

中国西南山地型城市水土流失及其防治措施研究

周继霞¹, 张凤太¹, 苏维词^{1,2}

(1. 重庆师范大学 地理科学学院, 重庆 400047; 2. 贵州省科学院 山地资源研究所, 贵阳 550001)

摘 要: 分析了重庆都市区为代表的西南山地城市水土流失的现状和影响水土流失产生的自然与人文因素, 并针对重庆都市区山地城市水土流失较平原城市来说自然因素影响大, 危害严重, 复杂的特点, 提出了水土流失的预防与治理对策。

关键词: 山地型城市; 都市区; 水土流失; 防治对策

中图分类号: S157 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2007)06-0350-04

Study on Soil and Water Loss and Countermeasures of Mountainous Cities in the Southwest of China

ZHOU Ji-xia¹, ZHANG Feng-tai¹, SU Wei-ci^{1,2}

(1. Department of Geography of Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China;
2. Institute of Mountain Resource, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang 550001, China)

Abstract: This article analyzed the nature and the humanities factors and present situation of city soil and water loss in western mountainous city, such as Chongqing. And compared with the plain city, the characteristic of all mountainous city soil and water loss is that the natural factor effect is in a big way, the harm is serious, it is complex and proposed the countermeasures on prevention and the government about soil and water loss.

Key words: mountainous city; urban district; soil and water loss; preventing and controlling countermeasures

城市水土流失是社会经济快速发展过程中出现的新问题。近年来,很多专家学者对城市(镇)水土流失进行了研究^[1-2]:认为城市水土流失主要指城市化过程中,因大规模的基础设施建设,一定程度上造成原有地形地貌和地表植被的破坏,人为造成土壤沙石流失的现象。该文认为城市水土流失是一个自然和人文因素共同作用的过程,不同类型的城市有自己独特的影响因素。以前很多研究^[3-6]大多是从宏观整体的角度来研究城市水土流失,很少考虑平原城市与山地城市水土流失的不同。并且主要是针对平原城市^[2,7-8],对山地城市尤其是西南山地城市水土流失研究比较少,该文以西部著名山地城市——重庆(都市区)为例,对山地型城市水土流失进行研究,以期对我国西南山地型城市的水土保持工作提供有益参考。

1 重庆都市区水土流失状况

重庆都市区包括都市核心区的渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸六区和外围都市圈的北碚、渝北、巴南三区,面积 5 473 km²,人口 567.17 万人。地处四川盆地东部北东向、南北向的条形背斜低山与宽阔的丘陵坪坝相间排列,属亚热带季风气候区,降雨集中且多暴雨,易风化和侵蚀的紫色砂岩及其发育的紫色土加上广泛分布的石灰岩山地,为水土流失的形成和发展创造了有力的动力条件和物质基础。在重庆都市区形成了大面积的土壤侵蚀敏感区

域(如图 1)。受自然条件的约束,加上人为因素,重庆都市区的水土流失问题日益严重(如表 1)。

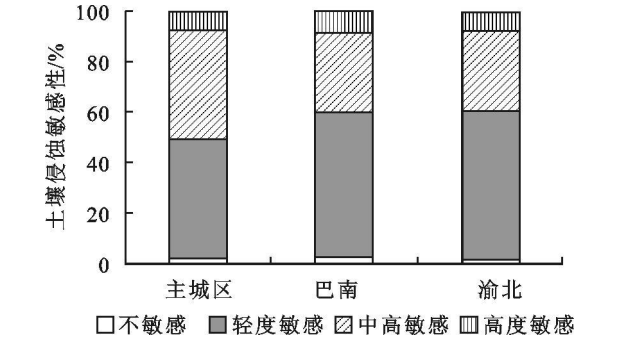


图 1 都市区土壤侵蚀敏感性评价

1989 年国家实施“长治”工程以后,重庆市水土保持工作进入了新的发展时期。截至 2005 年末,全市共累计治理水土流失面积 16 523.21 km²,完成总投资 103 271.70 万元^[9]。但这些大部分是针对小流域、坡耕地等农业水土流失,城市的水土流失有所忽略。重庆都市区是紧邻三峡水库库尾的大型城市,这世界上是少有的,生态地位重要。重庆都市区各区年土壤侵蚀模数最高达 6 703 t/(km²·a)(渝中区),最低也有 2 893 t/(km²·a)(南岸区)。严重的水土流失将直接导致河床淤积和抬高,城市地下排水系统堵塞,洪涝灾害加重,影响整个城市的发展和三峡大坝的安全运行。

