



基于土壤分类的ASTM（美标）与 国标之异同研究

冯蓓蕾，周伟兵

（中交第三航务工程勘察设计院有限公司，上海 200032）

摘要：在建设工程中，规范和标准是勘察设计人员工作的依据。使用规范的准确与否，关系到最终成果的可靠性和质量保证。越来越多的境外工程要求使用当地标准或美标、欧标，但是国内几乎没有专业人员从事土工试验美标或欧标的研究，本文就美国ASTM标准和国标中关于土的分类部分进行分析比较，以便更好地为境外工程服务。

关键词：ASTM；国标；土的分类；粒径

中图分类号：TU 41

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2013)10-0224-05

On similarities and differences between national standard and ASTM based on soil classification

FENG Bei-lei, ZHOU Wei-bing

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: In the construction project, norms and standards are the basis for the engineering survey and design of works. The utilization of specifications relates to the reliability and quality of the final result. At present, a growing number of overseas projects require to use the local standard or the American standard and European standard, but almost no domestic professionals are engaged in the American standard or European standard on the soil test. This paper focuses on the comparison of the U.S. ASTM standards and the national standards on the soil classified section, so as to serve for the overseas engineering.

Key words: ASTM; GB; soil classification; particle size

自然界中土的种类繁多，且其性质差异很大，工程中按一定原则对其进行分门别类，便于更合理地选择研究内容和方法，并针对不同建筑工程的要求，对不同土给予正确的评价，为合理利用和改造各类土提供客观实际的依据。

土的统一分类最早是由美国提出的，之后大部分国家都制定了各国的统一分类。随着国内工程建设逐渐趋于饱和，中交集团走出国门，实现大海外的目标不断推进，境外工程项目越来越多，除了与国内设计单位一体化的项目，许多工程均要求采用当地习惯使用的规范或标准进行试

验并提供基础资料。近年我公司承接了越南河静钢厂总承包项目，业主要求部分设计、勘察报告中土工的试验采用美国材料试验协会（American Society of Testing Materials）标准（简称ASTM）试验。根据对比研究，美标的分类及试验方法和国标的要求差异较大，较国标的更复杂、细化，同时须采用碟式仪确定液塑限指标的方法与国内习惯使用76 g圆锥仪方法差异较大，分类困难，没有现成的美标土壤分类软件，因此国内无专业人员进行美标翻译、试验分析和比较研究，目前大部分企业的境外工程实际都在使用国标，或者打

收稿日期：2013-08-10

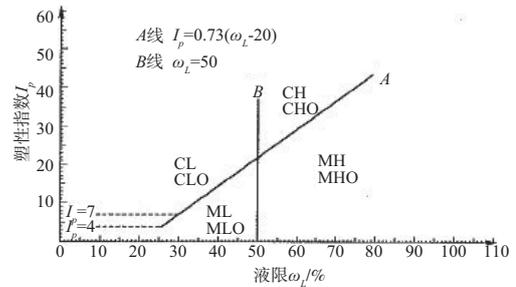
作者简介：冯蓓蕾（1961—），女，教授级高级工程师，从事港口工程、岩土工程技术和勘察管理工作。

着美标的旗号实际仍采用国标方法试验、分类。为此三航院专门成立了研究小组, 对 ASTM 标准中关于试验的部分进行分析研究, 同时结合工程进行比较。

1 国内土的分类标准

国内土的分类大致有两大类: 一类是以中华人民共和国国家标准为主的 GB/T 50145—2007 《土的工程分类标准》, 其特点是: 1) 以土颗粒通过 0.075 mm 粒径占总土质量的 50% 作为粗粒土和细粒土的分界值^[1]; 2) 粗粒土按粒径级配分细类; 3) 细粒土则用质量 76 g、锥角为 30° 的液限仪锥尖入土 17 mm 的方法确定的液限 ω_L 和塑性指数 I_p 所构成的塑性图分细类。第二类是以各行业或地方规范为代表的分类方法, 如 JTS 133-1—2010

《港口岩土工程勘察规范》, 其特点是: 1) 按土的粒径将土分为四大类, 即碎石土、砂土、粉土、黏性土, 碎石土和砂土属于粗粒土, 粉土和黏性土属于细粒土; 2) 粗粒土按粒径级配分类; 3) 细粒土则按塑性指数 I_p 分类^[2]。见图 1 和表 1~4。



