

报告编号: DC2017-001

云浮市云城区工程地质条件

调查报告



广东省建科建筑设计院有限公司

JIANKE ARCHITECTURAL DESIGN INSTITUTE OF GUANGDONG PROVINCE CO.,LTD

二〇一七年十二月

云浮市云城区工程地质条件

调查报告

委托单位：云浮市住房和城乡建设局

调查单位：广东省建科建筑设计院有限公司

资质等级：甲 级

证书编号：B144000271

	姓 名	签 名	专 业	职称/学历
参编人员	孟 龙		地质工程	工程师、硕士研究生
	郑新箭		水文地质	工程师、硕士研究生
	朱 勇		工程地质	硕士研究生
	黄义波			
现场调查	陈 原		水利工程	本科
	谢卫明		基础工程	本科
	洗业登		地质工程	工程师、本科
校 对	钱 鑫		工程地质与水文地质	高级工程师、本科
	陆丹霞			
审 核	律文田		岩土工程	教授级高工、注册土木工程师(岩土)、硕士研究生
	邱永香			
项目负责	韩佳泳		岩土工程	高级工程师、注册土木工程师(岩土)、博士
总工程师	徐其功			教授级高工、一级注册结构工程师
院 长	杨国龙			教授级高工

报告日期：二〇一七年十二月

目录

第一章 概论	1
第一节 项目概况	1
第二节 以往工作程度分析与评述	4
第三节 本次工作主要方法和要求	5
第二章 城市自然地理及社会经济概况	11
第一节 自然地理概况	11
第二节 社会经济概况	16
第三节 城市社会经济发展对地质工作的需求	26
第三章 地质环境条件	28
第一节 调查区域地质背景	28
第二节 地形地貌	46
第三节 地层与岩石	48
第四节 地质构造	50
第五节 岩土类型及工程地质性质	52
第六节 水文地质条件	55
第四章 云城区工程地质分区	57
第一节 岩溶发育区 (I)	57
第二节 岩溶非发育灰岩区 (II)	69
第三节 硫铁矿破碎发育区 (III)	72
第四节 其他区域 (IV)	75

第五章 地基基础方案建议	80
第一节 地基基础方案选型建议	80
第二节 桩型的选择及成桩的可行性分析	89
第六章 结论与建议	92
第一节 结论	92
第二节 本次调查的不足	92
第三节 建议	93

附图：

- 1、《云浮市云城区工程地质实际材料图》(1:20000)；
- 2、《云浮市云城区区域地质图》(1:20000)；
- 3、《云浮市云城区工程地质分区图》(1:20000)。

附件：

- 1、现场调查地质点照片。

第一章 概 论

第一节 项目概况

一、项目由来

云浮市位于广东省西部，西江中游南岸，地处大别山东麓的丘陵地区，地形起伏，地质构造复杂，在内营力作用和外营力作用的共同影响下，逐渐形成千姿百态的地表形态。境内低山丘陵广布，间有谷底和岩溶地貌。岩溶地貌沿六都、茶洞、富林及镇安一线呈现东北—西南带状分布。市区附近的岩溶地貌有峰林、峰丛、孤峰等，四壁陡峭，相对高度达到百多米，表面布满溶沟石芽，山脚有溶洞。镇安一带的岩溶地貌，溶沟和石芽地发育显著，峰林较矮小。富林镇一带峰林石山多由红色大理石构成，山体高、陡峭，山脚多溶洞。六都一带的岩溶地貌呈带状分布，多显单面山形状。在溶沟、溶槽等相对封闭的低洼地段常形成流塑～软塑状的粘性土等软弱土层，对建筑场地的稳定性及建筑物的安全使用有着不良影响，如不能及时彻底查明其分布及特征，将使建筑物地基基础存在严重安全隐患，对建筑工程的施工及安全使用构成极大的威胁。因此详细查明灰岩地区的不良地质作用、地下水及软弱土层对建筑工程的影响，对建筑物基础类型的选择做出合理建议，对节省投资和确保建筑工程施工顺利、确保建筑物的安全使用意义重大。

受云浮市住房和城乡建设局委托，广东省建科建筑设计院有限公司承担了对云浮市云城区工程地质进行调查的任务。工作项目编号GDCFCG-GDYF-20170015，工作起止年限由2017年5月至2017年12月。

二、总体目标任务

(一) 总体目标

本次调查的总体目标任务如下：

1)、对云浮市云城区工程地质条件进行充分的调查，针对地形复杂多变、区域性强、处理复杂等特点，根据不同地质情况，地基土(岩)层的形成年代、成因和工程性质，从地形地貌着手，进行岩土工程条件分区；

2)、在岩土工程条件分区基础上，根据持力层的特性，剖析各区工程地质问题。

3)、查明典型环境地质问题，分析其产生原因、发育规律、机理、发展趋势等。

4)、为国土规划、开发整治、环境地质问题与地质灾害防治，以及城市规划、建设、管理服务。

(二) 具体任务

完成云浮市云城区城环境地质问题、岩溶分区的调查，提出地基基础设计建议，包括：

1、搜集了解城市地质、地貌、气象、水文等条件和城市经济、社会发展规划等资料。

2、查明区域地质、工程地质和水文地质条件，对地质环境条件复杂性作出判定。

3、查明岩溶的发育条件，岩溶空洞的分布位置、大小、埋深、形态、围岩

稳定性，对调查区工程地质条件进行分区，并对各分区的地层结构及岩土特征进行分析。

4、针对不同分区，提出相应的地基基础方案设计建议。

三、地质调查范围

本次地质调查项目的工作区为云浮市云城区，调查范围包括云城街道、高峰街道，面积约 155.46 平方公里，其中调查核心区域（密集住宅区）约 40 平方公里。

四、地质调查依据

- 1、《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001) (2009 年版)；
- 2、《建筑工程地质勘探与取样技术规程》(JGJ/T87-2012)；
- 3、《工程岩体分级标准》(GB50218-2014)；
- 4、《工程岩体试验方法标准》(GB/T50266-2013)；
- 5、《岩溶地区工程地质调查规程》(DZ/T0060-1993)；
- 6、《岩溶地区建筑地基基础技术规范》(征求意见稿)；
- 7、《中国地质调查局地质调查工作项目任务书》(水[2008]03-01-08, 水[2009]03-01-03)；
- 7、《城市环境地质调查评价规范》(审定稿)(中国地质调查局,2005 年 10 月)；
- 9、《城市环境地质图系编制指南》(审定稿)(中国地质调查局,2005 年 10 月)；
- 10、《1:2.5 万~1:5 万工程地质调查规范》(DZT0097-1994)；
- 11、《区域水文地质工程地质环境地质综合勘查规范(1:50000)》(GB/T14158)；

12、《1:5 万工程地质调查工作指南(试行)》。

13、云浮市城区工程地质调查和编制地基基础设计指南项目技术服务合同

第二节 以往工作程度分析与评述

自上世纪九十年代以来，前人在云浮市地区作了大量的地质、水文地质、工程地质和环境地质等方面研究工作，主要包括：

1、广东有色地质勘查局 933 队，《广东省云浮市茶洞银金砷多金属矿区普查地质报告》，1993 年。

2、广东省地质调查院，《广东省云安县（含云城区）地质灾害调查与区划报告》，2000 年。

3、广东省地质环境监测总站，《广东省罗定市地质灾害调查与区划报告》，2003 年。

4、广东省地质环境监测总站，《广东省新兴县地质灾害调查与区划报告》，2003 年。

5、广东省地质环境监测总站，《广东省郁南县地质灾害调查与区划报告》，2003 年。

6、广东省工程勘察院，《广梧高速公路河口至平台段建设用地地质灾害危险性评估报告》，2003 年。

7、广东省工程勘察院，《广东省云浮市广东华润西江发电厂工程地质灾害危险性评估报告》，2006 年。

8、广东省地质调查院，《广东省云浮市茶洞银金砷多金属矿区普查地质报告》，2006 年。

9、广东省地质环境监测总站，《广东省云安县六都镇大沙地星云码头地质灾害危险性评估报告》，2008年。

10、广东梅州地质工程勘察院，《广东省云浮市云浮硫铁矿矿山地质环境影响评价报告》，2009年。

第三节 本次工作主要方法和要求

本次调查工作在技术方法、工作程度和工作量投入上，严格按照《岩溶地区工程地质调查规程》(DZ/T0060-1993)、《1:2.5万~1:5万工程地质调查规范》(DZ/T0097-1994)及相关的行业技术标准执行。本次调查工作方法主要以收集资料及室内综合分析为主，现场调查为辅。大致分为资料收集及野外调查工作大纲编制、野外综合地质调查、室内资料整理和报告撰写、报告内审四个阶段。

一、工作方法

本项目地质调查工作分以下四个阶段进行：

(一) 收集资料及编写工作大纲

收集资料主要包括城市人口、规模、经济结构、国民经济发展状况、发展规划、城市发展历史与现状、给排水状况、生产生活用水供需状况、环境监测与保护等社会环境状况类资料；工作区气象、水文、地形地貌、基础地质、矿产地质、水文地质、工程地质、环境地质、遥感、地球物理、地球化学、各类钻孔、测试、各种地下工程、地震等地质环境背景类资料；土地、矿产、水、地热、矿泉水、地质景观、地下空间资源等地质资源类资料和各类环境地质问题及地质灾害的分布、危害、经济损失、防治措施和防治效果等资料。并对收集的资料进行系统分

析，研究调查区的地质环境条件；在研究所收集资料的基础上，进行线路踏勘，编写工作大纲，确定调查工作的重点和中心。

（二）野外调查

以 1:10000 比例尺的地形图为底图，在调查区范围内进行野外工程地质调查，重点调查岩溶地质灾害，针对裸露型、覆盖型岩溶区域，采用踏勘形式结合现有收集的勘察资料进行综合调查。本次野外调查时采用追踪法及穿越法（“S”型穿越）进行调查，查明调查区范围内的地质环境条件，进行详细记录、拍照。调查过程中除做好地质记录外，还根据实际地形地物变化情况对地形底图进行校正，观测点主要有普通地质点、重要地质点（包括地貌分界点、岩性分界点、构造控制点）、地质灾害点等。实地调查时在重要地段加密布点控制；观测点主要是重要地貌特征点，布置在地质灾害分布段、地质构造线、岩性分界线，典型地貌点等部位。观测点位采用手持式 GPS 进行定位，同时也结合微地形、地物通过皮尺测量等方法确定。调查时除了对观测点进行现场描述、测量并拍摄典型照片外，同时也结合调查结果初步分析区域岩溶发育程度、已发地质灾害的性质、影响及危害程度等，必要时进行相关水土养采集与测试。

（三）成果资料汇编

室内资料整理是在收集、研究区域地质环境资料的基础上，综合分析勘察区域资料及本次野外调查成果，进行地质调查报告及图件的编写和编绘。室内资料整理工作方法主要分两步：

1、检查野外资料

即检查各种野外记录内容是否齐全，详细核对各种原始图件所划分的地层、岩性、构造、地形地貌是否符合野外实际情况，收集资料与本次调查资料是否一致等，如出现不一致现象，分析其原因。

2、编制报告及图件

根据地质调查的目的和要求，通过资料综合分析、计算等工作，进行岩溶分区；在此基础上结合基础施工特点进行适宜性评价，亦可分为适宜、较适宜和不适宜区段，并对各区段特征分类汇总，便于对照使用。对收集的资料进行了 CAD 坐标上点处理，图件采用 Mapgis 软件进行编制，成图比例尺为 1:20000，野外调查所拍摄的数码相片采用 PhotoShop 软件进行进一步处理优化，文字报告部分为 Word 文档格式，相关的数据分析采用 Excel 软件进行统计分析。在此基础上，编写各城市成果报告和编制成果图件。图系编制严格按照城市地质编图指南进行。

(四) 报告内审

报告编制完成后，先交由单位进行了内审，根据初审意见对报告进行修改。

二、踏勘路线

本次调查主要以云城街道与高峰街道为中心，对地形地貌、地质构造点、地质灾害点、裸露岩溶发育区等进行现场踏勘。

三、完成工作量

我院于 2017 年 5 月接受委托后便成立项目组，按调查工作程序开展各项工作，于 5 月 20 日至 30 日进行资料收集、现场踏勘并编制调查工作大纲。野外调

查工作自6月10日至6月26日止,之后进行资料整理并编制调查区区域地质图、岩溶分区分布图及调查报告。按计划用时6个月,完成项目要求,共历时6个月。实物工作量除水、土样进行了个别调整外,其余工作全部完成或超额完成了下达的任务量,本次调查工作投入的主要工作量和收集利用资料综合如下,完成的工作量见表1-1。

(一) 资料收集与整理

收集资料包括346份工勘报告,6份区域规划报告、3份水库资料(水库注册登记申报表)、2份地灾防治方案、3份区域地质图、1本《云浮市志》。收集前人成果资料丰富,内容齐全,对这些资料的内容进行统计分析后,按分区进行了筛选分类,并在区域地质图上进行上点处理,为报告编写提供依据。各类原始记录本、表格、野外手图、基础图件、剖面图、水文地质钻孔、样品测试等资料整理及时,要素齐全,各类图件编图方法正确,编图精度、比例尺、图例、图面内容符合要求。

(二) 地质调查

调查路线布置于环境地质问题突出,能观测较多地质、水文、环境地质现象且以往工作程度相对较低或基本空白的地段。采用GPS卫星定位仪精确定位,文图一致;工作手图、实际材料图相符齐全,标绘内容及图式符合制图原则;表格填写规范。

(三) 成果初审

2017年12月4日，广东省建科建筑设计院组织专家对《云浮市云城区工程地质调查报告》及进行了初步审查，认为项目成果达到了任务书与相关规范的要求，成果质量合格。

综上所述，本次调查按合同要求并参照城市地质调查规范进行，目的明确，工作质量符合相关规范、指南要求。

表 1-1 完成的工作量

工作项目		工作量		
		单位	数量	
地质调查	调查区域面积/重点调查区域面积	km ²	155.46/40	
	调查路线长度	km	160	
	地质观察点与 地质灾害调查点	地质观察点	处	24
		地质灾害点	处	4
		地貌观察点	处	24
		水文观察点	处	2
数码照片/引用	张	252/28		
收集资料	区域地质、水文地质	份	4	
	区域规划报告		6	
	地形图及区域地质图		4	
	地灾防治方案		2	
	工程勘察报告		346	
	钻孔		个	3186

四、取得的主要成果

通过本次城市环境地质调查评价工作，共取得以下成果：

(一) 成果报告

《云浮市云城区工程地质条件调查报告》，1份；

(二) 成果图件

本次工作共完成图件编制 3 张，主要为：

- 4、《云浮市云城区工程地质实际材料图》(1:20000)；
- 5、《云浮市云城区区域地质图》(1:20000)；
- 6、《云浮市云城区工程地质分区图》(1:20000)。

第二章 城市自然地理及社会经济概况

第一节 自然地理概况

一、地理位置及交通

云浮市位于广东省中西部、西江中游以南。东与肇庆市、江门市、佛山市交界，南与阳江市、云浮市相邻，西与广西梧州接壤，北临西江，与肇庆市的封开县、德庆县隔江相望。全市在北纬 22°22′—23°19′，东经 111°03′-112°31′的范围内，全市总面积为 7779.1 平方公里。云城区是云浮市人民政府所在地，四周分别与肇庆、新兴、郁南接壤。云城区属低山丘陵地区，地形起伏，构造复杂，全区地势西南高、东北低，全区总面积 1079.7 平方公里。云城区属亚热带季风气候，气候温和，雨量充沛，阳光充足，全区年平均气温 21.5℃，年降水量 1586.5 毫米。区内有西江、南山河等大小河流 10 多条。云城区物产资源丰富，素有“硫都”和“云石之乡”的美誉，其中硫铁矿储量、品位均居世界之首，大理石、石灰石、花岗岩可供开采的储量达 11 亿立方米，是全国四大石料建材生产加工销售基地之一。

市区距肇庆 60 公里，距广州 140 多公里，水路距香港 177 海里，上溯广西梧州 60 海里。

(一) 云城街道

云城街道地处云浮市城区中心，是云浮市政治、经济、文化的中心，也是广东省科技创新专业镇。与云城区高峰街道、河口街道，南盛镇、云安区高村镇、

石城镇等接壤，云城街道距广州市 192 公里，距肇庆 60 公里，水路距香港 177 海里，上溯广西梧州 60 海里。云城街道现辖金龙社区、蟠龙社区、星岩社区、马岗社区、马坪社区、育华社区、南山社区、天马社区、玉屏社区等 9 个社区和城西村、城北村、迳口村、鹏石村、循常村、岔路村、富丰村、大坎村、大塍村、土门村、云楼村、新中村、丰收村、罗沙村、牧羊村 15 个村。该街道面积 100.8 平方公里，交通位置见图 2-1。



图 2-1 云城街道交通位置图（资料来源：百度地图）

（二）高峰街道

高峰街道位于云浮市区中部，与云城街、河口街、云安区六都镇、高村镇接壤。下辖高峰、东方、洞殿、彩营、赤黎、大台 6 个村民委员会和高峰、大台、新村 3 个社区居民委员会。该街道面积 55.5 平方公里，交通位置见图 2-2。



图 2-2 高峰街道交通位置图（资料来源：百度地图）

云浮市交通水路、公路、铁路交通便利。城区内主要水路有南山河，拥有年吞吐量 350 万吨的六都港，有直达香港的货运航班；广州—昆明高速公路从广州至云浮 1 小时可达，以 324 国道为主干线的公路网纵横交错，全市行政村已实现村村通公路，省道、地方公路纵横交错，程控电话、移动电话、图文传真等普及城乡，实现了全部村(社区)通程控电话、通有线电视、通硬底化道路；广茂铁路贯穿云浮全境，全国首条县级地方铁路—罗（定）阳（江）铁路已建成通车。云浮市是沟通大西南，连接珠三角的交通要道，已形成水、陆、空立体交通网络。

二、气象水文

（一）气候

云浮地处亚热带，横跨北回归线，多年平均气温 21.5℃，1 月份平均气温 12.6℃，7 月份平均气温 28.5℃，极端最低气温-1.4℃(1967 年 1 月 17 日)，极端最高气温 38.9℃(1980 年 7 月 10 日)，平均霜日 3.4d。夏季一般从 4 月中旬开始至 10 月底结束，具有气温高、夏长冬暖的特点。多年平均降雨量 1550mm，年最大降雨量 2138.8mm(1981 年)，年最少降雨量仅 881.8mm(1977 年))，年际变率大；月最大降雨量达 516.9 mm(1976 年 9 月)，日最大降雨量达 255.3 mm(1976 年 9 月 20 日)，年降雨天数 166d。年中雨量分配不均，一般自 4 月上旬至 9 月底为雨季，其雨量占全年的 80.7%。全年平均相对湿度在 77%。多年平均蒸发量 1504.1 mm，年最大蒸发量 1668.7 mm，年最小蒸发量 1335.9 mm。春夏多吹东南风，秋冬多吹西北风，7~10 月为台风盛行季节。多年平均风速 1.4m/s，最大风速 10.0m/s。云浮属南亚热带季风气候，由于背山面海，具有温暖多雨、光热充足、夏季长、霜期短等特征。全年水热同期，雨量充沛，利于植物生长，为四

季常绿、花团锦簇的“花城”云浮提供了极好的条件。全年中，4至6月为雨季，8至9月天气炎热，多台风，10至12月气温适中，是旅游的最佳季节，气候特征见表2-1。

表 2-1 云浮市气候特征

项 目	特征值	项 目	特征值
多年平均气温	21.5℃	多年平均年日照时数	1882.9h
极端最高气温	38.9℃(1980年7月10日)	多年平均蒸发量	1504.1mm
极端最低气温	-1.4℃(1967年1月17日)	多年平均雨日数	154d
多年平均气压	1001.7hPa	多年平均雷暴日数	72.5d
多年平均相对湿度	77%	多年平均冰雹日数	0.1d
历年最小相对湿度	4%(1987年1月27日)	多年平均霜日数	3.4d
多年平均降雨量	1550mm	多年平均风速	1.4m/s
历年最大降雨量	2138.8mm	历史最大风速	10.0m/s
历年最小降雨量	881.8mm	50年一遇设计风速	22.6m/s

(二) 水文

云城区内有西江、南山河等大小河流 10 多条。其中西江主航道流经区内。西江是华南地区最长的河流，为中国第三大河流，长度仅次于长江、黄河。航运量居中国第二位，仅次于长江。西江是珠江的主干流，西江发源于云南省曲靖市沾益县境内的马雄山，流经广西，在广西梧州与桂江汇合后称西江，在广东佛山三水思贤窖与北江相汇后进入珠江三角洲网河区，在广东省珠海市的磨刀门企人石入注南海，全长 2214 公里。西江由南盘江、红水河、黔江、浔江及西江等河段所组成，主要支流有北盘江、柳江、郁江、桂江及贺江等。与东江、北江合称珠江。南山河是区内流量最大的河流，又称大降水，发源于云安县茶洞禾昌顶东（海拔 696m），从西南向东北流经云安县和云城区，在云城区都骑镇的降水出口注入西江，全长约 30 公里。沿途主要有大降坑水、高峰水和云楼水汇入。流

经境内的集雨面积为 255km²，干流河长 46km，主河道平均坡降为 0.315%，上游坡度较陡，云城至下游出口段河床较缓，平均坡降为 1.74%，多年平均流量 5.74m³/s，多年平均径流量 1.81 亿 m³，主河道天然落差 101 米，水能理论蕴藏量 3419kw，其中可开发 1894kw，是贯穿云城街的唯一河流。其他水体主要有九龙河、珠洞河、高峰河、蟠龙天湖、烈士公园人工湖、青少年宫湖、荔枝塘等。水文资源较丰富。