*收稿日期: 2006-12-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(40561006); 国家社会科学基金项目(06XJY017); 重庆市教委科研基金项目(KJ050808); 贵州省优秀青年科技人才培养计划项目(黔科人字(2005)013)的部分内容。

作者简介: 周继霞(1980-),女,硕士研究生,主要从事区域经济和城市生态研究。

表 1 重庆都市区水土流失状况

行政区 名称	总面积/ km ²	正常侵蚀		轻度流失		中度流失		强度流失		极强度和烈流失		流失总面积		侵蚀 总量/ 万 t
		面积/ %	占总 面积/ %	面积/ %	占总 面积/ %	面积/ %	占总 面积/ %	面积/ %	占总 面积/ %	面积/ %	占总 面积/ %	面积/ %	占总 面积/ %	
渝中	23. 09	21. 36	92. 51	0. 46	1. 99	0. 33	1. 41	0. 82	3. 54	0. 13	0. 56	23. 09	100	1. 98
沙坪坝	395. 27	264. 4	66. 89	59. 38	15. 02	51. 92	13. 14	17. 08	4. 32	0. 53	0. 13	393. 32	99. 51	53. 31
南岸	262. 9	149. 47	56. 86	66. 96	25. 37	32. 92	12. 52	7. 71	2. 93	4. 66	1. 77	261. 46	99. 45	40. 2
江北	222. 06	105. 29	47. 42	31. 27	14. 08	77. 1	34. 72	5. 93	2. 67	0. 39	0. 18	220	99. 07	43. 32
大渡口	102. 3	52. 57	51. 38	19. 14	18. 71	25. 14	24. 57	3. 49	3. 41	0. 44	0. 43	100. 77	98. 5	17. 8
九龙坡	432. 44	214. 63	49. 63	88. 98	20. 58	100. 53	23. 25	26. 42	6. 11	0. 23	0. 05	430. 77	99. 62	79. 28
渝北	1457. 8	607. 96	41. 70	50. 46	3. 46	668. 05	45. 83	111. 3	7. 63	17. 53	1. 21	1455. 3	99. 83	381. 1
北碚	751. 87	359. 22	47. 78	54. 06	7. 19	245. 47	32. 65	39. 82	5. 3	46. 67	6. 21	745. 24	99. 12	198. 6
巴南	1824. 1	697. 27	38. 22	728. 6	39. 94	267. 55	14. 67	108. 3	5. 94	18. 23	1	1820	99. 77	335. 9

注: 资料来源于《重庆都市区自然条件、资源和生态环境研究》。

2 重庆都市区水土流失的成因及特点

2.1 自然因素

2.1.1 气候因素对水土流失的影响

重庆属季风气候区, 雨量充沛, 都市区多年平均降雨量 1 100 mm 左右, 但季节分配不均, 多暴雨, 6— 8 月的降雨量超过全年降雨量的 50%, 占年暴雨日数的 70% 以上; 都市区各地年降雨量很不稳定, 如北碚区年最多可达 1 544. 8 mm, 年最少可达 740. 1 mm; 沙坪坝区年最多可达 1 497. 4 mm, 年最少可达 740. 7 mm。地面土壤受集中高强度的暴雨冲刷, 流失自然加重。

2.1.2 地质地貌、土壤条件对水土流失的影响

重庆都市区地貌类型有平坝、台地、丘陵和山地, 地势起伏、坡度大(如表 2), 广布着紫色砂、泥岩, 且泥岩厚度大, 抗侵蚀和风化的能力弱。长江、嘉陵江斜穿过都市区, 大小支流均汇流两江, 江河纵横, 沟谷交织, 形成密度较大的水系的网, 地面切割强烈。这便构成了重庆都市区的地貌背景。在此背景下, 在坡度大于 20° 的斜坡上广泛分布着大量地表松散堆积物, 组成物质颗粒大小不一, 透水性强, 水分浸润后, 顺破划如沟谷河流, 造成严重水土流失现象。如石门嘉陵江第一阶地、大渡口长江第一级阶地等^[10]。另外, 嘉陵江和长江等河流穿过主城区, 在枯水期河岸消落带大面积裸露, 没有植被覆盖, 大量河流冲积物被雨水冲刷入河。三峡水库蓄水后, 高水位时绝大部分的老滑坡体的中前部将浸泡在水中, 滑移面受水的浸润, 粘着力降低, 在水位下降时老滑坡体因失去水的浮托而复活。另一方面, 消落带水位的周期性涨落将会诱发新的滑坡、崩塌和泥石流, 不仅堵塞河道同时引起严重的水土流失^[11]。

