

# 油气管道线路勘察标准对比

葛 华<sup>1</sup>, 方迎潮<sup>1</sup>, 时建辰<sup>1</sup>, 陈 巍<sup>2</sup>, 剪鑫磊<sup>2</sup>

<sup>1</sup>国家管网集团西南管道有限责任公司, 四川 成都

<sup>2</sup>中国石油天然气管道工程有限公司, 河北 廊坊

收稿日期: 2022年11月8日; 录用日期: 2022年12月21日; 发布日期: 2022年12月29日

## 摘 要

通过综合比较中、美、欧之间的勘察标准, 差异点主要体现在标准的应用范围不同、标准集成度不同、应用灵活性不同、溯源性不同。对比油气管道与公路、铁路、引水工程等行业的勘察标准, 差异点主要体现在工程地质测绘、勘探点布置、特殊土勘察、地质灾害勘察等方面。

## 关键词

长距离油气管道, 勘察, 标准

# Comparison of Geotechnical Investigation Standards for Oil and Gas Pipeline Routing

Hua Ge<sup>1</sup>, Yingchao Fang<sup>1</sup>, Jianchen Shi<sup>1</sup>, Wei Chen<sup>2</sup>, Xinlei Jian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pipe China South West Pipeline Company, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>China Petroleum Pipeline Engineering Corporation, Langfang Hebei

Received: Nov. 8<sup>th</sup>, 2022; accepted: Dec. 21<sup>st</sup>, 2022; published: Dec. 29<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Through a comprehensive comparison of geotechnical investigation standards between China, the United States, and Europe, the differences are mainly reflected in the different application scopes of the standards, different standards integration, different application flexibility, and different traceability. Comparing the geotechnical investigation standards of oil-gas pipeline and highway, railway, water diversion engineering and other industries, the differences are mainly reflected in engineering geological mapping, exploration hole arrangement, special geotechnical investigation, and geological disaster survey.

## Keywords

### Long-Distance Oil and Gas Pipeline, Geotechnical Investigation, Standards

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

伴随着我国“十四五”规划、2035年远景目标的提出和国家管网集团的成立，油气管道以绿色能源、长距离输送、安全性高、建设周期短、可连续作业以及成本低等为优点的战略地位愈发重要。油气长输管道的安全建设与运行事关经济与民生，线路勘察作为油气管道设计与建设的先行者和保障者，不断完善我国油气管道勘察标准以保障勘察成果质量是重中之重。

目前，油气管道工程建设领域中的技术标准、规范等的法律责任存在较大差别，美国的技术标准仅供工程建设施工参考，相应法律责任由使用标准的工程师承担，而在我国，在严格遵守技术标准的前提下，事故责任由技术标准的制定者来承担。

通过综合比较中、美、欧之间的勘察标准和油气管道勘察与公路、铁路、引水工程等行业的勘察标准。国外勘测以运用全球定位系统、地理信息系统遥感技术、物探技术配合钻探为规范化措施，勘测手段全面，但规范集成度低，需多规范套用配合在。国内规范集合度高，基本涵盖成熟航测技术并规定参数要求，可有效控制勘测质量，但遥感、InSAR、地球物理勘探、场地原型实验部分内容不够全面，后续需进一步完善。明确国内外勘测手段及技术差异，以推动我国油气管道线路勘察标准的完善化建设，对于保障油气管道设计质量和安全运行具有重要意义。

## 2. 国内外油气管道勘察标准对比

### 2.1. 美国标准内容

美国没有专门针对管道制定相关的勘察标准，相关标准规范均为通用性规范。勘察领域的技术标准规范大部分均针对特定环节进行单独制定。地基处理方面没有制定强制性技术标准，大部分规范以推荐为主。美国主要勘察标准如表1所示。

**Table 1.** Major geotechnical investigation standards in the United States

**表 1.** 美国主要勘察标准

序号	标准名称	技术标准名称
1	EM1110-1-1804	岩土工程勘察 - 美国陆军工程师团工程师手册[1]
2	ASTM D420-98	工程设计和施工场地标准指南[2]
3	ASTM D2487-11	用于工程目的的土壤分类的标准规范(统一土壤分类标准) [3]
4	ASTM D2488-09a	土壤描述和识别实施规程(目视手动程序) [4]
5	ASTM D5878-08	工程岩体分类标准[5]

