注意：修改说明文档随修改好的正文文稿一起上传系统。

**《水利水电技术（中英文）》稿件修改说明**

稿号：w20230001

题目：岩溶区深埋隧洞水文地质概念模型及突涌水研究

尊敬的《水利水电技术（中英文）》审稿专家：

感谢审稿专家针对拙文提出的宝贵意见和建议，我们已针对相关意见对论文进行了认真细致的修改，详细修改说明附后。

此致

全体作者（此处不写具体人名）

2023年1月8日

注意：修改说明文件要逐条回应专家意见。如果采纳专家意见，要明确说明怎样修改；如果认为专家意见不准确，要充分说明依据。

1、题目建议明确限定于某隧道。

修改说明：已将题目更改为“西南岩溶区深埋隧洞水文地质概念模型及突涌水研究”。由于本文以贵州夹岩地区深埋长引水隧洞区域岩溶水文地质为研究对象，并未局限于其中某一条隧道，且该区域岩溶发育具有南方岩溶的典型特征，具备代表性，因此不便于限定于某一条隧道，而将其限定于西南区域。

2、水文地质概念模型包括研究区范围、边界条件、含水层结构、地下水补给径流排泄特征、地下水动态主控影响因素、特殊现象等等，作者尚未完全体现出水文地质概念模型，边界条件和含水层结构均未提及，而且地下水补径排有何特征未深入总结，建议补充丰富相关内容。

修改说明：增加1.3节 “研究区域边界条件”用于对研究区域边界条件进行说明，主要内容为“研究区域被六冲河、白甫河和龙昌坪大山分水岭包围形成一个完整的近三角形分析流域（见图1）。南面被六冲河以最低侵蚀基准面切割，东面被白甫河以最低侵蚀基准面切割，北面以龙昌坪大山为分水岭，形成倾向南向的坡面闭合流域。其间又被发源于龙昌坪大山顶部的数条暗河和地表河流分割成数条小流域。”

文中1.1节对含水层结构进行相应补充，主要内容如下：根据测区出露的地层岩性勘测，测区主要包含P2m、T1yn3、T1yn1、T2g2+3、P3c、T1yn2、T1y3、P2l等地层，岩性则多是可溶性的灰岩与白云岩，也有少数砂岩、泥岩等不可溶岩石。调查测区地下暗河及泉点流量，发现富含管道溶洞水的区域一般包括P2m、T1yn3、T1yn1地层，且泉点流量与暗河流量分别高达10~50 L/s、50~1000 L/s，枯汛期的流量差别较大，按地层对含水层岩体进行分区可将P2m、T1yn3、T1yn1地层划分为强岩溶含水层；T2g2+3、P3c地层区域主要富含裂隙溶洞水，相比强岩溶含水层而言，泉点与暗河流量较小，而枯汛期的流量差别同样较大，据此将T2g2+3、P3c地层分为中等岩溶含水层；同理，结合地层岩性与泉点暗河特征对弱岩溶含水层与非岩溶弱至微透水层进行划分。具体各含水层岩体分区与水文地质特征如表1所示。

表1 含水层岩体分区及水文地质特征

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地层代号 | 岩性 | 主要泉点及暗河持征 | 枯季地下水径流模数（L/s·km） | 汛期地下水径流模数(L/s·km） | 含水层分区 |
| P2m、T1yn3、T1yn1 | 中厚层灰岩、白云质灰岩 | 富含管道溶洞水，泉点流量10-50L/s，暗河流量50-1000L/s,枯期和汛期流量差别较大，汛期是枯期流量8-12倍 | 6-8 | 16-31 | 强岩溶含水层 |
| T2g2+3、P3c | 白云岩、泥质白云岩 | 富含裂隙溶洞水，泉点流量1-10L/s，暗河流量10-50L/s,枯期和汛期流量差别较大，汛期是枯期流量8-12倍 | 4-6 | 10-16 | 中等岩溶含水层 |
| T1yn2 | 泥质白云岩、薄层灰岩与砂泥互层岩 | 富含基岩裂隙水，泉点流量1-5L/s | 2-4 | / | 弱岩溶含水层 |
| T1y3、P2l | 砂岩、泥岩、泥灰岩 | 富含基岩裂隙水，泉点流量小，多小于1L/s，枯期和汛期流量差别不大 | 0.3-0.5 | 1-3 | 非岩溶弱至微透水层 |

3、缺省研究区地形地貌、水文气象等的描述。同时，图2仅是局部的概化，说服力不强。

修改说明：根据要求，已在第一章第二段添加了研究区域地形地貌及水文气象等描述，具体内容如下：“研究区域属亚热带季风气候区，地处黔中高原，海拔高、气温较低。主要气候特点为四季分明、雨量充沛、冬长夏短、昼夜温差大、干湿季明显、日照时数少。根据大方县气象站统计，年平均气温11.8℃，年均日照时数1335.5 h，年均降雨量1120.8 mm，丰水期为每年的5～10月，平均降雨量为888.1 mm，占全年降雨量的79.2%。多年平均风速1.6 m/s，最大风速15 m/s，风向多为NE向。年均相对湿度84%，无霜期254 d。

