

苕溪古河道区域承压水含水层特性研究

赵世豪, 叶向前

(杭州市勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310012)

摘要: 杭州机场轨道快线是杭州第一条穿越城市中心区域的轨道快线, 连接了杭州火车西站、杭州火车东站及萧山国际机场等杭州最主要的对外交通枢纽。本线西起余杭区的苕溪站, 途经余杭区、西湖区、拱墅区、上城区、萧山区、钱塘区, 东至钱塘区的永盛路站, 线路全长约 59.1 km, 设车站 15 座, 正线设计最高运行速度 120 km/h, 于 2017 年开始前期研究工作, 2019 年 9 月开工建设, 2022 年 9 月 22 日全线通车试运营。本文结合杭州机场轨道快线工程仓前车辆段至西溪湿地站—西文区间风井 3 区间的工程勘察经验, 论述苕溪古河道承压水的赋存特征、补给排泄方式及动态变化特性, 分析该区域承压水的水位变化规律, 确定承压含水层的水文地质参数, 预测承压水变化趋势, 为杭州城西苕溪古河道地区类似工程的设计施工提供借鉴。

关键词: 轨道快线; 苕溪; 古河道; 承压水; 抽水试验; 特性研究

中图分类号: TU46

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2023)S1-0145-08

Characteristics of confined water aquifer in Tiaoxi ancient channel area

ZHAO Shi-hao, YE Xiang-qian

(Hangzhou Geotechnical Engineering and Surveying Research Institute with Limited Liability, Hangzhou 310012, Zhejiang, China)

Abstract: The Hangzhou Airport Rail Express is the first rail express in Hangzhou that traverses the central area of Hangzhou, connecting Hangzhou West Railway Station, Hangzhou East Railway Station, and Xiaoshan International Airport, and other prominent transportation hubs in Hangzhou. The line originates from Tiaoxi Station located in the western Yuhang District, passes through Yuhang District, Xihu District, Gongshu District, Shangcheng District, Xiaoshan District, Qiantang District, and terminates at Yongsheng Road Station in the eastern Qiantang District. The total length of the line is about 59.1 km, with 15 stations, and the maximum designed running speed of the main line is 120 km/h. The preliminary research work began in 2017, construction began in September 2019, and the entire line was opened for trial operation on September 22, 2022. This work combines the findings of the engineering survey conducted from Cangqian Depot to Xixi Wetland Station and Xiwen Air Shaft 3 of the Hangzhou Airport Rail Express Project. It examines the occurrence characteristics, recharge and discharge methods, and dynamic change characteristics of confined water in the ancient Tiaoxi River. Additionally, it analyzes the water level change pattern within this area, determines the hydrogeological parameters of the confined aquifer, predicts the trend of confined water changes, and offers valuable references for the design and construction of similar projects in the ancient Tiaoxi River area located in the western part of Hangzhou.

Key words: rail express; Tiaoxi River; ancient river road; confined water; pumping test; characteristic study

1 概述

1.1 苕溪的改道变迁

苕溪位于浙江省杭州市西北部, 源自天目山, 入太湖, 最后流入长江。苕溪分为东苕溪、西苕溪两大源流, 其中东苕溪分为北、中、南苕溪 3 条支

流^[1-2]。在太湖形成之前, 东苕溪已经存在于杭嘉湖平原。受气候变迁、海面升降、构造运动、地球自转及人类活动等诸多因素影响, 历史上东苕溪曾多次变迁改道。更新世时期, 古东苕溪经临安、余杭、杭州北郊于杭州东郊注入钱塘江古河道。随着苕溪平原沉积物堆积、气候变暖、海平面上升, 杭州海

积平原淤积逐渐变高,古东苕溪河口位置逐渐东移,溪水注入古杭州湾;随着海积平原进一步淤积,古东苕溪经历第一次大规模改道(见图1),自古荡一带转向北上,穿过半山、大观山之间的低洼地带流向太湖方向^[2-3]。其后东苕溪多次改道,最终与西苕溪在湖州附近合流成苕溪,而后注入太湖。河流改道后原河道被埋藏形成古河道,但保存着原有地貌类型,古河道中的砂砾层成为承压水存贮的含水层^[4]。东苕溪冲积平原区下部存贮承压水的砂砾层,是古东苕溪河道冲积形成。古东苕溪河道冲积形成的物质大部分未被压实、岩化,仍以松散状态存在,属于未岩化古河道。



图1 更新世以来东苕溪改道示意图

Fig. 1 Schematic diagram of Dongtiaoxi diversion since Pleistocene

1.2 工程概况

杭州机场轨道快线工程是贯穿杭州市东西向的一条重要客运线路,线路西起余杭区苕溪站,途经余杭区、西湖区、拱墅区、上城区、萧山区、钱塘区,终于永盛路站,连接了杭州西站、未来科技城、阿里巴巴、西溪湿地、杭州东站、城东新城、萧山国际机场等重要区域和交通枢纽,是杭州城市轨道交通系统的骨干线。线路长约 59.1 km,设车站 15 座,与 1、2、3、4、5、6、7、9、10、11、12、14 号线、远景规划线等换乘。杭州机场轨道快线工程(钱塘江以西部分)地理位置详见图 2。

