

清远华侨工业园英德英红园（红星片区）

水文地质勘察报告



广东省水文地质大队

二〇一五年六月

清远华侨工业园英德英红园（红星片区）
水文地质勘察报告

职 责	姓 名	签 名
项目负责	秦树荣	
报告编写	胡启智	
	罗 杰	
	欧阳春飞	
审 核	任大国	
总工程师	王 军	
院 长	古锐开	



广东省水文地质大队
二〇一五年六月

目 录

一、前言.....	1
1.1 工程概况	1
1.2 工作任务	2
1.3 勘察点布置.....	2
1.4 工作方法和工作量	3
1.5 技术规范及标准	5
1.6 参考的资料	6
二、水文气象及地形地貌.....	6
2.1 气象	6
2.2 水文	6
2.3 地形地貌	7
2.4 地下水功能区划.....	7
三、矿产资源概况	9
四、区域地层与岩性	10
4.1 地层	10
4.2 岩石	12
五、地质构造.....	12
5.1 褶皱	12
5.2 断裂	12
六、区域水文地质特征	12
6.1 区域水文地质概况	12
6.2 地下水类型及特征	13
6.3 区域地下水的补给、径流、排泄及动态变化.....	16
七、场地岩土分层及其水文地质特征	17
八、场地包气带渗透性能.....	19
8.1 渗水试验	19
8.2 室内测定包气带渗透性能	19
8.3 包气带各类土渗透系数建议值.....	20

九、场地水文地质条件	20
9.1 地下水类型.....	20
9.2 地下水的补给、径流、排泄.....	22
9.3 地下水动态变化特征	23
9.4 地下水与周边地表水水力联系.....	25
9.5 场地及周边地下水开发利用情况.....	26
十、水文地质、环境地质问题调查	26
十一、抽水试验	26
十二、地下水化学分类	28
十三、结论及建议	29
13.1 结论	29
13.2 建议	30

附表目录

序号	表 名	表 号	页数
1	钻孔主要数据一览表	附表 1	1
2	抽水试验主要数据一览表	附表 2	4
3	渗水试验（双环法）记录表	附表 3	5

附 图 目 录

顺序号	图号	图 名	比例尺	备注
01	1	清远华侨工业园英德英红园（红星片区）水文地质勘察区域地质图	1:50000	另册
02	2	清远华侨工业园英德英红园（红星片区）水文地质勘察区域水文地质图	1:50000	另册
03	3	清远华侨工业园英德英红园（红星片区）水文地质勘察工作区水文地质图	1:10000	另册
04	4	清远华侨工业园英德英红园（红星片区）水文地质勘察地下水位等值线图（丰水期）	1:50000	另册
05		清远华侨工业园英德英红园（红星片区）水文地质勘察地下水位等值线图（平水期）	1:50000	另册
06		清远华侨工业园英德英红园（红星片区）水文地质勘察地下水位等值线图（枯水期）	1:50000	另册
07	5	清远华侨工业园英德英红园（红星片区）水文地质勘察地貌图	1:50000	另册
08	6	钻孔综合成果图		10 页

附件目录

1) 水质分析报告(扫描件).....	共 8 页
2) 土工试验报告(扫描件).....	共 2 页
3) 水文地质勘察工作照片.....	共 6 页

一、前言

1.1 工程概况

清远华侨工业园英德英红园地处广东省英德市区以北、距英德市主城区 9 km 的英红镇。地处武广高铁与昆汕高速的交汇点，距广州约 140 km、距韶关约 110 km、距清远市主城区约 100 km，是珠三角核心区与粤北联系的重要节点。

英红园区位于英德市中部，东临望埠镇，南依仙桥居委，西靠横石塘，北连沙口镇，是整个四镇合一的中心位置。本次规划的地域范围为规划区用地红线边界东临北江，西至广乐高速公路，南达皇朝大道，北至沙口镇。原规划总面积 73.8km²，总体规划由武汉大学设计研究总院和中国中建建设集团共同完成。英德市政府于 2010 年 12 月与顺德区政府签订区域合作协议，在英红园规划范围内划出 36 km²成立了广东顺德清远（英德）经济合作区。规划修改后，英红园现规划总面积为 37.8 km²，分为两个片区：南部的英红片区和北部的红星片区。



图 1 规划区区位及工程地理位置示意图

按照英德市委、市政府关于把英红打造成中心城区的产城融合示范区定位，近年来，英红园加快了路网、电网、排水排污等基础设施建设和配套服务设施建设，强化服务意识与工作落实督查问责机制，积极为重点项目提供全方位的优质服务，力促项目早动工、早投产、早见效。2014年9月，英红园与英红镇正式实行“镇园合一”，前者并入英红镇。英红园在基础设施建设、招商引资等多方面步入快车道。

目前英红园已建成“六纵九横”路网约25km，其中在主干道英红大道、红茶路和展业大道A段等道路建成通车的基础上，今年重点加快推进红云大道、三圣路、万福北路一期、二期、展业大道B段、红星一路、红星三路、金正大路等道路的建设；完成英红大道云岭段的亮灯工程。逐步完成金正大路东段、誉峰路西段等电网建设，解决原红星片区供电不足问题；加快红星片区污水处理厂建设，目前进入项目建设前期筹划工作。

英红园正逐步实现“建园”到“建城”的华丽转身。园区致力于打造一个“宜工、宜商、宜居、宜游”的生态工业园，推动城市在提质增效升级中加快振兴发展。

根据广东顺德清远（英德）经济合作区总体规划（2012~2025）、拟建经济合作区的总体发展定位、英红园（红星片区）总体规划环评工作的需要，受清远华侨工业园英德英红园管理委员会委托，我对红星片区进行了水文地质勘察工作。

1.2 工作任务

根据相关的规范、规程及环评单位的工作技术要求，结合工作区特点，确定工作的目标任务是：

- （1）基本查明区域主要含水层的空间分布、地质结构、导水性，各含水层之间的水力联系，含水层的边界特征；
- （2）基本查明地下水与地表水之间水力联系；
- （3）在基本查明区域地下水的补给、径流、排泄和边界条件的基础上，通过野外试验、地下水动态监测和室内测试等方法计算主要含水层的水文地质参数；
- （4）基本查明工作区内环境水文地质问题，为规划区建设提供依据。

1.3 勘察点布置

为查明工作区含水层的分布、厚度、埋深等，在工作区及其调查范围内布置10个勘查钻孔（ZK1~ZK10），各水文地质钻孔位置或勘察点位置详见水文地质图。

1.4 工作方法和工作量

2015年4月1日我院接到委托后，即进行资料收集、野外调查、水文地质钻探等工作，至6月8日结束水文地质调查、钻探、水文地质试验、取水样及室内试验。

1.4.1 工作方法

根据技术要求，本次勘察采用钻探、野外调查为主，收集气象水文、区域地质与水文地质及勘察报告等资料、水文地质调查、抽水试验、渗水试验、室内土工试验及水质分析为辅的工作方法。

(1) 收集资料

主要收集了已有的气象水文、区域地质及区域水文地质等数据。

(2) 水文地质调查

本次水文地质调查使用地形底图比例尺为1:50000，成图比例尺为1:50000。采用路线穿越法和追索法进行调查，采用手持GPS结合地形地物进行定位。对地表水体及地下水点（井、泉）进行调查并做记录。

民井调查包括含水层岩性、厚度和深度、水井结构、使用情况、地下水用途及用水量，水位变化等情况，并对水文地质钻孔及调查民井采取水样进行水质分析。

泉水或地下水露头主要调查其高程、流量、水动力性质。

在进行水文地质调查的同时，进行了地质测绘，对主要地质界线、断裂构造、地形地貌等进行调查。

(3) 水文地质钻探

1) 钻孔孔径：土层钻孔孔径为 $\Phi 146\text{mm}$ ，岩层钻孔孔径为 $\Phi 110\text{mm}$ ，采用PVC套管或滤管直径 $\Phi 127\text{mm}$ 。各钻孔柱状图及成孔结构图详见附图8。

2) 孔斜：水文地质钻孔的孔斜小于 1.5° ；

3) 冲洗液：使用清水作为钻进冲洗液；

4) 岩芯采取率：黏性土、完整基岩实际采取率为86%，风化以及破碎基岩实际采取率为75%；

5) 钻进过程中，对地下水位进行了简易水文观测，并及时作好记录；

6) 钻孔完毕后及时洗井，根据地层岩性、钻孔结构、孔管材料和设备情况采用活塞洗井后，井内沉砂不上升或基本不上升，井水不出现混浊现象，以满足洗井质量检验标准为准则。

