

温泉应用的给排水技术探讨

王学良 冯旭东 屠祥虹 李宏奎

(华东建筑设计研究院有限公司,上海 200002)

摘要 温泉的应用,国内尚无统一的标准。提出应结合温泉水质、水温等复杂多变情况,对温泉资源进行综合利用。对温泉水的给排水供给技术和有关的设备和管材材质选择的关键问题提出建议,最后分析了温泉应用尚待解决的难题。

关键词 温泉 水质标准 综合利用 给排水供给技术 材质选择

1 洗浴用水的主要水源

随着人类文明的发展,洗浴不再单纯作为一种清洁自身的方式,而是溶入了许多功能和文化。简单地讲只要是澄清、透明、无杂质、无毒性的水均可作为洗浴用水。

(1) 地表水。湖水、河水、高山雪融水等均可以作为洗浴水的水源。自来水泛指上述水经过较为严格、规范处理后的水。

(2) 地下水。井水、泉水、地下暗河等。由于取自地下,水质相对复杂,应经有关部门的分析检验后方可作为洗浴用水。一般认为矿化度在 1 g/L 以上就可称为矿泉水。温泉是以泉水的温度高低来划分的,但其划分目前国际上也不统一。本文所提及的洗浴用水是指含有一定矿化度,温度在 25 °C 以上的泉水,在此称为温泉。在总量上我国是以中、低温地热资源为主,特点是:①矿化度低,一般多在 1 g/L 以下;②温度高,一般多在 42 °C 以上;③含氟量高,多在 1.5 mg/L 以上,不宜长期饮用;④多属单纯性温泉;⑤pH 高。

2 温泉的水质标准

至今对用于休闲洗浴的温泉水,我国尚未有专门的水质标准,但对饮用矿泉水和医疗矿泉水做了大量的研究工作,并制订了相关的水质标准。由于各国温泉的定义一般均主要是用于沐浴浸泡用途,不适合直接饮用;如作为医疗用水,应根据病人情况确定使用何种温泉。作为饮用水,《饮用天然矿泉水》(GB 8537—1995)对有些指标作了限量(见表 1)。

表 1 饮用天然矿泉水各项限量指标

项目	指标	项目	指标
锂/ mg/L	< 5	汞/ mg/L	< 0.001
锶/ mg/L	< 5	银/ mg/L	< 0.05
碘化物/ mg/L	< 0.5	硼(以 H ₃ BO ₃ 计)/ mg/L	< 30
锌/ mg/L	< 5	硒/ mg/L	< 0.05
铜/ mg/L	< 1	砷/ mg/L	< 0.05
钡/ mg/L	< 0.7	氟化物(以 F ⁻ 计)/ mg/L	< 2
镉/ mg/L	< 0.01	耗氧量(以 O ₂ 计)/ mg/L	< 3
铬(Cr ⁶⁺)/ mg/L	< 0.05	硝酸盐(以 NO ₃ ⁻ 计)/ mg/L	< 45
铅/ mg/L	< 0.01	²²⁶ 镭放射性/ Bq/L	< 1.1

3 温泉资源的综合利用

温泉资源有多种用途,总体上讲可分为两部分:生活和生产。这主要是根据温泉的温度和当地的综合开采、利用优势等确定的,而温度分级起着决定性的作用。《地热资源地质勘查规范》(GB 11615—89)中明确了温泉的主要用途(见表 2)。

表 2 温泉资源温度分级利用

温度分级	温度 t/ °C	主要用途
高温	t ≥ 150	发电、烘干
中温	90 ≤ t < 150	工业利用、烘干、发电、制冷
热水	60 ≤ t < 90	采暖、工艺流程
温热水	40 ≤ t < 60	医疗、洗浴、温室
温水	25 ≤ t < 40	农业灌溉、养殖、土壤加工

4 温泉浴场中的给排水技术

4.1 浴场中的定额和要求

《建筑给水排水设计规范》(GB 50015—2003,以下简称“建规”)表 3.1.10 和《公共浴室给水排水设计规程》(CECS 108:2000,以下简称“浴规”)表 3.3.1 的公共浴室给水用水定额及小时变化系数是一致的(见表 3)。

表3 公共浴室给水用水定额及小时变化系数

淋浴设备设置情况	最高日生活用水定额/L/(人·次)	小时变化系数
有淋浴器	100~150	2.0~1.5
有淋浴器、浴池、浴盆及理发室	80~170	2.0~1.5