三、生态环境与自然资源

云浮市土地总面积 7779.1 平方公里。其中耕地面积 183.36 万亩，水田面积 135.26 万亩。在云浮市总面积中，山区面积占 60.5%，丘陵面积占 30.7%，是典型山区市。

云城区属亚热带季风气候区，气候温和，雨量充沛，阳光充足，全区年平均气温 21.5℃，年降水量 1586.5 毫米，是半丘陵地区。区内有西江、南山河等大小河流 10 多条。物产资源丰富，素有“硫都”和“云石之乡”的美誉，矿藏有硫铁矿、大理石、花岗岩、石灰石、高岭土等 50 多种，其中硫铁矿储量、品位均居世界之首，大理石、石灰石、花岗岩可供开采的储量达 11 亿立方米。区内土地肥沃，适合多种农作物生长，主要农作物有稻谷、玉米、木薯、花生、大豆、蔬菜、水果等。此外，区内还盛产松脂、肉桂，是全省有名的肉桂产地之一。云浮市植物资源有 129 科 373 属 600 余种。蕨类植物 17 科 19 属 23 种，裸子植物 8 科 10 属 15 种，被子植物双子叶纲 90 科 268 属 466 种，被子植物单子叶纲 15 科 72 属 97 种。云浮市野生动物资源有鸟类、兽类、鳞介类及蛇类等 210 多种。旅游资源得天独厚，有省级风景名胜——蟠龙洞，该洞是世界三大“宝石花洞”

之一，洞内“宝石花”晶莹洁白，千姿百态，世界罕见，中国仅有；有省级文物保护单位——著名工人运动领袖邓发烈士故居；还有人民广场、天湖广场、星岩古洞、金鱼沙以及云浮国际石材城等别具特色的山区景观。

第二节 社会经济概况

一、基本情况

云浮历史文化悠久，同时又是广东省最年轻的地级市。云浮地处广东中西部、两广交汇处，西江中游南岸，陆路距广州 140 公里，水路距香港 177 海里，是珠三角地区通往西南腹地及东盟各国的桥头堡，截止 2016 年，总人口 294 万人。

云浮山川秀美生态好，目前森林覆盖率为 69.5%，而且逐年提高，空气质量和饮用水源水质常年保持优良，是广东省生态环境最好的地区之一和珠江三角洲的天然生态屏障。云浮的特色产业不断发展壮大，石材、不锈钢制品、水泥、硫化工等特色产业集群闻名国内外，是中国三大石材生产加工基地之一，是广东省重要的水泥、硫化工和不锈钢制品生产基地。云浮的城市化前景美好，是国家卫生城市、广东省文明城市、广东省园林城市，是珠三角地区老百姓休闲旅游的主要目的地之一。目前，我们正在加快建设云浮新区，着力打造最美山水生态、最具岭南文化特色、最宜居宜业的示范城市。云浮的发展载体不断完善，我们大力推进交通基础设施建设，水陆铁空交通条件日臻完善，经广昆高速到广州仅需 90 分钟；经南广高铁到广州仅需 60 分钟；货物经国家二类口岸、广东内河第一大港云浮新港可直达香港、广州、深圳、珠海的海港。我们举全市之力打造的“两园五区”，即佛山（云浮）产业转移工业园、佛山顺德（新兴新成）产业转移工业园以及佛山（云浮）产业转移工业园的都杨片区、思劳片区、六都片区、双东

片区、都城片区等产业集聚区，已经成为海内外客商投资的热土，吸引了包括华为公司、海尔集团、高丘六和等一批知名企业落户发展。

二、社会经济发展现状

2016年，市委、市政府按照中央和省委、省政府关于经济工作的决策部署，以新发展理念为引领，坚持稳中求进工作总基调，积极应对各种困难和挑战，扎实推进供给侧结构性改革，牢牢扭住“三大抓手”，狠抓“招商、建城、改革”，全市经济社会发展稳中有进，实现了“十三五”时期良好开局，近六年地区生产总值相见图 2-3。



图 2-3 近六年地区生产总值（数据来源：云浮日报）

（一）综合

初步核算，2016 年全市实现地区生产总值(GDP)778.28 亿元，比上年增长 7.9%。其中，第一产业增加值 163.23 亿元，增长 3.8%，对 GDP 增长的贡献率为 10.1%；第二产业增加值 325.62 亿元，增长 8.5%，对 GDP 增长的贡献率为 46.1%；第三产业增加值 289.43 亿元，增长 9.4%，对 GDP 增长的贡献率为 43.8%。三次产业结构为 21.0:41.8:37.2。在第三产业中，批发和零售业增长 5.5%，住宿和餐饮业增长 3.1%，金融业增长 10.2%，房地产业增长 8.1%。民营经济增加值 555.86 亿元，增长 8.3%。2016 年全市人均地区生产总值达到 31501 元，增长 7.1%，按平均汇率折算为 4742.5 美元。

全年城镇新增就业 2.04 万人。城镇失业人员实现再就业 0.74 万人。年末城镇登记失业率 2.49%。

2016 全市居民消费价格总指数累计上涨 1.4%。分类别看,食品烟酒类价格上涨 4.2%,其中粮食下降 0.1%,菜类上涨 15.6%,畜肉类上涨 11.6%,禽肉类上涨 1.5%,水产品上涨 0.9%,蛋类下降 4.7%,烟酒上涨 0.8%;衣着类价格上涨 1.1%;居住类价格下降 2.4%;生活用品及服务类价格上涨 0.3%;交通和通信类价格下降 1.5%;教育文化和娱乐类价格上涨 0.9%;医疗保健类价格上涨 5.6%;其他用品及服务类价格上涨 2.8%。工业生产者价格指数同比下降 1.07%。

全年地方一般公共预算收入 57.42 亿元,按可比口径增长 0.3%,其中税收收入 33.1 亿元,增加 0.89 亿元,增长 2.7%。

(二) 农业

2016 年,全市粮食作物播种面积 11.77 万公顷,比上年增长 0.3%。稻谷种植面积 8.87 万公顷,下降 0.1%;油料种植面积 2.01 万公顷,增长 0.6%;蔬菜种植面积 2.71 万公顷,增长 2.5%。

全年粮食产量 70.21 万吨,增长 0.3%。稻谷产量 59.54 万吨,增长 0.2%。油料产量 5.77 万吨,增长 2.1%。蔬菜产量 54.24 万吨,增长 4.5%。水果产量 82.87 万吨,增长 2.4%。茶叶产量 0.33 万吨,增长 2.4%。

全年肉类总产量 29.62 万吨,下降 0.8%。其中:猪肉产量 10.96 万吨,下降 2.8%;牛肉产量 0.28 万吨,下降 1.4%;禽肉产量 17.48 万吨,增长 0.1%。全年水产品产量 10.78 万吨,增长 1.6%。

(三) 工业和建筑业

全年实现规模以上工业增加值 280.77 亿元,比上年增长 8.6%。分轻重工业

看，轻工业增加值增长 7.8%，重工业增长 8.9%。分经济类型看，国有企业增加值下降 2.7%，集体企业下降 11.1%，股份制企业增长 10.7%，外商及港澳台商投资企业增长 3.7%，国有控股企业增长 0.5%，民营企业增长 11.2%。分企业规模看，大型企业增加值下降 2.2%，中型企业增长 2.8%，小型企业增长 13.9%，微型企业增长 14.3%。高技术产业增加值增长 6.3%，其中医药制造业下降 0.3%，电子及通信设备制造业增长 10.0%。先进制造业中，装备制造业增加值增长 8.4%。石油及化学行业中，化学原料及化学制品制造业增长 3.8%。优势传统产业增加值增长 9.5%，其中纺织服装业增长 8.9%，食品饮料业增长 6.6%，家具制造业增长 12.9%，建筑材料增长 10.2%，金属制品业增长 7.4%，家用电力器具制造业增长 29.7%。全年规模以上工业销售产值 1170.52 亿元，增长 9.7%，其中出口交货值为 111.43 亿元，增长 2.3%。全年工业经济效益综合中，资产贡献率 17.7%，资本保值增值率 101.9%，资产负债率 50.5%，流动资产周转次数 3.82 次，成本费用利润率 6.6%，产品销售率 96.5%；实现利润总额 72.44 亿元，增长 20.6%。2016 年，全市资质等级以上建筑企业 41 个。完成房屋建筑施工面积 342.13 万平方米，同比增长 11.8%；房屋竣工面积 194.65 万平方米，同比增长 56.3%。全年完成建筑业增加值 37.44 亿元，比上年增长 17.9%；以建筑企业产值计算的劳动生产率 22.61 万元/人。

（四）固定资产投资

2016 年，全年完成固定资产投资 591.51 亿元，比上年增长 0.2%，其中：完成项目投资 520.33 亿元，下降 28.9%；城市建设投资 58.48 亿元，增长 43.5%。分投资主体看，国有经济投资 137.53 亿元，增长 16.5%；民间投资 433.67 亿元，下降 34.7%；港澳台、外商经济投资 12.86 亿元，增长 33.6%。

在固定资产投资中,第一产业投资 12.65 亿元,下降 14.7%;第二产业投资 307.78 亿元,下降 29.2%,其中完成工业投资 307.53 亿元,下降 28.2%;第三产业投资 271.08 亿元,增长 19.5%。

全年基础设施建设完成投资 140.41 亿元,下降 3.5%。其中交通运输、仓储和邮政业完成投资 52.52 亿元,下降 27.0%;电力、燃气及水的生产和供应业投资 21.27 亿元,下降 14.4%;水利、环境和公共设施管理投资 60.17 亿元,增长 45.4%。

工业技改投资 94.43 亿元,增长 33.3%,其中制造业技改投资 85.35 亿元,增长 29.9%,电力、燃气及水的生产和供应业技改投资 6.43 亿元,增长 63.3%。

全年完成房地产开发投资 71.18,增长 13.4%。完成商品房销售额 101.21 亿元,增长 38.5%;完成商品房销售面积 228.79 万平方米,增长 26.5%。

(五) 国内贸易

全年实现社会消费品零售总额 345.22 亿元,比上年增长 13.3%。分地域看,城镇实现 268.46 亿元,增长 12.9%;农村实现 76.76 亿元,增长 14.6%。分行业看,批发和零售业零售额 314.40 亿元,增长 13.7%;住宿和餐饮业零售额 30.82 亿元,增长 9.7%。

在限额以上批发和零售业零售额统计中,粮油、食品类增长 40.6%,饮料类增长 17.3%,烟酒类增长 13.1%,服装、鞋帽、针纺织品类增长 8.6%,化妆品类下降 0.1%,金银珠宝类增长 44.7%,日用品类增长 22.6%,五金、电料类增长 15.4%,体育、娱乐用品类增长 20.7%,报杂志类增长 37.2%,电子出版物及音像制品类增长 326.7%,家用电器和音像器材类增长 12.2%,中西药品类增长 41.0%,文化办公用品类增长 25.9%,家具类下降 1.4%,通讯器材类下降 10.9%,

煤炭及制品类增长 5.1%，石油及制品类增长 5.6%，建筑及装潢材料类增长 16.5%，机电产品及设备类增长 13.7%，汽车类增长 31.2%，棉麻类下降 64.4%，其他类增长 21.5%。在限额以上批发和零售业零售额统计中，通过公共网络实现的商品销售增长 36.8%。

（六）对外经济

全年货物进出口总额 127.72 亿元，比上年增长 7.3%。其中，出口 97.77 亿元，增长 15.2%；进口 29.95 亿元，下降 12.2%。货物进出口差额（出口减进口）67.84 亿元，比上年增加 17.04 亿元。

从贸易方式看，全年一般贸易出口 48.3 亿元，下降 11.3%；加工贸易出口 27.3 亿元，下降 10.3%。从经营主体看，国有企业出口 0.2 亿元，下降 86.0%；外商投资企业出口 37.2 亿元，下降 10.8%；民营企业出口 60.4 亿元，增长 44.5%。

六大出口贸易伙伴合计出口 66.9 亿元，占全市出口比重 68.4%。

全年新批设立外商直接投资项目 24 个。合同外资金额 3.33 亿美元，比上年下降 11.1%。实际吸收外商直接投资 0.42 亿美元，下降 21.9%。

（七）交通、邮电和旅游

全年各种运输方式完成货物运输周转量 66.81 亿吨公里，比上年增长 10.0%。其中，公路 41.02 亿吨公里，增长 9.4%；水运 25.79 亿吨公里，增长 11.1%。全年公路运输方式完成旅客运输周转量 21.82 亿人公里，增长 8.1%。

全年邮电业务总量 60.57 亿元(2010 年不变价)，增长 60.7%。其中，通信业完成业务总量 56.87 亿元，增长 62.7%；邮政业(含快递)完成业务总量 3.7 亿元，增长 35.4%。

全年旅游总人数 2304.54 万人次，增长 11.7%。其中，住宿设施接待过夜游

客 1435.19 万人次, 增长 8.3%。按国内外分, 国内游客 2287.76 万人次, 增长 11.8%; 入境游客 16.78 万人次, 增长 8.6%。旅行社组团国内游 5.55 万人次, 增长 42.8%; 组团出境游 1799 人次, 增长降 48.6%。全年旅游总收入 233.29 亿元, 增长 8.7%, 其中旅游外汇收入 4823.09 万美元, 增长 7.3%。

(八) 金融和保险

年末全市金融机构本外币各项存款余额 1026.53 亿元, 比上年末增加 110.64 亿元, 增长 12.1%。其中, 境内存款余额 1017.89 亿元, 增加 110.51 亿元, 增长 12.2%; 住户存款余额 680.04 亿元, 增加 70.74 亿元, 增长 11.6%。全市金融机构本外币各项贷款余额 651.33 亿元, 比上年末增加 53.27 亿元, 增长 8.9%。其中, 短期贷款余额 162.85 亿元, 减少 3.52 亿元, 下降 2.1%; 中长期贷款余额 488.12 亿元, 增加 56.84 亿元, 增长 13.2%。

全年各类保险业总保费收入 21.02 亿元, 同比增长 21.7%。其中, 寿险业务保费收入 13.29 亿元, 占总保费 63.2%, 同比增长 25.6%; 财产险业务保费收入 7.73 亿元, 占总保费 36.8%, 同比增长 15.6%。全年共赔付 4.53 亿元, 共给付 2.37 亿元。其中, 寿险保险赔付 1.30 亿元, 给付 2.37 亿元; 财产险赔付 3.24 亿元, 赔付率 41.9%, 其中车险赔付 2.57 亿元, 赔付率 42.8%。

(九) 人口、人民生活和社会保障

年末常住人口 248.08 万人, 城镇人口比重为 40.95%, 出生率 14.99‰, 死亡率 6.73‰, 自然增长率为 9.26‰。

年末户籍总人口 301.23 万人, 比上年末增加 2.31 万人。其中, 男性人口为 157.94 万人, 女性人口为 143.29 万人。按城镇和乡村分, 城镇人口为 95.45 万人, 占全市人口数的 31.7%; 乡村人口为 205.78 万人, 占全市人口数的 68.3%。当年

出生人口 4.86 万人,死亡人口 1.82 万人。全市政策生育率为 96.22%。

初步测算,全年全市居民人均可支配收入 16517.6 元,比上年增长 8.6%。按常住地分,城镇常住居民人均可支配收入 21887.5 元,比上年增长 8.6%;农村常住居民人均可支配收入 13016.1 元,比上年增长 8.4%。

年末参加城镇职工基本养老保险(含离退休)46.10 万人,比上年末增长 5.9%,其中,企业职工 34.68 万人,增长 1.8%;参加城乡居民基本养老保险 116.52 万人,增长 0.3%。参加基本医疗保险 275.43 万人,其中职工基本医疗保险 22.77 万人,城乡居民基本医疗保险 252.66 万人,分别减少 0.7%、增长 2.0%和减少 0.9%。参加失业保险 17.82 万人,增长 1.7%。参加工伤保险 18.64 万人,增长 2.1%。参加生育保险 17.81 万人,增长 1.3%。

年末城乡居民基本医疗保险参保率达 100%,城乡居民基本医疗保险基金待遇支出 10.67 亿元。

年末全市福利类收养性单位拥有床位 10005 张,收养 2098 人。建立城镇各种社区服务设施 1272 个。城镇居民得到政府最低生活保障 6225 人。全年销售社会福利彩票 3.02 亿元,筹集社会福利资金 3019 万元,直接接收社会捐赠资金 885.6 万元。

(十) 教育和科学技术

全年中等职业教育招生 0.76 万人,毕业生 1.26 万人,在校生 2.96 万人(含技工学校)。普通高中招生 1.57 万人,在校生 4.76 万人,毕业生 1.84 万人。初中招生 2.96 万人,在校生 8.43 万人,毕业生 3.01 万人。小学招生 4.40 万人,在校生 22.05 万人。普通中学专任教师 1.10 万人,其中初中 0.73 万人,高中 0.36 万人。小学专任教师 1.27 万人。小学适龄儿童入学率 100%。幼儿园在园幼儿 10.95

万人。初中适龄儿童入学率 99.31%。

全市共向国家科技部和省科技厅申报省级以上的各类科技计划项目 71 项，其中国家级 3 项，省级 68 项；获批立项 25 项，资金 1540 多万元。组织主持科技成果鉴定 7 项，其中市级 7 项；有 2 项科技成果获得省科学技术奖三等奖。全市认定高新技术企业 14 家，广东省创新型（试点）企业 1 家；支持、培育农村科技合作组织 20 个，培训农民 20 万人次，推广先进技术 47 项。全年专利申请 1488 件，比上年增长 62.5%，其中发明专利申请 200 件；全年授予专利权 807 件，增长 25.1%，其中授予发明专利权 31 件。

（十一）文化、卫生和体育

年末全市共有各类专业艺术表演团体 1 个，县级及以上文化馆 6 个，公共图书 6 个，博物馆 5 个。公共图书馆总藏量 108.03 万册。全市有广播电台 4 座，电视台 5 座。广播综合人口覆盖率和电视综合人口覆盖率均达 100%。有线电视用户 49.27 万户。

年末全市共有各类医疗卫生机构 1316 个（含村卫生室），其中医院、卫生院 74 个，社区卫生服务中心（站）8 个，疾病预防控制中心（防疫站）5 个，专科疾病防治院（所、站）5 个，妇幼保健机构 5 个。拥有医院、卫生院床位数 8892 张，各类卫生技术人员 12249 人。其中，执业医师和执业助理医师 4320 人，注册护士 4970 人，疾病预防控制中心（防疫站）卫生技术人员 221 人。

全市体育健儿在国内外重大比赛中，获得省级冠军 3 个，省级亚军 11 个，省级季军 8 个。

（十二）资源、环境和安全生产

年末全市拥有各级环境监测站 5 个。全市各县（市、区）城区空气环境质量

保持在国家二级标准以上。市城区空气质量优良率为 92.2%。城区降尘量年均值为 2.56 吨，优于广东省推荐标准（8 吨/平方公里·月）。西江云浮段水质保持在Ⅱ类，集中式饮用水源水质达标率为 100%。

全年完成荒山荒地造林面积 3955 公顷，比上年增长 150%。其中，完成更新造林面积 3994 公顷，下降 15.0%。完成低产低效林改造面积 3032 公顷，下降 45.0%。全市森林覆盖率 69.6%。全市共有自然保护区 10 个，面积 31643 公顷。

全年共发生各类生产安全事故 2324 宗，比上年下降 6.2%；造成死亡 316 人，下降 3.4%；造成受伤 2435 人，下降 8.7%；造成直接经济损失 968 万元，上升 7.8%。在各类生产安全事故中，发生工矿商贸企事故 16 宗，比上年增长 100.0%；死亡 13 人，比上年增长 62.5%；受伤 11 人；发生火灾事故 291 宗，死亡 1 人，没有人员受伤，造成直接经济损失 408 万元。其中，发生生产经营性火灾 15 起，造成直接经济损失 7.41 万元；发生道路交通事故 2017 起，死亡 302 人，受伤 2424 人，造成直接经济损失 560 万元，比上年分别下降 7.6%、4.7%、9.0%、11.6%。其中，发生生产经营性道路交通事故 333 起，死亡 98 人，受伤 366 人，造成直接经济损失 212 万元，比上年分别下降 18.6%、2.0%、21.8%、19.3%。

2016 年云浮市经济社会保持了良好发展态势，呈现出增长平稳、价格趋稳、结构优化、质效提升、民生改善的特点，实现了“十三五”良好开局。在转型升级和全面深化改革稳步推进的 2016 年，云浮整体经济发展依然亮点纷呈，主要表现在以下四个方面。

一是产业结构实现新转变。2016 年，面对错综复杂的宏观经济形势和艰巨繁重的改革发展任务，全市上下紧扣追赶超越、绿色循环、转型升级主基调，切实践行五大发展理念，深入推进供给侧结构性改革，全年实现生产总值 778.28 亿

元，按可比价格计算，同比增长 7.9%。第一、二、三产业增加值分别为 163.23 亿元、289.43 亿元、325.62 亿元，增长 3.8%、8.5%、9.4%。地区生产总值增速列全省第 9 位，三次产业结构由去年 21.1:43.7:35.2 调整为 21.0:41.8:37.2，结构实现了新转变。

二是工业经济提质增效。规模以上工业完成总产值 1212.63 亿元，增长 9.7%，实现增加值 280.77 亿元，增长 8.6%，列全省第 6。

三是消费需求持续旺盛。实现社会消费品零售总额 364.17 亿元，增长 14.2%，增速列全省第 1 位。

四是城乡居民收入高于经济增速。城乡居民收入稳步提升，城镇和农村居民人均可支配收入分别为 21888 元和 13016 元，分别增长 8.6%和 8.4%。

第三节 城市社会经济发展对地质工作的需求

城市是人口密集、经济发达的地区，也是人类工程活动最为强烈的地区。地质环境是城市建设的基础，随着城市经济的发展，人类工程活动的加强，必然使城市的地质环境发生改变，从而产生一系列的地质环境问题和地质灾害，地质环境问题和地质灾害的产生，一定程度上又影响城市社会经济的可持续发展。由此可见，城市的发展离不开地质环境。如何保护好城市的地质环境，使城市地质环境保护与城市社会经济的协调发展，保障城市社会经济的可持续发展，就需要地质工作的参与。只有做好城市的地质工作，才能有效的保护城市的地质环境，保障城市地区社会经济的可持续发展。云浮市社会经济发展对城市地质工作的需求主要表现在以下几个方面：

