

《路基路面工程》 学习、实验指导书

朱德滨编

西南林学院森工系

道桥教研室

<<路基路面>>课程实习指导书

一 课程性质和实习目的：

<<路基路面>>是高等学校道路桥梁工程专业必修的专业课之一，程内容与工程实际联系密切，有地区的差异，而课程实习是贯彻理论与实践相结合的重要环节，也是保证教学效果的重要手段。因此，为提高教学质量，加强学生动手能力的培养，应选择适宜的工地（施工技术及管理较先进的工地），使学生学好施工工艺与方法及施工质量控制与管理等内容。

二 实习内容：

路基工程

1. 了解并掌握路基的基本构造、路基工程的特点及路基设计的基本内容；
2. 对路基常见病害、路基土的分类和各类土的工程性质有比较清醒的认识；
3. 掌握各种条件下稳定路基边坡的主要措施；
4. 了解并掌握路基排水的目的、各种排水构造物的构造特点和使用场合；
5. 了解路基防护的主要设施和软湿地基的加固方法；
6. 了解并掌握重力式挡土墙的构造特点及使用场合；
7. 掌握路基施工放样的基本方法；
8. 掌握路堤填筑、路堑开挖的基本方法；
9. 了解影响路基压实效果的因素，掌握路基压实的工艺过程。

路面工程

10. 了解路面结构和路面的分级；
11. 掌握碎（砾）石基层、级配碎（砾）石基层、稳定土基层、工业废渣基的构造和使用场合；
12. 掌握沥青表面处治、沥青贯入式、沥青上拌下贯式、路拌沥青碎石等路面施工工艺过程及施工质量控制；
13. 掌握厂拌沥青碎石、沥青混凝土路面的施工工艺过程及施工质量控制；
14. 了解各种沥青混合料拌制工艺过程；
15. 了解沥青路面的设计方法和步骤；
16. 了解水泥混凝土路面的构造；
17. 掌握水泥混凝土路面的施工工艺过程及施工质量控制。

三 实习要求：

1. 通过上述各项内容的实习，按时编写实习报告，实习结束后，应及时将实习报告交给带实习的教师；
2. 实习中应虚心向干部、工程技术人员和工人师傅学习，认真记好实习笔记；
3. 实习期间应遵守实习纪律，杜绝一切事故的发生。

实验一. 挖坑灌砂法测定压实度试验方法

一. 目的和适用范围

1. 本试验法适用于在现场测定基层(或底基层)、砂石路面及路基土的各种材料压实层的密度和压实度,也适用于沥青表面处治、沥青贯入式路面层的密度和压实度检测,但不适用于填石路堤等有大孔洞或大孔隙材料的压实度检测。

2. 用挖坑灌砂法测定密度和压实度时,应符合下列规定:

(1) 当集料的最大粒径小于 15mm、测定层的厚度不超过 150mm 时,宜采用 $\phi 100\text{mm}$ 的小型灌砂筒测试。

(2) 当集料的最大粒径等于或大于 15mm,但不大于 40mm,测定层的厚度超过 150mm,但不超过 200mm 时,应用 $\phi 150\text{mm}$ 的大型灌砂筒测试。

二. 仪具与材料

本试验需要下列仪具与材料:

(1) 灌砂筒:有大小两种,根据需要采用。型式和主要尺寸见图 1 及表 1。当尺寸与表中不一致,但不影响使用时,亦可使用。储砂筒筒底中心有一个圆孔,下部装一倒置的圆锥形漏斗,漏斗上端开口,直径与储砂筒的圆孔相同。漏斗焊接在一块铁板上,铁板中心有一圆孔与漏斗上开口相接。在储砂筒筒底与漏斗顶端铁板之间设有开关。开关为一薄铁板,一端与筒底及漏斗铁板铰接在一起,另一端伸出筒身外。开关铁板上也有一个相同直径的圆孔。

