

中华人民共和国交通部部标准

# 公路土工试验规程

JTJ 051—81

(试 行)

1982 北京

中华人民共和国交通部部标准

# 公路土工试验规程

JTJ 051—81

(试 行)

主编部门：交通部公路科学研究所

批准部门：交 通 部

试行日期：1982年1月1日

人民交通出版社

1982 北京

中华人民共和国交通部部标准

公路土工试验规程

JTJ 051—81

(试 行)

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：850×1168 $\frac{1}{32}$  印张：11.5 插页：4 字数：295千

1982年12月 第1版

1982年12月 第1版 第1次印刷

印数：0001—12,500册 定价：2.95元

## 关于颁发《公路土工试验规程》(试行)的通知

(81)交公路字2014号

现颁发《公路土工试验规程》(JTJ 051—81),自一九八二年一月一日起试行。

本规程的解释工作,由我部公路科学研究所负责。希各有关单位在实践中积累资料,尤其是在公路路基、路面、桥涵等工程中应用新、旧土分类和试验方面的对比资料并总结经验,及时将有关意见径寄公路科学研究所,以便今后修改时参考。

交 通 部

一九八一年十月四日

## 修 订 说 明

建国初期，交通部公路总局主要参照国外资料，编制出版了《公路工程材料试验方法》。1964年交通部交通科学研究院（简称交研院）参考水利电力部1962年《土工试验操作规程》编写了《公路土工试验方法》，但未形成正式文件。可以说，公路部门长期以来，没有一个针对我国公路工程特点的自己的土工试验法，使公路工程的设计、施工工作深受影响。为了适应公路工程的需要，加快公路建设现代化的步伐，交通部公路局决定修订《公路工程材料试验方法》，其中修订土工试验法一项任务下达给交研院。交研院公路所三年来先后组织了交通系统有关科研、设计部门和部分高等院校等20个单位，针对与公路工程关系较密切的几个重点项目，例如液限、塑限、稠度、颗粒大小分析、土分类、击实等进行了较深入的试验研究工作，做了一千多个土样的系统比较试验，取得了大量配套试验数据，为几个重点项目的修订提供了依据。

参加试验研究的单位有西安公路研究所，湖北省公路局科学研究所，交通部第一公路勘察设计院，哈尔滨建筑工程学院，同济大学道路与交通工程研究所，湖南、云南、广东、黑龙江、吉林、辽宁、山东、安徽、福建、江苏、浙江、江西等省交通科学研究所，北京市市政工程研究所，交通部公路科学研究所。甘肃省交通科学研究所也做了部分试验工作，江苏省沭阳县公路工程仪器厂参加了仪器的试制和加工工作。

1979年11月在云南安宁召开了“公路土工试验法的修订”研究课题的总结会议，对资料进行了整理分析，肯定了取得的科研成果，同意将有关成果纳入新的《公路土工试验规程》；并成立了《土工试验规程》编写组，由交通部公路所、西安公路研究所、哈尔滨建筑工程学院、云南省交通科学研究所、第一公路勘察设

计院、西安公路学院、湖南省交通科学研究所、湖北省公路局科学研究所、同济大学道路与交通工程研究所等单位组成，对规程草案和编制说明进行了进一步的讨论和修改。会议责成由交通部公路所汇总、编写“编制说明书”，并对几个修改较大的项目重新进行改写，再印发全国交通系统科研、设计部门和部分高等院校（包括参加单位）征求意见。随后编写组于1980年5月在西安公路研究所召开了碰头会，完成了规程草案的定稿工作。

本规程按照国家基本建设委员会1980年2月颁发的《工程建设标准规范管理办法》分章、节、条进行编写，共分四章，32个项目，三个附录，一个总说明书。第一章为总则，4个项目，第二章为土的物理、水理性质试验，11个项目，第三章为土的力学性质试验，8个项目，第四章为土的化学性质试验，8个项目。与过去的《公路土工试验方法》相比，主要修改如下：