## 2.2. 欧洲标准内容

欧洲各国前期没有形成统一的勘察技术标准，各成一派，伴随着欧盟一体化进程的推进，在欧洲标准化委员会的推动下，形成了一套用于勘察设计与施工的欧洲标准。但和美国标准一样，并没有针对管道行业制定专门技术标准，相关标准规范均为通用性规范，欧盟主要勘察标准如表 2 所示。

Table 2. Major geotechnical investigation standards in Europe

表 2. 欧洲主要勘察标准

序号	标准名称	中文名称
1	BS 5930:2015	地面调查实施规程[6]
2	BS 6031:2009	土方工程实施规程[7] [8]
3	EN ISO 14688-1	岩土工程勘察和试验——土壤的鉴定和分类——第 1 部分：鉴定和说明[9]
4	EN ISO 14688-2	岩土工程勘察和试验——土壤的鉴定和分类——第 2 部分：分类标准
5	EN ISO 22476	岩土工程勘察和试验[10]
6	EN ISO 14689-1	岩土工程勘察和试验——岩石的鉴定和分类——第 1 部分：鉴定和说明

## 2.3. 中国标准对比

目前我国油气管道线路勘察主要依据《油气田及管道岩土工程勘察标准》(GB/T 50568-2019) [11]及《岩土工程勘察规范(2009 版)》(GB 50021-2001) [12]。综合比较中、美、欧勘察标准，差异性主要体现在：

1) 应用范围不同：欧美标准立足于通用性土建工程，没有针对管道工程专门制定标准，而中国标准主要依托于石油、建筑、公路、铁路、水利等行业，各行业标准制定过程中结合了行业特点有具体的行业要求，但总的目的和方法基本相同。

2) 标准集成度不同：中国勘察技术标准规范涵盖了工程地质测绘、钻探、取样、原位测试和室内实验在内的一整套内容，集成度很高，而欧美标准中勘察方法、实验方法都单独成规范，各规范需要相互配套引用。

3) 欧美标准对于勘探点间距、深度均没有给出明确要求，而是要求勘察人员根据场地情况和拟建工程特点，以查明场地地质情况为主要目的灵活布置，欧美标准鼓励综合使用多种勘探手段，包括可见光遥感、InSAR、地球物理勘探、场地原型实验等综合勘察方法，国内标准相关条文内容缺失。

4) 由于岩土工程本身的复杂性，标准条文规定的内容均有一定的适用性。国内规范对于所涉及的规范条文和设计理论都鲜有标明出处、直接引用学术论文等，而欧美标准则注重引用学者的研究成果，有助于勘察人员溯本求源，提供更为适用的参数和结论。

## 3. 公路铁路等行业间勘察标准对比

### 3.1. 工程地质测绘对比

油气管道线路勘察主要依据《油气田及管道岩土工程勘察标准》(GB/T 50568-2019)，勘察阶段分为可研勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段。公路勘察主要依据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011) [13]，勘察阶段分为预可勘察、工可勘察、初步勘察和详细勘察四个阶段。铁路勘察主要依据《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012-2019) [14]，勘察阶段分为踏勘、初测、定测和补充定测四个阶段，分别与预可研、可研、初设和施工图设计阶段对应。

《油气田及管道岩土工程勘察标准》在可行性研究勘察阶段没有特殊规定,初步勘察阶段规定工程宜在线路两侧各 100 m 带状范围内进行地质调查工作,详细勘察阶段规定线路两侧各 100 m 为工程地质测绘范围,根据场地地形复杂程度工程地质测绘所用地形图的比例尺可选用 1:500~1:2000。

《公路工程地质勘察规范》预可勘察、工可勘察阶段就要求开展工程地质调查、调绘工作,调查、调绘宽度应分别保证路由方案比选的需要、各路由走廊或通道所处的带状区域。初步勘察规定工程地质调绘应在路由及其两侧的带状范围内进行,调绘范围应沿路由左右两侧的距离大于 200 m,路线工程地质调绘的比例尺为 1:2000~1:10,000。详细勘察应首先对初步勘察取得的工程地质资料进行复核,当最终路由偏离初步设计路由较远或工程地质条件较为复杂时,应开展比例尺为 1:2000 的补充工程地质调绘。

《铁路工程地质勘察规范》规定沿线路中心两侧各 100~200 m 为地质调绘范围,对于不良地质发育且对工程有影响的地段,应需要扩大调绘范围。

公路、铁路行业要求的工程地质测绘范围一般为 100~200 m,石油行业目前要求的是 100 m,相比较公路、铁路行业来说,测绘范围偏小。而测绘比例尺方面,公路铁路行业在各阶段要求的比例尺均大于 1:2000,而石油行业要求的是 1:500~1:2000,精度更高。另外,公路行业在预可勘察、工可勘察阶段就要求开展工程地质调查、调绘工作。