研究区域地貌类型以峰丛洼地、岩溶峡谷地貌为主，形成残丘坡地、宽阔河谷、起伏和缓的高原景象。隧洞整体位于六冲河与白甫河地表分水岭南侧斜坡地带，受六冲河下切作用，岸坡地表、地下水强烈溯源侵蚀、溶蚀，各期剥夷面已消失殆尽，层状地貌不明显，仅在靠近地表分水岭地带残留有少量山盆一期( )剥夷面，高程大致在1840～1860 m。该段六冲河为深切峡谷，两岸阶地不发育。地表水系不发育，冲沟发育，冲沟多为树枝状，沟内无水。”

4、引言中最后一段“国外学者研究水文地质模型的较多，但进一步用它来研究概念模型下的涌水问题则较少；而国内虽然研究了很多隧洞涌水问题，但是对于该隧洞所处工程区的水文地质概念模型认识却不充分。为此，本文重点研究西南岩溶隧道突涌水的水文地质概念模型，对岩溶地区隧道建设具有一定借鉴意义。”应适当总结国内岩溶区地下水模拟的现状，包括对非均匀介质的描述等等，国内已经有较多研究，应补充。“该隧洞”何指，在引言中未提及任何研究区的情况！

修改说明：文中第三段已进行相关补充，具体内容如下：“西南岩溶含水介质的非均质性主要表现形式为溶孔、溶隙、溶沟及落水洞等，因此常以管道-裂隙-孔隙多重介质模型来描述岩溶含水层的相关性质，目前常见的岩溶地下水模拟方法主要有[13-15]：多孔介质模型、双重介质模型、三重介质模型、耦合介质模型。”

“该隧道”系本人笔误，已修改为“隧洞”，此处的隧洞并非指本文所研究的隧洞，而是指国内学者们各自研究的隧洞，系泛指。此外，本文研究区域情况均在第二章节工程概况中性详细阐述。

5、水文地质图不仅包括平面情况，还应包括剖面图，显示主要结构。 水文地质概念模型应该是立体的，建议补充沿隧洞方向的水文地质剖面图。

修改说明：根据要求，已在图一中添加了隧洞沿线剖面图，包含了主要的地层信息、断层、暗河、褶皱等地质结构。

6、地下水类型中介绍偏泛和简单，应说明含水层的渗透性和结构特征。

修改说明：已在第二问中进行说明，此处不再复述。

7、断裂、暗河、溶洞发育特征等等，需要说明。

修改说明：文中1.2节已对断裂、暗河、溶洞发育特征的进行了补充说明，具体内容如下：“研究区域主要地质构造见图1，可以看出猫场隧洞沿线出露地层为二叠系地层，洞身段为P2m灰岩，厚度大于300 m，为宽缓的维新背斜，维新背斜是研究区域最大的汇水构造，在六冲河左岸，地下水分别向大坡暗河系统和狗吊岩暗河系统汇流，于六冲河河边集中排泄，且水量较大。水打桥隧洞线穿越的断裂构造主要有F103、F104、F105、F106、F110、F111，其中F103、F104、F105、F110、F111断层走向北东向，以F103为主断层，迭瓦式地垒抬升，断层北端撒开，南端交于马场东西向断裂构造带下。”

“猫场隧洞和水打桥隧洞区可溶岩大面积分布，由于受地形地貌、地层岩性、构造因素、水文网展布等影响，地表及地下岩溶形态十分发育，洼地、溶洞、落水洞、竖井随处可见。隧洞沿线主要发育有6条暗河系统，分别是大坡暗河系统、狗吊岩暗河系统、小田坝暗河系统、水落洞暗河系统、以哪田坝暗河系统和鼠场暗河系统。前四条暗河系统近南北走向，以泉点形式向南部六冲河排泄，后两条暗河近东西走向，暗河出露后向白甫河排泄，可以预见前4条暗河系统对隧洞影响较大。”

8、岩溶水的补径流特征太过定性化，建议集于数据适当增加定量化描述，提高结论的可信度。

 修改说明：已对相关部分进行补充修改，研究区域各级高原台面及岩溶盆地、谷地中，平均大气降水入渗系数在0.2～0.30之间；斜坡区地貌以峰丛洼地为主，平均入渗系数 0.35～0.5，局部达 0.6。根据对暗河泉点的流量观测，暗河流量枯期和汛期流量差别较大，汛期是枯期流量8~12倍

9、图3应为降雨、蒸发和下渗过程的示意图，不能作为水文地质概念模型。蒸发、入渗绘制的位置不妥，降雨对应入渗，而不是蒸发。

修改说明：已按要求对图名进行修改。针对蒸发、入渗绘制的位置问题解释如下：该图表现的是研究区域的水循环示意图，图中表现了水在同高程方向及水平方向上的运移关系，箭头表示不同水分运动的方向。其中雨水降落到地表，一部分形成地表水，一部分通过土壤下渗，一部分通过落水洞汇入地下水系，一部分通过较大的裂缝下渗，而地表水又将直接蒸发进入大气，地下水也将通过土壤蒸发、植物蒸散发的方式回到大气，因此，在地表高程方向上有蒸发、入渗、下渗，地表径流等水流（水分）的运移传输过程。

以上为本文的详细修改说明，还请复审，谢谢！