同样根据“建规”,每人每次热水(60 °C)用水定额为40~100 L。而在日本热水量这一指标是根据浴池所在场所的不同而不同,大致可分为:温泉公共浴池、温泉旅馆的大浴池、运动俱乐部浴池等,一般是经过计算(按浴场最大所需热水量、洗浴人数、营业时间、有无加热系统、过滤设备等考虑)后确定的,计算相对麻烦,但较准确;也有估算确定热水量,一般是按50 L/(人·次)左右考虑,小于我国的规定,这可能与洗浴文化的差异有关。

卫生器具1次和小时热水用水定额及水温在以上两本规范中均有表述,相对而言,“浴规”表3.3.2的参数规定更具体,可在浴场设计中采用,见表4。

表4 卫生器具热水用水定额及水温

设备名称	1次用水量/L	1h用水量/L/h	水温/°C
浴盆			
带淋浴器	200	400	40
不带淋浴器	125	250	40
淋浴器			
单间	100~150	200~300	37~40
有隔断	80~130	450~540	37~40
通间	70~130	450~540	37~40
附设在浴池间	45~54	450~540	37~40
洗脸盆	5	50~80	35

4.2 浴场中沐浴设施的配置标准

在公共浴场的旅馆浴场中均应设置更衣室、擦身间、冲淋间、消毒间、浴池、桑拿间等,这些设施的配置关系到整个浴场的正常运行,应根据浴场的规模、入浴者的文化素质、当地的气候、开放时间等情况进行合理设置。

4.2.1 旅馆浴场中淋浴设备负荷

可以根据“浴规”确定(见表5)。而日本《空气调和和卫生工学便览》中,是根据洗浴人数的1/3来确定淋浴器数 N_1 ,即:

$$N_1 = m/3 \quad (1)$$

式中 m ——洗浴人数,人;

N_1 ——淋浴器数,只。

表5 每个沐浴设备负荷的衣柜数

沐浴设备	布置方式	负荷能力(衣柜数:每个沐浴设备)
淋浴器	设于淋浴单间	1
	设有隔断淋浴间	2~3
	设于通间淋浴间	3~4
浴盆	设于客盆单间	1
	设于散盆单间	2~3

4.2.2 公共浴室每日最大洗浴人数 N

可根据更衣柜、每个顾客停留时间、浴室开放时间按下式确定:

$$N = nT/t \quad (2)$$

式中 t ——洗浴者在浴场的平均停留时间,h;

T ——浴场每天开放时间,h;

n ——更衣柜数,个。

4.2.3 浴池面积 S

分为公共浴室和旅馆浴室,分别见式(3)、(4)。

公共浴室: $S = 0.14m \quad (3)$

旅馆浴室: $S = 0.125mr \quad (4)$

式中 S ——浴池面积, m^2 ;

r ——住宿者的男女比例。

4.2.4 大便器数量(见表6)

表6 浴场中大便器设备数量

男衣柜数/个	女衣柜数/个	大便器数量/个
50	35	1
100	70	2
150	105	3
200	140	4
250	175	5

4.3 各类温泉池的水深和水温

本文中所表述的各类温泉池,不是按不同的水质划分的,而是按不同的功能划分的。这些池按温度高低可分为热水池、温水池、冷水池;按按摩喷嘴的形式可分为脉冲池、气泡池、气雾池;按人体在池中的姿势可分为坐浴池、浸浴池、泡浴池;按室内外可分为室内池、室外池。对上述各池的水深和水温要求给出如下的数据,见表7。

(1) 水深要求是使人在池中,在适宜的姿势时,人体颈部以下能处于淹没状态,以达到浸泡的目的。同时又要求适宜按摩喷头的安装,运用水的能量来达到镇定、镇痛、减压的效果,促进新陈代谢及血液循环。

表 7 各类温泉池的水深及水温

名称		水深/ m	水温/ °C
戏水池	儿童池	0.6	28~30
	幼儿池	0.3~0.4	28~30
	成人池	1.0	28~29
	坐姿处	0.5~0.7	38~39
脉冲按摩池	冷水池	0.7~0.9	7~10
	热水池	0.7~0.9	40~42
	温水池	0.7~0.9	37~39
	浸浴池	0.5	38~39
	露天温水池	0.7~0.9	39~41

