



类。八斯洞可闻脚下暗河流水汨汨；叩击石幔可听钟鼓之声幽幽。古洞深邃，奥秘无穷，颇为青壮年猎奇探险者所向往。

综合型，乃广厅与幽深二型共存之谓。即长廊、大厅间隔出现，两种风格兼而有之。游这类洞须时而上攀，时而下缘，且洞洞相连，迂回曲折，如走迷宫。洞内景物琳琅满目，千姿百态，

美不胜收。风洞、百神洞、玉霞洞均属此类。

曾记少年时代，我等高擎火把，怀揣手电筒、粉笔，闯入百神洞深处，上下左右，东窜西钻，边走边作标记，惟恐不得出！当时，直诧异手电筒为何在洞中不起作用，后来才明白其荧荧之光早被岩溶物吸收衍射殆尽。

这些洞过去沉睡万年，鲜为人知；现在一经开发，世人大惊。中外专家学者竞相前往考察研究；文人墨客纷纷前来撰文、摄影、赋诗、作画；旅游宾客更是纷至沓来、络绎不绝。群洞之中，天洞、佛爷洞堪称“近水楼台”，游人每至，下车伊始，必先依山循级而亡，为首光顾此二洞。自1985年开发以来，20年

令人叹为观止!

洞内最佳去处是过了正厅之后的‘转景楼’，游人信步观景，旋转数百米，竟又回到原路上，……楼顶右侧有一庞大石窟，地上石柱林立，天穹钟乳倒挂，十分壮观。窟门有一座近十米高的石塔，人称大雁塔，塔下坐着唐僧，立着沙僧，卧着八戒，只是没见老孙，是外出降妖去了，还是被师傅错误地罚回花果山去了？无声的石像，欲言不能，给游人留下了无穷的联想……

天洞在海拔769米的峭壁上，小巧玲珑，与佛爷洞风格迥

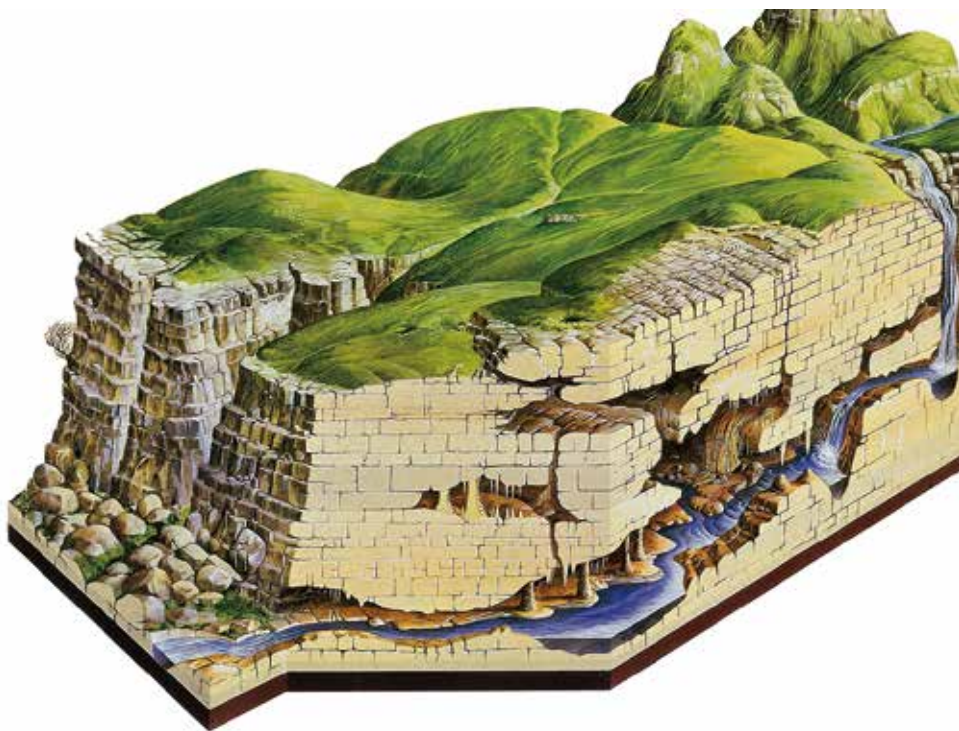
异。洞内有一厅，其间钟乳错综衔接，好像一座秀丽的观庵草堂，室不大却雅，山不高而秀，水不深而清。东南角有座峭壁，援梯登上崖顶，一缕阳光射窗而入，使人顿觉爽朗。原来山崖有处破壁，浑如天窗。凭窗眺望，水色山光，彩霞烟雾，笑不胜数……