### 3.2. 勘探点布置对比

《油气田及管道岩土工程勘察标准》可行性研究勘察主要利用天然和人工露头进行地质描述。管道线路初步勘察工作,应综合考虑利用天然和人工露头、适当布置勘探孔(探井)等手段,确需布置探孔(探井),在每个地貌单元布置不应少于 1 个勘探点,在平原地区、山区的勘探孔间距宜分别为 2000 m~3000 m、1000 m~2000 m。勘探孔深度应达到管底下 1 m,平原地区宜为 3.0 m,山区宜为 4.0 m。详细勘察的勘探点间距应根据岩土工程勘察等级确定,甲级 200~300 m、乙级 300~500 m、丙级 500~1000 m,勘探深度应达到管底下 1 m;在管沟深度未知的情况下,勘探孔深度在平原地区、地形起伏较大的山区宜分别为 3 m、4 m。

《公路工程地质勘察规范》分别对路线、一般路基、高路堤、陡坡路堤、深路堑和支挡工程做了不同的要求。路线勘察中,初勘阶段应以工程地质调绘为主、勘探测试为辅。在工程地质条件简单地区,一般路基工程勘探点的间距不大于 500 m,在工程地质条件较复杂或复杂地区应减小勘探点间距。勘探深度不小于 2.0 m。详细勘察阶段宜沿路由中线布置一般路基勘探测试点,在每段填、挖路基中均应布置至少 1 个勘探测试点;在每段高路堤和深路堑均应布置至少 1 条横向勘探断面,在每条高路堤勘探断面上应至少布置 1 个钻孔或探坑(井);在每条深路堑勘探断面上应至少布置 2 个钻孔或探坑(井)。

《铁路工程地质勘察规范》中强调,须在工程地质典型横断面上及支护治理工程断面上布置勘探点,勘探数量和勘探深度应满足路基工程地质断面图填绘、地基处理、沉降检算及边坡防(挡)护等工程设计的要求。

对于高路堤及陡坡路堤的工程地质勘察,勘探点应根据基底和斜坡的地质条件和工程特性设置,布置代表性地质横断面,横断面的间距及每个横断面的勘探点数量应能满足评价基底或斜坡稳定性,且在每个工点布置代表性地质横断面至少 1 个,每个代表性横断面应布置至少 2 个勘探点;勘探点的深度应能满足沉降和稳定计算要求,且应至基底持力层以下 3 m~5 m。

在深路堑和地质条件复杂的路堑工程地质勘察中,需要根据边坡结构、工程地质条件、水文地质条件等确定典型地质横断面和勘察点的布置方案。每个工点至少布置 1 个典型地质横断面,每个典型地质横断面至少布置 2 个勘探点,勘探点深度应达到路基面以下 3 m~5 m,且应穿过软弱结构面进入稳定地层 3 m~5 m。

支护工程的工程地质勘察应在工程地质横断面和墙址纵断面进行,且勘探点数量和深度应满足支护工程设计要求。

管道行业对勘探点间距的要求是根据项目阶段及地形地貌条件确定,初勘阶段中平原地区勘探间距宜为 2000 m~3000 m,山区和地质条件复杂地区勘探间距宜为 1000 m~2000 m,且每个地貌单元不应少于 1 个勘探点。详勘的勘探点间距根据岩土工程勘察等级确定,甲级 200~300 m、乙级 300~500 m、丙级 500~1000 m。对于勘探深度,初勘详勘都应达到管底下 1 m,平原地区应达到 3.0 m,山区和地质条件复杂地区应达到 4.0 m。

而公路行业分别对路线、一般路基、高路堤、陡坡路堤、深路堑和支挡工程做了不同的要求,一般路基工程初勘时勘探测试点的间距不应大于 500 m,工程地质条件较复杂或复杂时,应减少勘探测试点间距,勘探深度应大于 2.0 m。详细勘察阶段勘探点布置在路由中线上,每段填、挖路基均应至少布置 1 个勘探测试点;对高路堤、陡坡路堤、深路堑及支挡工程部位应将横向勘探断面布置在典型位置处,每段高路堤、陡坡路堤、深路堑及支挡工程部位均应布置至少 1 条横向勘探断面,每条勘探横断面上至少布置 1~2 个勘探测试点。勘探点深度宜达到持力层以下的稳定地层中至少 3 m。