1.总则：增列了技术要求，土样的采集、运输和保管，以及土样制备等项目。

2.公路土的工程分类：采用了粗细粒土统一分类的方法。粗粒土考虑了级配，配合新的分类试验方法；细粒土按塑性指数和液限或塑性图确定土名。

3.含水量试验：增列了微波仪法。

4.容重试验：删去了水银排开法和湿度密度计法，增列了水袋法。

5.颗粒大小分析试验：增列了移液管法和乙种比重计简化计算方法，移液管法采用了经我们改进的英国移液管，其四侧加开四个小孔。

6.液限塑限试验：用100克锥同时测定液限和塑限的联合试验代替了76克平衡锥求液限的方法和搓条法。

7.天然稠度试验：取消了76克平衡锥求液性指数的方法，而代之以100克锥求稠度的诺谟图表法。

8.取消了最大分子水容量和湿化试验。

9.毛管水上升高度试验：取消了不能分层测定含水量的直接

观测法和用卡敏斯基毛细管仪测定毛细水头的方法，而代之以能确定强烈毛管水上升高度的直接观测法。

10. 渗透试验：取消了砂土渗透试验中的卡敏斯基管法，而代之以 70 型渗透仪，粘性土采用了南 55 型渗透仪和变水头负压式装置。

11. 击实试验：增列了重型击实试验方法。

12. 取消了形变模量试验，增列了室内回弹模量和强度试验。

13. 压缩试验：增加了压缩指数  $C_c$ 、膨胀指数  $C_e$  和先期压力  $P_c$  的推算方法。

14. 直接剪切试验：取消了直立式剪切仪法和慢剪法，增加了四联电动直接剪切仪。

15. 无侧限抗压强度试验：取消了磅秤式和自记式无侧限压力仪的两个方法。

16. 化学性质试验修改如下：

(1) 酸碱度 (pH) 试验：仍保留系列比色法，另增列了“酸度计”测定法。

(2) 易溶盐中硫酸根的联苯胺测定法改为 EDTA 容量法，另增加了重量法，供使用单位选择。

(3) 中溶盐试验：增列了 EDTA 容量法。

(4) 难溶盐试验：除气量法不变外，将重量法改为容量法。

(5) 增列了“阳离子交换量试验”项目。

(6) 增列了“土的矿物成分试验”项目。

## 土工试验常用名词和符号说明

名词、术语	符 号	单 位
时间	$T, t$	秒
温度 (摄氏制)	$T^{\circ}\text{C}, t^{\circ}\text{C}$	度
土的含水量	$w$	%
湿土重	$W$	克、公斤
干土重	$W_s$	克、公斤
土的容重	$\gamma$	克/厘米 <sup>3</sup>
水的容重	$\gamma_w$	克/厘米 <sup>3</sup>
土的干容重	$\gamma_d$	克/厘米 <sup>3</sup>
土粒容重	$\gamma_s$	克/厘米 <sup>3</sup>
土粒比重	$G, G_s$	
孔隙比	$e$	
孔隙率	$n$	%
饱和度	$S_r$	%
土粒直径	$d$	毫米
有效粒径	$d_{10}$	毫米
限制粒径	$d_{60}$	毫米
均匀系数	$U_{60}$	
小于某粒径的土重百分数	$x$	%
比重计读数	$R$	
水的动力粘滞系数	$\eta$	克·秒/厘米 <sup>2</sup>
相对密度	$D_r$	
最大孔隙比	$e_{\max}$	
最小孔隙比	$e_{\min}$	
最大干容重	$\gamma_{d \max}, \gamma_0$	克/厘米 <sup>3</sup>
最小干容重	$\gamma_{d \min}$	克/厘米 <sup>3</sup>
液限	$w_L$	%
塑限	$w_p$	%
塑性指数	$I_p$	
缩限	$w_s$	%
最佳含水量	$w_0$	%
渗透系数	$K$	厘米/秒
渗透速度	$v$	厘米/秒
渗透流量	$Q$	立方厘米
单位渗透流量	$q$	厘米 <sup>3</sup> /秒
压缩系数	$a$	厘米 <sup>2</sup> /公斤
体积压缩系数	$a_v$	厘米 <sup>2</sup> /公斤