2.1.3 植被因素对水土流失的影响

植被是一定区域内覆盖地面的植物和植物群落的统称,

其防止土壤侵蚀的功效不仅取决于小尺度上林分或群丛的内部结构以及有别于空旷地植物环境的形成, 主要还是取决于大尺度上相应的高质量植物群落数量的多少及其分布状况。垂直方向上, 植被通过林冠可以截留降雨、减缓雨水降到地面的冲刷力, 像具有乔灌木 3 层结构的植被覆盖地区, 减力效果十分明显。水平方向上, 大尺度上的枯枝落叶层和根系截断径流从分水岭至沟道富集叠加的通路, 分散径流方向, 减缓流速, 促进降雨入渗, 从而减缓地表径流的强度, 提高土壤的抗侵蚀能力, 减小水土流失量。城市水保率是城市绿地生态服务功能高低的检验指标之一^[12]。城市绿地相对面积小, 入渗率低, 水土流失率就大。水土流失率与相对绿地面积呈线性关系, 绿地面积比率大, 水土保持率也大, 绿地面积比率小, 其水保率也小。

2003 年主城区的渝中区、大渡口、江北、沙坪坝、九龙坡、南岸森林覆盖率分别为 0. 01%, 6. 3%, 14. 2%, 18. 2%, 14. 8%, 13. 7%, 土壤侵蚀模数分别为 6 703, 3 186, 3 367, 3 025, 3 314, 2 893 t/(km² · a)^[9]。以上城市森林覆盖率与土壤侵蚀数据之间存在明显的线性关系(如图 2)。因此, 植被也是影响城市水土流失的一个重要因素。

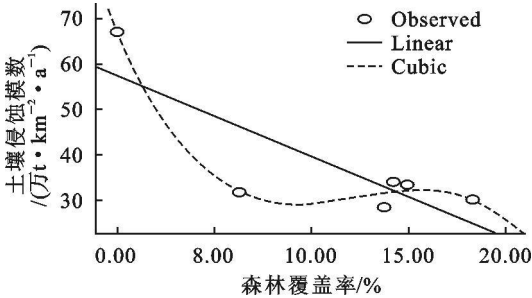


图 2 森林覆盖率与土壤侵蚀线性关系

表 2 都市区中低山面积比重

行政区名称	沙坪坝	南岸	江北	大渡口	九龙坡	渝北	北碚	巴南
中低山面积比重/ %	19. 45	34. 09	9. 82	21. 86	21. 86	43. 53	41. 22	40. 24

注: 渝中区除外。

2.2 人为因素

2.2.1 城市建设对水土流失的影响

(1) 城市建设导致植被破坏。近年来由于房地产的急速扩张、人口压力造成的陡坡垦荒、交通建设切挖坡脚山腰等因素影

响, 使原本被森林灌丛覆盖的山头绿地受到极大破坏, 城市林地生态景观的岛屿化、破碎化现象严重, 导致林地大尺度蓄水保土能力下降。如重庆江北区在红外航片上显示, 20 世纪 90 年代末其森林景观斑块数量比 90 年代初期增加了 50% 以上, 城市森林覆盖率急剧下降, 水土流失加剧。

(2) 城市建设导致下垫面性质改变。城市建设使下垫面由天然状态转化为人为状态, 一些水塘、河流等天然水体被改造或填平, 农田被城市建筑物、工厂、水泥及沥青路面等不透水层所取代, 地面阻力明显减少, 使暴雨径流产生的能量集中, 加大了水流天然的侵蚀力量^[3], 任何不加保护的地表土层都可以被轻易地冲刷掉。

(3) 工程建设中的弃土弃渣导致水土流失。地下路段明挖法施工开挖断面大, 会产生大量的弃土, 特别是山地城市地形起伏、沟谷纵横, 城市建设中需平整土地, 产生大量结构松散、无植被覆盖的弃土弃渣, 在雨季, 尤其是暴雨引发地面径流较大时, 冲刷着施工过程中产生的弃土弃渣以及施工断面裸露着的土层、松散结构的施工地坪, 产生极强的水土流失现象。据研究: 重庆市主城区城市建设各类弃土堆(平盘) 1992–2000 年平均年土壤侵蚀模数是顺坡耕植旱地的 2~4 倍^[13]。