7) 洗井工作结束后,按照每天早、晚各一次的频率对地下水位进行不间断观测,直至地下水位稳定为止。

(4) 抽水试验

主要目的是查明钻孔揭露含水层的渗透性和富水性,测定有关水文地质参数。

1) 抽水试验进行三个降深,每次降深的差值以 $>1\text{m}$ 为宜,由于施工时遭村民阻扰,大部分钻孔仅进行了一次降深的抽水试验。

2) 静止水位每小时测定一次,三次所测水位值相同,即为静止水位。

3) 相应的流量和动水位趋于稳定后的延续时间为 8h 。

4) 动水位和涌水量同时观测,开泵后每 $5\sim 10\text{min}$ 观测一次,然后视稳定趋势改为 15min 或 30min 观测一次。

5) 抽水试验结束后,进行恢复水位观测,以 $1、3、5、10、15、30\cdots\text{min}$ 按顺序观测,直至完全恢复为止。

(5) 渗水试验

渗水试验的目的是用于测定浅层包气带岩土层的渗透系数 k 。

渗水试验试坑开挖深度为 $0.3\sim 0.5\text{m}$ 。试验方法采用双环法,铁环内外径分别为 25cm 、 50cm ,高为 50cm 。不断向环内注水,利用水开关控制渗入水量,保持内、外环内水柱高度在 10cm ,试验一直进行到渗入水量趋于稳定不变为止。理论上求取渗透系数公式为 $k=QL/F(H+Z+L)$,式中 Q 为稳定的渗入水量; F 为试坑内环的渗水面积; Z 为试坑内环中的水厚度; H 为毛细管压力(一般等于岩土毛细上升高度的一半); L 为试验结束时水的渗入深度(试验后开挖确定)。由于试验毛细压力的附加影响与水的渗入深度难以准确判定,本报告资料整理时采用图解法简化计算,即渗透系数 $k=Q/F=v$ 。

(6) 水质分析

1) 水质分析的主要任务

分析确定地下水化学类型,查明调查区地下水化学成分和含量。

2) 采样、分析要求

本工程共采取地下水水样 8 组,水质分析具体指标如下:

水质分析指标主要包括: Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 、总硬度、溶解性总固体、 SO_4^{2-} 、 Cl^{-} 、 HCO_3^{-} 、 CO_3^{2-} 、 F^{-} 等。

1.4.2 工作量

完成的工作量如下表 1。

主要工作量一览表 表 1

工 作 内 容		工作量	
		单位	数量
收集资料	1:20 万区域水文地质报告（英德幅）	份	1
	1:20 万区域地质图（英德幅）	份	1
水文地质调查	水文地质调查（1:50000）	km ²	118.24
	水文地质调查（1:10000）	km ²	26.23
	水文地质点（民井）	点	92
	地质点	点	12
	地下水水位观测	次	103
	钻孔	个	10
水文地质钻探及室内试验	总进尺	m	338.4
	土样	组	13
	水样	组	8
	抽水试验	ZK2~ZK5、ZK8~ZK10	组
渗水试验	T1~T5	组	5
编制成果	水文地质勘察报告	份	1

1.5 技术规范及标准

本次水文地质勘察执行或参照的标准、规范、规程主要有：

- (1) 《环境影响评价技术导则（地下水环境）》（HJ610-2011）；
- (2) 《环境影响评价技术导则（总纲）》（HJ2.1）；
- (3) 《抽水试验规程》（YS 5215-2000）；
- (4) 《供水水文地质勘察规范》（GB 50027-2001）；
- (5) 《地下水污染地质调查评价规范》（DD2008-01）；
- (6) 《区域水文地质工程地质环境地质综合勘查规范》（1:50000）；
- (7) 《综合水文地质图图例及色标》（GB/T 14538-93）。
- (8) 《1: 50000 水文地质调查规范》；
- (9) 《建设项目地下水环境影响评价规范》（DZ0252-2004）；
- (10) 《广东省地下水功能区划》，粤水资源〔2009〕19号；
- (11) 《广东省地表水环境功能区划》，粤府函〔2011〕29号；

(12) 《广东省地下水保护与利用规划》，粤水资源函〔2011〕377号。

1.6 参考资料

(1) 1:20 万区域水文地质报告（英德幅）及 1:20 万区域地质图（英德幅）；

(2) 《英德市总体规划（2011~2030 年）》；

二、水文气象及地形地貌

2.1 气象

英德市地处亚热带地区，属南亚热带季风气候，四季温和，雨量充沛，夏长冬短，多年平均气温 20.7℃，7 月为盛夏，最高气温达 38.9℃（1980 年 7 月 10 日），最低气温为-3.6℃（1961 年 1 月 19 日），年平均日照时数为 1409.8 小时，平均蒸发量为 1620mm，相对湿度 79%。全市多年平均降雨量 1982.4mm，具年际变化大的特点，丰水年最多达 2657.2mm（1975 年），枯水年最少为 1399.9mm（1963 年），最多年份与最少年份对比相差近 1 倍。降雨量年内分布不均，多集中在 4、5、6 三个月，占全年的 51%，容易形成洪涝灾害。4 月至 9 月占全年的 78%，为雨季，秋季常常出现干旱，10 月至次年 3 月占全年的 22%，为枯水期。因本区地势高低变化悬殊、植被覆盖差异大，影响降雨量在各地的分布也不均匀，英德南、北部形成降水较多的两个地带：黎溪南部至连江口，年平均 2500~2100mm；横石塘北部山地，年平均 2100mm；县内其他大部分地区为 1900mm 左右。横垣西北部的中山地形，北阻寒冷干燥偏北风，迎来温暖、湿润偏南风，因此，降雨多，季风雨及地形雨续接和叠加，成为广东省内五大降雨中心之一。由于测区地处东北信风带，常年多吹东北风，夏季有时吹南风或西北风。年平均风速 1.7~2.7m/s，最大可达 14~18m/s。每年 7~9 月间受台风及热带风暴气候影响常产生大雨、暴雨灾害性降雨。

2.2 水文

调查区属于珠江水系，主要河流有北江及其支流翁江和连江，具有流程长，流域面积大及汛期涨落迅速等特点。根据主要河流多年水文资料分析，调查区年平均流量 376 亿 m³，年平均流深 1052mm，径流模数 27.2~39.0 L/(s·km²)，径流系数为 51.3%；测区内河流流量变化与降雨量基本一致，主要河段的流量峰值比降雨量峰值滞后约一个月，即降雨最多发生在每年 5 月，而最大流量则在每年 6 月测得，后汛期出现在每年的 7~8 月，强降雨主要受热带风暴影响产生，水量受大气降雨影响较大，一般春夏季节降雨较多，河流水量充沛，遇暴雨常满溢沿江两岸，给两岸人民的生命财产造

成巨大的损失；秋冬旱季降雨量少，河流水量锐减，河漫滩多有暴露。

2.3 地形地貌

调查区所在英德市地形复杂，有中山、低山、丘陵、河谷平原、峰丛洼地和岩溶盆地等地貌类型。总体地形为二个骨架山脉、三个盆地分布其间，山脉主要为南北走向，境内全貌层峦起伏、纵横交错，属以低中山—高丘为主的山区。地貌形态与构造、地层、岩石等有关，是内外动力地质作用的结果，按成因类型可分为构造侵蚀、构造剥蚀、侵蚀溶蚀、侵蚀堆积四种成因类型，各种地貌类型按形态特征又可细分 6 种类型，详见表 2。

英德市地貌类型划分表 表 2

成因类型	形态类型	组成地层及岩石	分布位置	主要特征
构造侵蚀	中低山	下古生界变质岩及泥盆系桂头群砂岩、页岩及震旦系乐昌峡群、大绀山组变质岩	市区北部船底顶、黄思脑、雪峰山一带，约占全市面积的 23%	标高多在 1000m 以上，最高峰 1586.6m，层层山峦起伏，地势陡峻，切割剧烈，山峰多呈尖齿状，山脊狭窄，坡度 30~50°，局部达 60°，河谷呈“V”型或嶂型谷，多悬崖、急流、瀑布
构造剥蚀	低山	寒武纪-石炭纪，震旦纪花岗岩。	东部桥头、官渡一带，中部河头、西部浚洸及北部沙溪等地	标高 500~1000m，山峰呈尖圆或浑圆状，山脊较窄，山坡较平直，坡度 20~40°，水系呈放射状，河谷“V”型或“U”型，间有瀑布
	丘陵	侏罗纪二长花岗岩、白垩系红色砂岩	主要分布在市区中、南部花岗岩及部分砂页岩地带	标高 50~500m，山顶呈光秃秃的馒头状、扁平状，植被差，地形平缓，河谷较开阔，以槽形为主，谷底平坦
构造溶蚀	低山丛峰	泥盆纪-石炭系灰岩	大面积分布石牯塘以东、石灰埔-英德-横石塘一带，以及大镇、横石水附近	是测区最主要的岩溶地貌形态，其特点是群峰簇立，立壁千刃，山峰呈尖齿状，岩石裸露，岩溶形态众多，有大型溶洞、暗河、断头河、孤峰、漏斗、天窗、天生桥、穿洞、伏流、岩溶大泉等
	岩溶盆地	泥盆石炭系灰岩	主要分布在大镇-青塘、英德、望埠等地	四周为侵蚀构造中、低山或岩溶山地丘陵所环绕，盆地底部为第四系所覆盖，局部见有石林、穿山洞、暗河、大泉等
侵蚀堆积	河谷平原	第四系冲洪积卵砾石、砂、黏土	分布在北江、连江、翁江河两岸	多呈长条状，一般发育有 3~4 级阶地，阶地相对较开阔，阶面微向河谷倾斜，其中一、二级阶面平坦，三、四级呈起伏台地状

2.4 地下水功能区划

地下水一级功能区划分为开发区、保护区、保留区 3 类，主要协调经济社会发展

用水和生态与环境保护的关系，体现国家对地下水资源合理开发利用和保护的总体部署。在地下水一级功能区的框架内，根据地下水资源的主导功能，再划分为 4 类地下水二级功能区。其中，开发区划分为分散式开发利用区；保护区划分为地下水水源涵养区；保留区划分为储备区和应急水源区。地下水二级功能区主要协调地区之间、用水部门之间和不同地下水功能之间的关系。