(2) 水温的要求与温泉池的功能有关,涉及到人在池内的活动情况、运动情况、泡浴时间和人体状况等。

4.4 循环水处理

有些温泉的使用地,由于温泉资源丰富,不作循环水的处理,而是每天补充一定的新鲜温泉水,一般补水量每天不小于池容量的 10%。大池每周放空一次洗池,小池则天天放空洗池,以保证池体和池水的卫生状况,循环水处理的一般流程与游泳池水处理相同,但由于使用功能的不同要根据实际情况作一些参数上的调整。

4.4.1 循环水处理的周期

“浴规”对循环水处理的周期并没有作出规定,而在《游泳池和水上游乐池给水排水设计规范》(CECS 14:2002)中对循环周期作出了明确的规定,可作为参考。国外的温泉浴场一般均规定循环过滤装置的处理能力按浴池水循环周期小于 1 h 考虑。但随着温泉浴场的功能从传统的医疗、保健性质正向娱乐化的方向发展,池的体积也向大型游乐池的方向发展。池体的大小差异很大,从 1 m³ 左右的一体化的成品按摩池到成百上千立方米的大型温泉多功能池,其循环周期的差异是显而易见的,不可能都在 1 h 以内。表 8 是综合了上述情况,结合各类池体自身的使用情况而确定的循环水处理周期。

表 8 各类池体的循环水处理周期

池容积 V/ m ³	V < 20		20 ≤ V < 200		200 ≤ V < 500		500 ≤ V < 1 000		V ≥ 1 000	
	公共	温泉	公共	温泉	公共	温泉	公共	温泉	公共	温泉
循环周期 / h	0.3~0.5	0.6~1.0	1~3	2~4	2~4	3~5	4~6	5~6	5~6	

4.4.2 循环水消毒方式

温泉池水的污染源主体是人,主要污染物是油脂类有机物和尿素为主的有机氮类化合物,以及少量的含磷化合物。现有的消毒方式主要有氯类消毒剂、臭氧类消毒剂和紫外线杀菌,表 9 为氯类与臭氧类消毒剂的对比。

表 9 氯与臭氧消毒的优缺点对比

项目	优点	缺点
氯消毒	具有持续杀菌功能;能防止交叉感染;对人数波动性适应性强	对病毒的杀灭效果不如臭氧;会产生消毒副产物;产生刺激性气味,影响舒适度
臭氧消毒	能有效杀菌和杀死病毒;无刺激性气味;具有一定絮凝能力,可提高池水洁净度	设备投资大;无持续消毒能力;在温水中不容易溶解

多数浴场都是在室内,加之管理上的问题,如水体发生富营养化,藻类就会大量滋生,因此要定期对池体进行洗刷,同时可采用二氧化氯进行灭藻,投加 1 mg/L 的二氧化氯可去除 75% 藻类。在实际运用中,为了降低运行成本,常采取“臭氧 + 二氧化氯消毒”工艺,使运行费用比传统臭氧消毒法节约 30%~50%。需要特别注意的是由于温泉水温比通常的游乐池要高,臭氧在温泉中的使用效果还有待实践检验。而传统的氯消毒,由于其在水中的持续消毒功能,加之初投资费用少,所以还是在广泛使用。

4.5 温泉水水温的控制

地下温泉的水温随着距地表深度的增加而升高,一般在 2 000~3 000 m 的深度,水温通常在 70~80 °C,所以水温比洗浴水温要高得多,降低温泉的水温就成为必要,需考虑综合利用问题。

式(5)反映的是热平衡问题。

$$Q_E \geq Q_m = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (5)$$

式中 Q_m ——最大必要热量;

Q_1 ——全部浴池的必要热量;

Q_2 ——淋浴热水的必要热量;

Q_3 ——供给设备等的热量损失;

Q_E ——温泉供给的热量。

通常情况下,热量不会恰好平衡,应从保护温泉资源的角度出发进行综合利用,当然也可能因温泉热量不够而考虑辅助加热。所谓的综合利用就是把多余的热量用于如:地板加温、冷水加热、地源热泵

机组、污水处理,甚至可以融雪、栽培、农业加工、发电等。而对一个温泉浴场来讲,如果水温高于使用温度,所采取的降温手段除上述利用外,主要有自然降温、用冷源进行热交换降温和在温泉中加入冷水。三种方法的优缺点见表 10。