注: O 为有机质, H 为高液限, L 为低液限, 虚线之间区域为 C-M 过渡区。

图 1 塑性图

表 1 粗粒土的分类

粒组	颗粒名称	粒径 d 的范围/mm	
巨粒	漂石 (块石)	$d > 200$	
	卵石 (碎石)	$60 < d \leq 200$	
粗粒	砾粒	粗砾	$20 < d \leq 60$
		中砾	$5 < d \leq 20$
		细砾	$2 < d \leq 5$
	砂粒	粗砂	$0.5 < d \leq 2$
		中砂	$0.25 < d \leq 0.5$
		细砂	$0.075 < d \leq 0.25$
细粒	粉粒	$0.005 < d \leq 0.075$	
	黏粒	$d \leq 0.005$	

表 2 砾类土、砂类土的分类

土类	粒组含量	土类代号	土类名称
砾	细粒含量 $< 5\%$	级配 $C_u \geq 5$ $C_c = 1 \sim 3$	GW 级配良好砾
		级配: 不能同时满足上述要求	GP 级配不良砾
含细粒土砾	$5\% \leq$ 细粒含量 $< 15\%$	GF	含细粒土砾
细粒土质粒	$15\% \leq$ 细粒含量 $< 50\%$	细粒组中粉粒含量不大于 50%	GC 黏土质砾
		细粒组中粉粒含量大于 50%	GM 粉土质砾
砂	细粒含量 $< 5\%$	级配 $C_u \geq 5$, $C_c = 1 \sim 3$	SW 级配良好砂
		级配: 不能同时满足上述要求	SP 级配不良砂
含细粒土砂	$5\% \leq$ 细粒含量 $< 15\%$	SF	含细粒土砂
细粒土质砂	$15\% \leq$ 细粒含量 $< 50\%$	细粒组中粉粒含量不大于 50%	SC 黏土质砂
		细粒组中粉粒含量大于 50%	SM 粉土质砂

注: G 为砾; F 为细粒土; W 为级配良好; P 为级配不良; S 为砂; M 为粉土; C 为黏土。

表3 碎石土、砂土的分类

土的名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石	圆形、亚圆形为主	粒径大于200 mm的颗粒质量超过总质量50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形、亚圆形为主	粒径大于20 mm的颗粒质量超过总质量50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形、亚圆形为主	粒径大于2 mm的颗粒质量超过总质量50%
角砾	棱角形为主	
砾砂	粒径大于2 mm的颗粒质量占总质量25% ~ 50%	
粗砂	粒径大于0.5 mm的颗粒质量占总质量50%	
中砂	粒径大于0.25 mm的颗粒质量占总质量50%	
细砂	粒径大于0.075 mm的颗粒质量占总质量85%	
粉砂	粒径大于0.075 mm的颗粒质量占总质量50%	

表4 塑性指数分类

塑性指数 I_p	$I_p > 17$	$10 < I_p \leq 17$
土的名称	黏土	粉质黏土

表5 ASTM土粒组的分类方法

粒组	颗粒名称	粒径 d 的范围/mm	
砾石	大砾石	$d > 300$	
	中砾石	$75 < d \leq 300$	
	粗砾石	$19 < d \leq 75$	$4.75 < d \leq 75$
	细砾石	$4.75 < d \leq 19$	$4.75 < d \leq 19$
砂	粗砂	$2 < d \leq 4.75$	
	中砂	$0.075 < d \leq 4.75$	$0.425 < d \leq 2$
	细砂	$0.075 < d \leq 0.425$	
细粒土	粉土	$d \leq 0.075$	$PI < 4$ 或 $PI < A$ 线
	黏土		$PI \geq 4$ 且 $PI \geq A$ 线

2 ASTM分类标准

ASTM是美国材料试验协会主编的工程用土壤分类规程（统一土壤分类体系）。该分类方案的基础是由A·凯萨格兰德于20世纪40年代初所创的飞机场土壤分类体系，1952年几经美国多个政府代理机构对其修改采用后，成为著名的土壤分类体系统一标准。

ASTM与国标在总的分类原则上是相同的，即将直径通过NO.200（0.075 mm）筛的颗粒含量 $\geq 50\%$ 的土定名为细粒土，否则定名为粗粒土^[3]。然后粗粒土再按颗粒直径进行细分，细粒土则按液限 ω_L 与塑性指数 I_p 所构成的塑性图分细类。

不同之处是ASTM中粗粒土在以颗粒直径进行细分类时，对小于0.075 mm颗粒的再按其含量 $< 5\%$ ， $5\% \sim 12\%$ 和 $> 12\%$ 共3个级别将砾类土和砂类土分为纯砾石（砂）、含粉土（或黏土）砾（砂）和粉土质（或黏土质）砾（砂），同时结合不均匀系数 $C_u \geq 4$ 且曲率系数 $C_c = 1 \sim 3$ 和 $C_u \geq 6$ 且 $C_c = 1 \sim 3$ 作为定义砾类土和砂类土级配良好的条件。

