

岩溶地区坝基岩体质量工程地质分类

王家骏

(湖南省水利水电勘测设计院)

提要 本文概要介绍了根据岩溶形态及岩溶形态组合特征,将各种岩溶坝基划分为晶孔溶孔型、溶隙宽缝型、溶沟溶槽型、溶管溶洞型、网状洞穴型、溶带块屑型、间互层洞隙型等七种基本岩溶组合结构工程地质类型及相应的岩体质量分类方法。该方法以定性分类为主,尽可能利用各项地质表征和物性参数进行定量判断评价。实践证明,该方法简便、实用、预见性好,在大中小型工程各勘察阶段均可适用。

关键词 岩溶形态类型;岩溶形态组合结构特征;岩溶组合结构工程地质类型;坝基岩体质量分类;岩溶渗漏类型

水利水电工程建设中,坝基岩体质量是决定建筑物安全稳定和造价的主要因素。为此,对坝基岩体质量的研究成为工程地质勘察的一项重要任务。近年来,国内外提出了许多岩体质量分类的方法。迄今为止,所有分类,基本上都是针对非可溶岩石地基的。建国以来,我国水利水电工作者在岩溶地区进行了大量工程建设,积累了丰富的评价岩溶坝基岩体质量的经验。对岩溶坝基岩体质量,建立系统的工程地质分类条件已趋成熟。众所周知,在岩溶地区,由于独特的地质作用和地质现象,以及由此而产生的工程效果,在某些方面比非可溶岩坝基更为复杂。岩溶坝基岩体质量评价的内容、要求和方法显然和非可溶岩坝基不同,为了共同探索积累这方面的经验,笔者根据多年来在岩溶地区工作的体会,提出一个初步方案,与同行们共同研究讨论。

1 分类的原则和依据

1. 本分类适用于各种类型的碳酸盐岩和不同地质结构的岩体。
2. 鉴于岩溶发育的极不均一性和具体条件的千差万别,本分类以定性为主,有关定量评价指标则需视各地区或工程勘察工作的深入进行具体划分。所有定量分类指标,由于具体地域条件的限制,也只能是相对的

作者简介:王家骏,男,52岁,高级工程师,1956~1957年在原电力部武汉水电设计院地质训练班学习结业,现从事水利水电工程地质及岩土工程专业工作。410007 长沙市东塘

3. 在一般碳酸盐岩坝区,控制坝基岩体质量和工程地质特征,主要决定于地基强度和岩溶渗漏两方面。因此,岩溶形态类型、岩溶形态组合结构特征、岩溶发育强度以及它们和建筑物的相互关系是进行岩体质量分类和命名各的主要依据。

4. 本分类应和非可溶岩坝基岩体质量分类方法一致,也采取岩体质量分级和岩体结构工程地质分类互相对应的方法。岩体质量仍按地基优劣程度划分,岩体结构则主要按岩溶形态组合结构工程地质类型(简称岩溶组合结构分类)划分。

5. 本分类所包括的岩溶范围主要是指分布在坝基附加应力场以内并和建筑物安全稳定及正常运行直接有关的岩溶形态。位于附加应力场以外或和建筑物安全稳定没有直接关系的岩溶地质现象不在考虑之内。

6. 某些特殊岩溶现象,如深部岩溶、古岩溶、古岩溶充填物、岩溶洞穴坍塌堆积体或溶塌角砾岩等,直接位于坝基或对坝基岩体质量评价有明显影响的,可作为特殊类型单独命名划分岩溶组合结构类型;如不直接位于坝基或分布很深影响不大的则可作为专门性工程地质问题另外进行研究。

2 岩体质量分类特征

按照岩溶形态及岩溶形态组合特征,可将各种岩溶坝基概括为七种基本的岩溶组合结构工程地质类型。即晶孔溶孔型(溶孔型);溶隙宽缝型(缝隙型);溶沟溶槽型(沟槽型);溶管溶洞型(管洞型);网状洞穴型(网洞型);溶带块屑型(块屑型);间互层洞隙(穴)型。

以上类型,分别归属为好、较好、较差、差、很差等五种岩体质量分级。各类型主要特征列于表1:

几点说明:

1. 岩溶组合结构亚类,除了表1所列部分以外,各工程可根据具体情况进行划分。

2. 在岩溶地区常见的由易溶岩和难(非)溶岩组成的间互层状碳酸盐岩坝基,本分类只概括划分为间互层洞隙型一种类型,根据其洞隙规模又可划分为间互层缝隙型及间互层管洞型两种亚型。

3. 对某些岩溶坝区内大片分布有非可溶岩的工程,可参照非可溶岩坝基岩体质量结构分类进行,为表示区别,分类名称前应冠以“非岩溶”字样,如非岩溶块状结构……。

4. 坝基岩溶渗漏型式主要根据渗漏主通道的性质、渗漏量及其和建筑物关系,划分为管道式、溶带式、洞隙式、沟槽式和裂隙式渗漏等五种类型。其主要特征见表2。

3 湖南省几个坝基分类实例及其评价方法

七十年代以来,我们在湖南省一些工程勘察中尝试对岩溶坝基岩体质量进行了工程地质分类。包括规划、初设、技施和加固处理勘察各个阶段。分类基础虽随勘察程度而有所不同,但都主要依据岩溶形态分布和组合结构特征,既有岩体质量的平面工程地质分区,也有剖面岩体质量分带或分段,并尽可能结合各项地质表征和物性参数进行定量评价。实践结果,总的感

表1 岩溶坝基岩体质量和结构工程地质分类表

Tab.1 Engineering geological classification of karstic dam foundation rock-mass quality and structure

岩体 质量 分类	岩溶组合 结构分类		岩溶 发育 强度	特 征	坝基可能渗漏			岩体工程地质条件	
					性质	渗漏通 道和坝 基关系	严重 程度	复杂 程度	主 要 评 价
好	晶孔溶孔型 (溶孔型)		微	以晶孔、溶孔、溶蚀麻面等为主, 局部见有少量溶隙, 溶蚀轻微, 层面和裂面大多闭合, 岩体新鲜完整, 钻孔线岩溶率 < 1%			不 渗 漏	简 单	岩体强度高, 稳定性好, 为 优良坝基
较 好	溶 隙 宽 缝 型	(缝 隙 型) 溶 隙 宽 缝 型	弱	以溶隙为主, 部分形成串珠状洞穴或溶蚀宽缝, 一般溶宽0.01~0.5m, 宽缝个别可大于1m, 基岩较新鲜完整, 钻孔线岩溶率大多 < 3%	裂隙 洞隙 式渗 漏	一般渗漏 不直接或 影响建筑 物	轻微 中等 渗漏	较 简 单	岩溶不发育, 岩体强度 高, 稳定性好。局部溶隙 和结构面组合可影响岩 体稳定性
较 差	溶沟溶槽型 (沟槽型)		中等	以溶隙、溶沟、溶槽为主, 也有部分裂隙溶井(洞), 部分沟槽交叉成网络状, 溶宽常达0.2~3m, 基岩风化多泥锈面, 钻孔线岩溶率一般在3%以上	沟槽 式渗 漏	渗漏通道 直接和建 筑物接触 引起冲刷 渗流破坏	中 等 渗 漏	复 杂	岩溶形态直接和建筑物接 触, 地基强度受岩溶洞隙 及充填物影响; 溶蚀沟槽 间岩体破碎、松动、夹泥, 部 分组合岩体稳定性较差; 沿 岩溶沟槽产生渗漏, 渗漏 量常因洞隙多有充填而早 期不太严重, 但易发生冲刷、 管涌, 威胁建筑物安全
差	溶 管 溶 洞 型	(管 洞 型) 溶 管 型 溶 洞 型	强烈	以溶管、裂隙状溶洞、溶井、管道状溶洞为主和部分溶隙、宽缝等组合成以管洞为主要汇水中心的溶蚀系统, 除浅部洞穴岩体溶蚀破碎风化多泥外, 稍深洞穴周围岩体一般较完好, 钻孔线岩溶率无明显规律	管道 式渗 漏	渗漏通道 一般不直 接和建筑 物接触	严重 ~ 极严 重渗 漏	很 复 杂	岩溶洞穴有一定的顶板厚 度, 其顶板承载能力和强 度直接影响坝基(肩)稳定 安全条件, 沿管道的严重 渗漏短期内虽不危及建筑 物安全, 但影响工程的正 常运行