风洞曲折幽深，洞内可容纳千人以上。天凿大厅竟有数十个，还有老虎口、黄龙潭、黑龙潭、阎王砭、万人坑、造魂阵、过风楼、蝙蝠堂等。这些名字并非人们编来吓人的，实地一看就知名不虚传。头天门不远有陈杨

柞水石瓮，无山不洞，无洞不奇。
夏天入洞，凉风习习；
冬季入洞，暖气扑面。
其“恒温”之妙，可谓四季宜人。

间，接待世界各地游客达300万之多。

入佛爷洞，有水丁冬下行两米，豁然开朗，为大雄宝殿，殿内宽敞明亮，气势雄伟；两侧巨柱擎天，似有巨烛熊能；怪石屹立，似四大金刚禁卫森严；石塔峥嵘，如蹲伏猛兽，如宝鼎香炉，如木鱼石鼓；上下四壁，石乳滴漏，若浮雕，若壁画；……





二道坐化处。相传古时有陈扬二道为探风洞之险，各背干粮、蜡烛一大篓，结伴而行。二人进洞后，不知走了多少时日，至一天河边，遇见一洗衣老妇，便打问如何渡河。老妇劝他们回归，并折蒿相赠，供归途照明所用，二人即速回返，至头道门，蜡、蒿均已点完，知不能生还，便自垒石棺，坐化于此，他们的锡杖，在民国初年被镇安县游洞的学生带走，二人骨骼尚存。

柞水石瓮，无山不洞，无洞不奇。夏天入洞，凉风习习；冬季入洞，暖气扑面。其“恒温”之妙，可谓四季宜人。当地政府还设想利用溶洞对某些疾病的奇特疗效，兴办“洞穴医院”和“洞穴疗养院”，物尽其用，造福人类。

溶洞溯源

在欧洲巴尔干半岛西北部，塞尔维亚和黑山与意大利边境一

带有一个颇有名气的高原——喀斯特高原。那儿奇峰林立，怪石嶙峋，洞穴石窟，比比皆是。由于地质学家们最早在那里进行研究的缘故，学术界便把地球上凡具有这种特征的地貌类型，统称为“喀斯特地貌”。

其实，全世界真正发育最典型的喀斯特地貌并不在塞尔维亚和黑山，也不在意大利，而是在中国。

我国西南部云贵高原一带广西、贵州、云南三省(区)的“喀斯特”连成一片，由桂林至阳朔一线向西，一直延伸到滇东、黔南，可谓世界上最大的“喀斯特”博物馆。它的总面积达55万平方公里，规模比两个英国还大。其中尤以广西桂林最为驰名，素有“桂林山水甲天下”之说。曾经有位外国地质学家目睹桂林山水连声称赞，并喟然长叹：与其把这种地貌称作“喀斯特”，倒不如称作“桂林”更为恰引不过，这种地貌在我国多集

中分布于南方，北方仅有零星分布，大西北就更为罕见了。

柞水县属于秦岭山系，境内广泛分布的是岩浆岩和变质岩，仅极个别地方有质地较纯的石灰岩出露。据地质专家们考察，柞水溶洞群属石灰性岩石，大体形成于公元前50万年，即中更新世晚期的产物，与晚期裸露形成的桂林溶洞相比，它属于“青壮年”。在岩溶发育进入中年阶段，地壳迅速上升，使之“束之高阁”，得以完整保留下来。那么，是哪位能工巧匠在山腹中开出如此硕大的洞穴，又雕出这般绚丽多彩、千姿百态的艺术珍品呢，是大自然的伟力。主要是地下水在可溶性岩石的断层、裂隙中锲而不舍地镂制而成的。

自然界常见的可溶性岩石是石灰岩，其化学成分为碳酸钙(CaCO_3)，微溶于水。当天气湿热，地下水中二氧化碳含量较高时，便可加剧对石灰岩的溶蚀，生成碳酸氢钙

$[H_2O + CO_2 + CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2]$ 被水带走。比如广西每年石灰石被地表水溶去约0.3毫米厚一层，相当于4张新闻纸的厚度。

柞水石瓮乡的石灰岩裂隙发育充分，这使得山体中的地下水流动较快，不仅能够溶蚀较多的石灰岩，而且水流自身的动能也对岩石产生不可低估的冲蚀作用。天长日久，裂隙越来越大，溶蚀和冲蚀愈演愈烈。于是，山体中便出现了曲折幽深的洞穴。

那么，洞中的“石雕艺术品”又是怎样形成的呢，当溶有较多碳酸钙的水由温度较高处流到温度较低处，特别是沿洞顶石缝渗出时，温度和压力都发生了显著变化，水中二氧化碳极易散逸，加之水分蒸发，碳酸钙就会逐渐析出，重新附着到岩石上。这样越积越多，洞顶就会形成冰锥样的钟乳。这种水滴落在洞底，就会堆积成石笋。旷日持久，石笋和钟乳对接起来就是石柱。显然，洞中其他奇异景观也是这样形成的。