分别将ASTM中关于土的粒组、砾类土、砂类土、细粒土等的描述汇总成各个表格形式。

2.1 ASTM中土的粒组分类方法

ASTM中土的粒组分类方法见表5。

2.2 ASTM中砾类土、砂类土的分类

ASTM中砾类土、砂类土的分类见表6。

2.3 ASTM中细粒土的分类

ASTM中细粒土的分类见图2。

适用于细粒土壤和粗粒状土壤的细粒状部分的分类对于“A”线，如果其在 $PI=4$ 至 $LL=25.5$ 时处于水平状态，则计算公式为 $PI=0.73(LL-20)$ 对于“U”线，如果其在 $LL=16$ 至 $PI=7$ 时处于水平状态，则计算公式为 $PI=0.9(LL-8)$ 。

3 国标与美标（ASTM）异同

3.1 粒组分类异同

粒组的划分是土壤分类的基础，在国标中直接以颗粒粒径大小来划分，而ASTM是以过筛情况来划分，其中ASTM中要求粒径为试验筛所对应的孔径。国标GB/T 50145—2007《土的工程分类标准》，是将粒径 $d \leq 0.075$ mm的颗粒含量大于或等于50%的土定名为细粒土；将粒径 $0.075 \text{ mm} < d \leq 60 \text{ mm}$ 的颗粒

表6 ASTM砾类土、砂类土分类

土类	粒组	组符	砂、砾含量	ASTM土名称
砾	细粒含量 <5%	级配同时满足 $C_u \geq 4, C_c = 1 \sim 3$	<15%	级配良好砾石
		不能同时满足上述要求	$\geq 15\%$	级配良好砾石含砂
含细粒土砾	细粒含量 5% ~ 12%	级配同时满足 $C_u \geq 4, C_c = 1 \sim 3$	<15%	级配良好砾石含粉土
			$\geq 15\%$	级配良好砾石含粉土和砂
		不能同时满足上述要求	<15%	级配良好砾石含黏土 (粉质黏土)
			$\geq 15\%$	级配良好砾石含黏土和砂 (粉质黏土和砂)
		细粒土为 ML 或 MH	<15%	级配不良砾石含粉土
			$\geq 15\%$	级配不良砾石含粉土和砂
细粒土为 CL、CH 或 CL-MH	<15%	级配不良砾石含黏土 (粉质黏土)		
	$\geq 15\%$	级配不良砾石含黏土和砂 (粉质黏土和砂)		
细粒土质砾	细粒含量 >12%	细粒土为 ML 或 MH	<15%	粉土质砾
			$\geq 15\%$	粉土质砾含砂
		细粒土为 CL、CH	<15%	黏土质砾
			$\geq 15\%$	黏土质砾含砂
		细粒土为 CL-MH	<15%	粉质黏土质砾
			$\geq 15\%$	粉质黏土质砾含砂
砂	细粒含量 <5%	级配同时满足 $C_u \geq 6, C_c = 1 \sim 3$	<15%	级配良好砂
		不能同时满足上述要求	$\geq 15\%$	级配良好砂含砾石
含细粒土砂	细粒含量 5% ~ 12%	级配同时满足 $C_u \geq 6, C_c = 1 \sim 3$	<15%	级配不良砂
			$\geq 15\%$	级配不良砂含砾石
		不能同时满足上述要求	<15%	级配良好砂含粉土
			$\geq 15\%$	级配良好砂含粉土和砾石
		细粒土为 ML 或 MH	<15%	级配良好砂含黏土 (粉质黏土)
			$\geq 15\%$	级配良好砂含黏土和砾石 (粉质黏土和砾石)
细粒土为 CL、CH 或 CL-MH	<15%	级配不良砂含粉土		
	$\geq 15\%$	级配不良砂含粉土和砾石		
		细粒土为 CL、CH 或 CL-MH	<15%	级配不良砂含黏土 (粉质黏土)
			$\geq 15\%$	级配不良砂含黏土和砾石 (粉质黏土和砾石)
细粒土质砂	细粒含量 >12%	细粒土为 ML 或 MH	<15%	粉土质砂
			$\geq 15\%$	粉土质砂含砾石
		细粒土为 CL、CH	<15%	黏土质砂
			$\geq 15\%$	黏土质砂含砾石
		细粒土为 CL-MH	<15%	粉质黏土质砂
			$\geq 15\%$	粉质黏土质砂含砾石