续上表

名词、术语	符 号	单 位
压缩模量	$E_s$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
回弹模量	$E$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
固结系数	$C_v$	厘米 <sup>2</sup> /秒
压缩指数	$C_c$	
固结度	$U$	%
时间因数	$T_v$	
单位沉降量	$S_1$	毫米/米
湿陷系数	$\delta_s$	
垂直压力	$P$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
轴向应变	$\varepsilon_1$	%
横向应变	$\varepsilon_2, \varepsilon_3$	%
大主应力	$\sigma_1$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
有效大主应力	$\sigma_1'$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
中主应力	$\sigma_2$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
周围压力	$\sigma_3$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
正应力	$\sigma$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
孔隙压力	$u$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
不固结不排水剪 (不测孔隙压力)	$UU$	
不固结不排水剪 (测孔隙压力)	$\overline{UU}$	
固结不排水剪 (不测孔隙压力)	$CU$	
固结不排水剪 (测孔隙压力)	$\overline{CU}$	
固结排水剪	$CD$	
凝聚力	$C$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
内摩擦角	$\phi$	度
十字板抗剪强度	$C_u$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
剪应力	$\tau$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
抗剪强度	$S$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
静止侧压力系数	$K_0$	
原状土无侧限抗压强度	$q_u$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
重塑土无侧限抗压强度	$q'_u$	公斤/厘米 <sup>2</sup>
灵敏度	$S_t$	
天然休止角(水下)	$\alpha_e$	度
天然休止角(干燥)	$\alpha_m$	度

# 目 录

## 土工试验常用名词和符号说明

第一章 总则 .....	1
第一节 技术要求 (土 101—79) .....	1
第二节 土的工程分类 (土 102—79) .....	13
第三节 土样的采集、运输和保管 (土 103—79) .....	23
第四节 土样制备 (土 104—79) .....	29
第二章 土的物理、水理性质试验 .....	38
第一节 含水量试验 (土 201—79) .....	38
第二节 容重试验 (土 202—79) .....	44
第三节 比重试验 (土 203—79) .....	56
第四节 颗粒大小分析试验 (土 204—79) .....	65
第五节 液限塑限联合试验 (土 205—79) .....	92
第六节 缩限试验 (土 206—79) .....	101
第七节 天然稠度试验 (土 207—79) .....	104
第八节 相对密度试验 (土 208—79) .....	108
第九节 膨胀试验 (土 209—79) .....	113
第十节 毛管水上升高度试验 (土 210—79) .....	118
第十一节 渗透试验 (土 211—79) .....	124
第三章 土的力学性质试验 .....	135
第一节 击实试验 (土 301—79) .....	135
第二节 回弹模量试验 (承载板法) (土 302—79) .....	142
第三节 压缩试验 (土 303—79) .....	145
第四节 直接剪切试验 (土 304—79) .....	161
第五节 三轴剪切试验 (土 305—79) .....	174
第六节 十字板剪切试验 (土 306—79) .....	195
第七节 无侧限抗压强度试验 (土 307—79) .....	206
第八节 无凝聚性土天然坡角试验 (土 308—79) .....	211
第四章 土的化学性质试验 .....	216

第一节	酸碱度试验 (土 401—79) .....	216
第二节	烧失量试验 (土 402—79) .....	217
第三节	有机质试验 (土 403—79) .....	219
第四节	易溶盐试验 (土 404—79) .....	221
第五节	中溶盐 (石膏) 试验 (土 405—79) .....	240
第六节	难溶盐 (碳酸盐) 试验 (土 406—79) .....	243
第七节	阳离子交换量试验 (土 407—79) .....	249
第八节	矿物成分试验 (土 408—79) .....	260
附录一	含水量试验 (微波法) .....	272
附录二	容重试验 (灌砂法) .....	276
附录三	颗粒大小分析试验 (淘分法) .....	282
附录四	回弹模量试验 (抗压法) .....	286
	编制说明书 .....	293
	主要参考文献 .....	355

# 第一章 总 则

## 第一节 技 术 要 求

(土 101—79)

### 第1.1.1条 土工试验的任务

土工试验的任务在于为各项工程的设计施工提供符合实际情况的各种土性指标。为此，必须编制合理的试验方案，采制代表性的试样，测算准确的数据和进行正确的资料分析整理。

### 第1.1.2条 土性指标的选择

土工试验项目或土性指标，应根据工程的具体要求选定，参见表 1.1.2。

土性指标选择参考表

表1.1.2-1

类别	指 标							说 明
	1	2	3	4	5	6	7	
I	天然容重	天然含水量	颗粒比重	颗粒分析	塑性指数	相对密度	pH	一般基础项目
II	内摩擦角	凝聚力	天然休止角	击实	渗透系数	压缩系数	回弹模量	根据解决问题的内容选定(强度、变形或渗透稳定性等)
III	湿陷	毛管水上升高度	稠度					根据土质的具体条件选定(如黄土、饱和砂土、冻土、软土等)
IV	有机质含量	易溶盐含量	膨胀	收缩	难溶盐	灵敏度		根据其对工程的影响选定
V	矿物成分	离子交换容量	中溶盐					根据工程需要选定