续表1

岩体质量分类	岩溶组合		岩溶发育强度	特 征	坝基可能渗漏			岩体工程地质条件	
	结构分类				性质	渗漏通道和坝基关系	严重程度	复杂程度	主 要 评 价
很 大	网状洞穴型 (网洞型)		很 强 烈	由分枝很多的管洞溶蚀系统或纵横交错的沟槽。洞穴组合成网络状,地基成为大小不一凹凸零乱的石丘、石柱或不规则割离体。岩体风化破碎多泥容易松动。钻孔线岩溶率一般在6~3%以上	管道式渗漏、沟槽式渗漏	渗漏通道直接和建筑物接触引起渗漏冲刷破坏	严重 ~ 极严重 重渗漏	很 复 杂	岩溶洞穴和沟槽交叉组合,严重破坏地基的完整性,岩体强度视基坑面岩溶率大小和顶板有效厚度而不同,各种溶蚀形态组合岩体稳定条件差,沿部分洞穴和沟槽的渗漏易使建筑物和地基产生冲刷破坏
很 差	溶带块屑型 (块屑型)		很 强 烈	沿断层和构造挤压带等形成的构造破碎和溶蚀的混合类型,宽3m以上至数十米,由大块岩石角砾碎屑和泥质组成,实际相当于软基。钻孔线岩溶率一般在15~40%以上	溶带式渗漏	渗漏通道直接和建筑物接触引起渗漏冲刷破坏	中等 ~ 极严重 重渗漏	很 复 杂	地基由极不均一的土石混合体组成,允许承载力、抗剪强度低。存在不均匀沉降,压缩变形和抗滑稳定等问题,地质条件很差。坝基渗透性取决于充填密实程度,任何轻度渗漏将极易导致地基管涌冲刷破坏
差	间互层洞隙型	间互层管洞型	强 烈	在易溶岩洞内以顺层方向为主发育有溶隙宽缝、裂隙状溶管(井)溶洞等,往往组成顺层方向为主的岩溶渗漏通道	管道式渗漏	一般渗漏不直接或影响建筑物	严重 ~ 极严重 重渗漏	复 杂	易溶岩和难(非)溶岩间互成层,且有洞隙发育,影响地基强度和均一程度。部分洞隙系统、软弱岩层和结构面组合可影响局部岩体稳定性,岩溶渗漏由于岩性控制,其范围比较明确,如要利用难(非)溶岩作防渗依靠,必须论证隔水层的可靠性
较好		间互层缝隙型							

表2 岩溶渗漏类型及基本特征

Tab.2 Karstic leakage types and their basic characteristics

渗漏类型	基本特征	渗流速度* (cm/s)
管道式渗漏	(1) 渗漏主通道主要为管道状溶洞、裂隙状溶洞或溶井、落水洞等, 由于溶洞都具有天然的基岩顶板, 所以除了和溶井、落水洞接触部位外, 渗漏通道一般都不和建筑物直接接触; (2) 渗漏通道充填最少, 或有部分坍塌块屑堆积, 渗流速度最快, 渗漏量大, 属集中渗漏类型; (3) 地下水等水位线沿管道附近有比较明显的洼槽, 且垂直洼槽的地下水横向坡降相对比较大; (4) 渗漏流量对水库水位反应灵敏	包气带内渗流 2~21 cm/s; 地下水季节变动带内渗流 6~8 cm/s
溶带式渗漏	(1) 渗漏主通道为宽大的溶槽和构造破碎溶蚀带, 规模大, 宽达3~数十米不等, 且影响较深。由于渗漏通道一般没有基岩顶板, 因此渗漏带多直接和建筑物接触而易于发生管涌冲刷破坏; (2) 渗漏通道一般都有充填, 且河水位以下充填常比两岸好; (3) 随溶带充填性质不同, 其渗流量、渗流速度和渗漏性质有显著差别; (4) 溶带型渗流量在初期一般都不太大, 但溶带本身在渗漏过程中极易产生管涌、流土、冲刷破坏; (5) 地下水等水位线沿渗流中心往往有不明或比较宽缓的低槽。且垂直洼槽的地下水横坡降很小; (6) 坝基渗流量和水库水位关系大多表现为滞后型	全充填: 0.084~0.269 半充填: 0.537~1.906 未充填: 1.304~9.792
洞隙式渗漏	这是介于管道式渗漏和裂隙式渗漏之间的一种过渡类型, 通道岩溶形态主要为较大的溶隙、溶蚀宽缝及沿其串珠状分布的一些较小溶洞和溶管等, 渗流量较大, 一般在1~数百升/秒不等	
沟槽式渗漏	这是溶带式渗漏和裂隙式渗漏之间的一种过渡类型, 与洞隙式渗漏的差异在于: (1) 渗漏通道主要为溶沟、溶槽等组成, 宽度常在0.5m以上, 最宽可达3m; 规模比溶带小; (2) 由于溶沟溶槽大多有充填, 其连通性、渗透性比洞隙式渗漏通道差, 初期渗流量也较小, 由于渗漏通道一般和建筑物直接接触, 易于发生渗漏管涌冲刷破坏	
裂隙式渗漏	渗漏通道岩溶形态为溶隙、小的溶蚀宽缝或规模不大贯通较差、补给域小的孤立岩溶裂隙式溶管, 渗流量小, 常<1~数升/秒, 且多呈散渗或小型泉水流出	

