

新塘高铁站房勘察技术及岩土工程性质评价

廖仁文*

(广东省地质局第四地质大队<广东省湛江地质灾害应急抢险技术中心>,广东 湛江 524000)

摘要:新塘高铁站作为广州建设国际性综合交通枢纽的重要一环,其建设过程中的勘察技术及岩土工程性质评价至关重要。基于新塘站的地质勘察资料,详细分析了勘察技术的应用及岩土特征,旨在为新塘高铁站房的设计、施工及后期维护提供科学依据。

关键词:新塘高铁站;勘察;岩土性质;评价

中图分类号:TU42 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2024)12-0047-06

新塘高速铁路车站是广州未来的区域运输枢纽,它既是连接城市脉络,又是促进经济往来的重要载体,也是建设国际综合交通枢纽的重要一环。它的建成,不但标志着我国交通基础设施水平的一个大跨越,而且也将成为我国城市现代化的一个重大里程碑。

地质勘探和岩土工程质量评价是一个非常重要的环节,它是保证工程安全、经济和高效运行的重要保证。地质勘探利用多种先进的探测方法,对深部地层中岩土层的分布、性质、变化规律和潜在的危险性进行了研究,为项目的开展提供详细的地质数据和数据支撑。在此基础上,通过对岩土工程性质的调查,对其物理力学特性、稳定性和渗透性等因素进行全面的分析,从而为工程设计、施工方式选择和后期养护维修等提供科学依据。

新塘高铁车站作为新建铁路广州(新塘)—汕尾铁路的关键部位,其勘测技术和岩土工程质量评价工作亟待改进。针对复杂的地质环境,综合运用高精度钻孔、现场测试、地球物理勘探等多种勘探手段,保证勘探成果的准确完整。同时,通过室内实验和现场实测资料,对岩土力学特性进行全面、细致地分析和评价,以期工程建设提供最可靠的地质保证。为此,本文详尽地阐述新塘高铁车站站房调查中所采用的先进工艺和方法,并对其进行了深度分析。以期对同类工程的勘测和评价工作起到一定的借鉴作用,并为新塘高铁站房的建设和运营做出自己的贡献。

1 项目概况

广州(新塘)—汕尾线新塘站选址地处新塘镇东北

方向的广深线新塘站,场址区地处珠江三角洲的冲洪积平原地带,地形平坦,场区周围交通便利。

拟建新塘站为正线上行“高进平出”的正线上行站,中间里程DK41+150.00;车站主楼为3层,局部为4层。在平台层($\pm 0.00\text{m}$)设置平台和南北向的下沉广场;在地面候车楼层(9.90m)中间为候车室,东西两侧分别设有出入通道和设备、管理和旅服用房;高架入口楼层(17.40m)东侧和西侧分别设置了旅客集散大厅,与此同时,在东侧设有售票和旅游服装用房,在西侧设有商业候车室;在高架车站东侧的售票厅和旅服用房之上设有夹层(23.40m),作为办公和行政用房。

该站点的总高度33.90m,主要为钢筋混凝土框架结构,部分楼层为钢结构组合楼板,占地面积为49998 m^2 ,采取钻孔灌注桩和软弱地基的复合地基形式;全线8台20线,7台17线,其中除2台4线的主要线路外,3台9线的广汕线,3台8线的广深线,广汕和广深的4个站台。仅有列车进站的车站长度450m,客货共线车站550m。根据穗深城际铁路车站的定位,车站的宽度原则为12m,月台高度设为1.25m,其中,广深铁路最北边的站台是侧面的,其他的都是岛形的。

新塘站是广州(新塘)—汕尾铁路的一项重大工程,工程设计50年。根据《工程结构可靠性设计统一标准》(GB50153-2008)^[1]规定,新建的新塘高铁车站按一类抗震设防要求执行。

此外,新铁路广州(新塘)—汕尾铁路新塘站的离线车站大厅是一个独立的工程,不属于项目的施工范围。

* 收稿日期:2024-09-29

作者简介:廖仁文(1985-),男(汉族),广东廉江人,工程师,现从事岩土工程地质、地质灾害调查及设计、地质灾害治理施工等工作。

2 勘察技术与评价

2.1 勘察技术

项目采用工程地质调查与测绘、勘察孔位测量、钻探、现场测试(包括标贯、动力触探)、取样、室内测试(岩、土、水)以及搜集周边既有建筑物情况等方法进行工程勘察工作。

在前期勘测阶段,通过勘查和测绘项目用地范围内的不良地质现象和地质灾害问题,并对可能对其产生影响的地理点做对应的制图。调整范围要根据不同类型的铁路建筑影响区域来确定,并且要符合相应的设计要求。以待建(构)筑物等高线为界,向外延伸200m以上,并对不良地质作用、特殊岩土、断裂、构造、地下富水区及既有建筑工程等,可适当拓宽。