2.2.2 其他因素

(1) 思想认识不足, 水土保持工作滞后。一些开发建设单位或个人, 对水土资源是人类赖以生存的重要自然资源和破坏生态环境就是破坏人类自身生存条件认识不足, 忽视水土保持措施建设。《2005 年重庆市水土保持公报》显示, 重庆市每年动工开建的企业、道路、楼盘等建设项目近 2 000 个。仅新建楼盘这一块, 就有 80% 左右没编报水土保持方案。由此导致水土流失总量达到 754. 20 t, 比正常的水土流失量高出 3 倍多。

(2) 城市生产生活垃圾排放导致水土流失。工业加工过程中产生的“三废”以及市民日常生活产生的生活垃圾大量排入河流, 堵塞河道, 造成城区水源污染, 加剧了地表水及浅层地下水水质的恶化。另外堆放在地表的垃圾遇到雨天, 产生大量酸性、碱性和有毒物质, 会对地面土壤产生强烈的腐蚀侵蚀并且污染水源。

2.3 与平原城市相比西南山地城市水土流失的特点

通过以上重庆都市区水土流失原因的分析, 可以看出以重庆为代表的西南山地城市水土流失的特点: (1) 自然因素在西南部山地城市水土流失中的作用比平原城市要大。山地城市地貌主要以山地为主(如表 2), 陡峭的山地缩短了汇流的时间, 加大了径流的强度, 另外西南山地主要是石灰岩组成, 岩溶地貌发育(如表 3), 抗侵蚀和风化的能力弱, 在极强的冲刷力作用下, 水土流失的强度必然加大。(2) 山地城市水土流失危害比平原城市严重。西南山地城市大都建在山地与河流的交界地带, 城市建筑依山而建, 水土流失加大, 导致山体不稳, 危害到建筑安全乃至居民人身安全。(3) 复杂性。西南山地城市地质地貌复杂, 气候湿热多雨, 自然本底条件差, 地区经济落后, 人们水土保持思想相对缺乏。各方面因素结合使这一地区水土流失现象十分复杂, 治理难度大。

表 3 西南地区岩溶分布状况

	省 份						
	贵州	广西	云南	四川	重庆	湖北 (西部)	湖南 (西部)
岩溶分布面积/ 万 km ²	13	9.5	11.21	7.5	2.9	4.1	5.7
占所在省份总 面积比/ %	73	41	29	15.6	35.3	22	27.3

注: 据苏维词的《中国西南岩溶山区石漠化的现状成因及治理的优化模式》整理。

3 重庆都市区水土流失防治对策

3.1 加强宣传, 严格执法, 严格管理

全方位宣传, 提高全民水土保持意识。采取多种形式, 充分利用广播、电视、报纸、宣传牌等全方位开展宣传工作, 增强了广大干部群众和开发建设项目法人的水土保持法制意识, 形成了全社会关心、支持、参与水土保持的大好局面。

完善执法体系。对水土保持监督执法人员组织统一培训, 制定严格的岗位责任制; 完善配套法规体系, 要针对性强, 便于操作, 使水土保持执法有法可依。加强水土资源管理, 实行水土保持许可制度, 对工矿、交通、基本建设、农林水等开发建设单位, 在进行建设和生产活动中, 要编报水土保持方案, 实际审批许可制度, 并根据破坏地貌的面积、程度征收水土流失补偿费和防治费, 将其用于水土流失治理。

3.2 加强协作, 分工负责

水土保持工作是涉及多学科、多部门的系统工程, 必须加强协作, 各尽其力, 才能共同完成水土保持工作。如水利部门负责水资源工程建设的生态修复; 国土资源部门负责矿产单位环境综合治理和开采宕口的生态修复; 交通部门负责高等级公路两侧绿色通道建设; 城建部门和环保部门负责城市水环境综合治理等。

3.3 生物和工程措施

3.3.1 弃土、边坡绿化防护

在开采场设立弃渣场, 专门用来堆放废渣、弃土, 并在堆放场四周砌挡土墙, 防止弃渣流失。沿开采面边缘开挖截水沟, 开采场周围开设排水沟, 形成完整的排水系统, 并在排水口设置沉沙池, 将泥沙流失尽量控制在开采区范围内。工程建设挖方和填土引起岩石土体变形、移动和破坏, 边坡地质脆弱不稳定, 需用工程措施或生物措施等对坡面进行防护与加固。工程措施有浆砌石、喷浆锚固或框架式砼挡土墙等^[14]。生物措施有喷草、植草皮或砼(砌石) 格栅式种草、浆砌石网格内种草、下方种植攀援植物(如爬墙虎、薛荔和葛藤等) 等, 也可种植一些灌木。