* 为湖南省部分工程实测渗流速度, 据1988年湖南院《浅埋型岩溶纵向河谷坝基的渗漏问题及其灌浆处理》。

到该分类是可行的,在水文工程地质评价和预测中发挥了积极作用。

3.1 澧水三江口水电站(技施勘察)

该工程位于澧水下游,最大坝高31m,库容1.02亿 m^3 ,装机容量6.25万kw,坝区为纵向河谷,宽500m,坝基为三叠系嘉陵江组碳酸盐岩,属覆盖型岩溶,坝基岩体质量的工程地质分区是在大面积地质测绘和电法普查基础上采用钻探、钻孔、无线电波透视、钻孔摄影、大地声频仪探测等方法综合分析类比进行的。作为评价类比的主要定量指标有:

- 1) 面岩溶率(%): 单位面积内岩溶洞隙面积所占百分率;
- 2) 钻孔遇洞隙频率(%): 某一高程钻孔遇 $\geq 0.1\text{m}$ 洞隙的钻孔百分率;
- 3) 钻孔线岩溶率(%): 钻孔深度内岩溶洞隙累计高度所占百分率;
- 4) 岩心状态: 分为完整圆柱状、断续圆柱状、碎块状和泥屑状四种类型,划分标准见表3:

表3 岩心状态分类标准

Tab.3 Classification standard for core-states

状 态	岩 心 率(%)		特 征
	采取率	获得率	
完整圆柱状	100~90	>80	圆柱状岩心连续,岩心比较新鲜完整
断续圆柱状	>70	>50	圆柱状岩心中穿插部分碎块岩心,无大的洞隙
碎块状	<60	<30	岩心片状零碎,采取不全,裂隙发育,多泥、锈迹
泥屑状	0~100	0~100	为断层、挤压破碎带及洞隙充填之泥屑或泥砾,松散,或为强烈风化破碎之岩粉岩屑

5) 钻孔等距离(30m)透视场强衰减值: 所谓透视场强衰减值系指透视异常值相对完好岩体正常场强值的差值,以-dB表示。由于本坝区岩性比较单一,等距离透视基本消除了场强随透视距离而变化的影响。因此,场强衰减值主要反映了岩溶洞隙和破裂带对电磁波的吸收能力,在一定程度上反映了透视孔间岩溶和构造破坏的规模程度。实践证明,利用场强衰减值来评价岩体质量,与电法普查、基坑揭露实际情况相当吻合,是岩溶地区探测岩溶洞穴和评价岩体质量的有效依据之一;

6) 岩体视电阻率($\Omega \cdot \text{M}$): 本坝区地面电法采用了三极电测深、电测深剖面、双重联合剖面、四极对称剖面等方法。主要用于大面积探测断裂和岩溶异常,通过对水平和垂直方向视电阻率变化规律研究岩体电性特征。坝区没有低电阻岩层,岩体视电阻率反映了岩体受破碎溶蚀的程度。通过改变供电电极距主要研究了坝基浅部大约15、30、45、70m等深度内岩体电阻的综合反映。鉴于本工程坝高仅31m,重点考虑了坝基15、30m范围内岩体视电阻率的特征,结