测量点利用GPS(RTK)测量,2000坐标系下的平面坐标,1985高程系统,各勘探点位的坐标和高程都是通过业主提供的现场控制点引测得到的。

2.2 勘察方法

2.2.1 工程地质钻探

在钻孔施工前,应按照规定对管线进行勘探,采用多种有效的方法(人工探测和仪器探测)探测孔位内的地下管道、管线以及未知的地下障碍物,必要时配合管线部门进行现场勘查,确保孔位内既有管线的位置,并在符合规范条件的情况下,钻孔位置要符合规范,必须经设计单位同意才能进行。钻探工作使用的是单层岩芯管硬质合金钻头和金刚石钻头,采用旋转钻进的方法,在整个钻孔过程中,钻孔孔径为130mm,最终孔直径为91mm。

软土采用薄壁取土器快速静力连续压入法取样,较硬土采用重锤少击法取样,砂样采用轻锤连续击入取样,岩样采用钻探岩芯制取。所取土、岩、水试样均

妥善密封保存并及时送至岩土试验室进行检测。取样要求:控制性勘探孔分层取土样,取样间距一般为2~3m,土层厚度大于8m时,可按上、中、下取3组样品;在厚度大于2m的各土层(含全风化层)或者厚度小于2m分布较广的特殊性土层中取不扰动样;砂层取扰动样;在控制性钻孔中采取岩石试样实施岩石天然、饱和、风干抗压强度试验等。所有主要地层的取样数量、质量均应满足相关规范的要求。

2.2.2 原位测试

标准贯入测试是采用一种具有特定尺寸的对开式穿孔器(对接管外径 $51\pm1\text{mm}$ 、内径 $35\pm1\text{mm}$ 、长度超过457mm、长度 $76\pm1\text{mm}$ 、刃角为 $76\pm1\text{mm}$ 、刃角 $18^\circ\sim20^\circ$ 、刃口端部1.6mm)的锤击力(锤头重量 $63.5\pm0.5\text{kg}$,落距 $76\pm2\text{cm}$);在钻孔底部的土壤中插入1根直径为152mm的钻杆,并利用其在土壤中的渗透阻抗来判断该土层的性质及工程特性。这次勘探工程中在每一钻孔中都做了标准贯入度测试。

重型圆锥动力触探试验是以自动脱钩的自由落锤法进行锤击,锤重63.5kg,落距76cm,记录每击入10cm的锤击数($N_{63.5}$),重点对于难以采取试样进行室内试验的砂土层和基岩全、强风化带等地层进行圆锥动力触探,以确定地基承载力、变形模量、基床系数等。

2.3 勘察布置

根据有关规范,根据线路专业最新的线路规划,充分利用已有的勘察数据,根据地质情况和工程需要,进行合理地布置。在这个阶段,勘探点的布置也要尽量在详细调查过程中考虑到钻孔的可用性;勘探孔分控制性勘探孔和一般性勘探孔;根据有无取样品,勘探孔可分为取样孔和无取样孔。控制的勘探点和采样孔的数目不能低于表1。

表1 控制勘探点与采样点在总孔中所占的比重

工程类型	控制性勘探点	取样孔	备注
车站站房工程	1/3	1/3	每个地貌单元均应有控制性勘探点,原则上控制性勘探孔均属于取样孔

在详细勘察阶段,勘察孔(点)的布设应严格遵循《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009年版)第4.1.15-4.1.19条,本次勘查分为高架站房、东侧铁路专用停车场和东侧站区道路3个区段,钻孔间距为15~30m,按柱列布设。

钻探孔深按《岩土工程勘察规范》4.9.2-4.9.4条进行,根据地基的埋深和地层条件,高架车站、高架候车室、东侧铁路自营停车场和东侧站区道路基础均采用嵌岩桩,钻孔深度应入桩端面以下不小于 $3\sim5D$ (D 为桩直

径)。根据不同的地层条件,终孔深度按照不同地层情况确定,在30m以内可碰到中风化的钻孔,中风化层厚度不得低于5m。当全风化及强风化层层较厚时,全风化及强风化层层厚度累加满足不少于30m,才能终孔。