表 10 各种降温法的优缺点

降温方法	优点	缺点
自然降温	不破坏温泉的成分,最大可能地满足泡温泉的要求;方法简单,不需其他设备	需要场地来自然冷却,冷却池破坏了环境;浪费能源
热交换降温	降温过程比较灵活;冷水升温后可作为洗浴用水;不破坏温泉的成分,最大可能地满足泡温泉的要求	增加了设备和机房面积;降温时间较长
加入冷水降温	方法最简便,所需时间也短	温泉的成分稀释,降低了泡温泉的乐趣

4.6 给排水设备和管道的材质

温泉水的水质成分因地而异,变化因素很多,温泉水资源的开发利用是一项综合工程,涉及多种学科和技术。由于水质的复杂多变性,对设备和管道材质的选用变得重要而不易选好。温泉浴场里常可看到喷嘴被堵塞,设备、管道锈蚀,很多都是由于水处理不当和选材不合理而产生的,使得维修、更新的费用增加,水质变坏,影响外观,所以应充分分析温泉的主要成分对材质的影响。

4.6.1 影响给排水设备和管材的因素

(1) 铁。地下水中的铁一般以 Fe^{2+} 的形式存在,但在氧化作用下(如按摩池中的喷头出水),会使 $4\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{Fe}^{3+} + 4\text{OH}^-$ 。

(2) 暂时硬度。我国很多地区,尤其是北方地区,暂时硬度一般都较高,水质不稳定,容易转变为永久硬度, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$,析出沉淀。在常温下碳酸钙的溶解度为 1.5%。

(3) 水中游离 CO_2 含量。水中游离的 CO_2 ,如果不从水中析出,会溶解在水中, $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$,使水中的 pH 下降,造成酸性腐蚀,使金属管变薄而破坏。

(4) 水中的 Cl^- 和 SO_4^{2-} 。 Cl^- 和 SO_4^{2-} 含量过高是管材局部腐蚀的原因,一般认为 $\text{Cl}^- > 150 \text{ mg/L}$ 时,管壁不易形成防腐的沉积膜, $\text{SO}_4^{2-} > 250 \text{ mg/L}$,容易引起硫酸菌和铁细菌的局部孔蚀。

(5) 水温。一般温泉的水温大多在 35°C 以上,而材质的腐蚀是随水温的上升而加快的,如 40°C 时的腐蚀量是 15°C 时的 150%。

日本《空气调和和卫生工学便览》中,分别描述了在不同的 pH 和泉质所应选用的相应水泵材质,见表 11 和表 12。

表 11 温泉的 pH 和水泵材质选择

分类	合适的材质
强酸性泉 (pH < 2)	钛、衬橡胶、合成树脂、陶瓷
酸性泉 (pH = 2~4)	不锈钢 (SUS304、316、316 L)、全青铜
弱酸性泉 (pH = 4~6)	不锈钢 (SUS304)、硅铸铁、全青铜、必要部分青铜
中性泉 (pH = 6~7.5)	全青铜、必要部分青铜
弱碱性泉 (pH = 7.5~8.5)	必要部分青铜、全铸铁
碱性泉 (pH = 8.5~10)	全铸铁、不锈钢 (SUS304)
强碱性泉 (pH > 10)	全铸铁、不锈钢 (SUS304)

表 12 泉质和水泵材质选择

泉质	水泵材质
钠-氯化物泉	青铜、不锈钢 (304、316)、钛、硅铸铁
单纯温泉	铸铁、青铜
单纯硫酸 (含硫化氢型)	硅铸铁、钛、青铜
硫酸盐泉	青铜、不锈钢 (304、316)、钛
铁 (II)-硫酸盐泉	不锈钢 (304、316)、钛、硅铸铁
钙 (镁)-碳酸氢盐泉	铸铁、不锈钢 (304、316)、钛、奥氏体铸铁
钠-碳酸氢盐泉	铸铁、不锈钢 (304、316)、钛

由此可见温泉水引起水泵的金属腐蚀是多方面的:温泉水和金属长时间接触产生腐蚀、温泉水的水蒸气引起腐蚀、电腐蚀和温泉水中气体析出产生腐蚀等,这些因素的相互迭加使腐蚀情况变得复杂。国外还常在现场取试验片进行浸蚀试验,以获得可信的第一手资料。