地下水功能区划分的主要条件包括：地下水补给条件、含水层富水性及开采条件、地下水水质状况、生态环境系统类型及其保护的目的地要求、地下水开发利用状况、区域水资源配置对地下水开发利用的需求、国家对地下水资源合理开发利用及保护的总体部署等。

开发区指地下水补给、赋存和开采条件良好，地下水水质满足开发利用的要求，当前及规划期内地下水以开发利用为主且在多年平均采补平衡条件下不会引发生态与环境恶化现象的区域。按地下水开采方式，地下水资源量、开采强度、供水潜力和水质等条件，开发区划分为分散式开发利用区 1 类二级功能区。分散式开发利用区指现状或规划期内以分散的方式供给农村生活、农田灌溉和小型乡镇工业用水的地下水赋存区域，地下水开采方式为分散型或者季节性开采。

保护区指区域生态与环境系统对地下水水位、水质变化和开采地下水较为敏感，地下水开采期间始终保持地下水水位不低于其生态控制水位的区域。在实际划分中，考虑与自然保护区、生态湿地、名泉、国土部门确定的地质灾害易发区等相结合；作为地下水补给的大部分山丘区划为保护区。保护区划分为地下水水源涵养区 1 类二级功能区。

地下水水源涵养区指为了保持重要泉水一定的喷涌流量或涵养水源而限制地下水开采的区域。

保留区指当前及规划期内由于水量、水质和开采条件较差，开发利用难度较大或虽然有一定的开发利用潜力但规划期内暂时不安排一定规模的开采，作为储备未来水源的区域。保留区划分为储备区、应急水源区 2 类二级功能区。

清远华侨工业园英德英红园（红星片区），地处《广东省地下水功能区划》中的北江清远英德分散式开发利用区（H054418001Q03）。见图 2。



图2 地下水功能区划图

三、矿产资源概况

英德市成矿地质条件优越，矿产资源丰富，全市共发现和找到矿产 37 种。主要有硫、铁、煤、锰、铅、锌、钨、锡、铜、金、稀土、石灰石、大理石、花岗岩等，储量较大的有硫铁矿 8000 多万吨，铁矿 3000 多万吨，煤矿 1.3 亿吨，大理石和花岗岩

10 亿立方米，石灰岩面积 80 多万亩，还有铜、铅、锌、钨、锡、金、银、钼、铋，泥炭土、稀土、耐火黏土，水泥配料黏土、石英、砂矿、硅石、重晶石、萤石、英石等。在英德的西牛、红岩、井冲角等地，一般硫铁矿地表风化的褐铁矿亦有相当规模，如西牛黄铁矿矿床中硫铁矿储量 2000 多万吨，褐铁矿 300 多万吨，褐铁矿矿石全铁品位 48.53%，硫铁矿含硫 26.06%，开发利用前景较好。英德煤矿主要以无烟煤和贫煤为主，少量高硫焦煤，煤层薄、规模小，开采技术条件较复杂。

四、区域地层与岩性

区域内出露的地层主要有下古生界震旦系变质岩、上古生界沉积岩（泥盆系中下统桂头群、中统东岗岭组及上统天子岭组，石炭系下统岩关阶孟公坳组、下统大塘阶石蹬子段及测水段）、中生界白垩系上统南雄群沉积岩、新生界下第三系丹霞群沉积岩、第四系地层；侵入岩为燕山三期侵入岩（详见附图 1 区域地质图），岩性较多，现从老至新分述如下：

4.1 地层

(1) 下古生界

下古生界震旦系 (P_{z1})：分布于区域北西侧，主要由冰海相沉积碎屑岩段及绢云母片岩段岩石组成，岩性主要由石英砂岩、粉砂岩与薄层泥质绢云母页岩互层，夹钙质砂岩与泥灰岩组成。地层下届不清，岩石均已变质。为灰绿色、深灰色厚层状不等粒长石石英砂岩，灰绿色、灰色厚层状不等粒石英岩与灰黑色、灰绿色炭质泥质页岩、泥质绢云母页岩互层。厚度大于 1400m。

(2) 上古生界

泥盆系中下统桂头群 ($D_{1-2}gt$)：分布于区域南、北二侧，为一套河流-滨海相和内陆山间盆地的碎屑岩建造，岩性主要由砾岩、砂砾岩、石英砂岩夹砂质页岩及泥质页岩组成，总厚度约 530~1340m。按沉积旋回可分上下两个亚群：

1) 下亚群 (D_{1-2gt}^a)

下部为砾岩、砾石砂岩、灰色块状粗砂岩与灰色块状细-中粒石英砂岩、粉砂岩互层，夹灰色块状石英粉砂岩。该亚群厚度由西向东，由北向南逐渐边变小。

2) 上亚群 (D_{1-2gt}^b)

下部为灰黄色块状砾岩、砾石砂岩，夹灰黄色块状中-细粒砂岩；中、上部为白色、

浅灰色细-中粒石英砂岩与浅灰、紫灰色块状石英粉砂岩互层。中部与南部沉积物粒度变细，厚度变小。

泥盆系中统东岗岭组 (D_2d): 分布于区域西北侧及东侧，分布零星，与下伏桂头群整合接触。为一套局限台地相的碎屑岩-碳酸盐岩建造，岩性主要由泥灰岩、泥质页岩夹钙质砂岩组成，总厚度约 180~270m。下部为灰绿色，深灰色绢云母砂质页岩与浅灰色致密块状白云岩互层。夹灰色厚层状灰岩，项目所在区域为浅黄色薄层状绢云母泥质页岩、粉砂质页岩、夹钙质页岩。

泥盆系上统天子岭组 (D_3t): 分布于区域四周围内侧，为一套浅海相-滨海相碳酸盐岩，岩性主要由中上部为灰岩，下部为灰岩、白云岩及大理岩组成，总厚度约 700~840m。

石炭系下统岩关阶孟公坳组 (C_1ym): 分布于区域中东侧及西侧，为一套滨海相、滨岸湖沼相细碎屑岩建造，岩性主要由上部为页岩夹灰岩，下部泥灰岩、细粒石英砂岩夹页岩组成，总厚度约 170~340m。

石炭系下统大塘阶石蹬子段 (C_1ds): 分布于区域中部、西南及南部，为一套浅海相生物碎屑岩，岩性主要由上部为灰岩，下部为灰岩夹泥质页岩组成，总厚度约 380~440m。

石炭系下统大塘阶测水段 (C_1dc): 分布于区域西南侧及东南侧，为一套滨海相碎屑岩，岩性主要由泥质页岩与硅质页岩互层，夹灰岩组成，总厚度约 160~260m。

(3) 中生界

白垩系上统南雄群 (K_2nn): 分布于区域中部，为一套淡水湖泊相碎屑岩，岩性主要由砾岩、含砾砂岩，夹粉砂质页岩及凝灰质砂岩组成，总厚度 >400m。

(4) 新生界

下第三系丹霞群 (Edn): 分布于区域东南侧，为一套山间盆地相碎屑岩，岩性主要由粉砂岩、含砾砂岩及砾岩组成，总厚度 >150m。

(5) 第四系

第四系(Q): 分布于区域内大部分地段，为覆盖层，土性主要为砂土、砂质黏土、含砾黏土及砾石，厚度变化较大，厚度一般 10~25m，局部达 60m。

4.2 岩石

燕山三期侵入岩 ($\gamma_5^{2(3)}$): 零星分布于低山丘陵地貌单元内, 主要岩性为黑云母花岗岩及黑云母二长花岗岩。

五、地质构造

5.1 褶皱

区域位于英德复式向斜内, 英德复式向斜包括大坑口背斜、望埠向斜、雪山嶂背斜、三姊妹向斜、翁城向斜, 发育于泥盆-石炭系中, 以断轴状开阔褶皱为特征, 一般南东翼陡, 北西翼缓, 轴面倾向北西。据调查及钻探资料, 场地位于望埠向斜轴部一带, 向斜南东翼倾向约 $200^\circ\sim 240^\circ$, 倾角 $40^\circ\sim 70^\circ$, 北西翼倾向约 $60^\circ\sim 130^\circ$, 倾角 $30^\circ\sim 50^\circ$ 。

5.2 断裂

区域内分布深断裂带, 为吴川-四会深断裂带, 该断裂带分布于调查区东侧, 往南西、北东方向延伸(受钻孔数量及深度控制, 本次勘察未揭露)。另外还分布一系列由吴川-四会深断裂带次生的断裂, 分布于场地北西侧及西侧, 距离场地约 $8\sim 16\text{km}$ 。

(一) 吴川-四会深断裂带

吴川-四会深断裂带斜贯广东的中、西、北部, 在广东境内全长超过 800km , 总体呈 $20^\circ\sim 40^\circ$ 方向延伸, 影响宽度 $15\sim 20\text{km}$ 。断裂带自吴川向东北经阳春、云浮、四会、广宁, 插入于英德犀牛一带, 与仁化-英德断裂会合, 在韶关附近分为两支: 一支沿着南雄盆地与江西大余-兴国-南城深断裂相接; 另一支往北插入江西遂川, 沿赣江断裂北行与郟城-庐山深断裂带相连。西南段也明显分为两支, 其中一支进入吴川后, 潜伏于雷琼断陷之下, 在海康乌石港附近插入北部湾; 另一支沿阳江织箕断裂下海而进入大竹州岛。