2.4 勘察工作情况

勘测在充分利用前期勘测钻孔的基础上,对孔位进行了合理布局,共计布设了198个钻孔,目前已经完工70个,还有128个由于无施工工作面而无法施工;另外,本次调查还采用了邻近68个工作点的钻探数据。

已完成的70个钻孔均达到了现行规范的要求。表2详细列出了已完成的勘探工作。

表2 勘察工作量统计表

工作项目		单位	总工作量	站房	自营停车场	东侧站区道路	备注
野外勘探	陆地勘探钻孔	m/孔	3111.02/70	139.00/5	2944.53/64	27.49/1	另利用钻孔资料2497.54m/68孔
原位测试	标准贯入试验	次	587	24	558	5	另利用钻孔资料460次
	动探试验	次	20	/	20	/	另利用钻孔资料91次
取样	原状土试样	组	164	/	164	/	另利用钻孔样品96组
	扰动土试样	组	1	/	1	/	砂土、圆砾土等
	采取岩石试样	组	12	/	12	/	另利用钻孔样品10组
室内试验	土的常规试验	组	164	/	164	/	另利用钻孔样品96组
	三轴试验	组	/	/	/	/	另利用初勘钻孔样品4组
	水质简分析	组	5	/	5	/	均为地下水
	岩石抗压试验	组	12	/	12	/	另利用钻孔样品10组

2.5 勘察工作评价

新塘站站房及有关项目的勘测设计,严格按照2009版GB50021-2001《岩土工程勘察规范》^[2]和《新建铁路广州至汕尾铁路新建工程地质勘察大纲》^[3]编制;在勘察工作中,由业主及监理监督,公司内部控制机制监督,勘察施工严格按照有关规范和规程的操作规范执行,保证了工程的质量;勘探点均经精密仪器测量、复测,孔位精确。

勘察工作的工期是按照工程总承包单位规定的时间节点进行的,为了达到业主和设计的需要,在勘测进行期间,及时地将中间结果信息提供给有关方面。

按照勘察大纲的要求,勘察工作严格按照安全文明生产的管理规定进行,公司给这个项目配置了1名专职的安全员,对各钻机机台人员进行了安全文明施工的教育。项目的各项工作流程、程序都是合乎规定的,所得数据是真实可靠的,可以为新塘站站房及有关项目的施工图设计提供参考。

3 岩土工程性质评价

3.1 岩土体物理力学性质评价

3.1.1 岩土层分布与特征

根据钻探资料和取样试验结果,明确了场地内各岩土层的分布、厚度及物理力学性质。场址区地层按地质年代和成因类型自上而下描述:表层为第四系人工填土(Q₄^{ml}),其下为第四系全新统冲洪积(Q₄^{al+pl})淤泥质黏土、中砂、粗砂、粉质黏土层及第四系残坡积(Q₄^{el+dl})粉质黏土层;下伏基岩为下古生界(Pz1)片麻岩及加里东期(γ)花岗岩,详见表3。

上述地层,场地浅部主要以性质差的松散状素填土、流塑状淤泥质黏土及软塑状粉质黏土为主,素填土

层主要来源为平整场地时的弃土回填,未分层压实,欠固结,为高压缩性土,均匀性差,密实度差,且具湿陷性等不良性质,在荷载作用下易产生不均匀沉降;淤泥质黏土及粉质黏土层其承载力低,具有含水量高、压缩性大的不良工程特性,在强震作用下具有可震陷性及在外力作用下易发生压缩变形。深部则分布有性质较好的岩土层,如硬塑状粉质黏土层、全一中风化片麻岩及花岗岩,可作为桩基持力层很好的选择。

3.1.2 物理力学参数

根据TB10012-2007J124-2007《铁路工程地质勘察规范》^[4]中的3.8.3条,对岩土参数进行了数学分析。

各项指标的标准值,按照最不利的组合进行处理,如果没有必要,就补上,如果少于6个,就给出一个平均值,而离群的话,按照标准偏差3倍的原则,排除掉。统计资料包括:参加统计抽样数,最大值,最小值,平均数,标准偏差,方差,标准值:

$$\begin{aligned}\phi_m &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi_i \\ \sigma_f &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n \phi_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n \phi_i \right)^2 / n \right]} \\ \delta &= \frac{\sigma_f}{\phi_m} \\ \phi_k &= \gamma_s \cdot \phi_m \\ \gamma_s &= 1 \pm \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \delta\end{aligned}$$