4.6.2 管道材质的选用原则

(1) 在温泉中通常可以使用塑料管材,如 PVC、PE、PP、PB、ABS 管。在温度超过 60°C 时,不适合采用 PVC、PE 管。

(2) 中性温泉建议使用不锈钢管或铜管。

(3) 管道在埋地敷设时,可以采用 PB、ABS 管。

5 结语

温泉水的使用技术远不止这些,还有很多问题有待今后进一步解决,其中包括:

(1) 水力按摩喷头与气泵之间的计算关系。

居民小区污水真空收集系统的设计

段金明 方宏达 林建清

(1 集美大学环境工程研究所, 厦门 361021)

摘要 分析了分流式、合流式两种污水真空收集系统的特点、真空站布局、管网敷设及连接等问题。以某一服务人数约 3 000 人、1 200 户的居民小区为例, 基于真空收集系统的特点, 介绍了居民小区污水真空收集系统的管网及真空站的设计计算方法, 最后对真空系统进行了经济分析。

关键词 污水真空收集系统 居民小区 设计 管网 真空站 经济分析

与传统重力管道系统相比, 污水真空收集系统不但能节约用水、保护环境, 而且具有管径相对较小、不受地形限制、管网安装方便、不易堵塞、经济性能好等优点^[1~3]。此系统已在欧美国家日益得到重视, 可用于城镇居民区、生态旅游区以及缺水和修建重力排污系统困难的地区^[1,2]。

1 居民小区生活污水真空收集系统

1.1 两种形式的污水真空收集系统

根据黑水(粪便)和灰水(厨房、洗衣、淋浴和盥洗等废水)收集是否分流, 污水真空收集系统设计成如下两种形式。

(1) 黑水、灰水分流式真空收集系统, 如图 1。粪便真空收集系统由真空厕所(包括真空便器、界面阀、气控阀、控制按钮)、真空管网、真空站(包括真空泵、真空罐、排污泵)3 部分组成。真空泵抽取真空罐及管网内空气, 形成 0.03~0.06 MPa 的相对真空。如厕后, 按下冲水开关, 水路系统加入少量的冲洗水清洗便器(水主要起润滑管壁的作用), 与此同时, 界面阀打开, 真空便器中的污物被吸入真空管网, 吸污完后界面阀迅速关闭, 隔断真空便器与真空管网的通道, 保证真空系统稳定运行。真空厕所应用于住宅、宾馆、车辆、轮船等, 已引起人们的重视^[1]。

(2) 黑水、灰水合流式真空收集系统(见图 2),

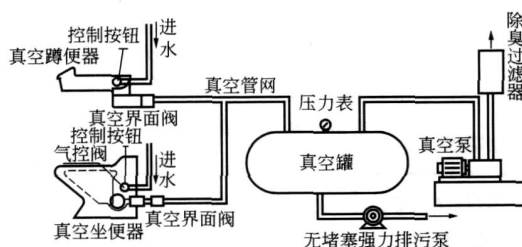


图 1 污水真空收集系统 I (采用真空厕所)

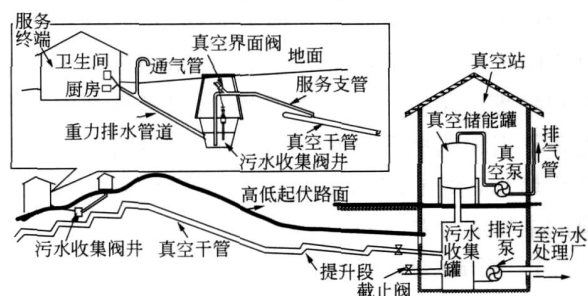


图 2 污水真空收集系统 II (室内采用重力排水)

由污水收集阀井、管网、真空站组成。室内排水采用传统的便器及重力排水, 在室外则与一个污水收集阀井相连。真空界面阀安置在污水收集阀井内, 且与重力排水管道及真空服务支管相连。当污水收集阀井收集的污水达到预定体积(约 40 L) 时, 真空界面阀开启 4~6 s 后自动关闭, 将污水及一定体积空气吸入管网, 并逐级输送进入污水收集罐。

(2) 不同泉质的消毒方式和消毒剂定量。

(3) 给水器具的配套开发等。

本文写作过程中, 得到了中国建筑设计研究院傅文华先生、中国建筑科学研究院童自明先生等的大力支持, 在此一并表示感谢。

※通讯处: 200002 上海市汉口路 151 号

电话: (021) 63217420

E-mail: xueliang_wang @ecadi.com

收稿日期: 2007-07-23

修回日期: 2007-12-03