由上可知, 场地所处区域为储水构造(英德盆地、英德复式向斜), 同时区域内分布地下水渗漏通道(吴川-四会深断裂带及其他次生断裂), 地下水可通过渗漏通道向外围进行渗漏。

六、区域水文地质特征

6.1 区域水文地质概况

据 1: 20 万英德幅水文地质资料, 区内中部为丘陵、垌岗和岩溶盆(谷)地, 标

高多为 40~200m。周围为广阔的中山及低山，标高多在 500~800m 以上，主要由花岗岩和下古生界浅变质岩组成，风化剧烈，植被繁茂，岩石节理裂隙发育，为地下水的贮存和富集提供了有利的条件，为区域地下水的主要补给区。随地形高度降低，泉水流量增大，出露泉水增多的趋势明显。测区经历了加里东、印支、燕山等多次构造运动，褶皱强烈，断裂发育，对地下水的分布有着明显的控制作用。地下水主要分布于中部拗陷复向斜盆地，构成含水丰富而水文地质条件较为复杂的贮水构造。由西往东分别为石牯塘复向斜盆地，面积为 625.2km²；北江复向斜盆地，面积 783.7 km²；翁江复向斜盆地，面积 1041.4 km²。盆地内间有条带状非可溶岩相对隔水层，把复向斜盆地分割成许多次一级背、向斜贮水构造和断裂富集带，其中北江复向斜可细划为 8 个，石牯塘为 7 个，翁江为 8 个。在盆地中部多为第四系覆盖，赋存隐伏岩溶水，至周边为裸露型断块峰丛洼地，面积 987.3 km²，成片分布在西部古母水~波罗、石灰铺~英德，东部黄泥湾~水螺田一带，地下水位较深，多在 62m 以下。由于碳酸岩中溶洞、漏斗、落水洞、暗河管道十分发育，形成“有峰必有洞，有谷必充水”的岩溶区。据调查，全区可容纳万人以上的大型溶洞即有 6 个，暗河最长可达 28km，为地下水的贮存、运移、富集提供了良好的空洞，因此盆地内地下水资源十分丰富，其中裸露区大泉、暗河枯季流量一般由 109.4~427.0 L/s，最大 465.8 L/s，覆盖区岩溶水单井涌水量最多由 462.2~7888.3 m³/d。据计算，石牯塘、北江、翁江等三个盆地的地下水天然资源分别为 79、141、113 万方/日。此外，在北江及其支流两岸和山前地带都赋存有较为丰富的冲洪积层孔隙水和微承压水，单井涌水量 49.4~542.5 m³/d，最大的达 962.4 m³/d。

6.2 地下水类型及特征

(一) 松散岩类孔隙水

该类地下水主要赋存于区域内第四系土层中，含水层为冲积的砂土层及砾石层，总体地下水富水性贫乏，单井涌水量 4~40m³/d，水质类型属 HCO₃-Ca、HCO₃ Cl- Na Ca 型淡水为主，矿化度 0.06~0.30g/L。主要分布于北江、翁江、连江两岸阶地和石牯塘、横石塘、樟市、大镇、翁城等盆（谷）地中，面积约为 1518.2km²。靠近河流两岸为冲积层孔隙水，至山前地带或盆地为洪积层或冲洪积层孔隙水，堆积物分选性差，含黏土不均。河谷横断面上变化是：由山前至河谷，厚度由薄变厚，分选由差到好，富水性由弱到强。沿河流纵向变化是：厚度由薄变厚，颗粒由粗变细。富水性与阶地结

构关系密切，内迭阶地河床沉积物薄，如连江和翁江内迭阶地岩性为粉细砂和含砾黏土，贮水条件差，上迭阶地富水性中等。拗陷盆地孔隙水分布面积较广，厚度较大，至山前地带，因含水层含黏土和厚度小，富水条件差。但在洪积扇前缘的河谷两岸狭长条带，富水性中等。

（二）碳酸岩类（夹碎屑岩）裂隙溶洞水

该类地下水主要赋存于石炭系及泥盆系碳酸盐岩裂隙溶洞或碎屑岩裂隙中，含裂隙溶洞水，其富水性取决于裂隙及溶洞的发育程度及连同程度。为测区的主要含水岩组，分布面积约 2099.5 km²。岩石溶洞较发育，岩石破碎~较完整，总体上富水性中等~强，局部贫乏。

石炭系下统大塘阶石磴子段上部为灰岩，下部灰岩夹泥质页岩，含溶洞水或裂隙水，裂隙溶洞较发育，水量丰富，大泉流量一般 13.67~262.59 L/s，属 HCO₃-Ca 型淡水，矿化度 0.08~0.27 g/L，地下径流模数约 6.431L/(s·km²)，单井涌水量 1096~2970m³/d。

石炭系下统岩关阶孟公坳组上部为页岩夹灰岩，下部泥灰岩、细粒石英砂岩夹页岩，含溶洞水或裂隙水，裂隙溶洞较发育，富水性中等，大泉、暗河常见流量一般 10.50~39.50 L/s，属 HCO₃-Ca 型淡水，矿化度 0.032~0.33 g/L，地下径流模数约 5.755L/(s·km²)，单井涌水量 100~300m³/d。

泥盆系上统天子岭组中上部为灰岩，下部为灰岩、白云岩及大理岩，含溶洞水或裂隙水，富水性强，大泉、暗河常见流量一般 37.30~302.70 L/s，属 HCO₃-Ca 型淡水，矿化度 0.027~0.290 g/L，地下径流模数约 9.487L/(s·km²)，单井涌水量 763~4000m³/d。

泥盆系中统东岗岭组泥灰岩、泥质页岩夹钙质砂岩，含裂隙水，富水性中等，大泉流量一般 15.00~40.00 L/s，属 HCO₃-Ca 型淡水，矿化度 0.021~0.320 g/L，地下径流模数约 3.024L/(s·km²)，单井涌水量 145~5000m³/d。

其分布规律如下：

- 1、多呈条带状及不规则断块状展布或隐伏于断陷盆（谷）地中。
- 2、以石磴子段灰岩分布面积最广，为 413.0 km²，下二迭统最小，仅 1.1 km²。就一般而言，在石磴子段出露的暗河大泉最多，流量亦大；其次为天子岭组孟公坳组合壶天群。
- 3、主要岩溶峰丛洼（谷）地区，岩溶管道发育。

(三) 基岩裂隙水

该类地下水可分为层状岩类裂隙水及块状岩类裂隙水，其中层状岩类裂隙水主要赋存于下第三系、白垩系、石炭系、泥盆系及震旦系沉积岩裂隙中；块状岩类裂隙水赋存于燕山三期侵入岩裂隙中。含水岩带以风化较强烈的强风化岩层下部和中风化岩为主，含裂隙水，其富水性取决于裂隙的发育程度及连通程度。岩石破碎~较破碎，总体上富水性贫乏~中等。

(1) 层状岩类裂隙水

主要分布在黄思脑、雪山嶂、水源山等背斜山区，其次为复向斜中的测水段、侏罗系，除断裂带富水外，一般含水贫乏-极贫乏，其富水性变化受岩性影响很大。下第三系丹霞群粉砂岩、含砾砂岩及砾岩，含裂隙水，富水性贫乏，泉流量一般 $0.10\sim 0.21$ L/s，属 HCO_3-Ca （或 Na ）型淡水，矿化度 $0.10\sim 0.80$ g/L，地下径流模数 < 3 L/(s·km²)，单井涌水量 < 50 m³/d。

白垩系上统南雄群砾岩、含砾砂岩，夹粉砂岩页岩及凝灰质砂岩，含裂隙水，富水性贫乏，泉流量一般 $0.06\sim 0.11$ L/s，属 HCO_3-Ca 型淡水，矿化度 $0.15\sim 0.75$ g/L，地下径流模数 < 3 L/(s·km²)，单井涌水量 < 50 m³/d。

石炭系下统大塘阶测水段泥质页岩与硅质页岩互层，夹灰岩，含裂隙水，富水性贫乏，泉流量一般 $0.07\sim 0.45$ L/s，属 $HCO_3-Ca \cdot Mg$ 及 $HCO_3 \cdot Cl-Na \cdot Ca$ 型淡水，矿化度 $0.040\sim 0.30$ g/L，地下径流模数 < 3 L/(s·km²)，单井涌水量 $45\sim 100$ m³/d。

泥盆系中下统桂头群砾岩、砂砾岩、石英砂岩夹砂质页岩及泥质页岩，含裂隙水，富水性贫乏~中等，泉流量一般 $0.010\sim 0.819$ L/s，属 $HCO_3 \cdot Cl-Na \cdot Ca \cdot Mg$ （ $Na \cdot Ca$ 或 $Ca \cdot Mg$ ）型淡水，矿化度 $0.022\sim 0.230$ g/L，地下径流模数约 4.694 L/(s·km²)，单井涌水量 $50\sim 200$ m³/d。

震旦系石英砂岩、粉砂岩与薄层泥质绢云母页岩互层，夹钙质砂岩与泥灰岩，含裂隙水，富水性贫乏，泉流量一般 $0.10\sim 0.366$ L/s，属 $HCO_3 \cdot Cl-Na \cdot Ca$ （或 Na 或 $Na \cdot Ca$ 或 $Ca \cdot Mg$ ）及 HCO_3-Na （或 Ca ）型淡水，矿化度 $0.024\sim 0.086$ g/L，地下径流模数约 5.491 L/(s·km²)，单井涌水量 $50\sim 100$ m³/d。