本文通过杭州机场轨道快线工程仓前车辆段出入段线、苕溪站、苕溪站—杭州西站区间(以下简称“苕杭区间”)、阿里巴巴站、西溪湿地站、西溪湿地站—西文区间风井 3 区间(以下简称“西文区间风井 3 区间”)等 6 个工点总计约 21 km 的工程勘察成果,论述苕溪古河道承压水的赋存特征、补径排方式及动态变化特性,分析该区域承压水的水位变化规律,预测承压水变化趋势,确定承压含水层的水文地质参数,为杭州地区类似工程的设计施工提供借鉴。



图2 拟建工程走向示意图及苕溪古河道承压水含水层的研究范围

Fig. 2 Schematic diagram of the proposed project trend and research scope of the confined water aquifer of the ancient Tiaoxi River

2 苕溪古河道孔隙承压水赋存特征

第四纪以来杭嘉湖平原曾遭受过 3 次大规模海侵,其中以第三次海侵(全新世冰后期, 12~7.5 ka BP)影响最大。据浙江省地矿局资料,除半山等几个孤山外,杭州平原区均遭受海侵影响,范围超过 100 km²,形成了较厚的海相淤泥质土^[4]。海侵使得杭州平原区承压水咸化,经过漫长的地质历史过程,咸化的承压水受到了一定的淋滤作用,最终形成了现在苕溪古河道地区微咸-咸的承压水。

根据杭州机场轨道快线工程仓前车辆段出入段线、苕溪站、苕杭区间、阿里巴巴站、西溪湿地站、西文区间风井 3 区间等 6 个工点的岩土工程勘察报告,苕溪古河道地区的承压水含水层一般有两层:第一层埋藏于苕溪平原区上更新统下组(Q₃¹)⑫砂砾层中,厚度变化较大,含水层为冲洪积形成的粉砂层、圆砾层;第二层埋藏于苕溪平原区中更新统上组(Q₂²)⑭砂砾层中,以古河道形态呈宽带状展布,厚度变化较大,从河道中心向两侧逐渐变薄,含水层为冲洪积形成的粉砂层、圆砾层^[5-10]。由于⑬粉质黏土层为不连续分布状,⑫层与⑭层含水层可视为一体。承压水隔水层为其上覆的淤泥质土和黏性土层。苕溪古河道承压水含水层埋深为 17~40 m,表现为郊区浅、向城区方向渐深;含水层厚度为 0~14 m,总体趋势为郊区较厚、向城区方向变薄,局部尖灭,分布不连续。苕溪古河道地区地质剖面见图 3,承压水含水层分布情况见表 1。

含水层顶板上覆约 17~40 m 厚的黏性土层,其渗透系数介于 10⁻⁷~10⁻⁹ cm/s,上部潜水一般无法越层补给承压水。平原基底为透水性微弱的白垩系泥质粉砂岩、粉砂岩、砂砾岩、侏罗系凝灰岩等,

缺乏顶托补给。古河道两侧也为结构紧密的粉质黏土夹砾石或基岩, 透水性和富水性均较差, 表明侧向补给量也甚微。承压水中固形物大于 1 g/L, 水化学类型为 HCO₃ · CL—Na(Ca)、CL · HCO₃—Na(Ca) 型。在天然条件下, 因其水力坡度极其平缓, 径流

缓慢, 地下水补给、径流、排泄条件均较差。苕溪平原区承压水的排泄方式主要有两种: 大约 2005 年以前最主要的排泄方式是生产井开采; 2005 年以后因禁止开采地下水管理规定影响, 生产井基本关停, 深基坑承压水降排水成为最主要的排泄方式^[4]。