(2) 金属标定罐:用薄铁板制作的金属罐,上端周围有一罐缘。

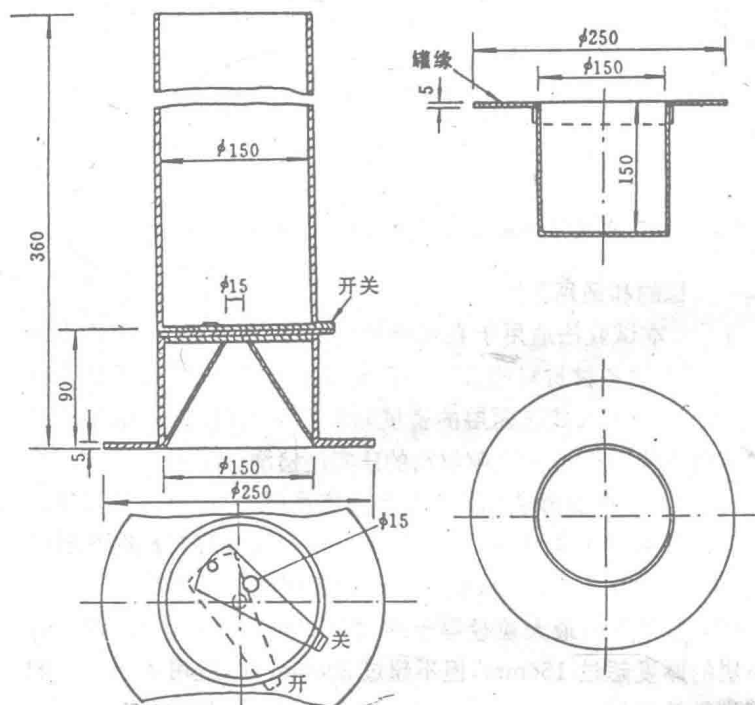


图 1. 灌砂筒和标定罐(尺寸单位:mm)

灌砂仪的主要尺寸

表 1

结 构			小型灌砂筒	大型灌砂筒
储砂筒	直径	(mm)	100	150
	容积	(cm ³)	2 120	4 600
流砂孔	直径	(mm)	10	15
	内径	(mm)	100	150
金属标定罐	外径	(mm)	150	200
	边长	(mm)	350	400
金属方盘基板	深	(mm)	40	50
	中孔直径	(mm)	100	150

注:如集料的最大粒径超过 40mm,则应相应地增大灌砂筒和标定罐的尺寸。如集料的最大粒径超过 60mm,灌砂筒和现场试洞的直径应为 200mm。

(3) 基板:用薄铁板制作的金属方盘,盘的中心有一圆孔。

(4) 玻璃板：边长约 500~600mm 的方形板。

(5) 试样盘：小筒挖出的试样可用饭盒存放，大筒挖出的试样可用 300mm×500mm×40mm 的搪瓷盘存放。

(6) 天平或台秤：称量 10~15kg，感量不大于 1g。用于含水量测定的天平精度，对细粒土、中粒土、粗粒土宜分别为 0.01g、0.1g、1.0g。

(7) 含水量测定器具：如铝盒、烘箱等。

(8) 量砂：粒径 0.30~0.60mm 或 0.25~0.50mm 清洁干燥的均匀砂，约 20~40kg，使用前须洗净、烘干，并放置足够的时间，使其与空气的湿度达到平衡。

(9) 盛砂的容器：塑料桶等。

(10) 其它：凿子、改锥、铁锤、长把勺、长把小簸箕、毛刷等。

三. 方法与步骤

1. 按现行试验方法对检测对象试样用同种材料进行击实试验，得到最大干密度(ρ_c)及最佳含水量。

2. 按 规定选用适宜的灌砂筒。

3. 按下列步骤标定灌砂筒下部圆锥体内砂的质量：

(1) 在灌砂筒筒口高度上，向灌砂筒内装砂至距筒顶 15mm 左右为止。称取装入筒内砂的质量 m_1 ，准确至 1g。以后每次标定及试验都应该维持装砂高度与质量不变。

(2) 将开关打开，使灌砂筒筒底的流砂孔、圆锥形漏斗上端开口圆孔及开关铁板中心的圆孔上下对准，让砂自由流出，并使流出砂的体积与工地所挖试坑内的体积相当(或等于标定罐的容积)，然后关上开关。

(3) 不晃动储砂筒的砂，轻轻地将罐砂筒移至玻璃板上，将开关打开，让砂流出，直到筒内砂不再下流时，将开关关上，并细心地取走灌砂筒。

(4) 收集并称量留在玻璃板上的砂或称量筒内的砂，准确至 1g。玻璃板上的砂就是填满筒下部圆锥体的砂(m_2)。

(5) 重复上述测量三次，取其平均值。

4 按下列步骤标定量砂的单位质量 γ_s (g/cm^3):

(1) 用水确定标定罐的容积 V , 准确至 1mL。

(2) 在储砂筒中装入质量为 m_1 的砂, 并将灌砂筒放在标定罐上, 将开关打开, 让砂流出。在整个流砂过程中, 不要碰动灌砂筒, 直到储砂筒内的砂不再下流时, 将开关关闭。取下灌砂筒, 称取筒内剩余砂的质量 (m_3), 准确至 1g。