式中: ϕ_i ——岩土参数测试值;
 n ——参加统计的子样数;
 γ_s ——统计修正系数,式中正负号按不利组合

表3 场地地层分布表

层序	岩土名称	状态	主要工程地质特征
(1)0	素填土	松散	主要由中粗砂、黏性土夹碎石、碎砼块等组成,成份混杂,均匀性差,属中等—强透水层,承载力低
(2)0-1	淤泥质黏土	流塑	主要由粉、黏粒组成,含大量有机质及腐殖质,具腥臭味,土质均匀,黏塑性较好,具高压缩性易触变,微透水性,承载力低
(2)1-2	粉质黏土	软塑	以粉、黏粒为主,切面光滑,黏塑性较好,微透水性,承载力较低
(2)1-3	粉质黏土	可塑	以粉、黏粒为主,土质均匀,黏塑性较好,微透水性,承载力较低
(2)5-1	中砂	松散—稍密	以石英质砂粒为主,分选性较好,砂质较纯,具中等—强透水性,承载力低
(2)5-2	中砂	中密	以石英质砂粒为主,分选性一般,余为细砂、黏、粉粒,强透水性,承载力低
(2)6-1	粗砂	松散—稍密	以石英质砂粒为主,级配良好,砂质较纯,强透水性,承载力较低
(3)1-2	粉质黏土	硬塑	残坡积层,以粉、黏粒为主,土质较均匀,黏塑性一般,微透水性,承载力较低
(11)1-1	全风化片麻岩	坚硬	原岩结构可辨,岩质极软,手捏即碎,坚硬土状,微—弱透水性,具一定承载力
(11)1-2	强风化片麻岩	半岩半土、碎块状、短柱状	风化强烈,裂隙很发育,岩质软,岩块敲击易碎或手易折断,碎块状强风化层具中等—强透水性,承载力较高
(11)1-3	中风化片麻岩	短柱状、柱状、块状	岩质较新鲜,裂隙较发育,岩质较硬,锤击声较脆,承载力高,为良好的地基基础持力层
(12)1-1	全风化花岗岩	坚硬	原岩结构基本破坏,岩质极软,手捏即碎,坚硬土状,微—弱透水性,具一定承载力
(12)1-2	强风化花岗岩	半岩半土、碎块状、短柱状	节理裂隙很发育,岩质软,岩块敲击易碎或手易折断,碎块状强风化层具中等—强透水性,承载力较高
(12)1-3	中风化花岗岩	短柱状、柱状、块状	岩质较新鲜,裂隙较发育,岩质较硬,锤击声较脆,承载力高,为良好的地基基础持力层

考虑。

本文中所列出的实验室测试及现场检测汇总表中所列出的标准值及平均值,其用法如下:

(1)按照2009版GB50021-2001《岩土工程勘察规范》^[5]14.2.2至5条的规定,仅取其物理和水理性质指标的平均值;当机械指数、特种指数等指标达到6个以上时,按照最不利的组合进行统计,少于6个时,给予平均;

(2)通过对土体参数标准值的分析,可以得到土体的极限承载力;在正常使用条件下,所需的岩土参数应取平均值;在评价岩土工程特性时,应使用平均值法。上面的这些指标,都可以在报告中进行汇总,而报告中,则会根据不同的石材材料,给出相应的数值;

(3)在正常条件下,所要求的岩土参数(压缩系数、压缩模量和渗透性等)取该指数的平均值,若变化过大,则可以结合当地的经验进行相应的修正;

(4)为了评价岩石和土壤的性质,所需的地质指标(天然程度,天然含水)、液体限、塑性指数、饱和度、相对密实度、吸水速率、土层厚度等;

(5)在设计规程中对标准值的具体数值做了具体

说明时,按照相应的规范进行;

(6)在指数个数小于6的情况下,通常不求其标准偏差,而是以各指数的区间、均值为依据,并参考各区域的实际情况,得出相应的经验值。

3.1.3 地基承载力特征值

根据广东省标准《建筑地基基础设计规范》^[6]4.4节中有关表及计算公式,结合标准贯入试验,结合当地的实际情况,提出了相应的承载能力指标;具体如表4所示。

在获取了充分的数据后,技术人员运用经验公式、理论计算方法或结合规范表格,对地基承载力进行精确计算。通过对比分析计算结果与项目所需的地基承载力标准,可以明确判断岩土层的承载力是否满足新塘高铁站房项目的要求。