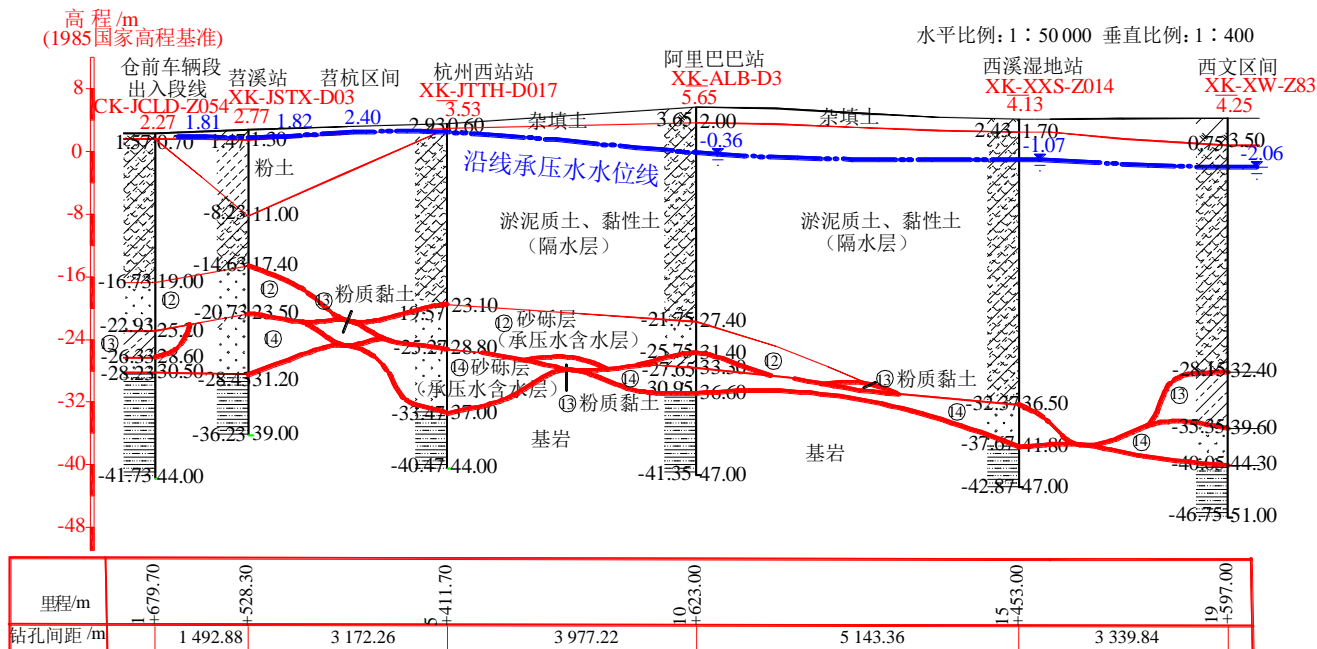


图 3 苕溪古河道地区地质剖面图及承压水水位线

Fig. 3 Geological profile and confined water level line of Tiaoxi ancient river area

表 1 苕溪古河道承压水含水层分布情况

Table 1 Distribution of confined water aquifer in Tiaoxi ancient river

区域	⑫层			⑭层		
	层顶高程/m	层顶埋深/m	层厚/m	层顶高程/m	层顶埋深/m	层厚/m
仓前车辆段出入段线	-20.47~-15.28	18.70~21.00	2~7	-28.01~-21.32	24.50~30.50	0~5
苕溪站	-20.23~-14.63	17.40~23.80	1~9	-23.37~-19.01	22.60~28.50	2~10
苕杭区间	-25.19~-13.04	16.70~29.50	1~10	-31.71~-19.01	23.20~35.10	1~12
阿里巴巴站	-24.11~-18.50	23.50~29.00	1~8	-25.3~-23.72	28.70~30.10	2~10
西溪湿地站	-28.24~-19.70	23.30~33.00	0~7	-28.61~-26.72	31.10~33.80	2~12
西文区间风井 3 区间	-29.21~-23.02	24.60~36.20	0~10	-34.35~-26.91	32.00~43.80	0~10
地层分布情况	含水层为粉砂、中砂、砾砂、圆砾, 层厚介于 0~10 m, 局部尖灭, 分布不连续			含水层为粉砂、中砂、砾砂、圆砾, 层厚介于 0~12 m, 局部尖灭, 分布不连续		

3 苕溪古河道孔隙承压水水位变化规律

3.1 苕溪古河道区域承压水水位变化的过程

苕溪古河道承压水补给量甚微, 地下水水位动态变化受开采或排水强度控制。杭州市开凿采水深井始于 1956 年, 随着经济的发展开采规模逐渐扩大, 地下水水位逐渐下降, 在开采区形成区域性水

位降落漏斗。苕溪古河道区祥符桥一带承压水原始水位高程约 1.7~1.9 m, 上世纪六十年代漏斗逐渐形成, 至 1969 年水位降至 -8 m, 漏斗范围不断扩展。1987 年漏斗中心年平均水位达历年最低值 -23.65 m。1997 年 6 月 25 日杭州市人民政府令第 114 号颁布了《杭州市城市地下水管理规定》, 明文规定城市商业区和居民密集地区、影响建筑物安全的地区等部分地区禁止开采取地下水。近年来承