表4 澧水三江口坝基岩体质量工程地质分区类型特征表

Tab.4 Type and characteristics of engineering geological zones of Sanjiangkou dam foundation rock-mass quality. Lishui river

岩体质量分类		较好	较差	很差	很差
岩溶组合 结构分类		缝隙型	沟槽型	网络状 洞穴型	断层 泥块型
特征		以溶隙、溶沟为主, 局部形成串珠状小洞, 溶宽一般小于0.5m, 基岩较新鲜完整	以溶沟、溶槽为主, 也有部分裂隙溶洞, 局部沟槽交叉成网络状, 但溶蚀基本只沿裂面发育稍扩大, 原地面形态基本可辨, 基岩风化较破碎, 多锈泥面, 溶宽常达0.1~1m以上	由纵横交错的沟槽和洞穴组合成网络状, 溶蚀范围超过破裂面, 地面成为大小不等凹凸零乱的石丘石柱, 基岩风化破碎多泥, 容易松动	系沿较大断层形成的构造破碎和溶蚀的混合类型, 为宽3~数十米的泥质和大块角砾碎屑带, 砾径最大可达5m, 实际相当于土基
常见 岩心 状态	分类	完整圆柱状~断续圆柱状	断续圆柱状~碎块状	碎块状	泥屑状
	岩心采取率(%)	90~100	90~60	<60	100~0
	岩心获得率(%)	≥80	80~40	<40	100~0
面岩溶率(%)		3.41~11.2	16.1~28.4	32.5~58.4	45~90 以上
表部 岩体 (50~ 40m) 高程	钻孔线岩溶率(%)	1.21~3.3	2.0~13.0	13.8~30.3	28.4~60.0
	视电阻率(Ωm)	>350	350~250	250~100	<100
	透视场强衰减(-dB)	-5~-20	-20~-33	-33~-45	-45~-76以下
设计 力学 参数	tg ϕ	0.66	0.60~0.55	0.50~0.40	0.35~0.30
	允许承载力(kg/cm ²)	>10	10~6	5~4	<4

合其它各项指标进行类比综合评价。

将以上成果综合类比,并根据岩溶形态组合特点和发育强度,将坝基划分为四种岩体质量类型,其特征和判定指标如表4。

本工程已于1987年底全部开挖浇筑完毕。基坑开挖证明,以上分类方法较好反映了坝基岩溶发育强度和结构特征,1981年进行的坝基分类和评价不仅得到了证实,而且在施工过程中根据分类判定指标对部分坝基进行的建基面选择和基坑面岩溶率预测评价也相当准确(详见三江口水电站覆盖型岩溶宽河床坝基工程地质勘察研究,《水利水电技术》1988年第10期)。

3.2 江垭水电站(初设勘察)

江垭水电站拟建坝高134m,库容18.3亿 m^3 ,装机40万kw。坝址为横切河谷,坝基主要持力层为二叠系栖霞组碳酸盐岩。主要岩溶形态有层面溶隙、构造溶隙、溶蚀宽缝、裂隙状溶井、裂隙状溶洞和管道状溶洞等。初设阶段坝基岩体质量分类是在地质测绘和大量平硐、钻孔对主要岩溶形态勘探揭露基础上,主要按照岩溶发育的垂直分带规律进行的。分类采取剖面分带的型式,即将坝基范围内揭露的所有 $\geq 0.1m$ 岩溶洞隙按高程和地表下埋深全部投影到坝轴剖面上(图1),各带特征见表5:

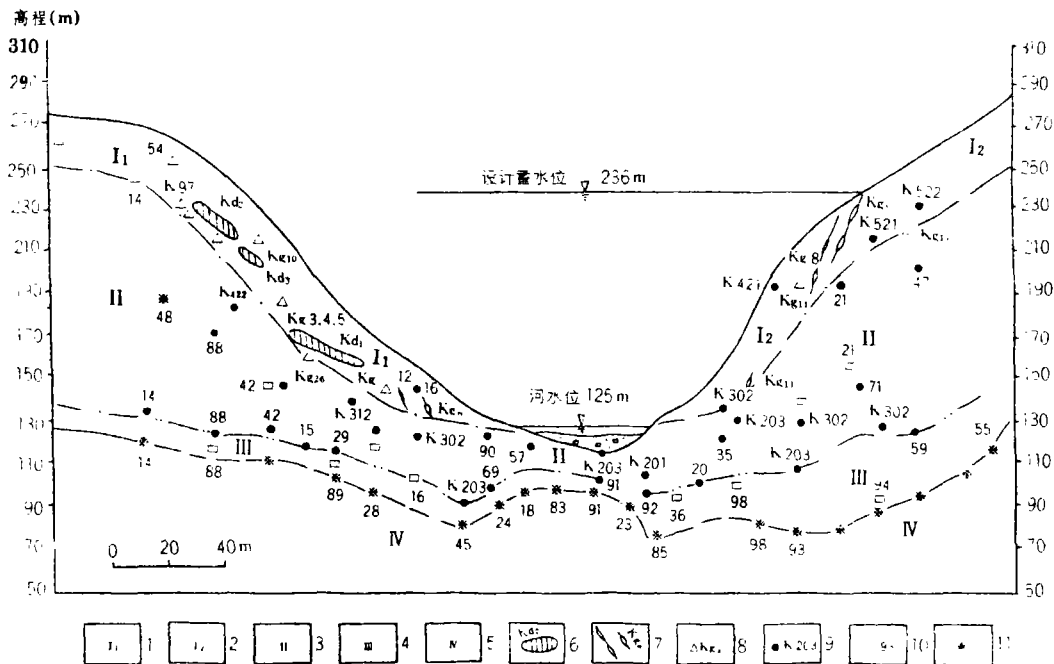


图1 江垭坝基岩体质量工程地质分带图

Fig.1 Engineering geological zones of dam foundation rock-mass quality. Jiangya reservoir

1-管洞型;2-宽缝型;3-溶隙型;4-溶孔型;5-非岩溶隔水层型;6-管道状溶洞及编号;7-溶蚀宽缝及编号;

8-构造溶隙及编号;9-层面溶隙及编号;10-细小溶隙及钻孔编号;11-晶孔、溶孔及钻孔编号

表5 江垭坝基岩体质量工程地质分带特征

Tab.5 Characteristics of rock-mass engineering geological zones of Jiangya dam

带号	I ₁	I ₂	II	III	IV
岩体质量分类	差	较差	较好	好	好
岩溶组合结构分类	管洞型	宽缝型	溶隙型	溶孔型	非岩溶隔水层型
分布部位	左岸坝基表部 8~45m	右岸坝基表部 10~35m	两岸坝基35~45m 以下及河床	坝基110~90m 高程之间	坝基90m 高程以下
特征	八条层面溶隙, 12条高角度构造溶隙, 宽缝和三个体积200~20m ³ 的管道状溶洞组合成以溶洞为汇水中心的岩溶网络系统, 溶洞顶板厚8~35m, 最大洞径达4m	五条高角度构造溶隙中有二条形成串珠状溶井和宽缝, 长达15~50m, 宽0.1~2m, 深11~40m, 倾向坡外。此外还有6条层面溶隙宽0.01~0.3m, 180m高程以上形成局部不利组合	以顺层溶隙为主, 局部见有少量高角度构造溶隙。一般溶宽0.01~0.3m, 粘土或粘土混砂砾石充填较好, 基岩新鲜完整, 强度高	基岩内仅见有晶孔、溶孔、溶蚀麻面和石花晶簇等, 局部节理面, 见有溶蚀痕迹, 岩溶微弱, 基岩新鲜完整, 强度高	为P _{1a} '页状滑石化灰岩、燧石条带灰岩及D ₁ 页岩、砂岩等, 岩性完整坚硬, 无岩溶发育, 构造破坏轻微, 为坝基可靠隔水层
钻孔平均线岩溶率(%)	2.0~3.1	0.8~1.09	0.3~0.69	<0.1	0
大于5m ³ 洞穴总体积(m ³)	323	45	0	0	0
工程地质评价	(1)坝基浅部溶洞以及层面溶隙和构造溶隙组合造成拱坝坝肩局部稳定问题 (2)管道溶洞和溶隙是本坝基最主要渗漏通道, 为重点防渗处理对象	(1)180m高程以上构造溶隙和层面溶隙组合造成右岸拱坝坝肩局部稳定问题 (2)溶隙是右岸坝基主要渗漏通道	坝基地质情况良好, 裂隙性渗漏轻微	坝基地质条件良好, 基本不渗漏	为坝基可靠隔水层, 可作为防渗接头依托