(2) 块状岩类裂隙水

主要分布于大东山、贵东、佛冈岩体一部分。面积约 1974.3 km²，贮存脉状、网状裂隙水。据统计资料显示，地下径流模数的大小，与植被关系十分密切，原始森林

区径流模数平均达 $19.06 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$ ；砍伐过量、植被稀疏地区径流模数平均仅有 $4.8 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$ ；植被中等者其径流模数则介于两者之间。燕山三期黑云母花岗岩、黑云母二长花岗岩，含裂隙水，富水性多为中等，泉流量一般 $0.10\sim 2.08 \text{ L}/\text{s}$ ，属 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ （或 $\text{Na}\cdot\text{Ca}$ ）、 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl-Na}$ （或 $\text{Na}\cdot\text{Ca}$ ）型淡水，矿化度 $0.023\sim 0.32 \text{ g}/\text{L}$ ，地下径流模数约 $18.367 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$ 。

6.3 区域地下水的补给、径流、排泄及动态变化

该区域为省内五大降雨中心之一，多年平均年降雨量约 148.618 亿方，为地下水的渗入补给提供了充足水源。但因其年内分配不均匀，已致地下水获得的补给量有着明显的差异，以丰水期补给量最大，平水期次之，枯水期补给量甚少，以排泄为主。据计算，区域年渗入补给量为 34.94 亿方。但由于各地段的地形地貌和岩性、风化情况及植被覆盖等的不同，其地下水的补给、径流、排泄和动态变化特征因此而异，大体可分为如下三个区：

1、丘陵山区：分布面积 4747.0 km^2 ，基岩裂隙水年渗入补给量 19.721 亿方。其中块状基岩节理裂隙发育，风化带厚，植被繁茂，渗入补给条件好；层状基岩虽然节理裂隙发育，但因地形陡，植被稀少，补给条件相对较差；由煤系地层组成的丘陵垅岗，表层多为粘性土，降雨渗入补给极弱。因山区地形切割较深，地下水以垂直循环为主，赋存浅循环风化带网状裂隙水，它具有埋藏浅，补给区与排泄区的距离小，流经途径短，径流方向与坡向一致的特点，在断裂带附近有中循环构造脉状水和深循环热水赋存。地下水多以散流或泉的形式向附近沟谷排泄，形成地下水溢出带，为枯季山区水库的主要补给源。地下水动态变化与降雨关系密切，季节性周期明显。

2、裸露型岩溶区：分布面积为 1253.0 km^2 ，岩溶化剧烈，多为峰丛及峰林洼（谷）地，一般每平方公里有洼（谷）地、漏斗 $3\sim 5$ 个，具有汇集地表径流的良好条件。地下水的补给方式为集中注入式补给，汇入地下暗河管道，仅有少部分沿溶蚀裂隙下渗，年渗入补给量 8.710 亿方。此外，地势高出岩溶区的部分基岩裂隙水以潜流形式补给岩溶水。区内地下水与河水几乎同出一源，明流、盲谷、暗河、伏流交替出现，两者之间转化关系极为密切。由于补给区至排泄区的地形高差大，地下水的径流方式主要为溶蚀、侵蚀作用形成的管道流，仅少量地下水沿构造和层面的溶蚀裂隙流动。地下水汇入岩溶管道后，其径流途径良好，常形成地下暗河或伏流，其水力坡度由 $1.18\sim 12.78\%$ 。于河谷侧泄出地表。但其流经强岩溶化深水位地段，又全部消失，或

水量明显减少而再次潜入地下。在局部地段，由于受弱岩溶化地段的阻隔，径流不畅，每逢汛期，积水成塘，当地称为“水浸坪”。测区内地下水流向与地表水接近一致。大体由北东、北西向南径流，分别排入邻近较大的岩溶盆（谷）地或直接归宿于北江及其支流翁江、连江。岩溶水径流入盆地后，水力坡度减缓，约为1%以下，并由垂直运动转为水平运动。除大部分向附近河谷排泄外，一部分转为地下潜流补给第四系孔隙水和隐伏岩溶水。地下水动态变化较大，水位年变幅峰丛洼地较峰丛谷地大。

3、盆（谷）地：汇水地形和补给条件优越，补给来源广泛，汇水范围大于盆（谷）地面积，其主要补给来源有四项：降雨渗入补给、河流的渗入补给、盆地周边山区基岩裂隙水及岩溶水的侧向补给以及渠道水库和灌溉回归水的渗入补给。上述四项是盆地内大泉出露较多的主要原因之一。岩溶盆（谷）地因大部分被第四系覆盖，降雨不能很快地直接补给地下水，岩溶水具有动态变化较裸露区为小，流量相对较稳定、地下水位埋藏较浅、径流较缓慢等特点。盆地内下伏岩溶水与上覆第四系潜水关系密切。潜水蒸发和植物蒸腾部分潜水。

七、场地岩土分层及其水文地质特征

场地地貌属岩溶盆地及北江河流冲积阶地，第四系覆盖层为冲洪积地层，岩性种类较少，分布较简单，但性质变化较大。根据本次水文地质勘察钻孔揭露，并结合本期水文地质调查成果，按场地土层成因、地质年代、岩性和工程特性等可分为第四系填土层、第四系冲洪积层、第四系坡残积层及石炭系下统基岩，场地岩土分层及其水文地质特征分述如下：

（1）第四系填土层（ Q^{ml} ）

素填土：分布较广泛，褐红色，褐黄色，褐灰色，灰黑色，稍湿，松散，主要由黏性土组成，局部夹碎石主要为黏土、风化碎石，部分含植物根系，黏性较好。厚度为0.60~5.40m，平均厚度为1.96m；层顶标高为30.99~44.40m，平均层顶标高为38.18m。为本区弱富水地层。

（2）第四系冲积层（ Q^{al+pl} ）

粉质黏土：灰黄色，土黄色，湿、可塑，土体结构较均匀，组成成份以黏粒为主，局部含少量粉粒、砂粒或砾石，粘性较强，厚度为2.20~9.50m，平均厚度为5.86m；层顶标高为30.50~36.65m，平均层顶标高为33.43m；层顶埋深为0.00~5.40m，平均层顶埋深为1.23m。为本区贫水地层。

含砾粉质黏土:灰黄色,土黄色,红褐色,湿,可塑为主、局部硬塑,成分以黏粒为主,含角砾及砂,土体结构均匀性一般,粘性较强,厚度为 3.30~27.10m,平均厚度为 10.24m;层顶标高为 30.50~36.65m,平均层顶标高为 33.43m;层顶埋深为 2.20~8.70m,平均层顶埋深为 6.14m。为本区贫水地层。

卵石:浅黄色、黄褐色,饱和,中密-密实,以卵石为主,中粗砂及黏粒充填,分选性较差,磨圆度较好,卵石岩性以砂岩为主,以圆状、次圆状为主,粒径 2-15cm,透水性好,厚度为 0.50~8.30m,平均厚度为 4.14m;层顶标高为 30.50~36.65m,平均层顶标高为 33.43m;层顶埋深为 1.00~17.40m,平均层顶埋深为 7.54m。为本区中等-强富水地层。

(3) 第四系坡残积层 (Q^{el})

粉质黏土:土黄色、褐黄色,可塑,局部软塑,土体结构较均匀,组成成份以黏粒为主,,局部含少量粉粒、砂粒或砾石,粘性较强,局部为粉土。厚度为 0.70~26.9m,平均厚度为 10.16m;层顶标高为 23.78~32.81m,平均层顶标高为 27.98m;层顶埋深为 3.00~25.70m,平均层顶埋深为 16.54m。为本区贫水地层。

(4) 石炭系基岩 (C₁)

1) 石炭系下统大塘阶石磴子段 (C₁ds)

在钻孔控制深度范围内,根据岩石的风化程度可划分为中等风化与微风化两个工程地质岩组:

中风化石灰岩:分布局部,灰色,隐晶结构,中厚层状构造,岩质较硬,岩芯碎块状及碎粒状,岩体破碎,部分含炭质,节理裂隙发育。厚度为 3.60~4.50m,平均厚度为 4.05m;层顶标高为 24.67~26.02m,平均层顶标高为 25.35m;层顶埋深为 3.90~19.50m,平均层顶埋深为 11.70m。为本区中等-强富水地层。

微风化石灰岩:分布稳定,灰色、深灰色,隐晶结构,中厚层状构造,岩质坚硬,岩芯长短柱状,岩体较完整,部分含炭质,节理裂隙较发育,见少量方解石细脉。该层分布溶蚀现象及溶洞。层顶标高为 17.59~30.22m,平均层顶标高为 24.81m;层顶埋深为 6.30~24.00m,平均层顶埋深为 12.38m。为本区中等-强富水地层。

2) 石炭系下统岩关阶孟公坳组 (C₁ym)

分布于工作区北东部,为一套滨海相、滨岸湖沼相细碎屑岩建造,岩性主要由上

部为页岩夹灰岩，下部泥灰岩、细粒石英砂岩夹页岩组成。为本区中等富水地层。

八、场地包气带渗透性能

为了解工作区英红园（红星片区）场地及调查范围内包气带的渗透性能，水文地质勘察期间布置了 5 个点进行双环渗水试验；并在水文地质钻探过程中，采取包气带土样送实验室测定其垂直和水平渗透系数，以此综合评估工作区场地的渗透性能。