注：颗粒比重对于一般土质允许采用下列经验数值：重粘土2.78，粘土2.74，亚粘土2.72，亚砂土2.70，粉土2.68，砂土2.65。

### 第1.1.3条 称量

土的物理力学试验项目选择参考表

表1.1.2-2

工程类别	试验项目	土的类别	天然含水量	天然容重	比重	天然孔隙比	孔隙度	饱和度	界限含水量	稠度	相对密度	颗粒分析	毛管水上升高度	渗透系数	膨胀试验	击实试验	回弹模量	压缩试验	相对湿陷系数	剪切试验			无侧限抗压强度	天然坡角		
																				排水剪	不排水剪	固结不排水剪				
桥涵基础		砂性土	+	+	+	+	(+)		+		+	+		(+)										干		
		粘性土	+	+	+	+	(+)	(+)		+		+	+												水	
房屋建筑		砂性土	+	+	+	+	(+)		+		+	+												下		
		粘性土	+	+	+	+	(+)	(+)		+		+	+												下	
隧道		黄土	+	+	+	+	(+)		+						(+)											
		黄土状土	+	+	+	+	(+)	(+)		+																
挡墙		砂性土	+	+	+	+	(+)		+		+	+													+	
		粘性土	+	+	+	+	(+)	(+)		+		+	+												+	
路	深挖	粘性土	+	+	+	+			+				(+)													
		粘性土	+	+	+	+				+																+
基	松软基底	粘性土	+	+	+	+			+																	+
		粘性土	+	+	+	+				+																+
基	高填方	粘性土	+	+	+	+			+																	
		粘性土	+	+	+	+				+																
基	沼泽	粘性土	+	+	+	+			+																	
		粘性土	+	+	+	+				+																
基	黄土及黄土状土	黄土	+	+	+	+			+																	
		黄土状土	+	+	+	+				+																

注：表内有+者，为初步设计、施工设计试验项目；有( )者，为视需要试验项目。

化学试验时，称取基准物及1克以下试样和沉淀物都用万分之一天平，称取1克以上及10克以下用千分之一天平，试样超过10克，则用百分之一天平，因为容器内的残渣大都不超过1克。

#### 第1.1.4条 试验精度

试验数据的有效位数和允许误差，可参考表1.1.4-1采取。

试验精度表

表1.1.4-1

项 目	单 位	有效位数	允许误差
容重	克/厘米 <sup>3</sup>	0.01	0.03
含水量	%	0.1	2(最大)
颗粒比重		0.01	0.02
孔隙比		0.001	
相对密度		0.01	
液限、塑限	%	0.1	2
稠度		0.01	
颗粒分析	%	0.1	
均匀系数		0.1	
渗透系数	厘米/秒	$0.1 \times 10^{-6}$	
压缩系数	厘米/公斤	0.001	
凝聚力	公斤/厘米 <sup>2</sup>	0.01	
内摩擦角	度	0.5	
无侧限抗压强度	公斤/厘米 <sup>2</sup>	0.1	
pH		0.2	
其它化学项目	%	0.01	

在实际化学试验中，取三次（或二次）平行试验结果的算术平均值作为真实值，算术平均值与各个测定值之间的差值占算术平均值的百分数称为相对误差。本规程关于化学试验的允许相对误差参见表1.1.4-2。

被测组分含量 (%)	允许相对误差 (%)
>50	$< \pm 0.6$
50~40	$< \pm 0.8$
40~30	$< \pm 1$
30~20	$< \pm 1.5$
20~10	$< \pm 2.0$
10~5	$< \pm 3$
5~1	$< \pm 10$
<1	$< \pm 20$

注：对于其它项目，可参考同类指标确定。

### 仪器校正

**第1.1.5条** 仪器须经常或定期进行校正。单个试验项目的仪器按要求在相应的规程中校正。一些公用性的仪器设备如天平、铅盒、环刀等按以下方法校正。

#### 第1.1.6条 天平

天平（不包括化学部分）的校正包括零点校正、灵敏度测定和砝码校正。

##### 一、零点校正

首先检查天平安放是否水平，升降枢纽是否灵活。扭动升降枢纽，将未载重的天平升起，观察天平指针左右摆动情况。按指针偏倚方向细心反复调节天平梁臂两边的小螺丝，使指针逐渐趋向零的平衡位置。当指针左右摇摆差数不超出一格时，测读指针偏倚中心读数，做为零点。

