	5			
	左岸	5	20	35	15	25			
龟头山褶皱断裂 混合透水层区		50	550	3000	1800				6000
断层密集 带低水位 区	左岸五庙 坡断层带	1500							
	断层带南	30	300	80	60	850	2500/ 1400	50~ 100	
河床砂卵石及浅层 风化区	浅层风化 卸荷基岩	120							
	砂卵石 覆盖层	渗透系数 K=40~60m/d							

注 透水性率大于 100Lu 段是根据注水试验换算而来。