洞中常有长、宽、高各达数十米的大厅，顶部多为穹庐状，这又是怎么回事呢？原来，地下水对石灰岩长期作用，使岩石日益支离破碎，当裂隙大到一定程度时，溶洞顶部的岩石就会大量坍塌下来，形成有利于承压的穹庐形顶板。落在底部的石块，既是地下水溶蚀、冲刷及搬运的对象，又是石笋、石柱生长的基础，还可成为溶洞中独特的高台。看来，在大厅形成过程中，除地下水外，重力坍塌也是一个重要因素。

总之，石灰岩、裂隙、流动的水、重力塌陷是形成溶洞缺一不可的条件。而同处于暖温带的柞水仅有零星分布的石灰岩，年平均降雨量也只有724毫米，却形成了如此壮观的溶洞群。无论从石灰岩的分布，还是从地下水的来源两方面看，柞水溶洞确属北方地区岩溶现象绝无仅有的奇特景观。可以认为，这群“藏在深闺人未识”、“千呼万唤始出来”的柞水溶洞，已为我国北方岩溶地貌填补上了最为诱人的篇章。

链接



溶洞的形成

众所周知，地球是由地核、地幔、地壳三部分构成的。地壳则由岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类岩石构成。

沉积岩是地壳表层的主要岩石，在地表分布达75%。其中石灰岩和白云岩等，系碳酸盐岩，属“可溶性岩石”，是形成溶洞的基础材料。

远在两亿多年前的古生代，水流源源不断地把地球上风化了了的岩石碎屑和各种可溶盐成分带到相对静止的海洋、湖泊之中，由于流速骤减，碎屑物质先行沉积，成为砂岩、页岩的物质基础。在干旱季节，当海水中的含盐量大于正常值时，盐分就会结晶析出。由于碳酸盐比硫酸盐、氯化物的溶解度低得多，所以最容易从咸化了的海水中结晶析出，沉积形成碳酸盐岩。日月轮回，沧桑巨变。在多次造陆运动(又称构造运动)中，海底逐渐上升，露出水面，成为今天的高山、高原、川地、湖泊的一部分。而它们在漫长复杂的升迁过程中，难免产生许多可见与不可见的褶皱和裂痕。于是，水又发挥它们无孔不入的特长，进入到这些裂隙中，对碳酸盐岩开始了新的漫长的溶蚀。



理论研究

THEORETICAL RESEARCH

地埋管地源热泵系统单孔换热功率影响因素研究

◎ 周 阳, 刘建强, 赵智强, 金 光, 张亚鸽
(陕西省地质调查中心, 西安 710068)

摘要: 为缓解我国能源消耗与经济矛盾的矛盾, 改善现有能源结构, 开发利用绿色的地热能已是大势所趋。地埋管换热功率主要受岩土体导热系数和地埋管换热器传热系数制约, 但关于陕西省的此类研究却鲜有报道。通过室内测试法和现场热响应试验, 研究了不同岩土体的导热系数和地埋管传热系数的特征值及其影响因素。研究表明, 岩土体导热系数与天然含水率和孔隙率呈反相关关系, 与天然重度和干燥重度呈正相关关系; 导热系数受干燥重度和孔隙率影响程度较大, 受天然含水率和天然重度影响程度较小。比较不同加热功率和单双U地埋管换热器的现场热响应试验结果的差异知, 大功率(6 000 W)情况下地埋管换热器传热系数比小功率(4 000 W)时大10%~30%左右; 在相同功率条件下, 同一场地内双U地埋管换热器传热系数比单U地埋管大30%左右, 使用双U地埋管换热器可有效减少成孔深度及个数。通过系统分析岩土体导热系数和地埋管传热系数的影响因素, 为地热能的勘查评价提供数据和理论支持, 旨在促进区域地热能开发利用, 为构建环境友好型社会服务。

关键词: 岩土体; 导热系数; 传热系数; 影响因素; 热物性测试

0 引言

为缓解中国能源消耗与经济矛盾的矛盾, 高效调整国家能源结构, 开发利用绿色清洁可再生的地热能已是大势所趋^[1]。地热能是指蕴藏在地表以下

一定深度范围内岩土体、地下水和地表水中具有开发利用价值的热能, 其开发利用的关键条件除了区域地层的总热量以外, 还包括地层热量补给速率, 而热量补给速率与地层岩土体的导热系数以及地埋管换热器传热系数息息相关。岩土体导热系数的大