3.3.2 河岸消落带防护

在易发生滑坡的河岸则以设置挡墙抗滑为宜。消落带前缘崩塌与江水的冲刷直接有关, 可设置挑流堤(改变江水流向, 变冲刷岸为堆积岸), 抛石反压和护坡处理, 增加其稳定性。除采取工程护坡外, 同时开展植树造林, 发挥生物护坡及绿化美化的作用, 其树种选择以乡土树种为主, 要有较高的观赏性, 同时又要根系发达, 有较强的护坡能力。如细叶榕、黄葛、桉树、夹竹桃、珊瑚树、广玉兰、桂花、棕榈、女贞、银杏、鹅掌楸、黄花槐、樟树等^[15], 特别是桑科的细叶榕、黄葛等常绿乔木在低海拔的城市河岸带地区生长良好, 可作为重庆市河岸带的绿化与景观建设的优选树种。

3.3.3 道路、小区景观绿化

在城区道路及小区推广乔灌木组成的复层结构绿地, 复层结构能有效地增加单位面积上的绿量, 具有最大的土壤水分入渗量。可减缓地表径流, 减少水和土的流失。尽量减少落叶树种, 增加常绿树比例, 提高绿地系统生物量, 防止冬季植被干枯影响水土保持能力。另外在道路两侧及小区路面硬化时要选择镂空的砖块来硬化地面, 增加雨水下渗速率。

3.4 建立城市水土流失地理信息系统, 开展动态监测

城市水土保持是一个系统工程, 影响因素多, 各种数据量大, 信息变化快, 常规的管理方法难以胜任。应用 RS、GIS 及 GPS 等技术手段, 建立区域水土保持信息专业数据库系统, 进一步完善水土流失监测技术、分析处理监测结果以及保存管理水土保持综合信息显得必要而迫切。通过水土流失信息数据库系统的设计开发, 从而使水土保持工作逐步走向信息技术结合微机网络实现资源管理、动态监测、规划设计、正确决策及联网办公的现代化水平, 掌握城市水土保持工作的主动权。

4 结 语

该文以重庆都市为例分析了西南山地城市水土流失的状况、产生的原因及特点, 了解到地质、地貌等自然因素在影响山地城市水土流失方面要比平原城市大而且危害也大, 治理难度高。限于篇幅的原因对山地城市水土保持的生物、工程措施没有再深入论述。城市水土保持是一项长期、复杂的工作, 通过社会各方面的共同努力, 运用科学的监测手段, 采用生物和工程技术措施, 重庆乃至西南部所有山地型城市的水土保持工作必将取得良好的社会、生态效益。

参考文献:

[1] 柴宗新. 城镇侵蚀及其防治[J]. 中国水土保持, 1997 (1): 29– 32.

[2] 黄荣珍, 张金池, 林杰, 等. 城市水土保持生态建设思路与对策: 以南京市为例[J]. 南京林业大学学报: 人文社会科学版, 2005, 2(5): 80– 84.

[3] 郝天文, 孔彦鸿. 城市建设与水土保持[J]. 水土保持通

报, 1998, 3(18): 62– 65.

[4] 胡庆华, 宗兆博, 夏海江, 等. 辽宁省城市水土流失类型研究[J]. 中国水土保持, 2003(4): 23– 26.

[5] 郑东, 任明旺. 略论城市水土流失及防治对策[J]. 中国水土保持, 2001(9): 20– 23.

[6] 谢汉生, 王冬梅, 苏新琴. 城市水土流失对城市环境的影响及其对策[J]. 水土保持学报, 2002, 5(16): 67– 71.

[7] 杨会蒲. 铜川市城市人为水土流失及其防治对策[J]. 中国水土保持, 2003(7): 34– 36.

[8] 孙吉生, 冯其斌, 侯俊华. 铁岭市城市水土流失防治措施与成效[J]. 中国水土保持, 2002(9): 32– 34.

[9] 重庆市统计局. 重庆市水土保持公报[Z]. 重庆: 统计出版社, 2005.