铁路行业在典型工程地质横断面和支护工程断面上布置勘探点,勘探测试点数量和深度应能满足路基工程地质断面图填绘和地基处理、沉降检算及边坡防(挡)护等工程设计的要求。地质复杂路堑、深路堑、陡坡路堤、高路堤等工程地质勘察,每个工点布置典型地质横断面至少 1 个,每个典型横断面应至少布置 2 个勘探点,勘探深度应达路基面以下 3 m~5 m,且应穿过软弱结构面进入稳定地层 3 m~5 m。

与管道行业相比,公路铁路行业没有笼统的规定勘探点的间距和深度,更多的是对一般路基、高路堤、陡坡路堤、深路堑和支挡工程针对性布置勘探横断面,勘察工作更有针对性。

### 3.3. 特殊土勘察对比

根据《油气田及管道岩土工程勘察标准》(GB/T 50568-2019),油气管道线路特殊性土勘察包括黄土、盐渍土、膨胀岩土、多年冻土、软土及风沙。

关于黄土,管道行业只对管道沿需要防护的高陡边坡、岷岷敷设时,要求勘探线宜垂直地形等高线布置,每条勘探线不宜少于 3 个勘探点;勘探线、勘探点的间距宜为 30 m~50 m,非自重湿陷性黄土场地的勘探深度应达基底以下至少 10 m;自重湿陷性黄土场地的勘探深度至少 15 m,其他地区不应小于 10 m。

公路行业、铁路行业勘探深度均与管道行业一致,在勘探间距方面,公路行业规定初步勘察路基勘探测试点的数量每公里不得少于 2 个;详细勘察时,地层单一,黄土湿陷性轻微路段,每段填、挖路基勘探测试点的数量不宜少于 1 个,平均间距不宜大于 500 m;地层变化大,黄土湿陷性中等及以上的路段,勘探测试点的数量应增加,其平均间距不宜大于 200 m;不良地质发育路段,宜布置横向勘探断面进行勘探,每条勘探断面上应至少布置 2 个勘探点。铁路行业无明确规定。

关于盐渍土,管道行业线路穿越盐渍岩土地区时,每个地貌单元勘探点不应少于 3 个,勘探孔深度宜为 3 m~5 m;公路行业路基工程的勘探深度不应小于 3 m,初步勘察勘探点平均间距不宜大于 500 m。盐渍土发育路段,应选择典型位置布置勘探横断面,每条勘探横断面上应至少布置 2 个勘探点。详细勘察勘探点间距不宜大于 200 m,每段填、挖路基均应至少布置 1 个勘探点;地形地质条件变化较大的路段,应布置横断面勘探,每条勘探断面上应至少布置 2 个勘探点。铁路行业要求勘探间距宜不大于 200 m,大范围盐渍土地段沿线取样点的间距不宜大于 500 m。

关于膨胀土,管道行业对每段膨胀岩土地段,勘探点不应少于 3 个,勘探深度应为 5 m。

公路行业规定路基及构筑物的浅基础,勘探深度应大于大气影响层深度。当膨胀土的厚度较薄时,钻孔或探井的深度应穿过膨胀土至下伏非膨胀土地层;膨胀土厚度较大时,填方路基的勘探深度应达设

计高程以下 5~8 m, 挖方路基, 应达设计高程以下不小于 8 m。初步勘察时, 路基勘探点平均间距不宜大于 200 m, 陡坡路堤、填土高度大于 10 m 的路堤或挖方深度大于 10 m 的路堑应选择代表性位置布置横向勘探断面, 每条勘探断面勘探点的数量小宜少 2 个。详细勘察时, 每段填、挖路基勘探点的数量不宜少于 1 个; 陡坡路堤及填挖高度大于 10 m 的路堤或路堑, 应布置横向勘探断面, 每条勘探断面, 的钻孔或探坑数量不宜少于 2 个。