8.1 渗水试验

本次渗水试验，采用双环法进行，5 个试验点渗水试验成果如下表 3 所示。

渗水试验测定渗透系数成果表 表 3

试验编号	坐标(m)		地理位置	试验土层	渗透系数 (cm/s)
	X	Y			
T1	2688083	19743414	坑口咀隔坑村西	耕植土	3.983×10^{-4}
T2	2689567	19742246	第一污水处理厂	粉质黏土	8.969×10^{-5}
T3	2699725	19747871	虎迳村西南	粉质黏土	9.255×10^{-5}
T4	2696268	19746385	何屋村东南	粉质黏土	4.07×10^{-4}
T5	2692207	19744997	红旗社区九组皮革厂东侧	耕植土	1.195×10^{-4}

8.2 室内测定包气带渗透性能

本次勘察，在水文地质钻探过程中共采取 13 件土样，送实验室进行土工试验，测定其垂直及水平渗透系数，结果如下表 4 所示。

室内土工试验测定渗透系数 表 4

野外编号	岩土名称	取样深度 (m)	渗透系数 k ($\times 10^{-6}$ cm/s)	
			垂直	水平
ZK1-1	粉质黏土	2.00~2.20	2.24	3.38
ZK1-2	粉质黏土	6.00 ~6.20	0.44	0.427
ZK1-3	粉质黏土	8.60~8.80	6.53	0.539
ZK5-1	含砾粉质黏土	6.30~6.50	32.2	28.3
ZK5-2	含砾粉质黏土	17.30~17.50	18.5	17.4
ZK5-3	含砾粉质黏土	25.40 ~25.60	16.5	16.2
ZK5-4	粉质黏土	44.30~44.50	2.76	2.58

野外编号	岩土名称	取样深度 (m)	渗透系数 k ($\times 10^{-6}$ cm/s)	
			垂直	水平
ZK6-1	粉质黏土	16.80~17.00	1.59	2.31
ZK7-1	粉质黏土	2.00~2.20	3.26	3.46
ZK7-2	粉质黏土	6.00 ~6.20	0.487	0.437
ZK9-1	含砾粉质黏土	3.50 ~3.70	0.582	0.432
ZK9-2	含砾粉质黏土	11.50 ~11.70	0.536	0.453
ZK9-3	粉质黏土	22.30~22.50	19.2	20.9

根据本次水文地质钻孔揭露的情况，第四系黏土层厚度在 3.40~60.30m，渗透系数 10^{-4} cm/s $< K \leq 10^{-7}$ cm/s，场地包气带黏土层分布均匀、连续，根据《环境影响评价技术导则 地下水》(HJ610 2011)对场地的防渗性能进行分级，勘察区场地的岩土防渗性能为中等。

8.3 包气带各类土渗透系数建议值

包气带各类土渗透系数建议值，详见下表 5。

包气带各类土层渗透系数建议值 表 5

土层名称	渗透系数 (cm/s)	参数依据
人工填土	4×10^{-5}	综合土工试验及野外渗水试验
粉质黏土	5×10^{-6}	综合土工试验及野外渗水试验

九、场地水文地质条件

9.1 地下水类型

英红园（红星片区）场地主要为岩溶盆地，地形相对平坦开阔，第四系覆盖主要为粉质黏土，其下为灰岩，地下水主要赋存于灰岩裂隙、孔隙及溶洞中，与岩溶和裂隙发育程度相关，场区岩溶发育极不均一，在平面上场区南部靠近仙桥地下河地段岩溶发育，溶蚀现象明显，总体上场地灰岩溶洞见洞率大于 25%，大多数钻孔见溶蚀现象；在深度上，溶洞一般发育在 30m 以上地段，溶洞为充填型，充填物为黏土、砾砂、灰岩碎块等，岩溶水为承压水。

根据英红园（红星片区）场地地下水赋存条件、含水层水力性质和水力特征，将调查区场地地下水划分为松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类裂隙溶洞水、碳酸盐岩类夹碎

屑岩裂隙溶洞水和基岩裂隙水四种类型。

1、松散岩类孔隙水

松散岩类孔隙水,主要包括河流相冲积层及冲洪积层,分布广泛,面积约 88.81km²。根据本次水文地质钻孔揭露,英红园(红星片区)松散层厚度一般为 3.9~32.4m。主要为粉质黏土及含砾粉质黏土,局部夹有卵石层,卵石间隙一般充填中粗砂及黏粒,渗透性能一般。潜水位埋深一般 0.88~1.53m,水量相对贫乏。

2、碳酸盐岩类裂隙溶洞水

(1) 裸露型碳酸盐岩裂隙溶洞水

裸露型碳酸盐岩裂隙溶洞水主要分布在场地的英德农场茶山及秀才山区域,主要为场地内的峰丛和丘陵,大泉流量在 10-100L/s,地下径流模数 3-6 L/(s·km²),水化学类型为 HCO₃—Ca 和 HCO₃·SO₄—Ca 型,矿化度 0.18~0.41g/L。

(2) 覆盖型碳酸盐岩裂隙溶洞水

覆盖型碳酸盐岩裂隙溶洞水在英红园(红星片区)内广泛分布,含水层岩性为石炭系灰岩、炭质灰岩、白云质灰岩,地下水赋存或运动于层面,构造溶蚀裂隙、溶洞和溶蚀及侵蚀管道之中。主要为第四系覆盖区域,孔隙溶洞水的单井流量为 14.7-138 吨/日,水化学类型为 HCO₃—Ca 和 HCO₃·SO₄—Ca 型,矿化度 0.09~0.261g/L。

3、碳酸盐岩类夹碎屑岩裂隙溶洞水

碳酸盐岩类夹碎屑岩裂隙溶洞水主要分布在英红园(红星片区)北东部,含水层为一套滨海相、滨岸湖沼相细碎屑岩建造,岩性主要由上部为页岩夹灰岩,下部泥灰岩、细粒石英砂岩夹页岩组成,地下水埋藏较深,单井流量为 9.7-121 吨/日,水化学类型为 HCO₃—Ca 和 HCO₃·SO₄—Ca 型,矿化度 0.07~0.384g/L。地下径流模数小于 3 L/(s·km²)。

4、基岩裂隙水

基岩裂隙水主要分布在英红园(红星片区)西南山地,在英德农场茶山附近有小块区域分布。含水层地质背景为一套淡水湖泊相碎屑岩,主要为白垩系上统南雄群砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、不等粒长石、石英夹杂砂质长石石英砂岩、粉砂岩、泥岩。其富水性变化受岩性和植被影响甚大。地下径流模数小于 3 L/(s·km²)。

据本次勘察,英红园(红星片区)内未发现地下热水露头与地下河。但在调查区外围,分布有横石塘镇热水湖温泉、白沙镇会英温泉,据已有资料,温泉出露于断裂

带部位和新构造运动强烈地段，属中温热水，水温 45.9~49℃。水质类型以 SO_4 — $\text{Ca} \cdot \text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4$ — Na 型为主，矿化度 1.31~2.04g/L，PH 值为 6.9~8.1，流量为 3.5~5.6L/s，属中性~弱碱性水。在调查区外围西南边共有两处地下暗河出口，一处为仙桥地下河出口，观测流量为 262.59L/s，另一处位于工村附近，观测流量为 141.9L/s。

9.2 地下水的补给、径流、排泄

地下水的补给、径流、排泄主要受降雨、地形地貌、岩性条件、地质构造等条件的控制，既有区域上的普遍规律，又存在地段上的差异，很难严格区分地下水的补给区、径流区和排泄区。

1、地下水的补给

地下水以大气降雨垂直入渗补给为主,兼有线状地表间歇性溪流及稻田灌溉水的补给。基岩裸露区裂隙水由大气降水直接补给。地下水主要靠降雨和地表滞水渗入补给，本区雨量充沛，可以为地下水的补给提供丰富来源，在覆盖型宽谷地段，地表水（山塘、水库、水产养殖、水耕地、溪流等）也可为地下水提供补给来源，测区山地地表岩层（石）风化强烈，风化层厚度较大，受构造活动影响，岩层（石）破碎，植被覆盖率>65%，降雨渗入补给条件和储水条件好，岩石节理、裂隙的发育有利于大气降雨和地表滞水垂直渗入补给；枯水季节地表水是地下水主要补给来源，地下水的补给途径较多。此外，第四系孔隙含水层，除接受雨水补给外，尚接受基岩山区裂隙水的侧向补给和灌溉补给，以五、六、七月最为明显。

2、地下水的径流与排泄

地势较高的山岭区地下水获得降雨渗入补给，通常沿坡潜流到盆地边缘或坡脚部分形成泉水直接排泄或直接排泄于河流及溪流中，形成地下水溢出带；地下水的潜流流程一般较短，补给区与径流区基本一致，主要径流于覆盖层与基岩侵蚀的基本准面、节理、裂隙、层理、构造破碎带中径流，径流坡度一般较陡，排泄比较积极迅速，多在阶地前缘或低洼地、构造、风化裂隙中溢出排泄，部分直接排泄于河流、沟谷中。