[10] 刘忠喜. 重庆地貌与经济建设[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992: 13– 19.

[11] 苏维词. 三峡库区消落带的生态环境问题及其调控[J]. 长江科学院院报, 2004, 2(21): 32– 35.

[12] 李文玲, 田耀武, 郑根宝. 城市森林水流失率与水土流失率的探讨[J]. 水土保持通报, 2005, 2(25): 57– 61.

[13] 赵纯勇, 杨华, 孔德树. 南方山地丘陵城市水土流失及对策研究[J]. 中国水土保持, 2002(6): 28– 31.

[14] 黄广宇, 卓慕宁, 王继增, 等. 珠江三角洲地区城市水土流失治理措施及其效益[J]. 水土保持通报, 2001, 6(21): 77– 80.

[15] 苏维词, 杨华, 赵纯勇, 等. 三峡库区(重庆段) 涨落带土地资源的开发利用模式初探[J]. 自然资源学报, 2005, 3(20): 326– 331.

(上接第 349 页)

两个年龄段。由于天然情况下大气降水的³H 浓度为 10 TU, 1953 年以前降雨入渗形成的地下水到取样时间, 按照衰变原理, 其³H 浓度则应小于 0.7 TU。因此若样品的³H 浓度小于此值, 则其年龄一般认为大于 48 a, 若地下水³H 浓度大于 0.7 TU, 则认为其年龄小于 48 a, 即为核爆试验之后形成的。根据法国 J. FT(丰特) 的经验估算法认为:

- 0~ 5 TU 表明 40 a 以前的“古水”成分占优势;
- 5~ 40 TU 表明新近的入渗水与“古水”之间有混合作用;
- > 40 TU 表明新近入渗水占优势。

根据水样测试结果: ①测定氡含量在 0~ 5 TU 的地下水占所测水样的 58%, 说明高黎贡山隧道地区的温泉水是以 40 a 前的“古水”为主, 温泉流出的水是 40 a 以前入渗的地下水; ②氡含量在 5~ 15 TU 之间的地下水占所测水样的 42%, 这些温泉水为核爆以来补给形成的, 是新近的补给水与 40 a 前的“古水”混合, 其年龄小于 5~ 10 a。

3.3 温泉水补给高程的确定

大气降水的氢氧同位素组成具有高度效应, $\delta^{18}\text{O}$ 地下水补给高程的增加而减小。利用水同位素值可计算高黎贡山隧道地区温泉和其它水体的补给高程。

$$H = \frac{\delta_c - \delta_p}{K} + h$$

计算取值: 计算补给高程取西南地区 $\delta^{18}\text{O}$ 的平均梯度值, 即 $K = - 0.26\text{‰}/100\text{ m}$, 取样点附近大气降水的 $\delta^{18}\text{O}$ 取

为 $\delta\text{P} = - 7.56$, 取样点高程 $h = 1\,300\text{ m}$ 。

根据同位素数据计算得出, 温泉水的补给高程在 2 000 ~ 2 400 m 范围, 与当地地形及高程相吻合, 这表明温泉主要由本地区 2 000 m 以上高程大气降水所补给。

4 结 论

- (1) 隧道区地下水 TDS 总体较低, 属于微矿化热水。水化学类型非常复杂, 以 $\text{HCO}_3 - \text{Na}$ 型水为主。
- (2) 高黎贡山隧道区温泉水来源于大气降水入渗补给, 补给高程在 2 000 m 以上。大气降水沿着岩石裂隙或断层破裂带, 经过地下深部循环和导热断裂带加温, 沿断裂带或岩石接触带出, 形成温泉。隧道区温泉属于渗入成因型地下水热水。
- (3) 根据经验法对地下水 3H 年龄进行估算, 温泉水年龄约为 5~ 40 a。温泉流出的水以 40 a 前的“古水”为主, 也有部分是新近入渗水与“古水”的混合水。

参考文献:

[1] 王恒纯. 同位素水文地质概论[M]. 北京: 地质出版社, 1991.

[2] 王大纯, 张人权, 等. 水文地质学基础[M]. 北京: 地质出版社, 1995.

[3] 高柏, 等. 内蒙古东乌旗地区地下水水文地球化学[J]. 干旱区研究, 2005, 22(4): 431– 435.

[4] 马振民, 何江涛. 菏泽凸起地下水热水的水文地球化学特征及成因分析[J]. 山东地质, 2000, 16(2): 24– 30.