基于以上岩体特征,初步设计审查时一致确定采用能充分发挥河床及两岸坡下部岩体质量好(属溶隙型和晶孔溶孔型)优势的重力坝型,而放弃了利用两岸坡(属于管洞型和宽缝型)差~较差地基作为主要持力层的拱坝方案。该工程在坝型选择中,岩体质量分类评价发挥了突出作用。

3.3 溇水淋溪河电站(规划勘察)

淋溪河电站为溇水上游的龙头水库。拟建双曲拱坝坝高266m,库容31.9亿 m^3 ,装机80万kw。坝址为横切河谷,两岸及河床基岩裸露,坝基为寒武系巨厚层状白云岩和奥陶系灰岩。岩溶发育总的比较微弱,地质条件相对比较简单,规划勘察阶段工作量不多,对坝基岩体质量划分主要依据地面调查和部分钻孔平硐成果进行的。各类型特征见表6:

表6 淋溪河电站坝基岩体质量分类

Tab.6 Dam foundation rock-mass quality classification of Chenxihe power station

代号	岩体质量分类	岩溶组合结构类型	部位	岩性	特 征	表部60m 钻孔线岩 溶率(%)	初等工程 地质评价
I	较好	缝 隙 型	350m高 程以上左 岸坝肩	O_1 灰岩	沿灰岩层面及表面发育溶隙,一般宽0.01~0.3m,浅部岩体仅在溶隙处 ω 为0.01~0.2 l/min.m.m	0.82	岩溶不发育,岩体完整 坚硬,无不利组合,是良好坝基持力层
II	好	溶 孔 型	350m高 程以下两 岸坝基及 河床坝基	C_1 白云岩	仅见晶孔溶孔发育,岩溶微弱,基岩新鲜完整坚硬,层理不显,岩体 ω 大多小于0.01 l/min.m.m	0~0.25	岩溶很微弱,岩体完整 新鲜、坚硬,无不利组合, 为优良高坝坝基持力层
III	较好	缝 隙 型	350m高 程以上右 岸坝基	O_1 灰岩	受平卧褶曲影响,层面溶隙和构造溶隙发育,溶宽0.1~0.4m且多夹泥,40m深度以外岩体完整性稍差:以内溶隙密度显著减小	1.42	表部岩体完整性较差, 裂隙性渗漏。但岩溶不 发育,经适当处理后 可作为高坝坝基持力层

3.4 大圳灌区东风水库(补强加固处理勘察)

东风水库为地方兴建的中型水库,均质土坝高51m,库容2044万 m^3 。1973年蓄水后坝基发生严重渗漏管涌,危及大坝厂房安全,多年来一直未能正常蓄水。为查明渗漏原因进行处理加固,在补充勘察中专门进行了坝基岩体质量工程地质分类研究。该坝址为纵向河谷,坝基为石

表7 东风水库坝基岩体质量工程地质分段特征

Tab.7 Characteristics of engineering geological zones of dam foundation
rock-mass quality, Tongfeng reservoir

段号	岩体 质量 分类	岩溶组合 结构分类	每百米 钻孔遇 洞个数	遇洞 穴最大 高度 (m)	钻孔 平均 线岩 溶率 (%)	最大 单孔 线岩 溶率 (%)	特 征	连通试 验实测 渗透流 速(m/d)	岩体的宜 (l/min· m·m)
左坝 肩强 烈岩 溶段	差	网洞型	14.9	7.46	15.43	47.3	沿F ₁ 上盘挤压揉皱带形成宽 60~80m的网络状洞隙溶蚀 破碎区。岩体破碎,洞隙多, 且71%以上充填不好或未充 填。坝基形成以W10、W11为 中心的溶带式集中渗漏,渗 漏通道部分直接和坝基接 触,导致管涌和坝坡塌陷	1084.6	0.127~ 0.915
左岸 坝基 弱岩 溶段	较好	溶 隙 宽 缝 型	2.4	1.60	2.41	2.8	受断层影响,灰岩内溶隙和 溶蚀宽缝发育,溶宽一般在 0.1~1m间,但段内岩体基 本上仍较完整,坝基仅个别 地点出现很小渗水		0.1~0.05
河床 弱岩 溶段	好	溶 隙 型	1.3	0.19	0.2	0.2	仅基岩表面见有少量宽 0.2m以下的溶隙,岩体完整 新鲜,坝基未发现明显渗漏		≤0.03
左岸 坝基 微岩 溶段	好	晶孔溶孔型	0	0	0	0	仅见有晶孔溶孔发育,岩体 新鲜完整,不渗漏		<0.03