英红园（红星片区）地下水以泉、潜流、毛细水蒸发及井（孔）提水或自流等方式排泄。在山区与平原接壤地带，基岩裂隙则以潜流形式排泄。补给第四系松散岩类孔隙水。在平原区由于潜水水位浅，毛细水高，因此，毛细水的蒸发及植物的蒸腾，为重要的排泄形式之一；地下水以潜流的形式排入河水，尤以秋冬季节更为明显；在开发地下水的地段，则以井（孔）排泄。

9.3 地下水动态变化特征

地下水动态变化明显受降雨量及地貌影响，在不同的径流条件下，其变化幅度不同，总的规律是：从补给区-径流区-排泄区，径流速度从急到缓，动态变化幅度从大到小。在补给区地形较高，径流速度较快，则地下水位变化幅度也大；径流区标高较低，水位变化幅度相对较小；排泄区水位年变幅最小，一般为3~6m。此外，地下水水位动态变化具有随水位埋深增加而减弱，沿补给途径增长而趋于稳定的特点。

本次水文地质勘察，地下水动态观测结果如下表6所示。

地下水动态观测成果一览表 表6

序号	野外编号	X	Y	高程	水位 (标高, m)			备注
					丰水期	平水期	枯水期	
1	J1	2698134	751633	40.3	33.0	32.0	29.0	
2	J2	2698497	750893	38.2	36.0	34.0	33.0	
3	J3	2698820	749486	44.9	44.0	41.0	39.0	
4	J4	2699806	749003	53.5	53.0	50.0	47.0	
5	J5	2699420	747548	53.5	52.0	50.0	47.0	
6	J6	2699858	747039	59.6	56.0	52.0	51.0	
7	J7	2698349	747576	47.9	47.0	44.0	43.0	
8	J8	2696176	748164	47.6	46.0	41.0	40.0	
9	J9	2696325	748754	48.1	45.0	41.0	39.0	
10	J10	2696280	749215	44.5	42.0	41.0	36.0	
11	J11	2696141	750396	36.1	35.0	33.0	29.0	
12	J12	2695484	749824	39.5	36.0	33.0	31.0	
13	J13	2694999	749198	39.5	33.0	31.0	29.0	
14	J14	2694393	749065	34.4	30.0	28.0	26.0	
15	J15	2694104	747320	31.2	29.0	28.0	26.0	
16	J16	2694149	747179	32.4	30.0	29.0	26.3	
17	J17	2695117	748552	35.3	34.0	32.0	29.0	
18	J18	2694720	747165	35.6	34.0	31.0	28.0	
19	J19	2694943	747232	37.5	35.0	32.0	30.0	
20	J20	2694551	746655	46.4	35.0	32.0	31.0	
21	J21	2694540	746390	37.6	36.0	33.0	31.4	
22	J22	2694308	745646	43.9	37.0	34.0	32.0	
23	J23	2693459	745122	35.6	34.0	33.0	32.0	
24	J24	2692632	745029	32.8	32.0	32.0	31.0	
25	J25	2693391	744539	36.4	35.0	34.0	33.0	
26	J26	2692471	743658	37.2	36.0	34.0	33.0	
27	J27	2691658	743075	33.1	36.0	34.0	33.0	
28	J28	2691188	742184	38.8	36.0	34.0	32.0	

序号	野外编号	X	Y	高程	水位 (标高, m)			备注
					丰水期	平水期	枯水期	
29	J29	2690725	741594	35.1	34.0	33.0	31.0	
30	J30	2690446	742601	32.5	31.0	31.0	29.0	
31	J31	2689651	742205	35.5	33.0	30.0	29.0	
32	J32	2690392	744704	32.5	29.0	27.0	25.0	
33	J33	2689683	744319	32.9	29.0	27.0	25.0	
34	J34	2688611	743871	32.4	29.0	26.0	25.0	
35	J35	2688840	743457	34.6	31.0	28.0	26.0	
36	J36	2688606	743141	32.6	31.0	28.0	27.0	
37	J37	2688195	742649	33.4	32.0	28.0	28.0	
38	J38	2688150	743539	35.4	30.0	27.0	26.0	
39	J39	2687872	743150	33.6	31.0	28.0	27.0	
40	J40	2695660	747214	42.5	39.0	36.0	34.0	
41	J41	2695561	746832	18.1	37.0	34.0	33.0	
42	J42	2696004	745921	39.5	39.0	36.0	34.0	
43	J43	2696483	746711	45.0	43.0	41.0	39.0	
44	J44	2696775	745967	44.0	43.0	41.0	39.0	
45	J45	2695757	745178	42.7	41.0	37.0	36.0	
46	J46	2697304	745005	44.7	44.0	43.0	39.0	
47	J47	2698321	745734	52.3	51.0	47.0	46.0	
48	J48	2698654	744926	53.9	53.0	49.0	47.0	
49	J49	2698203	744885	50.2	49.0	47.0	45.0	
50	J50	2693980	744026	39.2	38.0	35.0	34.0	
51	J51	2695370	743495	46.6	44.0	41.0	37.0	
52	J52	2696342	743074	48.1	47.0	43.0	42.0	
53	J53	2696346	742323	48.7	48.0	44.0	43.0	
54	J54	2697214	743155	53.3	52.0	50.0	46.0	
55	J55	2696947	742360	51.8	50.0	48.0	46.0	
56	J56	2697858	742841	58.9	56.0	52.0	51.0	
57	J57	2697551	742497	55.3	54.0	51.0	49.0	
58	J58	2698639	741923	60.2	59.0	55.0	54.0	
59	J59	2688628	741839	36.4	32.0	29.0	28.0	
60	J60	2689246	740324	35.6	34.0	31.0	30.0	
61	J61	2702303	753831	55.2	54.0	52.0	54.0	
62	J62	2701350	752415	54.7	53.0	50.0	48.0	
63	J63	2702560	752498	58.9	57.0	54.0	53.0	
64	J64	2700714	751030	55.9	54.0	51.0	47.0	
65	J65	2700203	751634	48.3	47.0	44.0	40.0	
66	J66	2700836	754228	44.6	43.0	39.0	37.0	
67	J67	2688493	737888	36.4	34.3	31.0	29.0	
68	J68	2689364	738820	36.1	35.5	32.0	31.0	

序号	野外编号	X	Y	高程	水位 (标高, m)			备注
					丰水期	平水期	枯水期	
69	J69	2690771	739090	39.2	38.0	35.0	33.0	
70	J70	2691111	738633	43.3	39.0	36.0	34.0	
71	J71	2691975	739215	42.5	41.0	37.0	36.0	
72	J72	2692102	740463	42.7	41.0	37.0	36.0	
73	J73	2693098	740241	45.2	44.0	39.0	38.0	
74	J74	2693088	739791	45.6	44.0	40.0	38.0	
75	J75	2692913	738644	44.1	43.0	40.0	38.0	
76	J76	2692972	739043	43.5	43.0	40.0	38.0	
77	J77	2692839	737545	49.6	48.0	46.0	44.0	
78	J78	2694396	740113	49.9	49.0	47.0	44.0	
79	J79	2694981	739400	54.2	53.0	51.0	45.0	
80	J80	2695051	737997	55.2	54.0	51.0	47.0	
81	J81	2696108	738275	54.8	54.0	53.0	49.0	
82	J82	2697025	737634	58.1	57.0	56.0	54.0	
83	J83	2697071	738854	66.5	64.0	61.0	59.0	
84	J84	2698005	738064	71.0	69.0	65.0	63.0	
85	J85	2697967	738635	73.2	71.0	66.0	64.0	
86	J86	2697043	739856	58.3	57.0	56.0	50.0	
87	J87	2696082	739376	57.5	56.0	54.0	53.0	
88	J88	2695353	740393	63.7	55.0	51.0	49.0	
89	J89	2693931	741725	53.8	49.0	46.0	44.0	
90	J90	2696309	740622	54.5	53.0	49.0	47.0	
91	J91	2697060	740656	55.5	54.0	50.0	49.0	
92	J92	2698151	740182	69.3	66.0	62.0	60.0	
93	ZK1	2689545	742836	33.8	33.0	29.0	28.0	
94	ZK2	2687702	744375	37.7	30.0	27.0	25.3	
95	ZK3	2692588	741738	31.4	30.0	27.0	24.0	
96	ZK4	2698233	751835	41.6	37.0	35.0	33.7	
97	ZK5	2700843	747718	60.5	59.0	56.0	54.0	
98	ZK6	2696896	747077	46.2	45.0	42.0	40.3	
99	ZK7	2693691	744870	38.5	37.0	35.0	34.0	
100	ZK8	2693753	747674	34.6	34.0	30.0	27.4	
101	ZK9	2699494	747373	55.8	55.0	50.0	48.0	
102	ZK10	2695986	748591	45.3	43.0	40.3	38.6	

注：平水期与丰水期水位资料，为调查走访当地村民所得。

9.4 地下水与周边地表水水力联系

勘察区范围内及周边地表水体十分发育，由水库（眼镜水库、观音塘水库）、鱼塘、河流及北江等组成。经调查，北江地表水运移方向总体是北东向西南流，经调查居民

民井及钻孔水位后，生成地下水等值线图，英红园（红星片区）地下水总体运移方向为西北至东南方向，沿北江排泄，结合场地周边地表水运移方向，场地地下水与地表水水力联系大致如下：

丰水期降雨入渗后造成勘察区地下水水位升高，部分地下水排泄于勘察区内的河流，最后汇于北江，部分地下水径流后直接排泄于北江；枯水期流经勘察区的河流对勘察区内的地下水有一定的补给。地下水水位较低时，北江对勘察区的地下水也有一定的补给。