如果地基承载力特征值高于或等于项目所需的标准值,那么可以认为岩土层的承载力符合新塘高铁站房项目的要求,无需进行额外的地基处理。然而,如果地基承载力特征值低于标准值,则表明岩土层的承载力不足,需要采取相应的处理措施以提高地基承载力。

表4 地基承载力特征值

岩土分层	岩土名称	岩土状态与密实度	岩石地基承载力特征值 f_{ak} (kPa)	土的承载力特征值 f_{ak} (kPa)
(1)0	素填土	松散	/	/
(2)0-1	淤泥质黏土	流塑	/	50
(2)1-2	粉质黏土	软塑	/	100
(2)1-3	粉质黏土	可塑	/	150
(2)5-1	中砂	松散—稍密	/	160
(2)5-2	中砂	中密	/	200
(2)6-1	粗砂	松散—稍密	/	350
(3)1-2	粉质黏土	硬塑	/	200
(11)1-1	全风化片麻岩	坚硬	260	/
(11)1-2	强风化片麻岩	半岩半土状、碎块状	500	/
(11)1-3	中风化片麻岩	短柱状、柱状、块状	1200	/
(12)1-1	全风化花岗岩	坚硬	280	/
(12)1-2	强风化花岗岩	半岩半土状、碎块状	500	/
(12)1-3	中风化花岗岩	短柱状、柱状、块状	2000	/

针对承载力较低的土层,技术人员会提出多种处理方案,如换填法、加固法、基础处理技术等,具体选择哪种方案需根据土层性质、工程要求、经济性和施工条件等因素综合考虑。通过实施有效的地基处理措施或采用桩基础,可以确保新塘高铁站房项目的地层地基承载力满足设计要求,为项目的顺利实施和长期安全运营提供有力保障。

3.2 岩土体稳定性与适宜性评价

根据现有区域地质资料,拟建场地及附近在全新统地质时期以来无活动断裂分布,地质环境基本稳定;各岩土层无明显不良的工程性质;地貌较单一,地形总体上开阔平缓,地基土综合类型为中软土,地面未发现明显崩塌、滑坡、泥石流、危岩、地面沉降、岩溶、土洞、采空区及活动断裂等不良地质作用,钻孔揭露深度范围内未揭露埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞等对工程不利的埋藏物,无洞穴、临空面、破碎岩体或软弱岩土层;但拟建场区浅部局部地段存在软弱土层松散状素填土、流塑状淤泥质黏土及软塑状粉质黏土,其揭露厚度普遍较大。上述不良地层若通过工程处理,采用桩基础或地基处理,可不考虑其影响;根据《城乡规划工程地质勘察规范》(CJJ57-2012)第8.2章、第8.3章及附录C、附录D进行评价,拟建场地稳定性为基本稳定,较适宜本工程建设。

3.3 岩土体渗透性评价

场地及其周围几百米内没有明显的地表水,对项目施工有影响的是项目的地下水。经现场勘查,项目周围也没有明显的污染源,对地下水和地表水也没有

污染。根据其赋存介质的类型结合含水层的性质,场地地下水主要有两种类型:一是第四系地层中的孔隙水;第二类为基岩风化裂隙水。

(1)第四系孔隙水。第四系孔隙水是埋藏在第四纪松散沉积物孔隙中的地下水。根据钻探揭露,场地主要分布有:人工填土、软土、粉质黏土、砂土。人工填土成分较为混杂且均匀性差,孔隙比大,属中等—强透水地层;软土含水率较高,但渗透性差,属微透水性地层;黏性土属弱—微透土层;砂质纯,级配良好的粗、砾砂层,具强透水性,而含有黏粒,分选性较好的中、细砂层,其透水性多为中等。总体上看,松散的填土层、砂层为本场区的主要含水层,由于砂层厚度一般,赋水性较强,其第四系孔隙水的水量亦较大。

(2)基岩风化裂隙水。基岩风化裂隙水广泛分布于场区深部基岩节理、裂隙中,其赋水程度主要受节理、裂隙的发育程度,基岩的含水性、透水性,岩体的结构、构造,基岩的风化程度等影响。由于岩体的各向异性,加之岩体节理、裂隙发育的不均匀、无规律性,导致岩体赋水程度与渗透性也不尽相同。在岩体节理、裂隙发育地带,地下水相对富集,透水性也相对较好,反之亦然。

因此,岩土体渗透性评价是岩土工程中的一个重要环节,它涉及对岩土介质中水或流体通过能力的评价。这一评价对于预测地下水流动、评价工程稳定性、设计防水及排水系统等方面具有至关重要的意义。

(下转第56页)