压水开采井均已废弃，地下水水位有所回升，漏斗范围缩小^[11]。祥符桥一带 1986~1997 年孔隙承压水水位一览表见表 2。

3.2 苕溪古河道区域承压水水位的现状

近年来，因杭州城市大规模开发建设，各城区的承压水观测井大都被破坏，无法系统地进行长期水位观测与水质跟踪^[4]。杭州机场轨道快线工程仓

前车辆段出入段线、苕溪站、苕杭区间、阿里巴巴站、西溪湿地站、西文区间风井 3 区间等 6 个工点勘察期间通过专门的水文试验测定的承压水水头见下表 3。虽然这些观测孔观测时间较短，同时限于观测孔位的离散性且缺乏系统性，但也可以反映出近年来苕溪古河道区域承压水水位动态变化的总体规律，如图 4 所示。

表 2 祥符桥孔隙承压水水位一览表

Table 2 List of pore confined water level in Xiangfu bridge

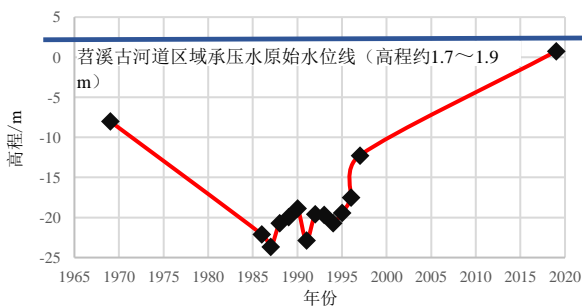
地区	观测年份	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
祥符桥	年最高	-16.05	-18.19	-13.26	-13.22	-10.60	-13.70	-6.92	-9.75	-15.05	-14.90	-11.38	-7.06
	年最低	-26.71	-27.83	-28.57	-27.06	-28.79	-29.88	-27.94	-27.02	-27.65	-26.45	-23.21	-15.55
	年平均	-22.10	-23.65	-20.70	-19.92	-18.85	-22.84	-19.58	-19.66	-20.69	-19.42	-17.51	-12.25

表 3 苕溪古河道承压水水位观测情况

Table 3 Observation of confined water level in Tiaoxi ancient river

观测区	观测孔号	观测时间	孔口高程/m	水位埋深/m	水位高程/m	
仓前车辆段出入段线	CG041	2019.7	2.73	0.92	1.81	
	苕溪站	CG1	2019.7	3.45	1.63	1.82
	苕杭区间	CG97	2019.7	4.25	1.85	2.40
阿里巴巴站	Z63	2019.4	4.27	4.63	-0.36	
				4.44	-0.17	
西溪湿地站	CKZ5	2019.4	3.41	4.48	-1.07	
				6.18	-2.13	
西文区间风井 3 区间	JD6	2019.8	4.05	6.11	-2.06	
				4.05	-2.06	

注：根据区域承压水长期观测资料，该区域承压水的年变幅约 2 m。



注：2019 年承压水水位为表 3 中各工点平均值 0.33 m。

图 4 1969~2019 年苕溪古河道区域承压水水位变化规律
Fig. 4 Changes of confined water level in Tiaoxi ancient river area from 1969 to 2019

从表 3 及图 3、图 4 分析可知：

(1) 苕溪古河道承压水水位在研究区范围介于 -2.13~2.40 m 之间，平均值 0.33 m，较二十世纪末已有较大幅度上升。

(2) 苕溪古河道承压水水位呈现出郊区略高、

城区略低的现象，这与城区大规模开发建设，深基坑承压水降排水时大量抽取地下水有关。

由此，苕溪古河道平原区孔隙承压水总体上已接近至原始水位高度，但局部因施工降排水等原因导致水位偏低，甚至小范围内在特定时间段内会有一定程度的下降。

3.3 苕溪古河道区域承压水水位变化趋势预测

根据杭州市开发规划，今后苕溪古河道区域承压水水位变化趋势预计为：

(1) 西溪湿地、古荡板块开发建设逐渐进入尾声，预计今后该区域承压水将呈现稳中渐升的趋势。

(2) 杭州西站、未来科技城、老余杭、三墩北、双桥、良渚板块正处在大规模开发建设阶段，大多采用 2~4 层深基坑的高层建筑在基坑开挖期间将进行大规模的承压水降水措施，预计今后该区域承压水将会在小范围内出现一定程度的下降。

(3) 随着城市的扩张, 瓶窑、仓前北板块即将进入大规模开发建设, 预计届时该区域承压水将会在小范围内出现一定程度的下降。

4 水文地质参数的确定

承压水抽水试验是通过在钻孔中抽水降低承压水水位来求得承压水含水层水文地质参数的一种原位测试方法。在杭州机场轨道快线工程仓前车辆段出入段线、苕溪站等工点勘察期间, 采用承压水抽水试验准确有效地取得与基坑施工实际降深相对应的承压水含水层的综合渗透系数、影响半径和涌水量等水文地质参数。

4.1 承压水抽水试验方法

承压水抽水试验孔开孔施工先用外径 D150 mm 钻具成孔, 采用 D146 mm 钢质套管隔穿潜水含水层, 再下入内径 D130 mm 钢质井壁管, 一径到底; 钢质井壁管下部 2 m 为沉淀管, 加底塞, 没入承压水含水层中的为滤水管, 滤水管采用包网过滤器,