(3) 按式(1)计算填满标定罐所需砂的质量 m_s (g):

$$m_s = m_1 - m_2 - m_3 \quad (1)$$

式中: m_s —— 标定罐中砂的质量 (g);

m_1 —— 装入灌砂筒内的砂的总质量 (g);

m_2 —— 灌砂筒下部圆锥体内砂的质量 (g);

m_3 —— 灌砂入标定罐后, 筒内剩余砂的质量 (g)。

(4) 重复上述测量三次, 取其平均值。

(5) 按式(2)计算量砂的单位质量 γ_s :

$$\gamma_s = \frac{m_s}{V} \quad (2)$$

式中: γ_s —— 量砂的单位质量 (g/cm^3);

V —— 标定罐的体积 (cm^3)。

5 试验步骤

(1) 在试验地点, 选一块平坦表面, 并将其清扫干净, 其面积不得小于基板面积。

(2) 将基板放在平坦表面上。当表面的粗糙度较大时, 则将盛有量砂 (m_s) 的灌砂筒放在基板中间的圆孔上, 将灌砂筒的开关打开, 让砂流入基板的中孔内, 直到储砂筒内的砂不再下流时关闭开关。取下灌砂筒, 并称量筒内砂的质量 (m_s), 准确至 1g。

注: 当需要检测厚度时, 应先测量厚度后再进行这一步骤。

(3) 取走基板, 并将留在试验地点的量砂收回, 重新将表面清扫干净。

(4) 将基板放回清扫干净的表面上 (尽量放在原处), 沿基板中孔凿洞 (洞的直径与灌砂筒一致)。在凿洞过程中, 应注意不使凿

出的材料丢失,并随时将凿松的材料取出装入塑料袋中,不使水分蒸发。也可放在大试样盒内。试洞的深度应等于测定层厚度,但不得有下层材料混入,最后将洞内的全部凿松材料取出。对土基或基层,为防止试样盘内材料的水分蒸发,可分几次称取材料的质量。全部取出材料的总质量为 m_w , 准确至 1g。

(5) 从挖出的全部材料中取有代表性的样品,放在铝盒或洁净的搪瓷盘中,测定其含水量(w ,以%计)。样品的数量如下:用小灌砂筒测定时,对于细粒土,不少于 100g;对于各种中粒土,不少于 500g。用大灌砂筒测定时,对于细粒土,不少于 200g;对于各种中粒土,不少于 1 000g;对于粗粒土或水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定材料,宜将取出的全部材料烘干,且不少于 2 000g,称其质量(m_d),准确至 1g。

注:当为沥青表面处治或沥青贯入式结构类材料时,则省去测定含水量步骤。

(6) 将基板安放在试坑上,将灌砂筒安放在基板中间(储砂筒内放满砂到要求质量 m_1),使灌砂筒的下口对准基板的中孔及试洞,打开灌砂筒的开关,让砂流入试坑内。在此期间,应注意勿碰动灌砂筒。直到储砂筒内的砂不再下流时,关闭开关。仔细取走灌砂筒,并称量筒内剩余砂的质量(m_4),准确至 1g。

(7) 如清扫干净的平坦表面的粗糙度不大,也可省去(2)和(3)的操作。在试洞挖好后,将灌砂筒直接对准放在试坑上,中间不需要放基板。打开筒的开关,让砂流入试坑内。在此期间,应注意勿碰动灌砂筒。直到储砂筒内的砂不再下流时,关闭开关。仔细取走灌砂筒,并称量剩余砂的质量(m'_4),准确至 1g。

(8) 仔细取出试筒内的量砂,以备下次试验时再用。若量砂的湿度已发生变化或量砂中混有杂质,则应该重新烘干、过筛,并放置一段时间,使其与空气的湿度达到平衡后再用。

四. 计算

1. 按式(3)或(4)计算填满试坑所用的砂的质量 m_b (g):

灌砂时,试坑上放有基板时:

$$m_b = m_1 - m_4 - (m_5 - m_6) \quad (3)$$

灌砂时,试坑上不放基板时:

$$m_b = m_1 - m'_4 - m_2 \quad (4)$$

式中: m_b —— 填满试坑的砂的质量(g);

m_1 —— 灌砂前灌砂筒内砂的质量(g);

m_2 —— 灌砂筒下部圆锥体内砂的质量(g);

m_4, m'_4 —— 灌砂后,灌砂筒内剩余砂的质量(g);

$(m_5 - m_6)$ —— 灌砂筒下部圆锥体内及基板和粗糙表面间砂的合计质量(g)。

2 按式(5)计算试坑材料的湿密度 ρ_w (g/cm³):

$$\rho_w = \frac{m_w}{m_b} \times \gamma_s \quad (5)$$

式中: m_w —— 试坑中取出的全部材料的质量(g);