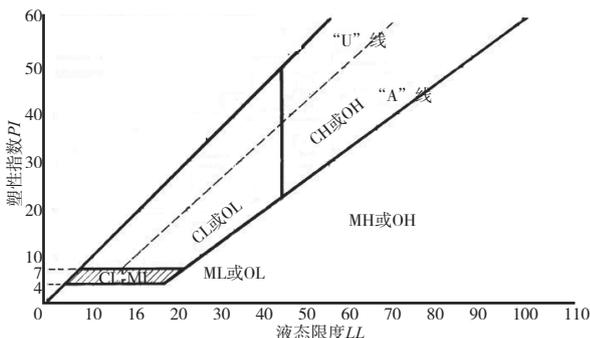


图2 ASTM中细粒土的分类

含量大于50%的土定名为粗粒土；将粒径 $d > 60$ mm 的颗粒含量大于50%的土定名为巨粒土，而在ASTM中是将颗粒直径通过NO.200 (0.075 mm) 筛的颗粒含量大于或等于50%的土定名为细粒土，否则定名为粗粒土 (表1, 表5)。

国标与美标的筛径不同，美标是以英寸为单位划分的，国标中是以毫米为单位划分的。将美标的英寸换算成毫米之后与国标进行对比 (表7)。

表7 国标与美标筛径对比

国标/mm	美标/ inch	
60	75	3
	50	2
40	37.5	1.5
	25	1
20	19	3/4
10	9.5	3/8
5	4.75	4号筛
2	2	10号筛
1	0.85	20号筛
0.5	0.425	40号筛
0.25	0.25	60号筛
0.1	0.106	140号筛
0.075	0.075	200号筛

3.2 粗粒土分类的异同

美标中砾石含量大于50%的土定名为砾石或砾类土, 砂含量大于50%的土定名为砂类土, 按照细颗粒含量的百分比和颗粒级配(颗粒曲线的

曲率系数 C_c 和不均匀系数 C_u) 再将这两类土进行细分, 这一点国标与ASTM的方法是一致的。需要注意的是: 1) 在ASTM中是先按照小于0.075 mm颗粒的含量为<5%; 5%~12%和>12%三个级别将砾类土和砂类土分为纯砾石(砂)、含粉土(或黏土) 砾(砂) 和粉土质(或黏土质) 砾(砂); 2) GB/T 50145-2007将 $C_u \geq 5$ 且 $C_c = 1 \sim 3$ 作为级配良好的条件, ASTM中将 $C_u \geq 4$ 且 $C_c = 1 \sim 3$ 和 $C_u \geq 6$ 且 $C_c = 1 \sim 3$ 作为砾类土和砂类土级配良好的条件, 见表2、表6。

3.3 细粒土分类的异同

国标与美标中细类土的分类方法都是采用塑性图进行分类的, 都规定A线以上的为黏土, A线以下的为粉土, 但是在美标的塑性图中如果液限等于16时与液限等于其他数值时所使用的公式是不同的, 见图1、图2。同时无论在试验设备上还是试验方法上二者都差异较大。将国标与美标的试验方法与试验设备的异同进行对比, 见表8。

表8 细粒土分类试验方法对比

比较项目	使用的仪器	测定液限试验方法	测定塑限试验方法	土分类依据	土分类方法
国标GB/T 50145—2007	圆锥仪、碟式仪	圆锥仪法、碟式仪法	搓条法	图1	塑性图
美标ASTM 2487—00	碟式仪	碟式仪法		图2	

4 结语

1) 相对于粗粒土的分类来说, 美标中粗粒土最大直径为300 mm, 并将砾粒组分为2类; 国标中最大直径是200 mm, 将砾粒组分为3类的, 并且各个级配的粒径在数值上都存在着差异。

2) 在细粒土的分类中, 美标较国标在塑性图分类上多出一条“U”线, 这条“U”线是指在液限等于16时与其它数值时所采用不同的公式来划分细粒土。

3) 试验仪器与试验方法比较, 美标中使用碟

式液限仪方法测定液限, 国标推荐圆锥仪和碟式仪两种方法, 并以圆锥仪法为主; 塑限试验美标和国标则都是采用搓条的方法。

参考文献:

- [1] GB/T 50145—2007 土的工程分类标准[S].
- [2] JTS 133-1—2010 港口岩土工程勘察规范[S].
- [3] D2487-00 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes: Unified Soil Classification System[S].

(本文编辑 郭雪珍)