炭系黄龙组白云岩、云灰岩组成。由于构造断裂通过,岩溶发育强烈,17个钻孔平均线岩溶率达8%。由于勘察工作是在工程建成后进行,施工过程中也无任何基坑记录,对坝基岩溶和岩体质量的评价主要是在地表调查基础上通过钻孔勘探试验进行的。坝基岩体质量分段情况见图2、表7。

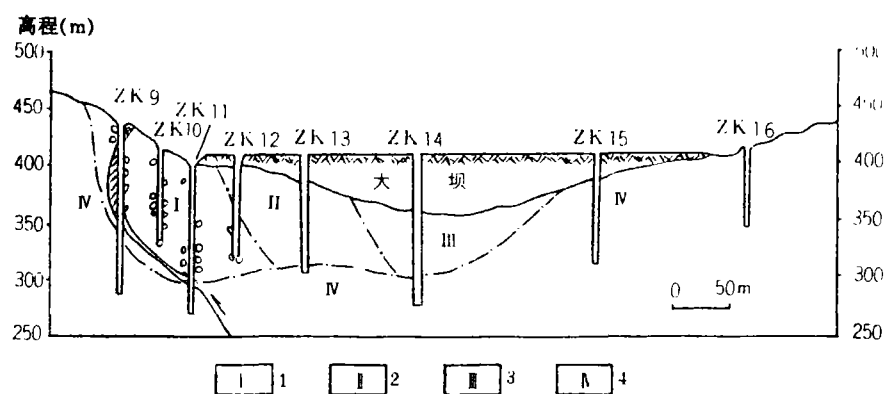


图2 东风水库坝基岩体质量工程地质分段图

Fig.2 Engineering geological sections of dam foundation rock mass quality, Tongfeng reservoir

1—网洞型; 2—宽缝型; 3—溶隙型; 4—晶孔溶孔型

该坝基补强加固和防渗灌浆处理主要确定在左岸网洞型和宽缝型坝基地段,并已于1987年底完成,坝基渗漏已基本消失,效果良好。

通过上述数例证明,运用坝基岩体质量工程地质分类取得了较好的效果。工程实践将会进一步补充完善这一分类。

ENGINEERING GEOLOGICAL CLASSIFICATION FOR ROCK MASS QUALITY OF DAM FOUNDATION IN KARST TERRAIN

Wang Jiajun

(Investigation and Design Institute of Water Conservancy
and Hydroelectric Power, Hunan Province)

Abstract

For dams situated in karst area, the controlling factors of rock-mass quality and engineering geological condition of dam foundation are mainly the strength of geological base and the karst leakage etc. Therefore, according to karst morphology types and their combining characteristics, karstic dam foundations can be summarised as seven basic engineering geological types with different karst combining structures, including geode-solution pore, gallery-crack of solution fissure, grike-trough, pipe-cavern, cavern-network, mass-clastic and interbedded cavern-fissure types. They are classified as good, fair, moderate, poor and very poor in rock-mass quality separately. For dam foundations with different engineering geological types, there will be various karstic leakage and complexity of rock-mass engineering geological behaviour. This classification is mainly based on qualitative assessment. And geological characteristics and physical-mechanical index are also considered. It has been shown from several water conservancy projects' experience in Hunan Province that this classification is simple, practical, good foresight and can be used to every investigation stage for big, moderate and small hydraulic works to classify the rock-mass quality of dam foundations.

Key words: Karst morphology type; Combining structural characteristics of karst morphology; Engineering geological type of karst combining structures; Rock-mass classification of dam foundation; Karstic leakage type