包网为 80 目双层滤网; 采用高压气泵及活塞强力洗井, 并进行试抽; 采用高压风泵抽水, 水位降深采用水位计测量, 涌水量采用 90°三角堰量测。承压水抽水试验按非淹没过滤器井壁进水的完整井抽水试验进行^[5-7,12]。设备安装示意图见图 5。

根据 $Q-S_w$ 关系曲线为抛物线型曲线的情况, 计算选取《城市轨道交通岩土工程勘察规范》(GB 50307—2012) 条文解释中 10.3.7 条计算影响半径, 公式如下:

$$\lg R = \frac{s_1 \lg r_2 - s_2 \lg r_1}{s_1 - s_2} \quad (1)$$

式中: R 为影响半径, m; r_1 、 r_2 为观测孔至主孔的距离, m; s_1 、 s_2 为抽水后观测孔水头的下降值, m。

根据《水利水电工程钻孔抽水试验规程》(SL 320—2005) 附录 B-2 计算渗透系数 (按承压含水层完整井 (井壁进水)), 公式如下:

$$K = \frac{0.366Q}{M(s_1 - s_2)} (\lg r_2 - \lg r_1) \quad (2)$$

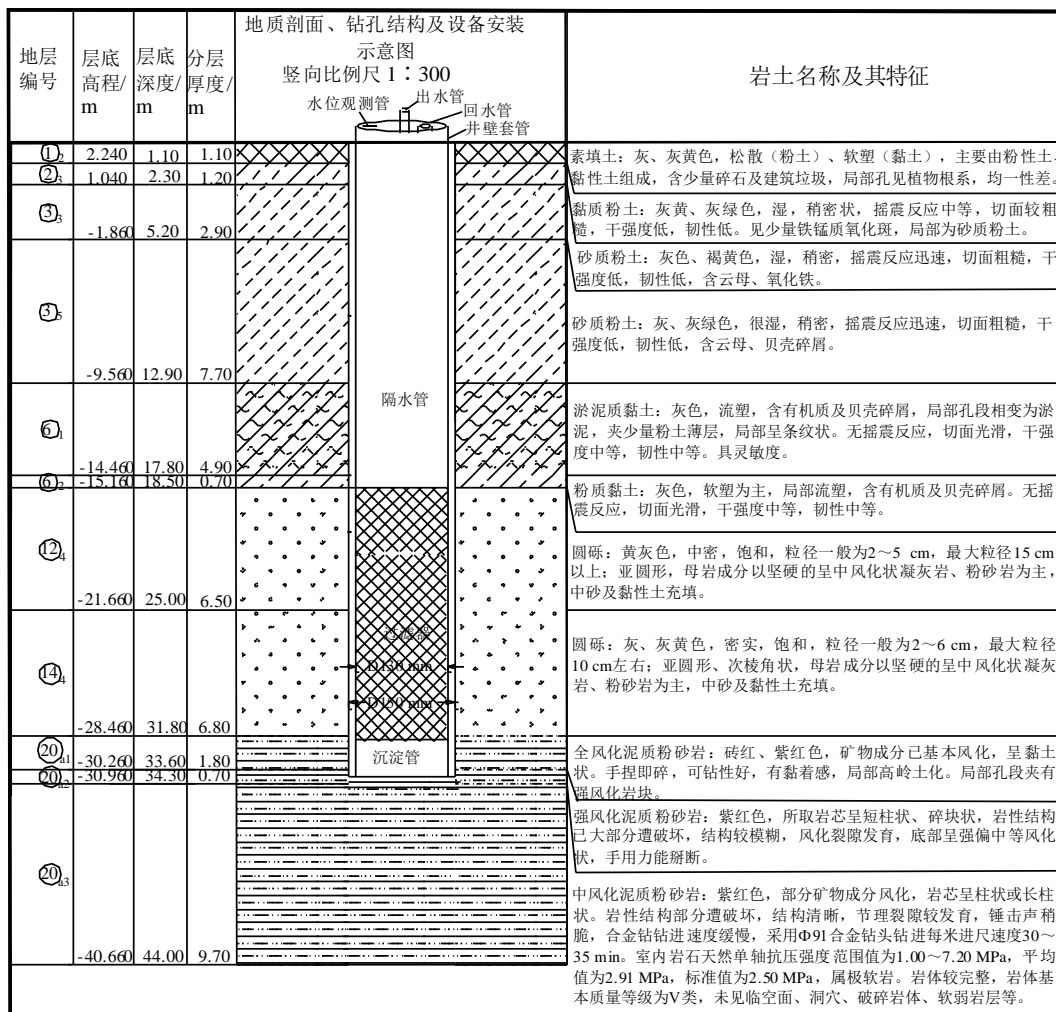


图 5 承压水抽水试验设备安装示意图

Fig. 5 Installation diagram of confined water pumping test equipment

式中： K 为含水层渗透系数， m/d ； Q 为抽水并出水量， m^3 ； M 为承压含水层的厚度， m ； r_1 、 r_2 为观测孔至主孔的距离， m ； s_1 、 s_2 为抽水后观测孔水头的下降值， m ； l 为主孔过滤管长度， m 。