一、随着城市的发展，人口增加，就需要不断地优化城市的功能布置、人口

分布、规划城市空间结构布置、扩展城市空间地域等等；如何统筹规划，合理布局，都需要有翔实的基础地质资料支撑，只有依靠翔实的地质资料，才能科学规划。因此，需要提升基础地质调查程度，开展影响城市安全的环境地质问题调查和安全性评价，开展城市的工程地质、水文地质、环境地质的调查与评价工作。

二、城市地质环境是最易受人类扰动的地区，随着城市的发展，城市地区出现了许多地质环境问题和地质灾害，如：生活垃圾的不合理堆放、工业“三废”的排放及生活污水的排放，已引起地表水、地下水以及土壤的污染；矿产资源的大量开发、人类工程活动的加强，引发地质灾害的发生等等。这些问题的出现，严重制约了当地经济的可持续发展，已引起政府有关部门的高度重视，要彻底解决这些问题，就必须开展水、工、环及地质灾害等地质工作，依靠地质工作成果的支持加以解决。

三、地质资料是为社会经济发展服务的，目前，云浮市地质资料的信息化、网络化、社会化程度低，不能及时向社会提供地质信息服务，地质科普知识不能得到广泛深入的宣传。因此，必须建立健全城市地质资料信息共享和社会化服务体系，开展地学数据库建设和信息系统建设，加快利用现代信息技术，充分发挥现有地质资料的作用，及时向社会提供地质信息服务，推动广泛深入的地质科普工作。

第三章 地质环境条件

第一节 调查区域地质背景

一、地层岩性

根据区域地质资料《云浮市志》(广东人民出版社 2012 年版),调查线路及周边区域主要发育有以下地层和岩石,各地层岩石的主要特征分述如下:

(一) 地层

1、震旦系

市境震旦系大都被后来的各系地层覆盖,成为基底地层。云城区北部及云安县南盛、前锋的震旦系基底地层为中等变质程度的浅海相沉积岩,主要有变质砂岩、石英云母片岩、云母片岩、千枚岩、炭质片岩、炭质千枚岩、石英岩,局部夹有凝灰岩、大理岩、磁铁石英岩、含磷含锰千枚岩和黄铁矿层等,总厚度 2856 米。在郁南县境内震旦系地层,可分出云开群和乐昌峡群。前者为一套巨厚的浅海相类复理石碎屑岩建造,最厚达 6000 米,以深变质岩夹火山岩及变质磷、铁矿床为特征,与上覆的寒武系呈整合接触,该群仅出露于千官镇云霄口西南至县界的局部地区。后者亦属浅海类复理石碎屑建造,厚达 2750 米,分布于桂圩河流域,呈北东向展布,在建城镇附近的炭质页岩中,有微古植物化石。

2、寒武系

市境寒武系属浅海相沉积,各县(市、区)均有出露。八村群在郁南县内分布面积最大,县城西部及罗旁镇至通门镇以东、南江口镇至历洞镇以西北的广大地

区都有出露，呈北东向展布，属浅海相沉积，由灰绿色石英砂岩、板状页岩、黑色含炭质页岩及少量硅质岩、变质砾岩组成，含磷结核。罗旁尔坑杨梅洞剖面厚度大于 3845 米。该群与上覆的下奥陶系呈平行不整合接触，地层普遍变质。

出露于罗定市南部与信宜市边界附近有八村群下亚群，主要为变质砂岩、云母石英片岩、石英片岩，分布在罗屋(罗镜)—大坑顶(太平)—高岗(船步)以南一带；八村群中亚群为变质砂岩、绢云母片岩、粉砂岩，分布在田垌(分界)—莲花寨(分界)一带；八村群上亚群为变质砂岩、云母石英片岩、炭质绢云母片岩，分布在干河山(分界)—罗屋(罗镜)一带。

在新兴县，寒武系地层出露在廿四山、天堂镇中部、合河、来台林场、洞口上坪村背山一带，由石英砂岩、砂质泥质页岩、夹炭质页岩等组成。出露在县西部的东界廿四山区西侧，西临县边境，北起崖楼山，南延至天堂镇中部，而至大江镇南部。县境东部的水台林场—北部的洞口镇上坪村背山一带也有局部分布。但西部地域中的幌岗仙大山，筠竹河两岸和天堂西南部边缘山区东震、西震、清塘等部分地方为其他地质类型。

云安县北部、南部和云城区东部也有局部出露、为浅海相复理石碎屑岩沉积建造、与震旦系地层接触不明。仅出露八村群 b 组和 c 组。B 组为泥质页岩、千枚状页岩、粉砂质页岩、石英砂岩互层，夹炭质页岩，厚度 1210 米。c 组为砂岩与绢云母页岩、粉砂质页岩互层，夹炭质页岩及灰岩透镜体，以砂岩为主，厚度大于 920 米。

3、奥陶系

奥陶系是郁南县内较为发育的地层，均为浅海碎屑岩建造，自下而上分出：下统为缩尾岭群，底部为砂砾岩和砾岩，与下伏的寒武系呈整合或平行不整合接

触。中上部为灰白色细粒石英砂岩和灰绿色砂质页岩，分布于南江河下游地带及通门镇等地，兰寨剖面厚度大于 950 米。该群含三叶虫、腕足类、正形贝、马特贝、腹足类和珊瑚等

海相生物化石。中上统为三尖群，以连滩镇三尖剖面为典型而命名，主要分布于南江河下游西北侧一带，为一套浅海细碎屑岩及泥质页岩沉积，以细粒石英砂岩、砂质页岩为主，间夹灰黑色页岩，具有条带状纹层为特征。古蓬思约坑剖面厚 1110 米。

在罗定市，奥陶系的中统三尖群为变质砂岩、绢云母片岩、石英片岩、分布在泗纶以南、连州以西的都门、加益一带；上统三尖群为变质砂岩、石英云母片、云母片岩分布在新乐、替滨、扶合、分界、新榕、船步和金鸡等镇，出露面较广。

在新兴县，奥陶系，分布于东成都村、森村至稔村皮村以北及东成云敏以北延伸至洞口大稳一带，前者由粉砂岩、泥质页岩互层、夹炭质页岩组成；以及于洞口云吟、黎源至车岗料村一带的奥陶系地层，后者由类绢云母页岩、炭质页岩组成。

在云安县，奥陶系分布于北部和东部，为浅海相碎屑岩，碳酸盐建造，与寒武系整合接触或断层接触。下统缩尾岭群为砂砾岩、石英砂岩，顶部夹砂质页岩和炭质页，厚度大于 950 米。中上统三尖群为灰黑、灰黄色石英砂岩、粉砂岩、砂质页岩和条状带状黑色页岩，厚度 1726 米。

4、志留系

志留系在郁南县连滩一带发育良好，20 世纪 30 年代至 40 年代，先后有四位地质专家在此专题研究。1931 年，张席提等首次在连滩发现最早的志留纪笔石，建立连滩组、创建华南地区第一个志留级地层单位。随后孙云涛等相继对连

滩地区的志留系进行深入研究，完成连滩组笔石带和文头山组笔石带，使连滩大尖山剖面成为华南地区中下志留统的标准地层剖面。该地层属海湾或潟湖相沉积，含笔石化石 23 属 100 余种、层位稳定。可与世界各地中下志留统对比。自下而上分出：下统为连滩组，属页岩夹砂岩，分布于连滩、古蓬一带，厚 470 米，出产单、卷、尖、雕笔石和半耙笔石等。中统为文头山组，亦为炭质页岩，分布于连滩一带，厚 70 米，也产单、卷、尖笔石及锯、耙、隐笔石等。

文头山组笔石带向云安县西北部延伸，为潟湖相或海湾相的炭质及泥砂质沉积，总厚度大于 486 米，与奥陶系三尖群呈整合接触。下统连滩群，下部为泥质页岩、细砂岩，中上部为条带状粉砂岩、含笔石炭质页岩互层。中统文头山群，黑色含笔石炭质页岩夹少量条带状砂质页岩。上统岭下群，分布于六都镇南乡岭下村附近，为薄层粉砂质页岩、粉砂岩及泥质页岩，含三叶虫、腹足类化石。由连滩延伸至罗定市罗镜分界北部的三友坑—高塘—河坑一带的志留系地层，呈狭长带状、由石英砂岩、炭质绢云母页岩组成。

5、泥盆系

泥盆系出露于郁南县通门镇和连滩镇。下统出露于通门鸡林等地。下部为灰绿、浅棕黄色粉砂质页岩、泥质粉砂岩夹砂岩、灰色页岩，底部有薄层砾岩，含腕足类、腹足类、三叶虫、珊瑚及竹节石。上部为贺县组，见于鸡林，为砂页岩及砾岩，砾石以灰岩为主，含瓣鳃类、腕足类及珊瑚等化石。中统出露于连滩附近的大地坡、上龙龟等地。下部为信都组，以碎屑岩为主，夹页岩及少量灰岩，含腕足类、瓣鳃类、鱼类及植物化石，连滩剖面厚 269 米。上部为东岗岭组，有灰岩、白云质灰岩、白灰岩、夹少量泥质灰岩和砂岩透镜体，连滩剖面厚 492 米。

在罗定市，中下统桂头群(D1)为砂砾岩、石英砂岩、粉砂岩，分布在贵子(属信宜市)—罗镜弧形构造带的南缘，即船步、罗平、太平、罗镜和分界的南部一带；中统东岗岭组(D2)为灰岩、白云质灰岩，分布除与D1大致相同外，在北西面的替滨有少量产出；上统帽子峰组、天子岭组为灰岩、泥质灰岩、硅质灰岩、页岩、粉砂岩，分布在新乐璇滨、加益、分界、新榕、罗镜、太平和船步等区。分布范围较广。

在云城区的东南部云安县的西北部，泥盆系地层为陆相、海陆交互相、滨海相、浅海相碎屑岩及碳酸盐建造。下统下部为厚层状石英砂岩夹粉砂岩，上部为薄层状粉砂页岩，厚度131米。中统划分为下部桂头组和上部老虎坳组或棋子桥组。桂头组为紫红色砾岩、砂砾岩过渡到不等粒粉砂岩，夹少量页岩或灰岩透镜体，厚度大于296米，老虎坳组为紫红色砂砾岩石英砂岩夹页岩，局部夹鲕状赤铁矿等碎屑岩建造；棋子桥组为浅灰、灰黑色灰岩、白云质灰岩、泥质灰岩夹页岩，与老虎坳组为同期异相产物。上统划分为天子岭组和帽子峰组。天子岭组为灰岩、钙质砂页岩及含磷砂岩等，厚334米。帽子峰组为石英砂岩、粉砂岩、页岩夹泥灰岩等，厚329米。

分布于新兴县簕竹榄根、良洞和天堂内洞北部、清塘、西震、东震和河头、湾边等地的为砂砾岩、石英砂岩、沙质页岩、泥质页岩分布于天堂莲塘、禹岗、围仔脚、油麻岗一带的，为石灰岩、砂岩，属浅海相沉积。

6、石炭系

市境石炭系不彰，仅零星分布于云城、云安县的茶洞、镇安、富林等地及罗定市的东部和东南部。

云城、云安县茶洞、镇安西部和富林南部等地，为碎屑岩、碳酸盐及含煤建

造。下统划分为下部岩关阶和上部大塘阶。岩关阶孟公坳组为一套浅海相碳酸盐、泥砂质沉积建造、主要为浅灰色薄至厚层状灰岩、大理岩化灰岩、白云质灰岩、钙质砂岩、粉砂岩、泥质页岩夹炭质页岩互层，上部含燧石及钙质砂岩条带，厚度大于 680 米。著名的云石产于此层。大塘阶石磴子段为灰岩夹白云岩，上部夹泥质页岩，厚度大于 501 米。大塘阶测水段为砂岩、砂质页岩、页岩、炭质页岩夹煤层或煤线，厚 315 米。中上统壶天群，为灰岩、白云质灰岩，厚度大于 314 米。分布在罗定市罗镜、船步、茵塘、莘塘、金鸡和围底等镇，下统为灰岩、白云岩、粉砂岩、页岩。

7、二迭系

二迭纪是古生代最后一纪，受华力西地质运动的影响，云浮市境地壳上升，部分浅海成陆地，并发生强烈褶皱和断层，云浮市境二迭系不彰。

8、三迭系

三迭系见于郁南县河口、云安县西北部和云城区北部。郁南县河口三迭系地层属内陆山间湖泊沉积，为石英砂岩和含炭泥质页岩，夹有煤线，含枝脉蕨、网叶蕨等植物化石，厚约 50 米。云安县西北部和云城区北部尖底、罗冲三迭系地层属路相含煤碎屑沉积岩建造，与下伏地层呈不整合接触。仅出露上统小云雾山群，底部有砾岩、粗砂岩；中部砂岩、砂质页岩及炭质页岩互层，夹砂砾岩及煤线；上部砂岩及粉砂质页岩。总厚度 402 米。

9、侏罗纪

侏罗系上统在郁南县为高基坪群，属内陆湖泊相中酸性火山岩建造，以喷发不整合覆于下伏地层之上。见于建城盆地西部。岩性为凝灰质碎屑岩、火山角砾岩及凝灰质砂岩、粉砂质页岩；上部为酸性流纹岩及火山碎屑岩等。

在罗定市、三迭系与侏罗系难分辨开来，被称为三迭一侏罗系，分布在加益南西部，为砂岩、粉砂岩和炭质页岩。

在云城区，出露于云城周围山岭，向西延至云安县珠洞，茶洞一带，为一套陆相火山碎屑磨拉石建造，与下伏地层呈不整合接触。出露上统罗沙群，下部页岩、炭质页岩局部夹煤线，粉砂岩、石英砂岩夹凝灰质砂岩、砂砾岩；上都残斑变岩、凝灰质砂岩夹绢云母石英砂岩、千枚岩、页岩。总厚度 858 米。

10、白垩系

云浮市境出露的白垩系分为上、下两统。下统为罗定群，上统为闸江群。

下统罗定群，出露在罗城镇周围的罗城盆地地带，出露面较广。向西南延至黎少以西，向南延至连州、罗平，为紫红色粉砂岩、角砾岩；向北延至郁南县千官、大湾、河口、宋桂一带，为内陆湖泊相红色碎屑岩建造，以紫红色长石石英砂岩为主，次为夹泥质砂岩、砾状砂岩及砾岩，厚 2300 米。向东延伸至云安县的白石、高村一带，为陆相红色碎屑岩沉积建造，与下伏地层呈不整合接触。由紫红色砾岩、粗砂岩、细砂岩等组成，厚度大于 1242 米。

上统闸江群，分布于郁南县建城盆地东部，下亚群为暗紫红色厚层状砾岩，厚 45 米；中亚群为紫灰色凝灰质砂岩、粉砂岩、泥岩及凝灰岩，厚 400 米；上亚群为紫灰色厚层状火山角砾岩，厚 50~80 米。

11、第三系

第三系仅出露于罗定市连州云致附近，出露面积很少。为角砾岩、粉砂岩。

12、第四系

第四系为洪积、冲积、坡积、残积建造。洪积层分布于山谷，由山洪冲击而成。河流冲积层分布于西江一级支流(罗定江、新兴江、罗旁河、逢远河、南山

河、大冲河、珠川河等)及二、三级支流的两岸;坡积层分布于山岭和丘陵的坡面,多为砂石、黄土沉积;残积层分布平缓的山岭和丘陵的顶部,顶端出露原生土层和裸露岩石。市境内有一万多年前的原始人齿骨化石出土。

(二) 岩石

1、岩浆岩

云城区、云安县境内有岩浆岩分布。岩浆岩活动可划分为四个时期。加里东期岩体有东部的牛力头岩体、联强岩体、庙咀岩体,西部的大塘岩体、镇安岩体。岩性以混合岩、花岗片麻岩为主。仅在六都附近出露海西—印支期的凤村岩体,受控于宋桂断裂,岩性为浅肉红色混合黑云母二长花岗岩。出露于中部大蚮山弧形构造内的印支期岩浆岩和混合花岗岩,呈南北或北东方向岩脉状展布。岩性为暗绿色斜长角闪岩、板状角闪岩,具花岗变晶结构。燕山期岩浆活动发育,始于侏罗纪第二幕。

燕山期第二幕。村头岩体出露于东北部,为超浅层次火山岩侵入体,由石英斑岩、残斑变岩组成。麻坳岩体分布于大蚮山弧形构造内,呈几个小岩株产出,岩性为二长花岗岩。

燕山期第三幕。大尖岩体出露于东部,呈岩基状大面积产出,主要为中粗粒斑状黑云母花岗岩,中粒黑云母花岗岩。九曲岭岩体、木路坑岩体、民窿坑岩体、坑尾岩体分布于高村、云城、河口、思劳等地,呈岩株状,岩性为花岗岩、斑状花岗岩、斑状二长花岗岩,具中粒似斑状结构和花岗变晶结构。

燕山期第四幕。大云雾山岩体出露大云雾山一带,呈椭圆形穹隆状岩株产出,岩性为二云母花岗岩,灰白、浅灰色,花岗结构。大坳笃岩体为出露于大蚮山弧

形构造内的小岩株，岩性为中细粒花岗岩、斑状花岗岩，具花岗结构和斑状结构。本期岩浆活动的热液成矿作用较强烈。还有少量花岗斑岩、石英斑岩的小岩株产出及大量伟晶岩脉、石英岩脉产出，其侵入时代尚未确定。

2、那逢岩

罗定市那逢岩体为混合岩化花岗岩，分布在罗定市新乐、替滨一带，为早侏罗系末期沿断裂走向侵入的岩体；八廉山岩体为花岗斑岩，分布在素龙八廉山、石牛山一带，为燕山旋回第五期侵入体；贵龙岩体为细粒黑云母花岗岩，分布在贵龙、云盖山一带，为燕山旋回第四期侵入体。

3、燕山期花岗岩 新兴县燕山期花岗岩分布于簕竹、河头及天堂以东的大片地区。覆盖面积约 1000 平方公里，占全县总面积的 65.8%。其中可分为 6 个岩体：新兴岩体，覆盖面积约 760 平方公里；合成岩体，覆盖面积约 100 平方公里，次为幌岗仙岩体，笔架山中和岩体，飞天马岩体，形仔山岩体。

4、侵入岩

侵入岩体有 4 个：一是那逢岩体，形成于早侏罗世，分布于郁南西南部大全至通门一带，呈北东向延伸。为混合花岗岩和混合片麻岩，有辰砂，钒、铅等矿化现象。二是广平岩体，形成于晚侏罗世于早白垩世之间，分布于郁南西北部罗顺、桂圩、平台一带，同广西的广平岩体相连，呈北东向侵入的一个大岩体。属岩基，为黑云母花岗岩。三是内翰岩体，形成于晚侏罗世，见于历洞内翰一带，面积 33 平方公里，属岩株和岩脉侵入体。为灰白色花岗岩，伴生有伟晶岩，产锡、钽、铌、汞、绿柱石等矿。四是平台岩体，形成于白垩世，分布于郁南平台镇，面积 2 平方公里。为较小的侵入岩体，属辉长岩、灰长辉绿岩。

5、喷出岩

喷出岩分布于郁南县建城盆地，由 2 个岩体，一个在盆地西部，一个在盆地东部。前者形成于晚侏罗世，面积 25 平方公里，属酸性~中酸性火山岩，为纹纹岩及流纹凝灰岩。后者形成于晚侏罗世，面积 17 平方公里，为砾岩、凝灰质粉砂岩、细砂岩及页岩等。

区域内地质及构造纲要见图 3-1。

二、地质构造

(一) 褶皱

云城区西北部有大蚮山向斜、天马山向斜。云安县西北部有罗唱山倒转向斜，东南有饭盖山倒转背斜，构造线以北东向为主，个别近北北东向，构造层由泥盆系—石炭系的碎屑岩、碳酸盐岩组成、主要表现为中等程度的褶皱。山东往西依次有前锋向斜、南盛向斜、岩石围向斜、六都一尖底单斜、大蚮山向斜、茶洞向斜及大厂山向斜。中生代构造体以互相分隔、孤立的断陷及凹陷盆地为主，构造层为三叠系—白垩系的内陆湖相碎屑沉积建造。主要构造有中部的马头山断陷、西南部的小云雾山凹陷及罗定断陷(东北段)。

罗定市境褶皱可分为 4 个系列的向斜，(1) 罗定向斜，轴部位于生江—双东—河口(郁南县)一线，呈北东向。轴部为白垩系地层，翼部为奥陶系地层。(2) 罗镜向斜，轴部位于罗镜—船步—大岭顶(船步)一线，呈北东东向，沿弧形构造走向。轴部为石炭系，翼部为泥盆系地层。(3) 罗磨向斜，轴部位于分界、罗镜北面的三友坑—高塘—河坑一线，呈东西向。轴部为志留系地层，翼部为奥陶系地层。(4) 新榕向斜，轴部为新榕河，呈东西向。轴部为泥盆系地层，翼部为奥陶系地层。

新兴县境褶皱主要为天露山由南而北的向斜，次为云雾山、老香山向斜。

郁南县境褶皱以郁南复背斜最为明显，由都城至桂圩长约 30 公里、核部为震旦系地层。翼部为寒武系地层，由两个次级背斜和一个次级向斜组成、两翼倾角 $30^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，轴面近于直立。西北斜与封开倒转背斜相连。东南侧依次有大雅山背斜由建城大雅山至德庆缩尾岭，长达 15 公里。龙虎山向斜由龙虎顶至白石顶