9.5 场地及周边地下水开发利用情况

区域地貌单元属低山丘陵、岩溶盆地及北江冲积阶地，其中低山丘陵区，地下水水质较好，开采容易，城镇人口密度相对小，重工业少，用水量相对少，且地表水系发育，村民多数于附近山上引山泉水作为饮用水，少数村以民井的形式零星开采地下水，部分地区有深井开采，如华侨农场有几口深井开采地下水，但多数已闲置。经调查，勘察场地区域未发现由于过量抽取地下水而形成的地下漏斗或地面塌陷等不良地质现象，因此，场地及调查区周边地下水不存在超采、水资源浪费及城市供水存在安全隐患等问题。

十、水文地质、环境地质问题调查

区内主要为居民区，少有工业场地分布，经实地调查，勘察区地下水水质总体状况较好。勘察区内有零星养猪场分布，不会对区内地下水构成环境风险。对勘察区地下水构成污染风险的主要为农业面源污染。此外，经实地走访，勘察区内未发现由于过量开采地下水造成的岩溶塌陷、土洞塌陷等相关环境地质问题。

十一、抽水试验

为确定勘察区主要含水层的水文地质参数，本次对水文地质勘察钻孔 ZK2、ZK3、ZK4、ZK8、ZK10 碳酸盐岩类裂隙溶洞水含水层进行了单孔抽水试验，试验方法采用一次（或三次）降深的抽水试验；对 ZK5、ZK9 第四系松散岩类孔隙水含水层进行一次降深单孔抽水试验。抽水试验主要数据详见本报告附图 8 及附表 2。

本次勘察，抽水试验流程如下：

钻孔→安放套管及滤管→洗孔→抽水试验。

在整个抽水试验过程，均安排水文地质技术人员轮值班，按规范要求对抽水孔的

水位降深、流量等进行观测记录，在抽水稳定延续时间里，取连续观测资料，水位、涌水量波动相对误差，基本达到规范要求，各种观测数据准确可靠。

根据井管结构及含水层类型，根据试验过程实际情况，碳酸盐岩类裂隙溶洞水含水层选用了承压水完整井计算渗透系数 k ，用经验公式计算影响半径 R 。

(1) 公式的选用

1) 采用承压水完整井计算公式

$$k = \frac{0.366Q}{ms} \lg \frac{R}{r_w}$$

2) 影响半径选用如下公式：

$$R = 10s\sqrt{k}$$

式中： k —渗透系数(m/d)；
 Q —流量(m³/d)；
 s —抽水孔水位降深(m)；
 m —承压水含水层厚度(m)；
 R —影响半径(m)；
 r_w —管井半径(m)；

(2) 计算结果

计算结果见下表 7：

碳酸盐岩类裂隙溶洞水抽水试验成果一览表 表 7

含水层	涌水量 (m ³ /d)	单位涌水量 (L/S·m)	影响半径 (m)	降深 (m)	渗透系数 (m/d)
石灰岩	14.69~181.14	0.153~0.36	20.3~99.28	1.76~5.83	0.184~2.90

根据井管结构及含水层类型，根据试验过程实际情况，第四系松散岩类孔隙水含水层选用了潜水完整井计算渗透系数 k ，用经验公式计算影响半径 R 。

(1) 公式的选用

1) 采用潜水完整井计算公式

$$k = \frac{Q}{\pi(H^2 - h^2)} \ln \frac{R}{r_w}$$

2) 影响半径选用如下公式：

$$R = 2s\sqrt{kH}$$

式中：k—渗透系数(m/d)；

Q—流量(m³/d)；

s—抽水孔水位降深(m)；

M—承压水含水层厚度(m)；

R—影响半径(m)；

r_w—管井半径(m)；

H—潜水含水层厚度(m)；

h—潜水含水层抽水后的厚度(m)；

(2) 计算结果

计算结果见下表 8 示：

第四系松散岩类孔隙水抽水试验成果表 表 8

含水层	涌水量 (m ³ /d)	单位涌水量 (L/S·m)	影响半径 (m)	降深 (m)	渗透系数 (m/d)
含砾粉质黏土	40.6	0.278	18.25	1.69	0.17
含砾粉质黏土夹卵石	76.89	0.311	75.49	2.86	1.01

十二、地下水化学分类

本次水文地质勘察，在调查区范围内共计采取水样 8 组，主要分布在工作区及其周边的钻孔与民井中，编号分别为 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4、ZK5、ZK10、J14 和 J18。8 组地下水样品的化学分析指标见本报告附件 1。场地地下水物理性质好，透明，无嗅和味。

地下水化学成分采用库尔洛夫式 (Курлов) 表示，地下水化学类型采用舒卡列夫分类，计算与判定如下。

J16 水样化学成分库尔洛夫式为：

$$M_{0.114} \frac{HCO_3^- 85.83 \quad Cl^- 12.99}{Ca^{2+} 84.86}, \text{ 地下水化学类型为： } HCO_3 - Ca \text{ 型水。}$$

J14 水样化学成分库尔洛夫式为：

$$M_{0.241} \frac{HCO_3^- 80.67 \quad SO_4^{2-} 11.33}{Mg^{2+} 10.17 \quad Ca^{2+} 84.12}, \text{ 地下水化学类型为： } HCO_3 - Ca \text{ 型水。}$$

ZK1 水样化学成分库尔洛夫式为：

$M_{0.093} \frac{HCO_3^- 89.82 Cl^- 14.82}{Ca^{2+} 85.58}$, 地下水化学类型为: $HCO_3 - Ca$ 型水。

ZK2 水样化学成分库尔洛夫式为:

$M_{0.148} \frac{HCO_3^- 50.80 SO_4^{2-} 43.47}{Ca^{2+} 90.00}$, 地下水化学类型为: $HCO_3 \cdot SO_4^{2-} - Ca$ 型水。

ZK3 水样化学成分库尔洛夫式为:

$M_{0.202} \frac{HCO_3^- 88.42 SO_4^{2-} 13.46}{Ca^{2+} 89.52}$, 地下水化学类型为: $HCO_3 - Ca$ 型水。

ZK4 水样化学成分库尔洛夫式为:

$M_{0.163} \frac{HCO_3^- 92.18}{Mg^{2+} 21.65 Ca^{2+} 72.52}$, 地下水化学类型为: $HCO_3 - Ca$ 型水。

ZK5 水样化学成分库尔洛夫式为:

$M_{0.130} \frac{HCO_3^- 73.54 SO_4^{2-} 15.29 Cl^- 10.99}{Ca^{2+} 80.58}$, 地下水化学类型为: $HCO_3 - Ca$ 型水。

ZK10 水样化学成分库尔洛夫式为:

$M_{0.238} \frac{HCO_3^- 84.90}{Ca^{2+} 83.39}$, 地下水化学类型为: $HCO_3 - Ca$ 型水。

综上所述, 地下水化学类型为 HCO_3-Ca 型水。

十三、结论及建议

13.1 结论

英红园 (红星片区) 地貌单元属岩溶盆地及北江河流冲积阶地, 为地下水径流区和排泄区。场地包气带主要为粉质黏土, 第四系黏土层厚度在 3.4~60.3m, 渗透系数为 $3.86 \times 10^{-7} \text{cm/s} < K \leq 3.22 \times 10^{-5} \text{cm/s}$, 透水性弱, 包气带粉质黏土层分布均匀、连续, 防渗性能为中等, 建议渗透系数取值 $5 \times 10^{-6} \text{cm/s}$, 给水度取值 0.05。

英红园 (红星片区) 地下水以覆盖型岩溶水为主, 具承压性, 局部少量岩溶裸露区为潜水, 基岩裂隙较发育, 富水性中等~丰富, 富水性极不均匀, 与岩溶和裂隙发育程度相关。本次水文地质勘察范围内岩溶发育不均一, 丘陵山区岩溶较发育, 覆盖型溶洞溶隙多见于 20~30m 段, 全填充为主, 以砂夹少量碎岩块充填, 局部软塑状黏

性土夹碎石充填。地下水动态变化相对较小，水质以 $HCO_3 - Ca$ 型水为主；英红园（红星片区）第四系潜水主要含水层以冲洪积卵石为主，卵石间隙充填中粗砂及黏粒，富水性中等为主。

13.2 建议

英红园（红星片区）位于《广东省地下水功能区划》中的北江清远英德分散式开发利用区（H054418001Q03），主要是指现状或规划期内以分散的方式供给农村生活、农田灌溉和小型乡镇工业用水的地下水赋存区域，地下水开采方式为分散型或者季节性开采。虽然工作区场地不属于地下水应急水源地，但是勘察区所在场地地下水资源丰富，且是北江水资源的主要补给区。根据广东省地表水功能区划，北江在该区域水质执行 II 类标准，属一级水源保护区。综上所述，该区域的地下水环境敏感性极强，建议工作区规划阶段制定合理的产业发展目录，限制重金属污染型产业及水环境风险较大的产业进入勘察区，进而保证区域的地下水及地表水的生态安全。建议英红园（红星片区）正式开发建设前，制定相关地下水环境应急预案，并针对具体的工程项目进行更加具体的地下水环境影响评价。场地现状地下水开发利用程度不高，在场地建设及使用过程中，应避免过度抽取地下水，以防出现岩溶塌陷、土洞塌陷等地质灾害。