4.2 承压水抽水试验成果

在杭州机场轨道快线工程勘察期间，3个工点各进行了1组3次落程带2个观测孔的承压水抽水试验。1号观测孔、2号观测孔至主孔距离分别为3m、9m^[5-7]。根据试验资料整理取得的场地承压含水层水文地质参数见表4。

由实验成果可知：苕溪古河道区域承压水含水层综合渗透系数介于 $3.77 \times 10^{-3} \sim 1.29 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ （相当于 $3.3 \sim 11.1 \text{ m/d}$ ），平均值为 $8.8 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ （相当于 7.6 m/d ），属强透水性土层。现场承压水抽水试验成果示例图见下图6。

本工程各工点抽水试验成果存在一定差异，计

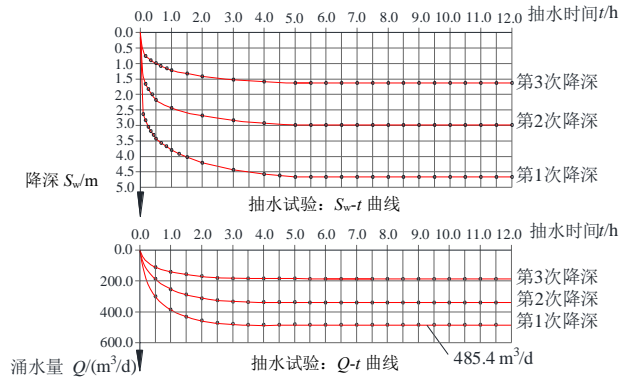


图6 现场承压水抽水试验成果示例图

Fig. 6 Example diagram of on-site confined water pumping test results

算所得综合渗透系数偏小，这与⑫、⑭层粗颗粒之间填充有较多黏粒等细颗粒有一定的关系。本区域⑬粉质黏土层为不连续分布状，分布无规律，渗透性较小，也会导致含水层综合渗透系数偏小。

表4 苕溪古河道承压水抽水试验成果表

Table 4 Results of confined water pumping test of Tiaoxi ancient river

区域	试验段次	试验段土层及层厚/m	初始稳定水位埋深/m	主孔降深/m	观测孔1降深 s_1 /m	观测孔2降深 s_2 /m	稳定水量 $Q/(m^3/d)$	影响半径 R/m	渗透系数 $K/(cm/s)$
仓前车辆段出入段线	1	⑫ ₄ 圆砾		9.93	7.45	5.91	321.32	189.55	4.22×10^{-3}
	2	3.9 m	1.08	6.00	4.58	3.60	181.47	107.90	3.74×10^{-3}
	3	⑭ ₂ 砾砂 1.9 m		3.81	3.06	2.33	121.36	64.92	3.36×10^{-3}
苕溪站	1	⑫ ₄ 圆砾		1.63	1.31	1.03	187.00	48.30	1.00×10^{-2}
	2	6.5 m	1.45	2.98	2.31	1.82	338.00	89.80	1.10×10^{-2}
	3	⑭ ₄ 圆砾 6.8 m		4.66	3.56	2.84	485.00	138.40	1.00×10^{-2}
阿里巴巴站	1			5.05	—	—	156.40	140.67	8.98×10^{-3}
	2	⑫ ₄ 圆砾 5.0 m	4.63	4.07	—	—	121.70	109.58	8.39×10^{-3}
	3			3.48	—	—	102.60	92.00	8.09×10^{-3}
巴站	1			5.85	—	—	183.80	221.55	1.66×10^{-2}
	2	⑭ ₄ 圆砾 2.9 m	4.44	4.85	—	—	112.10	154.20	1.17×10^{-2}
	3			3.84	—	—	82.60	115.66	1.05×10^{-2}

注：（1）阿里巴巴站试验成果根据浙江省工程勘察院在杭州机场轨道快线工程阿里巴巴站勘察期间进行的承压水抽水试验取得，采用无观测孔的稳定流抽水试验，即：定流量定降深法，将抽水井模拟为淹没滤水管并壁进水的完整井。水文地质参数利用《供水水文地质勘察规范》（GB 50027—2001）8.2.1-3式及8.2.1-6式得出^[8]。