铁路行业勘探点间距无明确要求, 一般地段勘探深度应大于大气影响深度; 作为地基时应至持力层以下至少 3 m, 土层厚度不大时宜穿透膨胀土层至下伏地层。

关于多年冻土, 管道行业是根据地基复杂程度按初勘、详勘分别做了规定, 初勘对于地基复杂程度为一级(复杂地基)的冻土地基, 勘探点间距宜为 300 m~500 m, 勘探孔深度不宜小于 8.0 m; 对于地基复杂程度为二级(中等复杂地基)的冻土地基, 勘探点间距宜为 500 m~1000 m, 勘探孔深度不宜小于 8.0 m 和 2 倍多年冻土区天然上限深度; 对于地基复杂程度为三级(简单地基)的冻土地基, 勘探点可按地貌单元布置, 勘探孔深度为冻土区天然上限深度以下 1 m~3 m。详勘对于地基复杂程度为一级(复杂地基)的冻土地基, 勘探点间距宜为 200 m~300 m, 勘探孔深度宜为 8 m~15 m; 对于地基复杂程度为二级(中等复杂地基)的冻土地基, 勘探点间距宜为 300 m~400 m, 勘探孔深度宜为 8 m~10 m; 对于地基复杂程度为三级(简单地基)的冻土地基, 勘探点间距宜为 400 m~500 m, 勘探孔深度不宜小于 8.0 m 和 2 倍多年冻土区天然上限深度。

公路行业多年冻土地区路基的勘探深度不应小于 8 m, 且不应小于 2~3 倍多年冻土区天然上限深度, 初勘间距不宜大于 500 m; 详勘每公里勘探点的数量不应少于 4 个。

铁路行业勘探点的间距应根据冻土工程地质条件的复杂程度和冻土现象的性质以及工程类型确定, 一般不应大于 200 m, 勘探孔深度应不小于 8 m, 且不得小于 2 倍多年冻土区天然上限深度。

由此可见, 在勘探间距方面, 各行业基本一致, 管道行业对地基复杂程度高的冻土地基与公路铁路行业一致, 对地基复杂程度低的冻土地基要求相对宽松。在勘探深度方面, 管道行业对于地基复杂程度为三级(简单地基)的冻土地基与公路铁路行业一致, 对于复杂、中等复杂地基, 管道行业有着更高的要求。

关于软土, 管道行业在同一软土区段布置勘探点不应少于 3 个, 勘探深度宜为 5 m。

公路行业勘探测试点的数量和位置应根据地层条件、软土发育特点以及构筑物的类型、规模等确定。

铁路行业勘探点的布置应根据铁路等级标准、地段长短和建筑工程特点、地层结构、成层条件等确定, 勘探深度应至硬底以下 5 m~10 m, 或至基岩层中 3 m~5 m。在软土层较厚的情况下, 勘探深度应大于地基计算压缩层的深度。

关于风沙, 管道行业规定每个地貌单元勘探点不应少于 2 个, 勘探深度不应小于 3 m; 公路行业规定勘探测试点的数量和位置应根据现场地质条件、风沙危害方式及严重程度、构筑物的类型和规模等确定, 初勘勘探点间距不宜大于 1000 m, 勘探深度应能基本查明风积沙厚度、地层结构和地下水发育情况, 控制和影响工程方案的沙丘、风蚀洼地应布置勘探断面, 流动沙丘、风蚀洼地勘探断面在路线两侧的长度不宜小于 300 m; 固定、半固定沙丘勘探断面在路线两侧的长度不宜小于 200 m。详细勘察勘探点间距不应大于 500 m。流动沙丘、风蚀洼地、戈壁风沙流地段, 应布置勘探横断。勘探断面的数量和位置应根据风沙危害程度确定。铁路、水利行业无明确规定。

### 3.4. 地质灾害勘察对比

根据《油气田及管道岩土工程勘察标准》(GBT50568-2019), 油气管道线路地质灾害主要包括危岩和崩塌、滑坡、岩溶、泥石流、采空区。

关于岩溶, 管道行业、铁路行业和水利行业对勘探点间距和深度没有提出特殊的要求, 公路行业要

求填方和挖方路基的勘探深度应至基底以下完整地层内不小于 10 m, 间距不大于 200 m。

关于滑坡, 管道行业要求勘探点间距不宜大于 40 m, 每条勘探线不宜少于 3 个勘探点, 勘探深度应超过最下一层滑动面进入稳定地层, 公路行业要求滑坡的勘探深度应至滑坡体以下的稳定地层内不小于 3 m, 每条勘探断面上的勘探点数量不得少于 2 个。铁路行业要求勘探深度应穿透滑动面以下不小于 3 m。

关于危岩和崩塌, 管道、铁路和水利行业均没有对勘探点间距和深度提出明确规定, 只有公路行业规定岩堆路段宜做横断面勘探, 每条勘探断面上应至少布置 2 个勘探点, 勘探深度应达到稳定地层中至少 3 m, 且应大于最大块石直径的 1.5 倍。