和鸡林街，长约 35 公里。罗江倒转背斜，由广西岑溪筋竹伸入至通门、罗沙、宝珠直至德庆，长达 55 公里。南江向斜，长约 50 公里。罗唱山倒转向斜，由东部铜鼓顶至牙鹰石一带，长 30 公里。这些褶皱较发育，同向平行断裂相伴产生。南江向斜的北西翼被江口断裂切断，有动热变质现象，具堇青石蚀变和片理化特征。郁南复背斜的许多地段都有混合岩化现象。

(二) 断裂

1、吴川—四会大断裂：市境处于吴川—四会大断裂中段西侧，受大断裂的波及和区域构造体系控制，市境内断裂宋桂断裂等十多道。

2、宋桂断裂：自郁南县宋桂起分两支，一支延伸至安县的高村、南乡、六都，断层发生填充交代作用、形成锡、锌、铜等有色金属矿藏；另一支经郁南县河口延伸至罗定市蓄滨、加益，由加益向南进入广西，走向近 60° ，构造压碎岩、断层角砾岩、糜棱岩、硅化破碎带发育、并有石英脉、花岗岩脉贯入，属压扭性构造。

3、双凤断裂：自郁南县东坝双凤起，与宋桂断裂切割，向东进入云安县高村。

4、罗镜断裂：西起信宜市贵子镇。经罗定市分界镇、罗镜镇，至罗镜分南北两支延伸。北支为大石顶断裂，南支为太平圩断裂。东北端呈北东向与吴川—四会大断裂汇合，断裂大致沿弧形构造带走向，倾向北西、倾角不清。属压扭性。沿断裂有秋风街、贵龙等大小花岗岩体侵入，同时为多种金属矿提供成矿条件。

5、尖岗顶断裂：由罗定市华石镇尖岗顶向云安县白石镇延伸，呈北东走向，断裂性质尚未探明。

6、高要断裂：自高要由进入云城区和云安县，长约 35 公里。

7、其他断裂：云城区有迳尾、莲塘、尖底等多条断裂。罗定市有黎少—附城断裂，分布在三家店（黎少）—洞尾(黎少)—二步水(附城)一线。走向 20° ，倾向北西，倾角 $45^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。波及范围 75 米。为压扭性华夏式构造，主要充填石英脉，角砾岩化、糜棱岩化显著。郁南县有石脚断裂，长约 10 公里，位于连滩镇石脚附近，属正断层、长约 10 公里；上桥断裂，位于连滩上桥至下坪一带，属逆断层，长约 20 公里。云安县有七洞，长约 17 公里、前锋(东西走向)、庙山(北西走向)和司马—迳尾—茶洞等断裂。

(三) 弧形构造

罗定市西、南部为贵子—罗镜弧形构造带，位于信宜市贵子—罗定市罗镜—罗定市罗阳一带。在此地带内，地层延伸、断裂走向及山脉展布大体上都是自西向东，由北东—南西—东西—北东向，呈一曲度很大的马蹄状，向南西西突出的弧形构造带，其牵动面积达 1500 平方公里。

三、区域地壳稳定性

云浮地区位于区域新华华夏第二隆起带与沉降带西南段邻接区，四会-吴川构造带与海丰纬向构造带的交汇部位。调查区所处区域自中生代经历了燕山运动，强烈的燕山运动使本区发生强烈的断块构造运动，并出现大面积的中酸性岩浆侵入，奠定了本区构造格局的基本轮廓。根据区域地质资料，该区地壳稳定性可从新构造运动和地震两个方面来评估。

（一）新构造运动

据收集的有关资料，调查区一带的新构造比较频繁，但强度较弱。普遍表现为大面积的上升，上升幅度是愈早期愈大，愈近期愈小（主要从四级阶地的高度推断）。在二级阶地形成之后，本区处于相对稳定阶段，但有小幅度上升。新构造运动具继承性、间歇性、不均衡性、差异性等特点。第四纪地壳处于上升阶段，而且有多次间歇和停顿。越近近代，上升幅度越小，而停顿时间越长，说明新构造运动具有不均衡性。

（二）地震

调查区在区域上位于东南沿海地震多发地带、新丰江水库地震波及区。地震危害主要来自邻区地震的波及，影响均未超过VII度。根据历史地震记录，1967年，广东省发生3.0级以上地震8次。其中，新丰江库区6次，云浮附近2次。最大地震为2月28日发生在云浮附近的4.5级地震，砾石地震分布见图3-2。



图3-2 云浮市历史地震分布图（源自广东省地震应急与信息中心）

根据广东省地震网记载，云浮市所发生的有记录的地震情况如下表所示：

表 3-1 云浮市地震情况简表（源自广东省地震网）

** 广东省地震查询 **						
保存结果						
序号	时间	地点	震级	经度	纬度	深度
1	1973年7月23日18时19分36秒	云浮	1.9	11212	2300	
2	1973年11月5日19时40分58秒	云浮	2.0	11154	2254	
3	1980年12月6日9时41分54.2秒	云浮	2.6	11200	2248	
4	1981年10月5日6时19分52秒	云浮	2.2	11230	2303	
5	1983年3月9日10时44分33.7秒	云浮	2.7	11200	2253	
6	1984年3月25日22时22分26.3秒	云浮	2.8	11153	2300	
7	1986年4月21日6时32分26.8秒	云浮	2.5	11204	2307	
8	1987年1月15日21时18分36.3秒	云浮	2.6	11159	2252	
9	1990年5月6日8时21分34.4秒	云浮	2.6	11205	2253	
10	1992年1月26日18时14分7.4秒	云浮	2.9	11202	2253	
11	1992年4月12日17时47分42.8秒	云浮	2.5	11211	2254	
12	1992年12月13日14时3分30.8秒	云浮	2.8	11205	2251	
13	2000年3月14日12时28分47.8秒	云浮	2.1	11200	2305	9
14	2000年5月22日6时48分7.5秒	云浮	2.6	11211	2256	16
15	2000年7月18日22时19分25.9秒	云浮	2.8	11153	2238	9
16	2001年1月6日13时29分58.4秒	云浮	2.3	11158	2240	7
17	2001年9月23日4时38分51.1秒	云浮	1.6	11154	2249	8
18	2003年1月30日11时32分10.6秒	云浮	1.8	11159	2304	006
19	2006年9月26日17时7分4.9秒	广东云浮	1.8	11152	2246	005
20	2006年11月4日18时34分21.7秒	广东云浮	1.6	11203	2244	008
21	2007年3月22日16时38分4.5秒	广东云浮	1.9	11210	2250	007
22	2007年6月10日23时7分38秒	广东云浮	1.6	11205	2247	009
23	2007年9月9日3时56分16.9秒	广东云浮	2.3	11152	2253	007
24	2009年5月16日18时4分5.7秒	广东云浮	1.0	11158	2253	009
25	2009年5月16日6时24分30.8秒	广东云浮	1.3	11157	2253	006
26	2009年5月16日6时25分15.7秒	广东云浮	1.8	11158	2253	007
27	2011年3月18日9时38分18.1秒	广东云浮	2.6	11203	2255	011
28	2015年2月22日0时35分.2秒	广东云浮	1.1	11209	2304	007

根据国家地震局颁布的《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，调查区地震动峰值加速度值为 0.10g (见图 3-3)，相当于地震基本烈度VII度区，须按规定进行抗震设防。

据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010, 2016年修订版)附录 A 的规定，调查区的抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第一组。建筑场地类别为 III 类，设计地震动峰值加速度应乘以 1.25 调整系数，即 0.125g，地震动反应谱特征周期为 0.35s。

根据 1: 180 万广东省地震烈度区划图 (五十年超越概率 10%)，调查位于地震区划烈度 VII 度区，须进行抗震设防。

因此调查区的地震环境为低震级地震多发区。

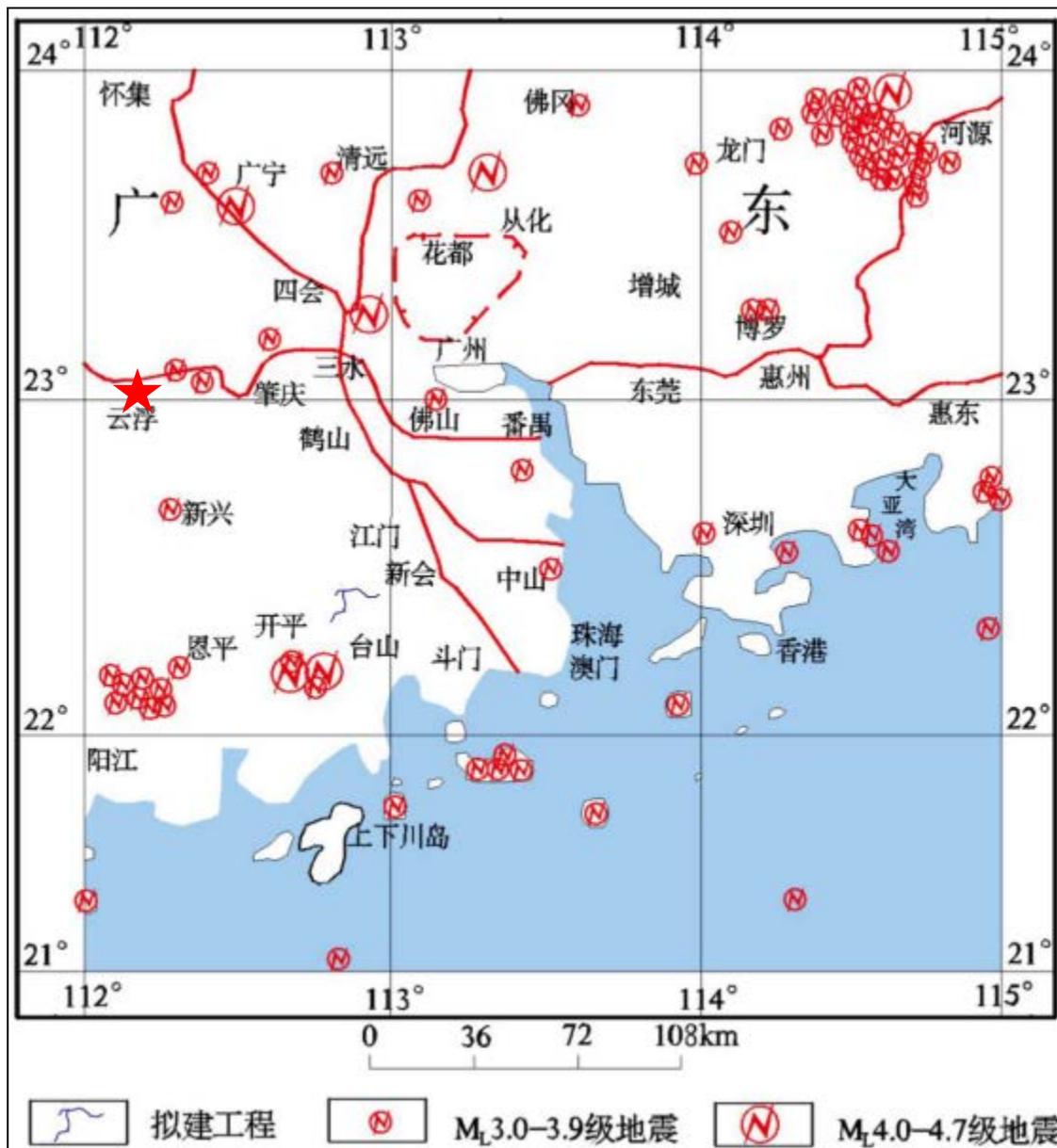


图 3-3 区域性台记录地震震中分布图 (1970-2014 年)

(据中国地震动参数区划图 (GB18306-2001))

通过上文评述,调查区内断裂近期活动性一般,对调查区地壳稳定性的不利影响较小;新构造运动主要表现为断块的差异升降运动;本区地处低震级地震多发区,处于地震基本烈度VII度区,因此调查区所处区域地壳稳定性属基本稳定。

(三) 其他地质灾害

受区域地层岩性条件、构造条件、地形条件以及气象水文地质条件等的联合影响和控制，云浮市地质灾害主要以山体滑坡，崩塌为多。近几年所发生的地质灾害包括：

2011年3月6日上午11时15分，云浮市云安县高村镇4名村民对水圳进行维修时，发生圳基崩塌事故，造成3人死亡。

2015年10月4日—6日期间，受强台风“彩虹”影响，云浮市华丰路民生大厦后山边坡发生了小型规模山体崩塌，间接经济损失30万元，塌方对坡脚民生大厦等建筑物及华丰路构成极大的安全隐患，威胁人口近300人。

2015年10月5日，云浮市云城区雅湖轩商住楼后山边坡发生了小型滑坡，滑坡对坡脚雅湖轩商住楼、坡顶云城区人民医院宿舍楼、白水泥厂职工宿舍等造成极大的安全隐患，威胁人口近150人，直接经济损失约3万元，间接经济损失约300万元。

2016年6月22日23时15分，省道S368线云安区六都镇大河小窝段(k44+300~400)左侧上边坡发生崩塌，造成交通中断。根据查勘，现场堵塞路面约100米，需清理土方量约15000立方米。

2012年9月5日云浮一处工地发生山体滑坡，造成作业区3名施工工人被掩埋。据现场云浮市公安消防支队分析，发生山体滑坡，主要是最近多雨导致土质疏松、工地施工挖掉了山底的一部分土导致支撑力不足等原因引起的。

据搜集资料统计，云浮市云城区的主要官方隐患点资料见下表3-2：

表 3-2 官方隐患点

序号	隐患点(片)位置	灾害类型	坐标	灾害体规模	灾害特征		威胁对象	
					稳定性	危害性	威胁人员(人)	潜在经济损失(万元)
1	云城街田家炳中学	滑坡	112°03'64", 22°93'22"	中型	一般	较大	4500	450
2	云浮市云城区高峰街冯强小学	滑坡	112°02'12", 22°56'57"	中型	较差	特大型	1077	3500

第二节 地形地貌

云浮市地势西南高、东北低，市内主要河流罗定南江、新兴江均大致呈西南——东北流向。西部、西南部、东南部与邻区、邻市俱以山岭为界，唯北部以西江为界。丘陵是云浮市的主要地貌，多沿山地边缘发育，高丘陵海拔 250~450 米之间，低丘陵海拔 100~250 米之间。低丘陵坡度平缓，多为 15 度~20 度。

云浮市城区西北高，东南低，中为河谷，四面环山，海拔 500 米以上的山峦有大蚮山（1086 米）、禾枪顶等 7 座。

丘陵是云浮市境内的主要地貌，多沿山地边缘发育，高丘陵海拔 250~450 米之间，低丘陵海拔 100~250 米之间。低丘陵坡度平缓，多为 15°~20°。

云城区西缘、南缘为高丘陵区，北面 and 东面是低丘陵区，山坡平缓，风化层厚。河口、安塘、腰古、杨柳石巷、思劳冲坑一带的低丘陵，呈孤岛状残留于河谷平地之上、海拔一般第于 200 米，风化层较肥厚，有众多小谷地(见图 3-4)。

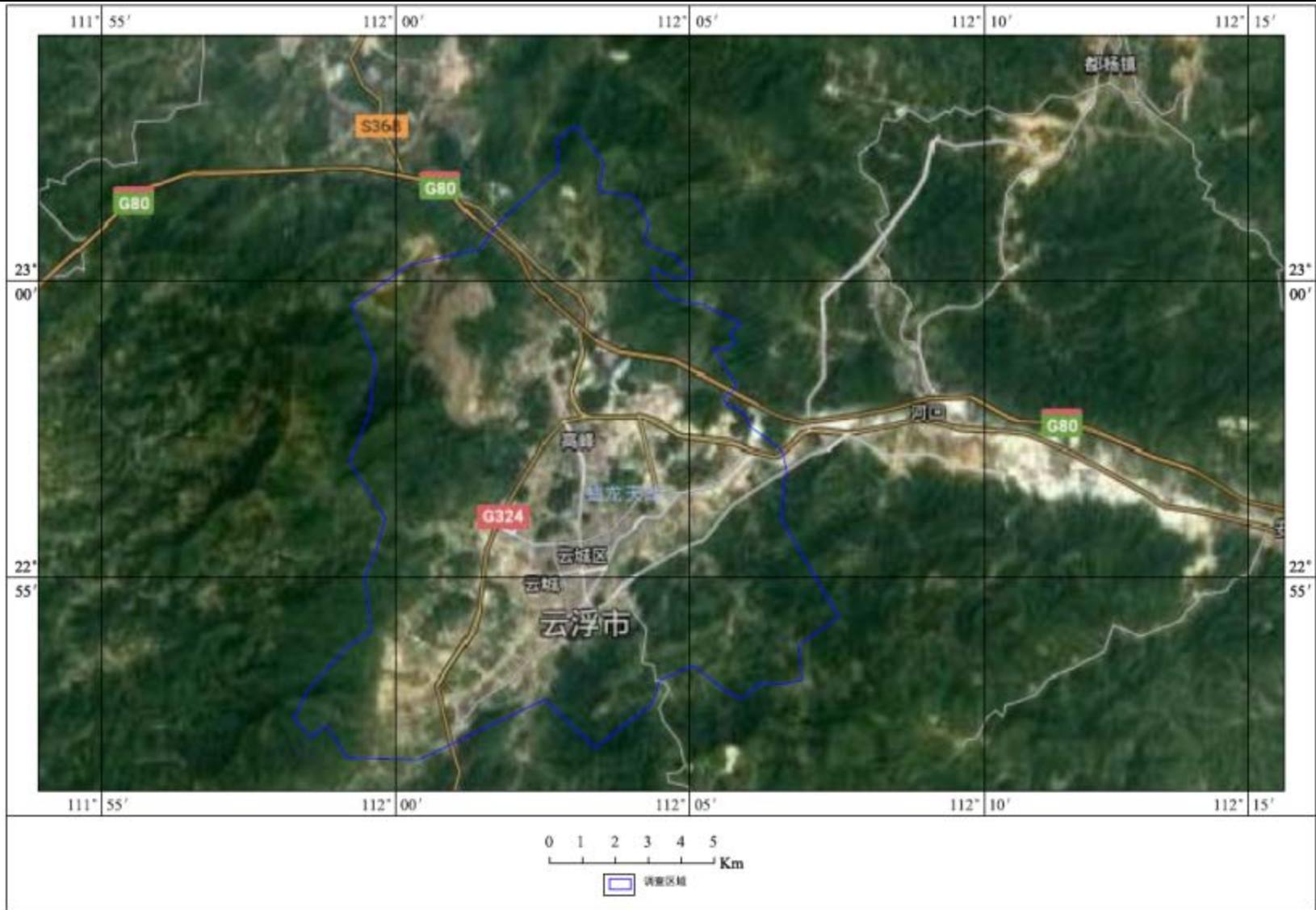


图 3-4 调查区 2016 年卫星图 (源自 Google Earth 网络卫星图片)

第三节 地层与岩石

根据区域地质资料结合现场调查及工程勘察资料,调查区地层为第四纪全新世桂洲组,调查内地层和岩石主要特征分述如下:

一、地层

1、震旦系:分布于云城区北部,基底地层为中等变质程度的浅海相沉积岩,主要有变质砂岩、石英云母片岩、云母片岩、千枚岩、炭质片岩、炭质千枚岩、石英岩,局部夹有凝灰岩、大理岩、磁铁石英岩、含磷含锰千枚岩和黄铁矿层等,总厚度 2856 米。

2、寒武系:分布于云城区东部,为浅海相复理石碎屑岩沉积建造、与震旦系地层接触不明。仅出露八村群 b 组和 c 组。B 组为泥质页岩、干枚状页岩、粉砂质页岩、石英砂岩互层,夹炭质页岩,厚度 1210 米。c 组为砂岩与绢云母页岩、粉砂质页岩互层,夹炭质页岩及灰岩透镜体,以砂岩为主,厚度大于 920 米。

3、泥盆系:分布于在云城区的东南部,为陆相、海陆交互相、滨海相、浅海相碎屑岩及碳酸盐建造。下统下部为厚层状石英砂岩夹粉砂岩,上部为薄层状粉砂页岩,厚度 131 米。中统划分为下部桂头组和上部老虎坳组或棋子桥组。桂头组为紫红色砾岩、砂砾岩过渡到不等粒粉砂岩,夹少量页岩或灰岩透镜体,厚度大于 296 米,老虎坳组为紫红色砂砾岩石英砂岩夹页岩,局部夹鲕状赤铁矿等碎屑岩建造;棋子桥组为浅灰、灰黑色灰岩、白云质灰岩、泥质灰岩夹页岩,与老虎坳组为同期异相产物。上统划分为天子岭组和帽子峰组。天子岭组为灰岩、

钙质砂页岩及含磷砂岩等，厚 334 米。帽子峰组为石英砂岩、粉砂岩、页岩夹泥灰岩等，厚 329 米。

4、石炭系：零星分布于云城区内，为碎屑岩、碳酸盐及含煤建造。下统划分为下部岩关阶和上部大塘阶。岩关阶孟公坳组为一套浅海相碳酸盐、泥砂质沉积建造、主要为浅灰色薄至厚层状灰岩、大理岩化灰岩、白云质灰岩、钙质砂岩、粉砂岩、泥质页岩夹炭质页岩互层，上部含燧石及钙质砂岩条带，厚度大于 680 米。著名的云石产于此层。大塘阶石磴子段为灰岩夹白云岩，上部夹泥质页岩，厚度大于 501 米。大塘阶测水段为砂岩、砂质页岩、页岩、炭质页岩夹煤层或煤线，厚 315 米。中上统壶天群，为灰岩、白云质灰岩，厚度大于 314 米。