（2）由于⑬粉质黏土层为不连续分布状，古东苕溪河道的两大承压水含水层⑫层与⑭层含水层可视为一体。

5 苕溪古河道孔隙承压水对杭州机场轨道快线地下工程的影响

5.1 承压水对桩基施工的影响

苕溪古河道地区对钻孔桩施工有影响的承压水含水层为⑫、⑭砂砾层, 由于水头高度均在地表以下, 地层的透水性很大, 钻进到该层时会引起孔内水流失, 导致孔内水位急剧下降, 孔壁坍塌。在钻孔灌注桩施工过程中, 只要孔内液面高度不低于地下水位标高, 如在反循环钻进中, 一般钻孔内的水位常常采用有压地下水头加 2 m, 就不会对桩基设计和施工造成影响。遇到翻砂现象发生时, 可提高钻孔内的水位和采用优质泥浆加以抑制, 也可根据地下水位的高低安装不同高度的护筒, 以调节钻孔内的水位, 防止钻孔壁的坍塌。

5.2 承压水对基坑开挖施工的影响

当基坑下有承压水存在时, 开挖基坑减小了含水层上覆不透水层的厚度, 在厚度减小到一定程度时, 承压水的水头压力能顶裂或冲毁基坑底板, 造成

突涌现象。基坑突涌将会破坏地基土强度, 并给施工带来很大困难。

基坑底抗渗流稳定性可按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011) 附录 W 第 W.0.1 式进行验算: 计算时抗渗流稳定性系数 ≥ 1.1 不发生突涌。验算公式为:

$$\frac{\gamma_w(t+\nabla t)}{P_w} \geq 1.1 \quad (3)$$

式中: γ_w 为透水层以上土的饱和重度, kN/m^3 ; $t+\nabla t$ 为透水层顶面距基坑底面的深度, m ; P_w 为含水层水压力, kPa ; 水的重度取 10 kN/m^3 。

杭州机场轨道快线工程仓前车辆段出入段线、苕溪站、阿里巴巴站、西溪湿地站等工点对基坑抗突涌稳定性的估算结果见表 5。

场地内的承压水蕴藏量非常丰富, 且承压水含水层土层的渗透性很大, 拟建基坑面积较大, 采用纯降低承压水水头法基本不可行, 建议采取相应的隔断承压水措施(如地连墙), 并设置坑内降水措施以确保基坑安全, 同时在施工初期设置承压水观测井, 以便监测承压水水位变化。

表 5 各工点对基坑抗突涌稳定性的估算结果

Table 5 Estimation results of anti-surge stability of foundation pit at each construction site

区域	基坑挖深	抗突涌稳定性估算结果
仓前车辆段出入段线	基坑挖深 0~13.4 m, 预估基坑底高程最深为 -11.13 m	开挖深度小于 10.04 m, 地层条件能满足承压水抗渗流稳定要求, 可不考虑基坑突涌的可能性; 大于 10 m 的区段需考虑基底突涌的可能性 ^[5]
苕溪站	地下二层, 主体开挖深度约为 17.55 m、端头井开挖深度约 18.70~20.26 m, 附属结构开挖深度约 10~11 m	主体基坑和附属基坑均不能满足抗渗流稳定要求。故需要隔断承压水或采用降低承压水水头 ^[6]
阿里巴巴站	地下二~三层车站, 车站主体部分开挖深度为 16.9~28.6 m, 附属结构基坑开挖深度约为 8.0~10.0 m	车站出入口、风道等附属结构承压水不发生基坑坑底突涌; 在主体结构及端头井基坑开挖过程中会发生基坑突涌, 可造成基坑围护结构失稳 ^[8]
西溪湿地站	地下二~三层车站, 车站主体部分开挖深度为 16.0~27.65 m, 附属结构基坑开挖深度约为 10.5~18.0 m	车站出入口、风道等附属结构承压水不发生基坑坑底突涌; 在主体结构及端头井基坑开挖过程中会发生基坑突涌, 可造成基坑围护结构失稳 ^[9]

6 结 论

(1) 杭州机场轨道快线工程仓前车辆段至西文区间风井 3 区间区段处于苕溪古河道平原区, 古河道的砂砾层为承压水含水层, 埋深介于 17~40 m, 表现为郊区浅、向城区方向变深; 含水层厚度介于 0~14 m, 总体趋势为郊区较厚、向城区方向较薄, 局部尖灭, 分布不连续。承压水含水层总体埋深较

浅, 对地下工程的建设有着不可忽视的影响。杭嘉湖平原曾遭受的海侵使得苕溪古河道平原区形成了现在微咸-咸的承压水。在天然条件下, 承压水径流缓慢, 地下水补给、径流、排泄条件均较差。根据承压水抽水试验成果, 苕溪古河道区域承压水含水层属强透水性土层。