##### 二、灵敏度测定

测定零点后，将游码放在相当于载重量1毫克的位置上，测读指针偏倚读数。一般测定两次，取其平均值，以1毫克=X格或一格=X毫克表示灵敏度。依同样方法测出1、5、10、20……毫克的灵敏度。以灵敏度(格/毫克)为纵坐标，绘制出天平的灵敏度曲线。

##### 三、砝码校正

砝码必须经国家计量部门鉴定后，方可使用。砝码的校正工作应每年进行一次。

#### 第1.1.7条 铝盒

铝盒又叫称量盒，须经常校正，一般每年应校正一次。

将铝盒用肥皂水洗刷干净后，放入烘箱，在 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 温度下，烘至恒重。

将铝盒在干燥器中冷却后，称重，准确至 $0.01$ 克，并制表备用。

为简化计算，可对铝盒进行加工，统一其重量。

#### 第1.1.8条 环刀

包括容重、压缩、剪力、渗透等各类环刀，其校正应每年至少一次。

直径用卡尺内卡量环刀刃口面，转不同角度至少三个直径，准确至 $0.1$ 毫米，最大差值不得超过标准直径的 $1\%$ ，取其平均值。

高度用卡尺外卡量取环刀沿不同角度至少三个高度，准确至 $0.1$ 毫米，最大差值不得超过标准高度 $1\%$ ，取其平均值。

称环刀重量，准确至 $0.01$ 克。

计算环刀体积，准确至 $0.1$ 厘米<sup>3</sup>。

第1.1.9条 其它如千分表、温度计、秒表、钢尺等，根据试验需要定期校正。

### 成 果 整 理

#### 第1.1.10条 原则要求

土工试验资料的分析整理，就是要通过对样本（试验测得的数据）的研究来估计总体（土体单元）的特性及其变化的规律性，便于土工试验的成果为工程设计施工服务。它的主要内容包括求取最佳值，确定计算指标。

在进行这一工作时，必须坚持理论与实际统一的原则，以现场和工程的具体条件为依据，以测试所得的实际成果为基础，以数理统计分析的方法为手段，以土力学的基本理论为指导，区别不同条件，针对不同要求，采取不同方法。



### 第1.1.11条 舍弃标准

对于试验成果中那些明显不够合理的数据，应通过仔细的调查研究，分析原因，或有条件时，进行一定的补充试验，以便决定其对可疑数据的取舍或改正。

当最后舍弃试验数据时，应根据误差分析的概念，按三倍标准差（即 $\pm 3S$ ）或四倍或然误差（即 $\pm 4Y$ ， $Y = 0.675S$ ）作为舍弃标准，即在资料分析中，应该舍弃那些在 $\bar{X} \pm 3S$ 或 $\bar{X} \pm 4Y$ 范围以外的测定值，然后再重新计算整理。

### 第1.1.12条 计算指标

土工试验测得的土性指标，可按其在工程设计中的实际作用区分为一般特性指标和主要计算指标。前者如土的天然容重、天然含水量、颗粒比重、颗粒组成、液限、塑限、有机质、水溶盐等，系指作为对土分类定名和阐明其物理化学特性的土性指标；后者如土的凝聚力、内摩擦角、压缩系数、回弹模量、渗透系数等，系指在设计计算中直接用以确定土体对于强度、变形和强度稳定性的土性指标。

第1.1.13条 对于一般特性指标的成果整理，通常可采用多次测定值 $X_i$ 的算术平均值 $\bar{X}$ ，并计算相应的标准差 $S$ 与变异系数 $C_v$ ，或绝对误差 $m_x$ 与精度指标 $P_x$ ，以反映实际测定值对于算术平均值的变化程度，从而判别其采用算术平均值时的可靠性。算术平均值、变异系数、绝对误差和精度指标按下列各式确定：

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (1.1.13-1)$$

$$S = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (1.1.13-2)$$

$$C_v = \pm \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (1.1.13-3)$$

$$m_x = \pm \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (1.1.13-4)$$