关于泥石流, 管道行业规定勘探点间距应根据地质条件复杂程度确定, 每条勘探线上应至少布置 3 个勘探点, 地质条件复杂时应加密勘探点, 勘探孔深度应进入稳定地层不少于 3 m。公路行业规定泥石流堆积物勘探深度应至基底以下稳定地层中至少 3 m, 且不得小于最大块石直径的 1.5 倍, 同时还对泥石流排导工程泥石流拦渣坝钻孔深度做出明确要求。铁路、水利行业均无明确要求。

关于采空区, 公路行业要求勘探深度应至采空巷道底板以下稳定地层内不小于 5 m。有多层采空巷道(或矿层)时, 应至最下一层采空巷道底板的稳定地层内不小于 3 m, 铁路行业要求勘探点的深度应探至最底层洞底板以下不小 2 m。管道、水利行业无明确要求。

## 4. 结论与建议

### 4.1. 结论

1) 与欧美勘察标准相比, 差异性主要体现在:

a) 应用范围不同: 欧美标准立足于通用性土建工程, 我国标准主要依托于具体行业。

b) 标准集成度不同: 我国勘察标准涵盖了工程地质测绘、钻探、取样、原位测试和室内实验在内的一整套内容, 欧美标准中勘察方法、实验方法等单独成规范。

c) 欧美标准对于勘探点间距、深度均没有给出明确要求, 要求勘察人员根据场地情况和拟建工程特点, 以查明场地地质情况为主要目的灵活布置; 欧美标准鼓励综合使用多种勘探手段, 国内标准相关条文内容缺失。

d) 国内规范对于所涉及的规范条文和设计理论都鲜有标明出处、直接引用学者论文等, 而欧美标准则注重引用学者的研究成果, 有助于勘察人员溯本求源。

2) 与公路、铁路等行业相比, 差异性体现在工程地质测绘、勘探点布置、特殊土勘察、地质灾害勘察等方面, 与勘察阶段、勘察地貌单位等相关性较大。

### 4.2. 建议

建议长期跟踪国外勘察标准和国内公路、铁路、水利等行业的勘察标准, 充分利用国外勘察标准的通用性和综合性、国内其他行业勘察标准的针对性和具体性, 以期能更加科学地指导油气管道勘察工作、完善勘察标准、保障勘察成果质量。

## 基金项目

科技项目: 国家管网集团西南管道有限责任公司科技研发项目“山区油气管道线路设计与工程防护关键技术研究”, 2020B-3106-0501。

## 参考文献

[1] Engineers, US Army Corps of Engineers (2001) Engineering and Design: Geotechnical Investigations. Manual

- 
- 1110-1-1804. Washington, D.C.
- [2] ASTM (1998) Standard Guide to Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes. US-ASTM, Philadelphia.
- [3] ASTM Committee D-18 on Soil and Rock (2017) Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) 1. ASTM International, Philadelphia.
- [4] ASTM International (2009) Standard Practice for Description and Identification of Soils: Visual-Manual Procedure. ASTM International, Philadelphia.
- [5] Kirkaldie, L. (1988) Rock Classification Systems for Engineering Purposes. ASTM, Philadelphia.  
<https://doi.org/10.1520/STP984-EB>
- [6] BSI (2015) BS 5930: 2015: Code of Practice for Ground Investigations. The British Standards Institution, London.
- [7] BSI (1981) BS 6031, British Standard. Code of Practice for Earthworks. The British Standards Institution, London.
- [8] Foged, N.N., *et al.* (2003) Geotechnical Design Part 2: Ground Investigation and Testing: prEN 1997-2. Geotechnical Design, London.
- [9] BSI (2002) EN ISO 14688-1. Geotechnical Investigation and Testing—Identification and Classification of Soil— Part 1: Identification and Description. The British Standards Institution, London.
- [10] International Organization for Standardization (2004) Geotechnical Investigation and Testing: Identification and Classification of Soil. Principles for a Classification. International Organization for Standardization, London.
- [11] 中国石油天然气集团有限公司. GB/T 50568-2019 油气田及管道岩土工程勘察标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2019.
- [12] 中华人民共和国建设部. GB 50021-2001 岩土工程勘察规范(2009版) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [13] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司. JTG C20-2011 公路工程地质勘察规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [14] 中铁第一勘察设计院集团有限公司. TB 10012-2019 铁路工程地质勘察规范[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2019.