(2) 苕溪古河道平原区孔隙承压水总体上已接近至原始水位高度, 但局部因施工降排水等原因

导致水位偏低,甚至小范围内在特定时间段内会有一定程度的下降。

(3) 苕溪古河道区域承压水对钻孔桩施工会有一定的影响。基坑开挖时承压水的水头压力能顶裂或冲毁基坑底板,造成突涌现象,给施工带来很大困难。杭州机场轨道快线工程仓前车辆段出入段线、苕溪站、阿里巴巴站、西溪湿地站等工点地层条件不能满足基坑底抗渗流稳定要求,在基坑开挖过程中均存在承压水突涌风险,采用单纯降低承压水水头法效果较差、费用较高,建议采取相应的隔断承压水措施(如地连墙),并设置坑内降水措施以确保基坑安全。

参考文献

- [1] 卢七召. 东西苕溪入湖河道的变迁与水文情势变化分析[J]. 浙江水利科技, 2011(5): 6-9.
LU Qi-zhao. Analysis on the changes of the river channel and hydrological regime of the east and west Tiaoxi River [J]. Zhejiang Hydrotechnics, 2011(5): 6-9.
- [2] 朱丽东, 金莉丹, 叶玮, 等. 晚更新世末以来苕溪河道变迁[J]. 浙江师范大学学报: 自然科学版, 2015, 38(3): 241-248.
ZHU Li-dong, JIN Li-dan, YE Wei, et al. The channel changes of Tiaoxi River since the end of late pleistocene[J]. Journal of Zhejiang Normal University: Natural Sciences, 2015, 38(3): 241-248.
- [3] 吴维棠. 杭州的几个地理变迁问题[J]. 历史地理, 1987(1): 176-184.
WU Wei-tang. On some problems about the geographical changes of Hangzhou[J]. Historical Geography, 1987(1): 176-184.
- [4] 叶向前. 杭州钱江新城区域承压水特征及工程应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
YE Xiang-qian. Properties of confined water in Hangzhou CBD and engineering applications[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2014.
- [5] 叶向前, 任姗姗, 谌剑, 等. 杭州机场轨道快线工程岩土工程勘察IV标仓前车辆段出入段线详勘阶段岩土工程勘察报告[R]. 杭州: 杭州市勘测设计研究院, 2020.
YE Xiang-qian, REN Shan-shan, CHEN Jian, et al. Geotechnical investigation report of the detailed survey stage of the entrance and exit section of the depot in front of Cangqian in Section IV of the Hangzhou Airport Rail Express Project[R]. Hangzhou: Hangzhou Geotechnical Engineering and Surveying Research Institute, 2020.
- [6] 叶向前, 谌剑, 任姗姗, 等. 杭州机场轨道快线工程岩土工程勘察IV标苕溪站详勘阶段岩土工程勘察报告[R]. 杭州: 杭州市勘测设计研究院, 2020.
YE Xiang-qian, CHEN Jian, REN Shan-shan, et al. Geotechnical engineering investigation report of Tiaoxi station in the detailed survey stage of section IV geotechnical engineering investigation of Hangzhou Airport Rail Express Project[R]. Hangzhou: Hangzhou Geotechnical Engineering and Surveying Research Institute, 2020.
- [7] 叶向前, 谌剑, 任姗姗, 等. 杭州机场轨道快线工程岩土工程勘察IV标苕溪站—杭州西站区间详勘阶段岩土工程勘察报告[R]. 杭州: 杭州市勘测设计研究院, 2019.
YE Xiang-qian, CHEN Jian, REN Shan-shan, et al. Geotechnical engineering survey report of the detailed survey stage of the section from Tiaoxi Station to Hangzhou West Station in Section IV of the Hangzhou Airport Rail Express Project[R]. Hangzhou: Hangzhou Geotechnical Engineering and Surveying Research Institute, 2019.
- [8] 孔令智, 方拥华, 王绍亮, 等. 杭州机场轨道快线工程岩土工程勘察I标阿里巴巴站岩土工程勘察报告(详细勘察阶段)[R]. 杭州: 浙江省工程勘察院, 2019.
KONG Ling-zhi, FANG Yong-hua, WANG Shao-liang, et al. Geotechnical investigation report of Alibaba station in Section I of geotechnical investigation of Hangzhou Airport Rail Express Project (detailed investigation stage) [R]. Hangzhou: Zhejiang Engineering Survey Institute, 2019.
- [9] 孔令智, 余俊顺, 方拥华, 等. 杭州机场轨道快线工程岩土工程勘察I标西溪湿地站岩土工程勘察报告(详细勘察阶段)[R]. 杭州: 浙江省工程勘察院, 2019.
KONG Ling-zhi, YU Jun-shun, FANG Yong-hua, et al. Geotechnical investigation report of Xixi Wetland station in Section I of Hangzhou Airport Rail Express Project (detailed investigation stage)[R]. Hangzhou: Zhejiang Engineering Survey Institute, 2019.
- [10] 孔令智, 方拥华, 张顺中, 等. 杭州机场轨道快线工程岩土工程勘察I标西溪湿地站—西文区间风井3区间岩土工程勘察报告(详细勘察阶段)[R]. 杭州: 浙江省工程勘察院, 2020.