5、三迭系：分布于云城区北部，尖底、罗冲三迭系地层属路相含煤碎屑沉积岩建造，与下伏地层呈不整合接触。仅出露上统小云雾山群，底部有砾岩、粗砂岩；中部砂岩、砂质页岩及炭质页岩互层，夹砂砾岩及煤线；上部砂岩及粉砂质页岩。总厚度 402 米。

6、侏罗系：出露于云城周围山岭，向西延至云安县珠洞，茶洞一带，为一套陆相火山碎屑磨拉石建造，与下伏地层呈不整合接触。出露上统罗沙群，下部页岩、炭质页岩局部夹煤线，粉砂岩、石英砂岩夹凝灰质砂岩、砂砾岩；上都残斑变岩、凝灰质砂岩夹绢云母石英砂岩、千枚岩、页岩。总厚度 858 米。

7、第四系：广泛分布于调查区内，岩性主要为灰黄、灰色卵石、砾石、砂砾和粘土等，夹砂质粘土等。

二、岩石

岩浆岩分布于云城区。岩浆岩活动可划分为四个时期。加里东期岩体有东部的牛力头岩体、联强岩体、庙咀岩体，西部的大塘岩体、镇安岩体。岩性以混合

岩、花岗片麻岩为主。仅在六都附近出露海西—印支期的凤村岩体，受控于宋桂断裂，岩性为浅肉红色混合黑云母二长花岗岩。出露于中部大缙山弧形构造内的印支期岩浆岩和混合花岗岩，呈南北或北东方向岩脉状展布。岩性为暗绿色斜长角闪岩、板状角闪岩，具花岗变晶结构。燕山期岩浆活动发育，始于侏罗纪第二幕，燕山期第二幕。村头岩体出露于东北部，为超浅层次火山岩侵入体，由石英斑岩、残斑变岩组成。麻坳岩体分布于大缙山弧形构造内，呈几个小岩株产出，岩性为二长花岗岩。燕山期第三幕。大尖岩体出露于东部，呈岩基状大面积产出，主要为中粗粒斑状黑云母花岗岩，中粒黑云母花岗岩。九曲岭岩体、木路坑岩体、民窿坑岩体、坑尾岩体分布于高村、云城、河口、思劳等地，呈岩株状，岩性为花岗岩、斑状花岗岩、斑状二长花岗岩，具中粒似斑状结构和花岗变晶结构。燕山期第四幕。大云雾山岩体出露大云雾山一带，呈椭圆形穹隆状岩株产出，岩性为二云母花岗岩，灰白、浅灰色，花岗结构。大坳笃岩体为出露于大缙山弧形构造内的小岩株，岩性为中细粒花岗岩、斑状花岗岩，具花岗结构和斑状结构。本期岩浆活动的热液成矿作用较强烈。还有少量花岗斑岩、石英斑岩的小岩株产出及大量伟晶岩脉、石英岩脉产出，其侵入时代尚未确定。

第四节 地质构造

一、新构造运动

调查区构造体系位于华南褶皱系（一级构造单元）粤西隆起区（二级构造单元）中部，在大瑶山隆起（三级构造单元）与罗定拗陷（三级构造单元）的交界处。

区域内新构造运动较弱,表现为地壳升降和断裂复活等。具继承性、间歇性、不均衡性、差异性等特点。第四纪地壳处于上升阶段,而且有多次间歇和停顿。越近现代,上升幅度越小,而停顿时间越长,表现出新构造运动的不均衡性。

二、褶皱

云城区西北部有大缙山向斜、天马山向斜,构造线以北东向为主,个别近北北东向,构造层由泥盆系—石炭系的碎屑岩、碳酸盐岩组成、主要表现为中等程度的褶皱。山东往西依次有前锋向斜、南盛向斜、岩石围向斜、六都—尖底单斜、大缙山向斜、茶洞向斜及大厂山向斜。中生代构造体以互相分隔、孤立的断陷及凹陷盆地为主,构造层为三叠系—白垩系的内陆湖相碎屑沉积建造。主要构造有中部的马头山断陷、西南部的小云雾山凹陷及罗定断陷(东北段)。

二、断裂

云城区地质结构复杂,断裂构造较发育,有迳尾、莲塘、尖底等多条断裂。区内节理裂隙较为发育。

吴川—四会断裂带:断裂带分布于阳春、云浮一线,总体呈 40° 方向展布,平面上舒缓波状,影响宽度 $15\sim 20\text{km}$ 。吴川—四会断裂带早起是一套韧性剪切带,后期叠加脆性断裂。韧性剪切带主要发育于阳春盆地西侧,平面上S形。或者反S型。主干断裂见于阳春盆地两侧,西侧有那霍—河口断裂、大陈—夏洞断裂、石藁—陂面断裂等,倾向北西为主,倾角 $50\sim 80^{\circ}$,均属高角度冲断裂;东侧发育一条重要的边界断裂,称阳春—新兴断裂,由数条呈“多”字型组合的断裂组成,倾向南东为主。阳春盆地两侧断裂在破面上形成对冲结构。该断裂是一条活动性

断裂。

第五节 岩土类型及工程地质性质

根据区域地质资料及工程相关勘察报告揭露,调查区岩体主要有中厚层稀裂状中等岩溶化硬石灰岩、白云岩组,中厚层状坚硬碎屑岩,互层状软硬相间碎屑岩岩类,互为夹层薄层状坚硬夹软弱碳酸盐岩岩类,薄中厚层状软弱夹较坚硬碎屑岩夹碳酸盐岩岩类。

调查区内岩土体类型可分为松散土类、碎屑岩岩性组和侵入岩岩性组三大类。各岩土体类型及岩土体的主要特征和物理力学性质指标简述如下:

一、松散土类

松散土类在调查区域内广泛分布,成分较为复杂,根据勘察报告钻探揭露,由上至下主要有:第四系人工堆积层(Q^{ml}),第四系冲洪积层(Q_4^{al+pl}),第四系残、坡积层(Q^{el+dl})等。根据勘察报告,区域内松散土类统计如下:

第四系人工堆积层(Q^{ml}):素填土为主,灰黄~褐黄~棕红,松散~密实,稍湿~湿。由碎石,粉质粘土、砾石等物回填,揭露层厚1.00~5.00m,平均厚度2.00~4.50m,层顶埋深0.00m。

第四系冲洪积层(Q_4^{al+pl}):浅灰~深灰色,软塑~流塑,湿~饱和。以粘粒和粉粒为主,含少量砾石和砾粒。揭露层厚0.50~6.00m,平均厚度1.00~6.00m,层顶埋深1.00~5.00m。

第四系残、坡积层(Q^{el+dl}):粉质粘土为主,褐黄色,浅黄色,湿,可~硬塑,风化物以粉粘粒为主,局部含较多风化岩碎块,揭露层厚3.00~25.00m,平均

厚度 6.00~20.00m, 层顶埋深 0.00~15.00m。

二、碎屑岩岩性组

碎屑岩岩性组在调查区域内分布较为广泛, 根据搜集的资料揭露, 主要有石炭系砂岩 (C) 和灰岩 (C) 据风化程度及钻孔揭露深度的不同, 将岩体划分为全风化、强风化、中风化及微风化 4 个风化层。根据勘察报告, 区域内各类岩层统计如下:

全风化泥质粉砂岩: 褐红色, 极软岩, 岩石风化强烈, 原岩结构尚可辨认, 略具残余结构, 揭露层厚 3~32.00m 不等, 平均厚度 3.00~15.00m, 层顶埋深 0.00~25.00m。岩体基本质量等级为 V 级。

强风化泥质砂岩: 灰白色, 灰褐色, 岩体破碎, 原岩结构清晰, 局部夹碎块强风化岩, 层厚 5.00~30.00m 不等, 平均厚度 10.00~15.00m, 层顶埋深 5.00~43.00m。岩体基本质量等级为 V 级。

中风化泥质砂岩: 灰白色, 层理裂隙发育, 泥质胶结, 岩芯碎块状, 岩质较软, 层厚 10.00m~16.50m, 平均厚度 10.00~15.00m, 层顶埋深 16.50~27.00m, 岩体基本质量等级为 IV 级。

强风化灰岩: 深灰~灰黑色, 土黄色, 部分有谈植物, 岩石结构、构造大部分破坏, 层厚 2.00m~45.00m, 平均厚度 10.00~25.00m, 层顶埋深 5.00~54.00m。

中风化灰岩: 灰白色、灰褐色, 隐晶结构, 块状构造, 岩体较破碎, 揭露基岩厚度为 2.00~13.00m, 平均厚度 8.00~13.00m, 层顶埋深 5.00~10.00m, 岩体基本质量等级为 IV 级。

微风化灰岩: 浅灰、深灰色、浅灰白色, 隐晶结构, 岩体较完整。层厚

1.00m~16.00m，平均厚度 5.00~10.00m，层顶埋深 13.00~68.00m, 高程结余 20.00~80.00m. 岩体基本质量等级 III 级。

三、侵入岩岩性组

据项目相关勘察报告，侵入岩岩性主要为晚侏罗世花岗侵入岩，在平原区被第四系所覆盖，在丘陵区见岩石出露，中粗粒花岗结构，块状构造，按风化程度可分为全风化、强风化和中风化三个风化岩带。

强风化花岗岩：黄色、浅灰色，风化裂隙发育，岩体破碎，层厚 1.00~2.00m，平均厚度

四、特殊性岩土

区域内特殊性岩土主要有人工填土、软土、风化岩和残积土。

1、人工填土

根据勘察资料，区域内人工填土主要由碎屑岩风化土粉质粘土、花岗岩风化土砂质粘性土及砂粒等组成，杂填土主要含碎砖、混凝土石块等，结构松散。揭露层厚 1.4~8.5m，平均厚度 4.45m。本层地基承载力偏小，变形较大且不均匀，因此具有孔隙率大、透水性强的特点。

2、软土

根据勘察资料，区域内软土埋藏较浅，软土厚度较大。淤泥、淤泥质粘性土多为灰色、灰黑色，含水量大，孔隙比大，呈软塑~流塑状态，压缩模量低，强度低。

3、风化岩和残积土

根据勘察资料，花岗岩残积土及全~中风化花岗岩分布广泛。其中，残积土层和全风化花岗岩，遇水易发生崩解，岩土体结构较不稳定。

4、卵砾石层

整个调查区范围内，沿着河沟两侧，都分布有卵砾石层，对桩基施工产生影响，易造成基坑积水。

第六节 水文地质条件

云浮市地下水资源(只计浅层)总储量为 16.42 亿立方米。

原云浮县(现云城区、云安县)缺乏地下水资源的勘探资料，只是根据枯水年地表径流水量和过境客水地表径流产水量共 9.43 亿平方米的 22%的分析，估算浅层地下水量为 1.97 亿立方米。地下水资源开发利用，只有小部分地方打井取水供人畜饮用。在植被较好的山区，水资源属泉水，可作生活饮用水和山坑田农作物的灌溉用水，约占浅层地下水量的 10%。

一、孔隙水

第四系孔隙水含水层主要赋存于冲积层粉土层、粉细砂、中砂。水量丰富，属中等-强透水性土层。场地地下水性质属潜水。冲积层粉质粘土及软土层水量贫乏，透水性差，赋水性差，相对隔水，均属于相对弱透水性土层。地下水随季节变化与附近河水形成互补关系，其次接受大气降水的补给。

二、基岩裂隙水

区域内基岩有灰岩，砂岩，花岗岩等，无溶洞基岩层裂隙水主要赋存于基岩风化裂隙中，赋水性亦较弱，含水层厚度因裂隙、节理发育程度不同而差异较大，

透水性不均匀，透水性取决于裂缝宽度及贯通性，本场地裂隙水主要赋存于强风化岩层中下部（半岩半土状）及中风化岩上部破碎带中，基岩裂隙水补给主要来源于外围基岩裂隙水和构造裂隙水的侧向补给，并接受上部土层孔隙水越流补给，排泄方式主要为侧向径流。

三、碳酸盐岩类裂隙岩溶水

主要分布于灰岩裸露区以及埋藏型溶洞灰岩区，含水层主要为石灰岩和奥陶系下统及寒武系的白云岩、泥质白云岩，及白云质灰岩，富水性较差，一般起相对隔水作用，灰岩岩溶发育程度受岩性、构造、补给与排泄条件的控制而极不均一。总的看来，中奥陶统岩溶发育程度最高，是云浮地区岩溶水的主要富水层。地下岩溶形态为溶洞、溶孔、溶隙，呈蜂窝状、脉络状。岩溶发育程度受构造、岩性及侵蚀基准面控制，在垂向上多集中在泥灰岩顶板附近或侵蚀基准面以上，而且随深度增加而减弱。水平方向上多沿构造线特别是构造带，呈带状发育，形成富水带。富水性有从补给区到排泄区由弱到强的规律，大部分区域地下水埋藏较深。

第四章 云城区工程地质分区

云城区地质条件较复杂，对调查区的工程地质条件不能一概而论，建立合理的工程地质分区对于调查研究的开展有重要意义。根据《城市地质调查工作指导意见》（意见稿）中的分区原则，工程地质区的划分要综合考虑地壳的稳定性、地貌形态、成因类型、岩土体结构特征、不良地质作用及建筑物的适宜性等因素。

在搜集资料及现场调勘的基础上，根据以上原则将调查区分为四个分区，分别为岩溶发育区（I），岩溶非发育灰岩区（II），硫铁矿破碎发育区（III），其他区域（IV），其中I区分两个亚区，裸露型岩溶发育区（I₁），覆盖型岩溶发育区（I₂），各分区的面积及比例见下表4-1。

表4-1 云城区工程地质分区面积统计表

总面积 (km ²)	155.46				
分区	岩溶发育区 (I)		岩溶非发育灰岩区 (II)	硫铁矿破碎发育区 (III)	其他区域 (IV)
	裸露型 (I ₁)	覆盖型 (I ₂)			
面积 (km ²)	4.27	36.48	0.65	17.35	96.69
比例 (%)	2.75	23.47	0.42	11.16	62.20

第一节 岩溶发育区 (I)

调查区岩溶地貌发育良好。在距今3亿多年前的泥盆纪晚期和石炭纪早期，沉积了大面积的灰岩。这些可溶性岩石，由于长期受到地下水的化学溶蚀作用和地面流水（片流）的冲刷作用，逐渐演变成岩溶地貌。

市境内有石灰岩脉两条，一条自罗定茵塘、金鸡向郁南宋桂、连滩和云安的石城街道、高峰街道，再北出云安的南乡、六都，然后潜移西江水底，至江北的德庆三州岩一带出露。另一条由漠阳江流域，经阳春春湾向新兴天堂、河头和云安县富林、前锋、南盛延伸。石灰

岩经 3 亿多年的水蚀风化，形成石峰陡峭嶙峋，岩洞幽深奇特的岩溶地貌。

按地层的出露条件，本区岩溶分为裸露、覆盖、埋藏 3 种工程地质类型，可溶岩以灰岩为主，总面积约 40.75 平方公里，约占调查区面积的 26.22%。裸露型岩溶以孤峰、石芽的溶丘平原为特色、地下发育了多层溶洞及地下河等洞穴景观；覆盖型岩溶上覆松散层厚为 6~40m，由于水的潜蚀作用，岩溶区带内不同程度地发育了溶（土）洞；埋藏型岩溶与地热资源关系密切，但缺少调查区深部相关资料，本次调查未涵盖。

裸露型岩溶发育区面积约 4.27 平方公里，占调查区面积比例 2.75%，岩溶地貌以孤峰、石芽为主。分区主要集中于城区内孤峰及周边范围内。根据工勘报告 13 份，分区内共 21 孔有揭露溶洞，见洞率 15.4%，溶洞各项物理参数见表 4-1。

表 4-1 I₁区溶洞一览表

项次	洞高 (m)	洞顶高 程(m)	洞底高 程(m)	洞顶深 度(m)	洞底深 度(m)	基岩深 度(m)
统计个数	21	21	21	21	21	21
最大值	6.50	30.71	27.61	33.50	38.00	25.63
最小值	1.20	27.70	22.46	29.30	32.40	4.81
平均值	3.29	28.93	25.64	31.74	35.03	17.40
平均洞高与揭露基岩深度之比				18.91%		

覆盖型岩溶遍布整个城区三角洲谷地居民生活区，以云城街道和高峰街道区为主，除区域内孤峰范围内，总面积 36.48 平方公里，占比 23.47%。根据工勘报告 75 份，分区内共 493 孔有揭露溶洞，见洞率 19.51%，溶洞各项物理参数见表 4-2。

表 4-2 I₂区溶洞一览表

项次	洞高 (m)	洞顶高 程(m)	洞底高 程(m)	洞顶深 度(m)	洞底深 度(m)	基岩深 度(m)
统计个数	493	493	493	493	493	493
最大值	6.92	31.41	26.49	33.50	39.50	24.63
最小值	1.08	25.65	23.16	29.30	31.23	6.81
平均值	3.67	27.54	24.32	32.88	33.24	16.34
平均洞高与揭露基岩深度之比				22.46%		

一、岩溶发育地质特征

(一) 基岩面起伏和岩溶发育程度的关系

鉴于通常岩土勘察深度较浅，很难对岩溶规律做出判断，通过长期的资料收集，发现基岩面的岩溶发育与基岩面起伏关系密切，因为基岩面起伏往往是由于河流冲刷造成，曾经裸露过的区域，岩面起伏较大，基层灰岩易发育溶洞。一般而言，基岩面平缓，岩面坡度小于 20% 的场地，往往内部岩溶发育程度较低，基岩面起伏较大（呈折线形或 S 型），岩面坡度大于 50%，往往岩溶发育较为强烈。

1、下卧层基岩面起伏平缓，岩面稳定，岩溶发育较少。

以桂湖庭 C 幢为例，场地位于云城区乐谊路，报告钻孔控制深度范围内，揭露有第四系填土层、冲积层、残积层及石炭系微风化灰岩。钻孔见洞率 12.5%，溶洞最大高度 0.90m，溶洞充填软塑红黏土，属于岩溶洞隙不发育地区，区域内场地内同一地质剖面基岩面较平缓，见图 4-1，起伏很小，最大处坡度约 17%。

2、基岩面起伏较大，基岩面上下层岩溶较发育

以文笔豪苑为例，场地位于云城区天柱路，报告钻孔控制深度范围内，揭露有第四系填土层、冲积层、残积层及微风化灰岩。钻孔见洞隙率 38.4%，溶洞最大高度 14.74m，充填粉质粘土和石英砂，溶洞洞隙水平方向与垂直分布不均匀，属于岩溶强发育地段。场地内同一地质剖面基岩面呈折线形起伏较大，见图 4-2 最大处坡度约 100%，对比图 4-1 可见基岩面起伏加大，导致岩溶发育程度加强。

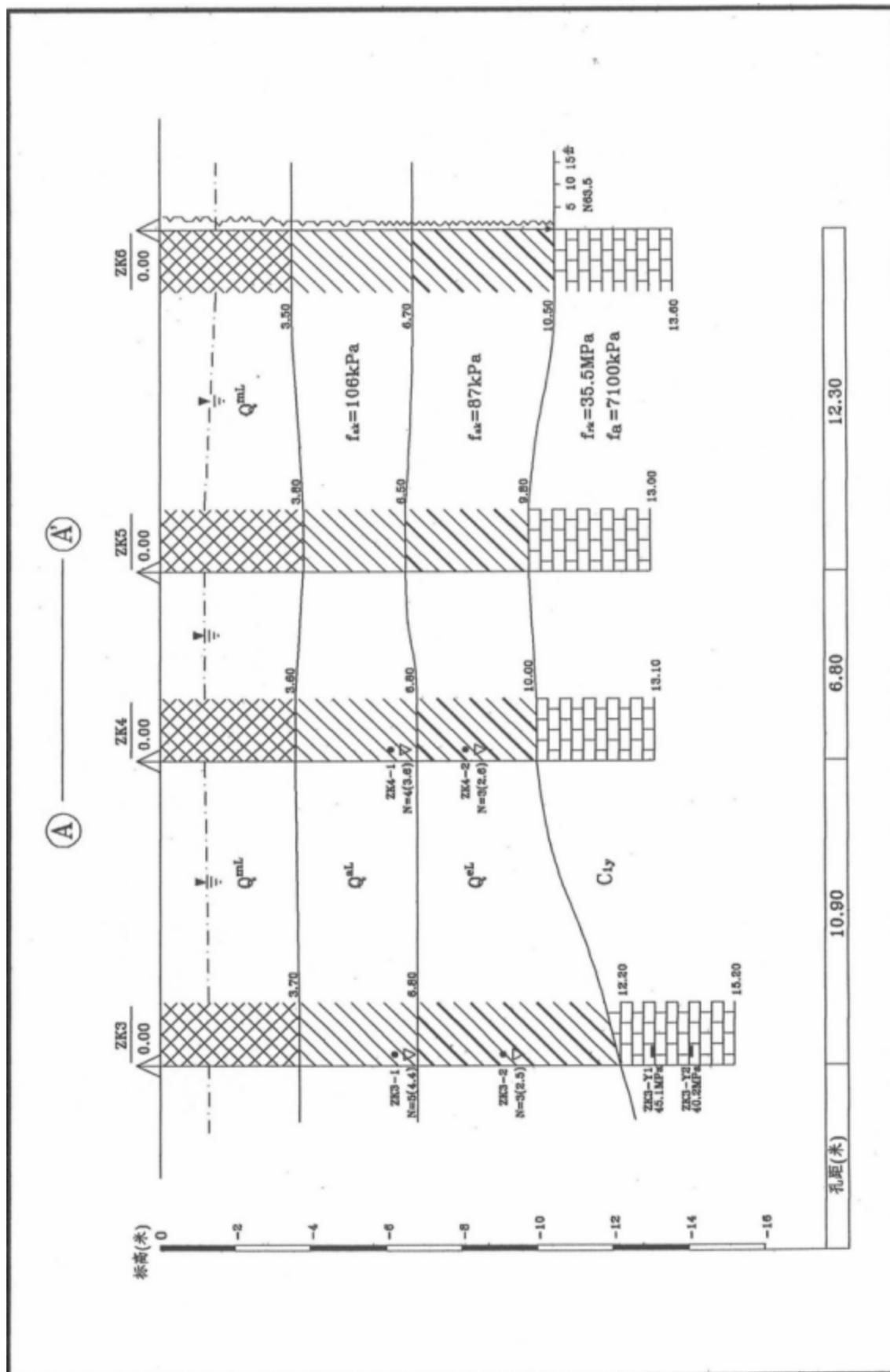


图 4-1 基岩面起伏较小

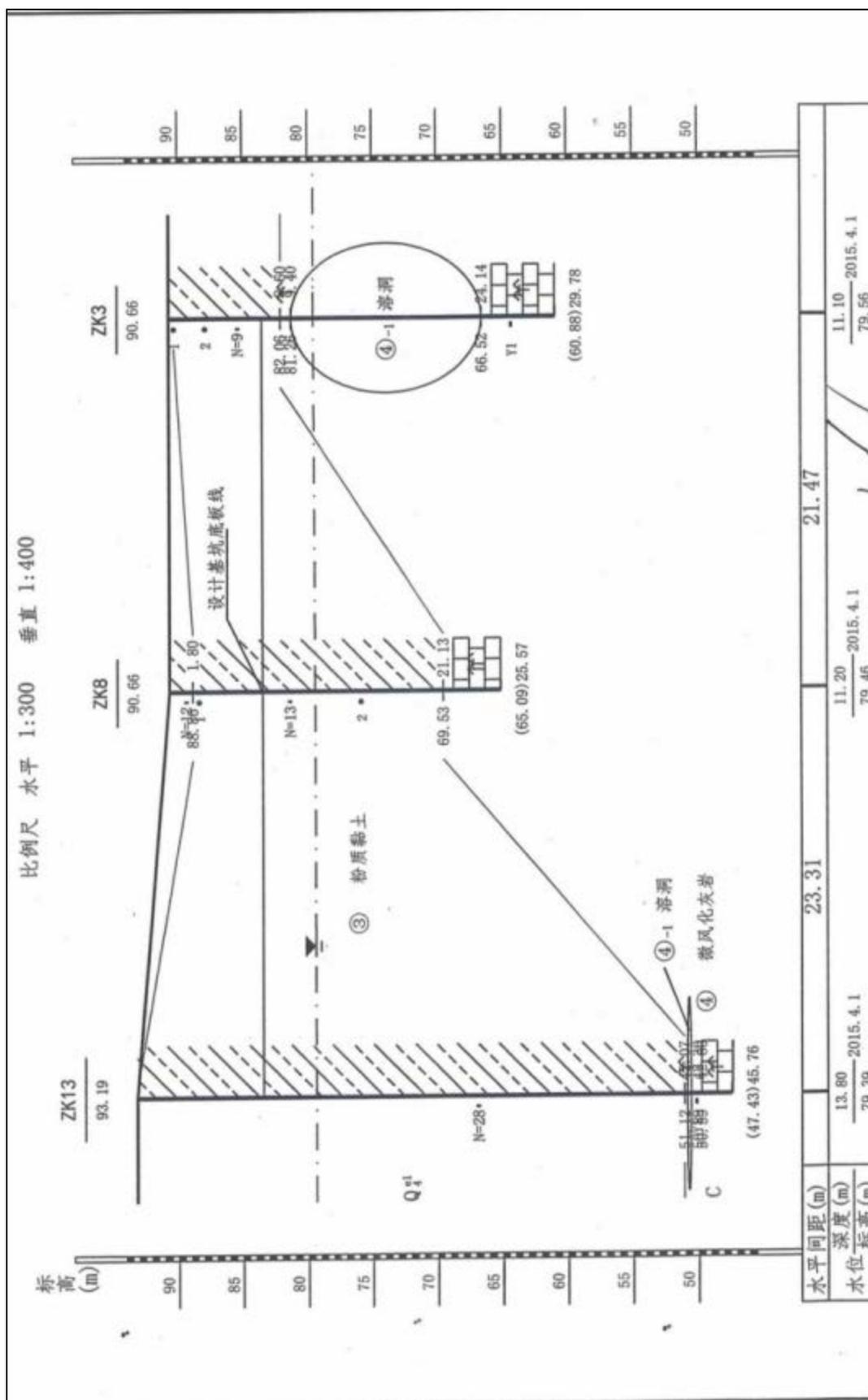


图 4-2 基岩面起伏较大

(二) 基岩面上覆层软化与岩溶发育程度的关系

1、基岩面起伏较小，软化层大面积均匀分布，岩溶发育一般

统计分析含软化层的工勘资料，当上覆土层出现软化现象，标贯相对较低，液性指数较高，往往是软塑或者可塑状态。原因：大气降水等渗入地下岩土层，通过土层空隙，往灰岩层渗入，由于微风化灰岩层裂隙很少，积水汇集到基岩表面的土层，随着含水量升高，积水导致上覆土层出现软化，标贯击数可由二十以上突然下降到四以下。软化层厚度一般是2到4米，大面积均匀分布。

以英东大厦为例，场地位于云城区翠石路，报告钻孔控制深度范围内，揭露有第四系填土层、冲积层、残积层及石炭系微风化灰岩。钻孔见洞隙率26.7%，溶洞最大高度8.50m，属于溶洞强发育地区，基岩面上覆层为粉质粘土，粉质粘土层标贯击数较低现象，见图4-3。

当软化层埋深较浅时，对于天然地基，应力范围内该层会对地面建筑物产生危害；对于桩基施工，尤其是钻孔桩，在此位置容易产生桩的崩坍现象。当基坑接近软化层时，可能会导致底涌。

在岩土界面上存在软化层时，应验算地基的整体稳定性，尤其是位于坡地、洼地或冲沟地带，存在局部软弱土层，应验算下卧层的强度及不均匀变形；淤泥和淤泥质土，宜利用其上覆较好土层作为持力层，当上覆土层较薄，应采取措施避免施工队淤泥和淤泥质土的扰动；局部软弱土层以及暗塘，暗沟等，可采取基础梁架越、换填、设置增强体或其他方法处理换填法可用于此类软化层单位浅层处理。

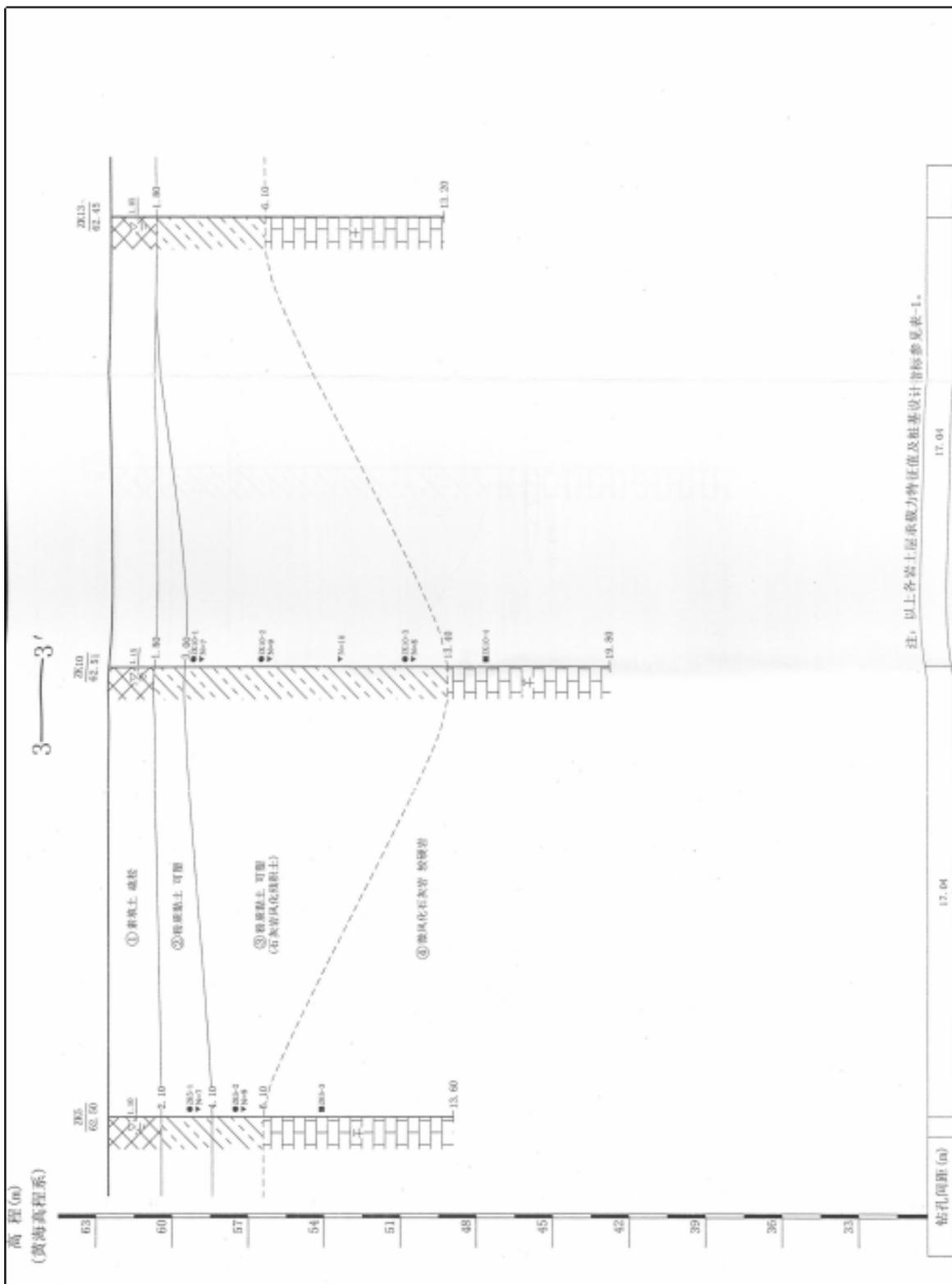


图 4-3 标贯击数较低，岩面软化

2、上覆软化层不均匀，易成土洞，岩溶强发育

经调查资料统计分析，当上述软化层局部厚度变大，形成侵蚀球体，厚度继续加大时，将会形成土洞，不均匀的软化层，上覆土层压力的形成是通过应力拱起。这种类型的应力拱的特点是发育周期很短，据现有资料，一般在一两年之内可以发育出来，并且产生崩塌，并且具复活性，继承性，原来曾经坍塌过的土洞，经过一段时间后，在原来的位置又能形成新的土洞，产生坍塌。当应力拱能承受上层压力时，各土层相对较稳，若因为某种原因，导致应力超过应力拱极限，将会导致崩塌，对地面建筑具有极大危害性，甚至造成毁灭性灾害。尤其是当土洞可能发育的水平尺寸，接近或者大于建筑物的基础尺寸，往往危险性很大。当软化层上覆土层厚度大体在 10 至 20 米左右时，此时土洞最危险，易发育，危害大；上覆土层厚度小于 5 米的浅层土层对基础的影响很小；上覆土层大于 30 米深层的土洞虽然容易发育变大，但是发育周期较长，早期钻孔易发现，对上层建筑危害较小。

以碧桂园五号地块为例，场地位于高峰街道，报告钻孔控制深度范围内，揭露有第四系填土层、冲积层、溶蚀层及石炭系强、中、微风化灰岩。钻孔见洞隙率 47.4%，属岩溶强发育地区，溶洞最大高度 6.75m，场地范围内，溶蚀层见孔率约 89.5%。溶蚀层是土洞发展的前期阶段，成分极不均匀，主要为粘性土或粉土，见图 4-4。该溶蚀层土洞是第四系堆积物经岩溶水溶蚀作用形成，与溶洞发育关系密切。

在地下水强烈活动于岩土交界面的地区，应考虑有地下水作用所形成的土洞对地基的影响，预测地下水位在建筑物使用期间的变化趋势。除已查明的土洞，尚应沿基槽进一步查明土洞的特征及分布情况。软化层区域不宜采用天然地基。

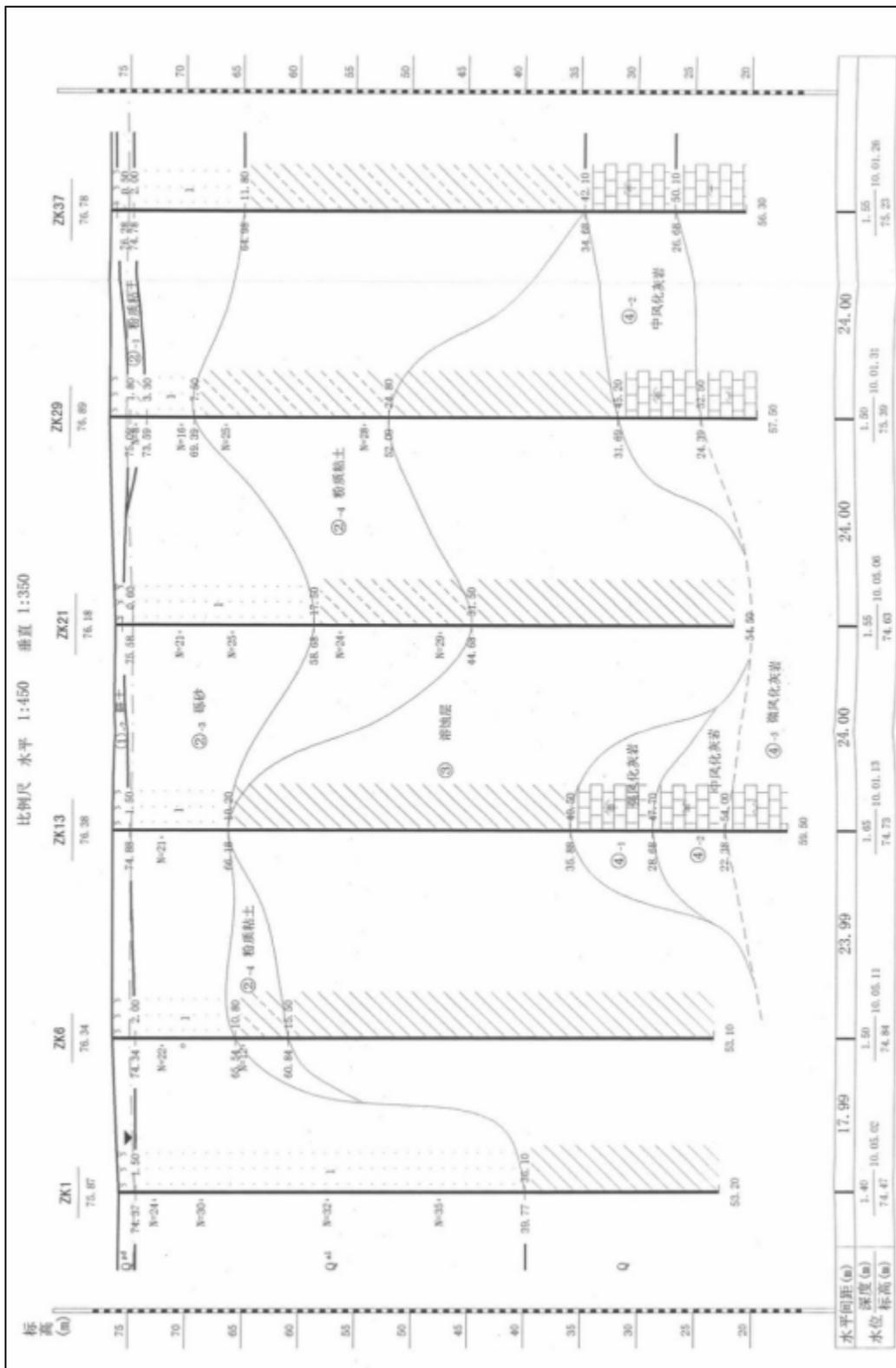


图 4-4 土洞、溶蚀层

二、地层结构及岩土特征

1、第四系填土层

①-1 素填土

分区内普遍分布，平均层厚 2.58m，平均埋深 0.00m。主要呈褐黄色、灰黄色，较湿~湿，主要由粘性土和碎石、砾石等物回填，部分结构区域结构松散，欠压实。

2、第四系冲洪积层

②-1 主要分布于河流两岸的河流阶地、河床、山前坡地以及山间凹地等，沿线范围内分布面积较大，土性主要为淤泥、粉质粘土、粘土、粉砂、中粗砂等，为新近沉积形成，厚度一般在 5~40m，其中淤泥呈流塑状~软塑状，粉质粘土呈软塑~可塑状；砂土松散~中密状。冲洪积层土质不均，厚度变化大，工程力学性质差异较大。

②-2 粉质粘土

分区内部分钻孔揭露，平均层厚 2.81m，平均埋深 2.09m，主要呈灰黄色，褐黄色，湿，可~硬塑，含少量砾粒，局部见卵石，粘性一般。

②-3 粉细砂

分区内部分钻孔揭露，平均层厚 2.40m，平均埋深 4.69m，灰色、深灰色，饱和，松散，主要成分为石英，粘粒含量 10~20%，局部含淤泥，卵石。

②-4 淤泥质土

分区内普遍分布，平均层厚 2.77m，平均埋深 6.42m，主要呈浅灰色~深灰色，软~流塑，湿~饱和。以粘粒和粉粒为主，含少量砾石和砂砾，局部见卵石，以及腐植质。

②-5 粉土

分区内普遍揭露，平均层厚 3.85m，平均埋深 7.50m，主要呈黄白色、土黄色，湿，可塑。主要有粘粒与粉粒组成，偶见褐黄色强风化灰岩碎块。

3、第四系残、坡积层

该岩性组由残坡积土(Q^{el+dl})组成，分布于区内山前坡地、山间凹地的坡脚，主要为各类基岩风化的产物，以粉质粘土、砂质粘性土为主，主要分布于山坡表面，厚度变化较大 3.3~20.5m，层位不稳定，工程地质性质一般。

③-1 粉质粘土

调查区广泛分布。土层呈褐红色，黄褐色，稍湿，硬塑，主要成分为粉粒，含少量粘粒，干强度高，属低~中压缩性土层。平均层厚 5.89m，顶板标高 12.32m。

③-2 砂质粘性土

调查区部分分布，褐红间白色，系花岗岩质原地风化而成，原岩结构可辨，地震无反应，光泽反应稍有光泽，干强度及韧性中等，硬塑状态。主要分布于沿线坡地及丘包上，平均厚度 7.54m，埋深 18.67m，属于II级普通土。

4、石炭系测水组灰岩

④-1 强风化灰岩

区域内共 120 孔有分布，见孔率 4.75%，平均层厚 6.50m，平均埋深 18.65m。主要呈深灰色、灰黑色、土黄色，岩石结构、构造已大部分破坏，矿物成分显著变化。岩体基本质量等级为V级。

④-2 中风化灰岩

区域内共 204 孔有分布，见孔率 8.07%，平均层厚 5.79m，平均埋深 22.55m。主要呈灰褐色、灰白色间白色条带状，碎块状构造，敲击易碎，裂隙发育。岩体

基本质量等级为IV级。

④-3 微风化灰岩

区域内共 1516 孔有分布,见孔率 60.00%.平均层厚 7.55m,平均埋深 30.98m。主要呈青灰色、灰白色间白色条带状,隐晶结构,块状构造,岩体较完整,岩质较硬,偶见含炭,部分竖向节理裂隙发育,岩体基本质量等级为III级。

三、工程地质分区特征

1、人工填土层为新近填土,未完成自重固结,土质不均匀,力学性质不稳定,分布不连续,承载能力低,若未经处理,则不能选作拟建建筑物的基础持力层。

2、冲积可塑状粉质粘土层承载能力较低,分布不稳定、厚度较小;冲积淤泥层及淤泥质土层为软土,承载能力低;中砂层、粗砾砂层承载能力较高,但分布不稳定,均不能选作拟建建筑物的基础持力层。中砂层、粗砾砂层为透水层,渗透性好,为场区富水层,对基坑开挖不利。

3、第四系洪积成因的含淤泥粉质黏土层分布不连续,厚度不大,工程性能较差的不宜作为拟建物的基础持力层,部分地段卵砾石夹沙质黏土,分布连续,视情况可作为拟建低层建筑物浅基础持力层。

4、残积土粉质粘土层承载能力较高,分布较稳定地段可作为一般多层建筑物浅基础持力层。

5、强风化岩分布普遍、连续、地基承载能力较高,埋深较小的地段可作为拟建建筑物浅基础持力层,埋深大的地段可选作拟建建筑物的预应力混凝土管桩基础持力层。

6、中风化岩带强度高，可选作拟建建筑物的钻、冲孔桩基础持力层。

7、微风化岩分布普遍、连续、厚度一般，地基承载力高，可作为拟建物桩基础的持力层。

8、针对溶洞发育地段，若采用钻孔灌注桩，应首先钻穿岩溶发育段，达到稳定岩层做桩端持力层。

第二节 岩溶非发育灰岩区 (II)

调查区溶洞不发育的灰岩区的位置大致位于荷香路、宝马路、浩林东路、城北村委会、英东体育馆中心以及兴云东路部分地段，总面积约 0.65 平方公里，占比约 0.42%。据工勘资料统计，分区内共有 274 孔揭露有灰岩，且无溶洞发育。基岩中含少量砂页岩，砂页岩受到变质作用，该区岩溶不发育。

一、地层结构及岩土特征

1、第四系填土层

①-1 素填土

分区内钻孔普遍揭露,厚薄不均,平均层厚 2.42m,平均埋深 0.00m。主要呈褐黄色、灰黄色,较湿~湿,主要由粘性土和碎石、砾石和砂等物回填,部分结构区域结构松散,欠压实。

2、第四系冲洪积层

主要分布于河流两岸的河流阶地、河床、山前坡地以及山间凹地等,沿线范围内分布面积较大,土性主要为淤泥、粉质粘土、粘土、粉砂、中粗砂等,为新近沉积形成,厚度一般在 6~40m,其中淤泥呈流塑状~软塑状,粉质粘土呈软

塑~可塑状；砂土松散~中密状。冲洪积层土质不均，厚度变化大，工程力学性质差异较大。

②-1 粉质粘土

区域内普遍分布，平均层厚 4.89m，平均埋深 2.91m，主要呈灰黄色，褐黄色，湿，可~硬塑，以粘粒和粉粒为主，含少量砾粒，局部见卵石，粘性一般。

②-2 粉细砂

区域内共 31 孔有分布，见孔率 11.31%，平均层厚 3.89m，平均埋深 5.12m，灰色、深灰色，饱和，松散，主要成分为石英，粘粒含量 10~20%，局部含淤泥，卵石。

②-3 粉土

区域内普遍分布，平均层厚 6.56m，平均埋深 10.42m，主要呈黄白色、土黄色，湿，可塑。主要有粘粒与粉粒组成，偶见褐黄色强风化灰岩碎块。

②-4 淤泥质土

区域内共 18 孔有分布，见孔率 6.57%，平均层厚 3.04m，平均埋深 9.65m，主要呈浅灰色~深灰色，软~流塑，湿~饱和。以粘粒和粉粒为主，含少量砾石和砂砾，局部见卵石，以及腐植质。

3、第四系残、坡积层

该岩性组由残坡积土组成，分布于区内山前坡地、山间凹地的坡脚，主要为各类基岩风化的产物，以粉质粘土、砂质粘性土为主，主要分布于山坡表面，厚度变化较大 3.3~20.5m，层位不稳定，工程地质性质一般。

③-1 粉质粘土

调查区广泛分布，平均厚度 6.52m，平均埋深 15.75m，土层呈褐红色，黄褐色，

稍湿，硬塑，主要成分为粉粒，含少量粘粒，干强度高，属低~中压缩性土层。

③-2 砂质粘性土

调查区部分分布，平均厚度 5.56m,平均埋深 17.29m。主要呈褐红间白色，系花岗岩质原地风化而成，原岩结构可辨，摇震无反应，光泽反应稍有光泽，干强度及韧性中等，硬塑状态。主要分布于沿线坡地及丘包上,属于II级普通土。

4、石炭系测水组灰岩

④-1 强风化灰岩

区域内共 17 孔有分布，见孔率 5.84%.平均层厚 3.90m，平均埋深 16.88m。主要呈深灰色、灰黑色、土黄色，岩石结构、构造已大部分破坏，矿物成分显著变化。岩体基本质量等级为V级。

④-2 中风化灰岩

区域内共 25 孔有分布，见孔率 9.12%.平均层厚 4.73m，平均埋深 19.68m。主要呈灰褐色、灰白色间白色条带状，碎块状构造，敲击易碎，裂隙发育。岩体基本质量等级为IV级。

④-3 微风化灰岩

区域内共 198 孔有分布，见孔率 72.26%,平均层厚 4.75m，平均埋深 21.27m。主要呈青灰色、灰白色间白色条带状，隐晶结构，块状构造，岩体较完整，岩质较硬，偶见含炭，部分竖向节理裂隙发育，岩体基本质量等级为III级。

二、工程地质分区特征

1、人工填土层为新近填土，未完成自重固结，土质不均匀，力学性质不稳定，分布不连续，承载能力低，若未经处理，则不能选作拟建建筑物的基础持力

层。

2、冲积可塑状粉质粘土层承载能力较低，分布不稳定、厚度较小；冲积淤泥层及淤泥质土层为软土，承载能力低；中砂层、粗砾砂层承载能力较高，但分布不稳定，均不能选作拟建建筑物的基础持力层。中砂层、粗砾砂层为透水层，渗透性好，为场区富水层，对基坑开挖不利。

3、第四系洪积成因的含淤泥粉质黏土层分布不连续，厚度不大，工程性能较差的不宜作为拟建物的基础持力层，部分地段卵砾石夹沙质黏土，分布连续，视情况可作为拟建低层建筑物浅基础持力层。

4、残积土粉质粘土层承载能力较高，分布较稳定地段可作为一般多层建筑物浅基础持力层。

5、强风化岩分布普遍、连续、地基承载能力较高，埋深较小的地段可作为拟建建筑物浅基础持力层，埋深大的地段可选作拟建建筑物的预应力混凝土管桩基础持力层。

6、中风化岩带强度高，可选作拟建建筑物的钻、冲孔桩基础持力层。

7、微风化岩分布普遍、连续、厚度一般，地基承载力高，可作为拟建物桩基础的持力层。

第三节 硫铁矿破碎发育区（III）

广东云浮硫铁矿是国家“六五”计划重点建设项目之一，于1979年开始大规模兴建，1988年1月建成投产，是我国最大的硫铁矿矿山，素有“东方硫都”之美誉，探明硫铁矿储量为2.08亿吨，居世界前列。云硫矿区探明硫铁矿储量为2.08亿吨，居世界前列，矿石平均含硫31.04%，是生产硫酸的优质化工原料。

硫铁矿位于华南褶皱系云开隆起的北段，罗定盆地的南缘，吴川—四会断裂带中段的西北侧，云浮大蚮山背斜的北东倾伏端。区内褶皱，断裂构造发育，岩浆活动强烈。大蚮山旋转构造总体呈一个穹隆状，矿床，矿点围绕“穹隆”呈环带分布。分区山坡坡度一般 $10\sim 30^\circ$ ，植被较发育，自然山体较稳定，沟谷较发育，地形切割较强烈，地表自然排水条件良好。地形地貌条件复杂。

一、断层影响带

分区属侵蚀构造中山与构造剥蚀低山丘陵接壤地带地貌。主要包括两个断裂影响带，第一个断裂带位于环市中路西侧，沿北东方向分布，表现为泥盆系、石滩系的接触界限，发育厚度较大，包括了云浮硫铁矿，西北盘围岩受构造的影响，十分破碎，裂隙发育，往往造成该地段（硫铁矿）边坡，滑坡的一个重要原因，环市东路侧的建筑尤其需要注意。第二个断裂带沿东南方向分布，形成一条深切的山沟地貌。以新世纪广场为例，场地位于环市中路，报告钻孔控制深度范围内，揭露有第四系冲积层及石炭系强、中、微风化灰岩，基岩层面呈西低东高，最大高差25m。场地位于吴川四会断裂带影响区域，位于地质图上F1（附图3）断裂带，地层剖面图可见逆断层。

二、地层结构及岩土特征

根据区域资料、矿山勘查资料及实地调查资料，区内出露地层有前泥盆系，泥盆系中下统桂头群、中统老虎坳组、上统天子岭组、帽子峰组，石炭系下统岩关阶孟公坳组，侏罗系下统，白垩系下统及第四系。

1、第四系

1) 洪积层

为泥、砂、砾及巨砾等松散沉积层，含砂锡。厚度0~10m。

2) 沼泽沉积

不整合于洪积层及其他地层之上。下部：含铁角砾岩及含铁粘土，厚度0~1.5m。上部：沼铁矿，层理明显，单层厚度0.5~1.2m，全厚2~27m。本层含丰富的植物化石。

3) 残积坡层

主要为粉质粘土、含砾粉质粘土，间夹碎石、砾石和岩屑碎块。区域内部分分布，厚薄不均，要呈灰黄色、褐黄色，厚度5~20m。

4) 河床、河漫滩冲积层

由淤泥、细砂、砂砾、砾石、巨砾组成的松散沉积物，含砂锡矿。厚度14m。

2、基岩层

1) 白垩系下统

岩性为紫红色砾岩、花岗质砂砾岩及砂岩。厚度>100m。

2) 侏罗系下统

下部：厚层状角砾岩、砂砾岩及粗砂岩。砾石棱角状至半滚园状，大小0.2~4cm，成份为细粒石英岩及脉石英。厚度25m。中部：含砾粗砂岩、长石石英砂岩、板岩、炭质页岩。含植物化石。厚度>10m~170m。上部：含砾砂岩、砂岩、页岩、红柱石板岩，厚度60m。

3) 石炭系下统岩关阶孟公坳组

岩性上部白云岩、白云质结晶灰岩，产珊瑚及海百合茎化石，北部相变千枚岩，夹砂岩、灰岩。下部硅质条带结晶灰岩，部分强烈大理岩化。厚度580m。

4) 泥盆系

分区主要有炭质千枚岩、石英岩及脉石英、炭质粉砂岩、硅质岩、千枚岩等。

5) 前泥盆系

下部细粒石英岩夹炭质千枚岩、层凝灰岩砾岩。中部细粒石英岩夹变质炭质粉砂岩。上部绢云母石英片岩、含锰粉砂岩、炭质千枚岩。

三、工程地质分区特征

1、残积粉质粘土，状态以可塑为主，局部硬塑或坚硬，压缩性中等，强度稍高，零星分布，厚度普遍不大，不宜作为拟建建筑物桩端持力层。

2、全风化泥质粉砂岩，强度较高，工程力学性质稍好，埋藏一般稍深，局部较浅，分布不连续，厚度普遍不大，不宜作为拟建建筑物桩端持力层。

3、强风化泥质粉砂岩（土状），强度较高，工程力学性质较好，埋藏一般稍深，局部较浅，分布较连续，厚度普遍较大，可作为拟建低层建筑物的基础持力层，不宜作为拟建高层建筑物的桩端持力层。

4、强风化泥质粉砂岩（半岩半土状）、强风化泥质粉砂岩（岩状），强度高，工程力学性质好，埋深起伏较大，埋藏浅的地段可用作拟建低层建筑物的基础持力层，而厚度大的地段可考虑用作拟建建筑物的桩基础持力层。

5、中风化泥质粉砂岩（破碎状），强度高，工程力学性质良好，埋藏较深，可作为拟建建筑物的基础持力层，但岩石破碎，影响其强度的发挥。

第四节 其他区域（IV）

云城区地层岩性复杂，将除灰岩地区（I、II）、硫铁矿破碎发育区外的其他

区域统一划分为其他区域 (IV)，其中丘陵是这一分区的主要地貌，部分平原地貌。调查区丘陵多沿山地边缘发育，高丘陵海拔 250~450 米之间，低丘陵海拔 100~250 米之间。低丘陵坡度平缓，多为 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。云城区西缘、南缘为高丘陵区，北面 and 东面是低丘陵区，山坡平缓，风化层厚。河口、安塘、腰古、杨柳石巷、思劳冲坑一带的低丘陵，呈孤岛状残留于河谷平地之上、海拔一般第于 200 米，风化层较肥厚，有众多小谷地。总面积 96.69 平方公里，占比 62.20%。

一、地层结构及岩土特征

1、第四系填土层

①-1 素填土、耕填土

分区边界有少量分布，主要位于居民生活区，平均层厚 1.55m，平均埋深 0.00m。主要呈灰褐色、灰白色、灰黑色，松散，较湿~湿，主要由粘性土和碎石、砾石、砂和碎砖头等物回填，部分结构区域结构松散，欠压实。

2、第四系冲洪积层

主要分布于河流两岸的河流阶地、河床、山前坡地以及山间凹地等，沿线范围内分布面积较大，土性主要为淤泥、粉质粘土、粘土、粉砂、中粗砂等，为新近沉积形成，厚度一般在 5~40m，其中淤泥呈流塑状~软塑状，粉质粘土呈软塑~可塑状；砂土松散~中密状。冲洪积层土质不均，厚度变化大，工程力学性质差异较大。

②-1 粉质粘土

区域内普遍分布，平均层厚 4.02m，平均埋深 2.47m，主要呈灰黄色，褐黄色，湿，可~硬塑，含少量砾粒，局部见卵石，粘性一般。

②-2 粉细砂

区域内普遍分布，见孔率，平均层厚 2.91m，平均埋深 3.52m，灰色、深灰色，饱和，松散，主要成分为石英，粘粒含量 10~20%，局部含淤泥，卵石。

②-3 粉土

区域内普遍分布，平均层厚 6.41m，平均埋深 9.22m，主要呈黄白色、土黄色，湿，可塑。主要有粘粒与粉粒组成，偶见褐黄色强风化灰岩碎块。

②-4 淤泥质土

区域内共 12 孔有分布，见孔率 4.82%，平均层厚 3.26m，平均埋深 6.53m，主要呈浅灰色~深灰色，软~流塑，湿~饱和。以粘粒和粉粒为主，含少量砾石和砂砾，局部见卵石，以及腐植质。

3、第四系残、坡积层

③-1 该岩性组由残坡积土(Q^{el+dl})组成，分布于区内山前坡地、山间凹地的坡脚，主要为各类基岩风化的产物，以粉质粘土、砂质粘性土为主，主要分布于山坡表面，厚度变化较大 3.3~20.5m，层位不稳定，工程地质性质一般。

③-2 粉质粘土

调查区广泛分布，平均层厚 6.28m，平均埋深 14.68m，土层呈褐红色，黄褐色，稍湿，硬塑，主要成分为粉粒，含少量粘粒，干强度高，属低~中压缩性土层。

③-3 砂质粘性土

调查区广泛分布，平均厚度 4.76m，平均埋深 16.52m。主要呈褐红间白色，系花岗岩质原地风化而成，原岩结构可辨，摇震无反应，光泽反应稍有光泽，干强度及韧性中等，硬塑状态。主要分布于沿线坡地及丘包上，属于Ⅱ级普通土。

③-4 红黏土

区域内部分钻孔揭露，平均厚度 9.50m，平均埋深 7.89m。主要呈的红黏土层，含水量高，孔隙比打，透水性较差，有一定的胀缩性。

4、燕山期、石炭系风化基岩

④-1 全风化砂岩

分区共 16 孔有揭露，见孔率 6.43%。平均厚度 10.24m,平均埋深 18.56m。主要呈灰黄色，褐黄色，结构构造已基本破坏，岩质较软，极破碎，岩体基本质量等级V类。

④-2 强风化砂岩

分区共 19 孔有揭露，见孔率 7.63%。平均厚度 7.83m,平均埋深 25.21m,主要呈褐黄色、灰黄色，岩石风化强烈且不均匀，结构构造大部分已破坏，易碎，颜值很软，极破碎，岩体基本质量等级为V类。

④-3 中风化砂岩

分区共 24 孔有揭露，见孔率 9.64%。平均厚度 3.90m,平均埋深 31.23m。主要呈褐黄色、褐灰色、暗褐色，砂状结构，层状构造，岩石裂隙较发育，岩质较软，较破碎，岩体基本质量等级为V类。

④-4 强风化板岩

区域内共 6 有揭露，见孔率 2.41%，平均层厚 XX，平均埋深 XX，主要呈浅灰~灰褐色、红褐带黄色，岩石结构构造已部分破坏，构造层理不甚清晰；岩石已风化呈土夹碎石状，碎石用手可捏成砂状。

④-5 中风化板岩

区域内共 6 孔有分布，见孔率 2.41%，平均层厚 XX，平均埋深 XX，主要

呈灰褐色，砂质结构，板状狗仔。岩芯呈碎石、碎块状。风化裂隙发育。

④-6 微风化大理岩

区域内共 22 个孔有揭露，见孔率 8.84%。平均厚度 6.84m，平均埋深 18.56m。主要呈灰白间红色，岩质新鲜、致密坚硬，局部机械破碎呈块状，裂隙较发育。

二、工程地质分区特征

第四系人工填土层，分布连续，厚度较大，呈松散~稍密状，不宜作为拟建物的基础持力层

第四系冲积的粉土层，分布较连续，厚薄不均，呈松散状，雨水浸润扰动易软化，经地基处理后，可作为拟建物浅基础的持力层。

第四系残积的粉土层，分布较连续，厚薄不均，呈稍密状，可作为拟建物浅基础的持力层和下卧层。

第四系残积的红黏土层，分布连续，厚度大，呈可塑状，不宜作建筑物的基础持力层。

全风化砂岩层，岩面埋深变化大，岩芯呈土块状，岩石风化为粉质粘土或黏土，雨水易软化崩解，具有一定的承载力，不宜作为拟建建筑物桩端持力层。

强风化板岩层：分布连续，厚度较大，埋深变化大，部分区域可作为拟建物基础的持力层。

中风化板岩层：分布连续，厚度较大，可作为拟建物桩基础的持力层。

微风化大理岩，分布连续，厚度大，强度高，可作为拟建物桩基础的额持力层。

第五章 地基基础方案建议

第一节 地基基础方案选型建议

一、基础选型原则

(一) 天然地基

自然状态下即可满足承担基础全部荷载要求，不需要人工处理的地基。主要分为岩石、碎石土、砂土、粘性土四大类。根据建筑体形、结构特点、荷载性质等，在场地地层结构及岩土特征满足要求的情况下，考虑到经济性，优先采用天然地基。针对浅层软弱土层或不均匀土层可采用换填法对地基进行处理。

(二) 预应力混凝土管桩基础

根据场地工程地质特征以及环境条件，从工程造价、施工进度与安全等方面考虑，建议采用预应力混凝土管桩基础。根据基桩荷载要求选择强风化岩带作桩端持力层，桩基施工可采用锤击或静压方式，桩端进入持力层深度应满足规范要求。

管桩施工速度快，成桩质量有保证，检测容易，工期短，造价较低。

场地内局部相邻钻孔揭露强风化岩带位埋深相差较大，桩长变化较大，桩基施工有一定难度。可能出现相邻承台或同一承台桩基桩长相差较大的不良现象，导致桩基施工配桩困难。因此结构设计工程师在进行桩基设计时，应根据场地内钻孔地质资料及岩层的分布结构特征，逐一分析每(单)栋建筑物场地内岩层的分布结构，综合确定桩长和桩端主要持力层。

场地局部地段分布稍密-中密砂层，对管桩施工有一定影响，建议应在有代表性的位置进行试打(压)桩，积累施工现场经验，确定终桩控制标准。桩基施工可以最后贯入度或终压力值作为终桩控制标准，桩径建议为 $\phi 400\text{mm}$ 或 $\phi 500\text{mm}$ ，预估桩长 30~40m，具体桩长应根据持力层埋深及现场沉桩阻力等综合确定。桩基施工后，应按国家标准要求，进行桩基动测检测和静载荷试验。单桩竖向承载力特征值按广东省标准《建筑地基基础设计规范》(DBJ15-31-2003)第 10.2.3 条规定计算：

$$R_a = u \sum q_{sia} l_i + q_{pa} A_p$$

式中： R_a ——单桩竖向承载力特征值；

q_{sia} ——第 i 土层桩侧的摩阻力特征值；

q_{pa} ——桩端持力层端阻力特征值；

u ——桩身外周长；

l_i ——第 i 层土的厚度；

A_p ——桩身截面面积。

桩周岩土的摩阻力特征值(q_{sia})、端阻力特征值(q_{pa})建议值见表 7.2.1。

(三) 钻（冲）孔灌注桩基础

采用钻（冲）孔灌注桩，可以获得较大的竖向承载力，并从钻出来的岩粒确认岩质状况；桩基穿过残积土、全（强）风化层进入连续、稳定的中风化岩层作为持力层。但场地中风化岩顶面埋深变化大，施工难度相对较高。主要缺点是废弃泥浆处理困难，场地环境管理要求较严格，工期长，造价较高。桩基主要设计参数见表 7.2.1，桩全断面嵌入岩层深度应大于 0.50 米。单桩竖向承载力特征值

可按下列公式进行计算：

$$R_a = R_{sa} + R_{ra} + R_{pa}$$

$$R_{sa} = u \sum q_{sia} l_i$$

$$R_{ra} = u_p C_2 f_{rs} h_r$$

$$R_{pa} = C_1 f_{rp} A_p$$

f_{rs} 、 f_{rp} —分别为桩侧岩层和桩端岩层的天然湿度单轴抗压强度， C_1 、 C_2 为系数，根据持力层基岩完整程度及沉渣厚度等因素而定，其他字母所代表的含义请参照《建筑地基基础设计规范》(DBJ15-31-2003)第10.2.4节，其系数 C_1 取0.32， C_2 取0.04。桩端扩大头时，扩大头斜面部分取 $C_2=0$ ，当桩端嵌入基岩深度 $h_r < 0.5m$ 时，取 $C_2=0$ 。

设计工程师可在建筑设计方案确定后，根据柱荷载大小、工期要求、地质条件和现场环境条件等，对上述方案进行技术、经济条件方面的综合分析比较，择优选用。

二、分区选型建议

根据基础选型原则，针对不同区域工程地质特征，云城区四个地质分区的地基基础选型建议见下表5-1。

表 5-1 分区选型建议

分区		工程地质特征	地基基础选型建议
岩溶发育区	裸露型 (I ₁)	以孤峰、石芽的溶丘平原为特色、地下发育了多层溶洞及地下河等，表层覆盖层极薄，主为灰岩风化后产物	建议采用天然地基
	覆盖型 (I ₂)	上覆松散层厚为 5~40m，由于水的潜蚀作用，岩溶区带内不同程度地发育了溶（土）洞	中、低层建筑建议采用天然地基，高层及超高层建筑建议依据覆盖层的工程地质条件选用以强风化灰岩层为持力层的预应力管桩基础或以中/微风化岩层作为持力层的钻（冲）孔桩基础或灌注桩基础，桩端全断面嵌入完整微风化岩不小于 1D，桩端以下完整微风化岩厚度不小于 3D，如遇溶洞时且需穿过溶洞
岩溶非发育灰岩区(II)		上覆松散层厚为 6~40m，地处灰岩发育区，但区内溶（土）洞不发育	中、低层建筑建议采用天然地基，高层及超高层建筑建议依据覆盖层的工程地质条件选用以强风化灰岩层为持力层的预应力管桩基础或以中/微风化灰岩层作为持力层的钻（冲）孔桩基础或灌注桩基础
硫铁矿破碎发育区 (III)		区内硫铁矿发育	主要为矿区，不适宜直接建筑，建议进行专项矿山治理后再进行施工建筑。
其他区域 (IV)		区内主要地貌为丘陵，部分为平原地貌，上覆松散层厚为 6~20m，基岩主要为板岩、砂岩等	(1) 平原区：中、低层建筑建议采用天然地基，高层及超高层建筑建议依据覆盖层的工程地质条件选用以强风化灰岩层为持力层的预应力管桩基础或以中/微风化灰岩层作为持力层的钻（冲）孔桩基础或灌注桩基础； (2) 丘陵区：主要为中低层建筑，基岩埋深较浅，建议采用天然基础

(一) 岩溶发育区 (I)

1、裸露型(I₁)

该分区以孤峰、石芽的溶丘平原为特色、地下发育了多层溶洞及地下河等，表层覆盖层极薄，主为灰岩风化后产物，浅部地层多为风化岩层，力学性质好，承载力高，可采用天然地基浅基础，以强风化、中、微风化灰岩层做基础持力层，基础型式宜根据上部荷载情况采用独立柱基、条形基础或筏板基础。

2、覆盖型 (I₂)

该分区上覆松散层厚为 5~40m, 由于水的潜蚀作用, 岩溶区带内不同程度地发育了溶(土)洞, 分区场地岩土层按成因类型从上而下一般依次为人工填土层、冲积土层、残积土层和基岩。土层一般为可塑至硬塑, 当接近石灰岩面时, 由于含水量增大, 土层变为可塑或软塑, 甚至流塑。当建筑物的规模不大, 层数不多, 而上复土层有一定厚度及强度时, 基底荷载引起的地基附加应力影响范围有限, 对深部基岩中的溶洞影响很小, 溶洞是基本稳定的。

对于一般的中低层建筑, 若柱脚内力不太大, 应尽量利用上部覆盖(或经加固处理后)的土层作为地基持力层, 避免将基础直接支承在地质条件复杂多变的石灰岩层上, 以分散上部结构荷载, 减小溶洞顶板的附加应力。因此最理想的基础形式就是采用以基岩上面的可塑至硬塑土层为持力层的天然地基基础。如果场地上面填土层较厚或土质不好, 可采用换土方案进行处理, 处理时应分层夯实; 也可采用架空地板代替室内填土、设置地下室或半地下室等方案来满足地基承载力的要求, 减小建筑物沉降及不均匀性沉降。

高层及超高层建筑建议依据覆盖层的工程地质条件选用以强风化灰岩层为持力层的预应力管桩基础或以中/微风化岩层作为持力层的钻(冲)孔桩基础或灌注桩基础, 桩端全断面嵌入完整微风化岩不小于 1D, 桩端以下完整微风化岩厚度不小于 3D, 如遇溶洞时且需穿过溶洞。同一结构单元宜避免同时采用摩擦桩和端承桩, 当受条件限制不得不采用时, 则应估计其可能产生的差异沉降对上部结构的影响, 必要时应有相应的加强措施。

采用钻(冲)孔灌注桩, 施工时应采取有效措施, 防止出现缩孔、塌孔、孔底沉渣等现象, 保证成孔和水下浇筑砼的质量。建议针对岩面起伏较大的区域应

进行超前钻以详细查明基岩岩面埋深、风化程度及溶洞发育情况，保证桩端持力层厚度满足设计和规范要求。

采用预制桩，施工前建议进行试桩，以核实施工条件及单桩承载力。施工时应注意及采取有效措施减少挤土效应对相邻桩的影响，桩基竣工后应按规范要求进行桩基检测。同时由于桩身穿过土层后直接与持力层灰岩层解除，施工时应注意异常情况，避免出现断桩或桩尖沿倾斜岩面滑异现象。静压预制桩的沉装挤土效应明显，应注意施工顺序，以免对相邻建筑物及桩产生影响。

分区典型举例：

基础选型分析-恒大城二期-灌注桩	
地理位置	场地位于云浮市城北区环市西路禾利杰村旁
工程概况	建筑物为商业与住宅综合体，主塔楼33层，地下室1~2层，钢筋混凝土框架剪力墙结构。
基础形式	桩基础
基础等级	甲级
岩溶场地稳定性分析	不稳定：判定依据为岩溶强发育的场地（由见溶率50%判定）。 本项目岩溶场地不稳定性主要由见洞率（50.0%）判定的。水位变化幅度较大2~4m，但未风周边塌陷成群发育地段，但溶洞呈串珠式，岩面高差大，局部岩层上覆土层存在土洞。应慎重选择基础类型。
土洞稳定性分析及处理	有土洞，且上覆土层含砂性土，紧贴基岩面为厚薄不一的粉土，水位年变化幅度较大2~4m。可以判断土层不稳定并具备形成新土洞的可能。不应采用天然基础或复合地基。

<p>溶洞稳定性分析 及处理</p>	<p>采用管桩基础：1. 较难穿越碎石土层。2. 基岩面起伏较大，管桩基础较难可靠支承于岩面。3. 岩层有溶洞，为保证顶板稳定而取低单桩承载力，却难以满足建筑基底荷载要求。</p> <p>采用钻（冲）孔基础，支承于可靠岩层，收桩条件按第3点。可满足解决溶洞稳定性问题。</p>
<p>地基承载力及 变形</p>	<p>单桩承载特征值取 500~1000t，桩径取 1000~1500，应能满足基底荷载要求；桩端置于可靠微风化岩，变形是可以保证的。</p>

（二）岩溶非发育灰岩区（II）

该分区上覆松散层厚为 6~40m，地处灰岩发育区，但区内容（土）洞不发育。

中、低层建筑建议采用天然地基。在场地岩土工程地质条件、拟建建筑物的特征要求满足的前提下，其次考虑选用冲积层或残积层粉质粘土作为基础持力层，采用片筏基础，对部分区域的软弱土层以及不均匀需要进行深挖换填处理。

高层及超高层建筑建议依据覆盖层的工程地质条件选用以强风化灰岩层为持力层的预应力管桩基础或以中/微风化灰岩层作为持力层的钻（冲）孔桩基础或灌注桩基础。宜采用冲孔或旋挖灌注桩的成桩工艺。为了能使桩端座落在较完整的、厚度足够大的基岩上，应进行桩基超前勘察。

采用钻（冲）孔灌注桩，施工时应采取有效措施，防止出现缩孔、塌孔、孔底沉渣等现象，保证成孔和水中浇筑砼的质量。同时，场地基岩属于可溶性灰岩，该分区虽是岩溶非发育，但也建议施工前进行桩基超前钻探，以详细查明基岩岩面埋深、风化程度及溶洞发育情况，保证桩端持力层厚度满足设计和规范要求。

采用预制桩，施工前建议进行试桩，以核实施工条件及单桩承载力。施工时应注意及采取有效措施减少挤土效应对相邻桩的影响，桩基竣工后应按规范要求
进行桩基检测。同时由于桩身穿过土层后直接与持力层灰岩层解除，施工时应注
意异常情况，避免出现断桩或桩尖沿倾斜岩面滑异现象。静压预制桩的沉装挤土
效应明显，应注意施工顺序，以免对相邻建筑物及桩产生影响。

分区典型举例：

基础选型分析-文笔豪苑-灌注桩/预制桩	
地理位置	场地位于云浮市天柱路
工程概况	建筑物为商业与住宅综合体，主塔楼3~20层，地下室2层，钢 筋混凝土框架剪力墙结构。
基础形式	桩基础
基础等级	甲级
岩溶场地稳定 性分析	稳定：判定依据为岩溶强不发育的场地，周边无塌陷成群发育地 段，无活动性断裂，采空区及地面沉降，场地环境类型为II，弱 透水性土层，地下水具微腐蚀性。
土洞稳定性分 析及处理	无土洞，上覆土层含砂性土，紧贴基岩面为厚薄不一的粉质粘土， 水位年变化幅度较小。
地基承载力及 变形	单桩承载特征值取500~1000t，桩径取1000~1500，应能满足基 底荷载要求；桩端置于可靠微风化岩，变形是可以保证的。

(三) 硫铁矿破碎发育区 (III)

该分区内硫铁矿发育，地层岩性较为复杂，主要为矿区，不适宜直接建筑，

建议进行专项矿山治理后再进行施工建筑。

(四) 其他区域 (IV)

该分区区内主要地貌为丘陵，部分为平原地貌，上覆松散层厚为 6~20m，基岩主要为板岩、砂岩等。对于建筑场地位于不同地貌单元建议采用不同的基础选型。

1、平原区：

中、低层建筑，力学性质好的区域建议采用天然地基，对部分区域的软弱土层需要进行深挖换填处理。如果浅层土质不强，局部人工填土厚度大，天然地基不满足拟建工程承载力及变形的要求，亦可根据场地岩土工程地质条件、拟建建筑物的特征、周边环境因素等建议基础采用桩基础。

高层及超高层建筑建议依据覆盖层的工程地质条件选用以强风化粉砂岩层为持力层的预应力管桩基础或以中/微风化粉砂岩层作为持力层的钻（冲）孔桩基础或灌注桩基础；

2、丘陵区：主要为中低层建筑，基岩埋深较浅，建议采用天然基础。

分区典型举例

基础选型分析-梁桂坤、任光华住宅楼场地-复合地基/桩基础	
地理位置	场地位于云浮市云城区闻莺路与浩林西路交汇处
工程概况	建筑物住宅楼，楼高 4 层，钢筋混凝土框架剪力墙结构。
基础形式	天然地基/桩基础
基础等级	乙级
岩溶场地稳定	较稳定：判定依据为岩溶强见洞率 20%，周边无塌陷成群发育地

性分析	段，无活动性断裂，采空区及地面沉降，场地环境类型为II，弱透水性土层，地下水具微腐蚀性，经合理设计，采取措施，场地基本稳定。
土洞稳定性分析及处理	无土洞，且上覆土层砾砂质粉土透水性较差，水位年变化幅度较小。可以判断土层基本稳定并较难形成新土洞的可能。可考虑采用天然基础或复合地基。
地基承载力及变形	设置一层地下室后，基底位置有一定承载力粉质粘性土层，采用筏板基础能满足基底荷载要求；经验算岩面软弱下卧层，也能满足承载力需求；采用筏板基础，基底荷载在土层承载力范围内，基底土层基本均匀，复核变形，就能满足规范要求。

第二节 桩型的选择及成桩的可行性分析

调查区分区I、II、IV场地交通较为方便，各种桩基均可到位施工。针对不同场地工程地质特征、建筑设计要求等可选择预应力混凝土管桩基础以及钻（冲）孔灌注桩基础。

一、预应力混凝土管桩基础

（一）优点

若采用预应力混凝土管桩基础，根据基桩荷载要求选择基岩层作桩端持力层，桩基施工可采用锤击或静压方式，桩端进入持力层深度应满足规范要求。管桩施工速度快，成桩质量有保证，检测容易，工期短，造价较低。

（二）缺点

部分场地浅部人工填土及淤泥、淤泥质土具有较大负摩阻力，若采用预制管桩，需考虑负摩阻力对其的不利影响，且桩身在由上部软弱土层进入下部土层时容易出现桩顶滑移现象；上覆土层厚度变化较大，风化基岩厚度较不均匀，且仅有局部分布时不宜作为桩端持力层；若基岩层埋深大，如预应力管桩以此层作为桩端持力层，桩身在穿越较厚层时存在困难；基岩面起伏较大时，桩端容易滑移，岩溶较发育，溶洞顶板较薄，承载力难以确定。

岩溶地区，基岩上面的覆盖土层中，坚硬土层或密实砂层不多见，岩面上土层常呈软塑至流塑状，几乎不存在强化风层，基岩表面就是裸露的新鲜岩石，且岩面起伏变化大，甚至可能是斜面端承桩施工时易发生断桩，而摩擦桩则要注意岩溶地区土洞的不利影响。因此采用预制桩需要探明区域地层结构及岩土特征，如考虑工期及工程成本等因素采用预应力管桩，则必须在设计施工过程实施“双控”。

二、钻（冲）孔灌注桩基础基础

（一）优点

钻（冲）孔灌注桩的对地层的适应性强，可达到较深的桩端持力层；布桩灵活，可采用不同桩径和桩长。该基础具有较高承载力，高穿透性，能够避免地下水所产生的不良影响，且钻冲联合施工成本较低。此桩基型适用于岩溶发育，溶洞层数多，洞穴较小，且上部洞穴具有较小顶板厚度，易穿破上部顶板，直达下层溶洞顶板。可根据冲击声大小，经验性地估计顶板厚度，作为判断达到持力层

依据。可预先做超前钻，以明晰洞穴情况，后将冲击钻冲到目标岩层。

(二) 缺点

对于地下存在大溶洞情形，不适合选择此桩型，原因是在混凝土浇灌过程中易出现混凝土流失；施工时产生的泥浆对环境污染较大，施工速度慢，周期长，且遇有软弱土层时易产生缩径、塌孔等不良现象。

钻孔灌注桩施工时严格按有关规范规程要求施工，控制好泥浆稠度和失水率，以防止孔壁坍塌和泥皮过厚影响桩周土侧阻力；成孔后应及时清孔，尽量减少孔底残渣；同时采用有效措施及时运走多余泥浆，以防污染环境。采用钻（冲）孔灌注桩，石灰岩作桩端持力层，建议桩端全断面嵌入完整微风化岩不小于 1D，桩端以下完整微风化岩厚度不小于 3D，如遇溶洞时且需穿过溶洞。桩基施工完毕后，应按有关规范进行桩基检测，保证桩基础符合设计规范要求。

无论采用何种桩型，建议先进行试桩，取得相关参数或成功经验后，再根据场地工程地质特征以及环境条件，从工程造价、施工进度与安全等方面考虑，方可全面铺开。

第六章 结论与建议

第一节 结论

云浮市云城区城市环境地质调查评价工作于2017年开展，工作年限为6个月，主要采用了资料收集、整理、遥感解译、室内资料整理和综合研究等工作方法。完成的主要实物工作量是编写云浮市云城区城市环境地质调查报告1份，共编制图件3张。经过各方面的努力配合，云浮市云城区的地质调查项目完成了既定任务，取得了一定的成果，为下一步云浮市其他城区地质调查工作积累了经验。

本次工作对云浮市云城区的地形地貌、地质构造、地下水、岩土体特征等地质环境条件进行了比较详细的调查。查明了区域地质、工程地质、水文地质和环境地质条件，对地质环境条件复杂性作出判定；查明了岩溶的发育条件，岩溶空洞的分布位置、大小、埋深、形态、围岩稳定性，对城区岩溶地质进行了分区；对地质环境、地质资源进行了评价，取得了丰富的成果，为城市的城市规划、建设提供了地质依据。

第二节 本次调查的不足

1、时间短，任务重，资料收集难度大。云浮市云城区环境地质调查评价工作年限为半年。该项目工作是一项系统性的地质调查工作，涉及地下水资源、地质环境问题和地质灾害等城市建设的各个方面，工作内容相当丰富。而这些资料分属政府的各个部门，提前与地方政府沟通少，资料收集的难度大，从而造成各

部门收集的资料参差不齐，对项目各内容的研究精度造成一定的差异。

2、受经费所限，实物工作量投入不足。云浮市地质环境复杂，以往的研究工作较少，城市环境地质研究程度低，需投入大量的实物工作量查明各种条件，以满足城市调查的需要。而有限的经费难以投入较多实物工作量，影响了成果的精度和使用价值。

3、覆盖型岩溶地标塌陷的成因，条件、影响因素较复杂，对城市建筑工程的影响及危害程度认识并不一致，因此有待进一步深入研究，使其充实完善。

第三节 建议

城市地调的长远方向上是为了城市建设规划服务，主要包括超前服务和应急服务两个方面。

超前服务：应用于城市发展规划区，也就是新型城镇化目标区域，查清工作区地质资源及主要环境地质问题，为政府进行城市城市群(带)科学合理规划布局决策提供地质支撑。

应急服务：重点在建成区，对城市建设和市政工程运营过程中可能遭受的环境地质问题进行调查，并对突发的地质灾害进行应急调查和监测，为城市防灾减灾服务，保障城市运营安全。

虽然云城区地质环境复杂，但是只要从根本上和程序上重视，城市的安全保障还是可以得到最大限度的保证。因此，建议：

1、开展隐伏岩溶区的精细调查，制定隐伏岩溶区的工程勘察指引；建立岩溶塌陷和软土地基沉降地质灾害的监测预警体系。

2、加强地下空间开发利用中主导地质问题的系统研究，建立工程建设施工

过程与地质环境监测部门的密切互动机制,尽最大可能降低工程建设引发或加剧的地质灾害造成的危害。

3、对城区岩溶灾害作进一步详尽调查,对其产生的威胁区域、人口、经济损失作分析,并对不同灾害种类产生的原因作细致分析。

加强地质信息集成化服务化工作。建立以云城区地质数据库为基础的,集断裂活动、地质灾害监测预警等一体的信息管理与服务的系统平台,促进完善云浮城市安全保障体系的建立。

调查研究是工作基础,监测预警是预防手段,防灾减灾才是我们的目的。

附件：



照片 1 南山河、光明路桥头（南山河下游）



照片 2 人民医院后山（粉砂岩出露点-坡向 233°，坡角 60°）



照片 3 世纪大道东路边（地貌点-山间河谷）



照片 4 世纪大道西、星科国际（小型断层，节理裂隙发育，为崩塌隐患点）



照片 5 茶洞、324 国道旁（背斜核部，褶皱背斜出露点）



照片 6 云浮硫铁矿（灰岩出露点）



照片 7 云六路东侧、近高峰中学（泥质砂岩出露点-典型向斜结构）



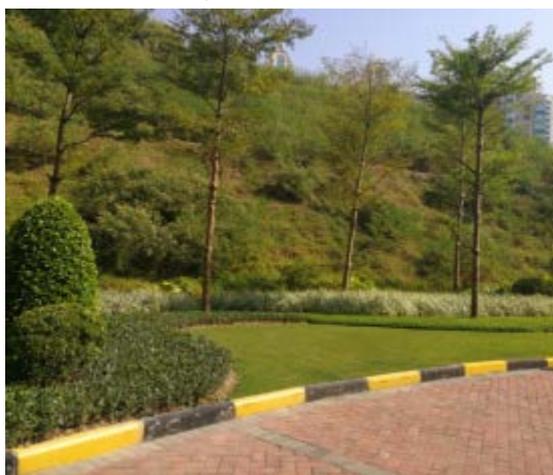
照片 8 环市东路西侧、碧桂园山语对面（滑坡、有马刀树现象-坡向 130°，坡高 45m，坡长 60m）



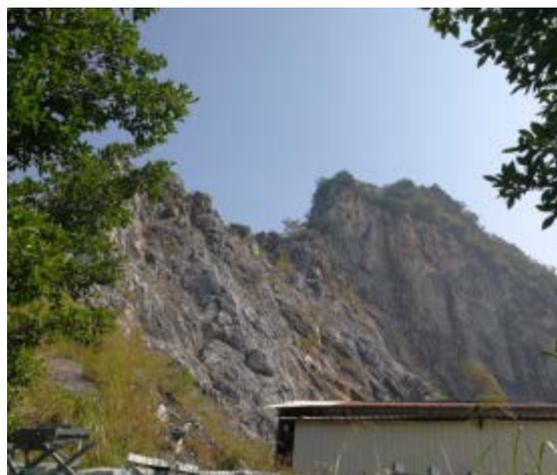
照片 9 石板坑（基岩出露点-倾向 18°，倾角 70°）



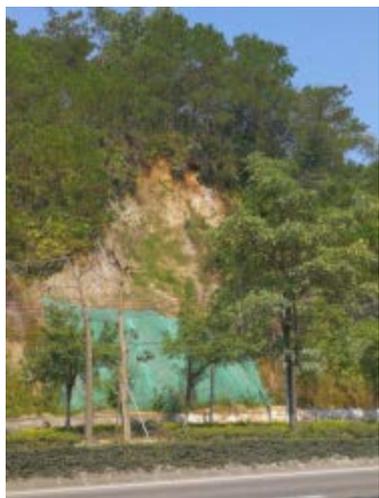
照片 10 金山水上康乐中心北东 25°，距离 1Km 左右（大型滑坡）



照片 11 云浮恒大城（边坡治理点）



照片 12 罗石、环市西路边（石英砂岩出露点）



照片 13 环市东路边(滑坡-坡长 30m, 坡高 20m, 厚约 2m)



照片 14 大塘尾(侏罗纪炭质层出露点)



照片 15 小水库(水文点-为小型水库)



照片 16 市政府(一般地质点-市政府(埋藏型灰岩区域))



照片 17 云浮中学对面(一般地质点-强风化板岩出露点)



照片 18 高墩(坡底水蚀现象, 有掉块剥落-坡向 156°, 坡高 35m)



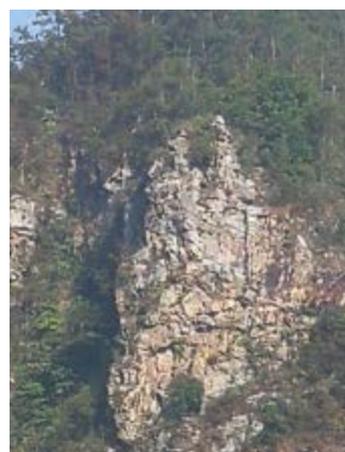
照片 19 地利坪(小断层-倾向 33°，倾角 64°)



照片 20 麻仔地(基岩出露点-变质岩-倾向 70°，倾角 70°)



照片 21 桐油湾(强风化岩出露点, 山顶多处孤石裸露)



照片 22 大地尾(基岩出露点-灰岩, 节理裂隙发育)



照片 23 白坟营(全风化、强风化基岩出露点)



照片 24 佛子园(基岩出露点-灰岩)



照片 25 土门村（丘陵地貌点）



照片 26 大山（基岩出露点-石英砂岩）



照片 27 云村楼（基岩出露点-灰岩）



照片 28 正降坑（护坡-坡向 130°，
破高 40m）