γ_s —— 量砂的单位质量(g/cm³)。

3 按式(6)计算试坑材料的干密度 ρ_d (g/cm³):

$$\rho_d = \frac{\rho_w}{1 + 0.01w} \quad (6)$$

式中: w —— 试坑材料的含水量(%)。

4 当为水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定土の場合,可按式(7)计算干密度 ρ_d (g/cm³):

$$\rho_d = \frac{m_d}{m_b} \times \gamma_s \quad (7)$$

式中: m_d —— 试坑中取出的稳定土的烘干质量(g)。

5 按式(8)计算施工压实度:

$$K = \frac{\rho_d}{\rho_c} \times 100 \quad (8)$$

式中: K —— 测试地点的施工压实度(%);

ρ_d —— 试样的干密度(g/cm³);

ρ_c —— 由击实试验得到的试样的最大干密度(g/cm³)。

注:当试坑材料组成与击实试验的材料有较大差异时,可以试坑材料作标准击实,取取实际的最大干密度。

五. 报告

各种材料的干密度均应准确至 0.01 g/cm^3

实验二. 贝克曼梁测定路基路面回弹弯沉试验方法

一. 目的和适用范围

1 本方法适用于测定各类路基路面的回弹弯沉,用以评定其整体承载能力,可供路面结构设计使用。

2 沥青路面的弯沉以路表温度 20°C 时为准,在其他温度测试时,对厚度大于 5cm 的沥青路面,弯沉值应予温度修正。

二. 仪器与材料

本试验需要下列仪器与材料:

(1) 标准车: 双轴、后轴双侧 4 轮的载重车,其标准轴荷载、轮胎尺寸、轮胎间隙及轮胎气压等主要参数应符合表 1 的要求。测试车可根据需要按公路等级选择,高速公路、一级及二级公路应采用后轴 10t 的 BZZ-100 标准车;其他等级公路可采用后轴 6t 的 BZZ-60 标准车。

测定弯沉用的标准车参数

表 1

标准轴载等级		BZZ-100	BZZ-60
后轴标准轴载 P	(kN)	100 ± 1	60 ± 1
一侧双轮荷载	(kN)	50 ± 0.5	30 ± 0.5
轮胎充气压力	(MPa)	0.70 ± 0.05	0.50 ± 0.05
单轮传压面当量圆直径 (cm)		21.30 ± 0.5	19.50 ± 0.5
轮隙宽度		应满足能自由插入弯沉仪测头的测试要求	

(2) 路面弯沉仪: 由贝克曼梁、百分表及表架组成,贝克曼梁由合金铝制成,上有水准泡,其前臂(接触路面)与后臂(装百分表)长度比为 $2:1$ 。弯沉仪长度有两种:一种长 3.6m ,前后臂分别

为 2.4m 和 1.2m; 另一种加长的弯沉仪长 5.4m, 前后臂分别为 3.6m 和 1.8m。当在半刚性基层沥青路面或水泥混凝土路面上测定时, 宜采用长度为 5.4m 的贝克曼梁弯沉仪, 并采用 BZZ—100 标准车。弯沉采用百分表量得, 也可用自动记录装置进行测量。

(3) 接触式路表温度计: 端部为平头, 分度不大于 1°C 。

(4) 其它: 皮尺、口哨、白油漆或粉笔、指挥旗等。

三、试验方法

1 准备工作

(1) 检查并保持测定用标准车的车况及刹车性能良好, 轮胎内胎符合规定充气压力。

(2) 向汽车车槽中装载(铁块或集料), 并用地中衡称量后轴总质量, 符合要求的轴重规定, 汽车行驶及测定过程中, 轴重不得变化。

(3) 测定轮胎接地面积: 在平整光滑的硬质路面上用千斤顶将汽车后轴顶起, 在轮胎下方铺一张新的复写纸, 轻轻落下千斤顶, 即在方格纸上印上轮胎印痕, 用求积仪或数方格的方法测算轮胎接地面积, 准确至 0.1cm^2 。

(4) 检查弯沉仪百分表测量灵敏情况。

(5) 当在沥青路面上测定时, 用路表温度计测定试验时气温及路表温度(一天中气温不断变化, 应随时测定), 并通过气象台了解前 5d 的平均气温(日最高气温与最低气温的平均值)。

(6) 记录沥青路面修建或改建时材料、结构、厚度、施工及养护等情况。

2 路基路面回弹弯沉测试步骤

(1) 在测试路段布置测点, 其距离随测试需要而定。测点应在路面行车车道的轮迹带上, 并用白油漆或粉笔划上标记。

(2) 将试验车后轮轮隙对准测点后约 3~5cm 处的位置上。

(3) 将弯沉仪插入汽车后轮之间的缝隙处, 与汽车方向一致, 梁臂不得碰到轮胎, 弯沉仪测头置于测点上(轮隙中心前方 3~5cm 处), 并安装百分表于弯沉仪的测定杆上, 百分表调零, 用手指

轻轻叩打弯沉仪,检查百分表是否稳定回零。

弯沉仪可以是单侧测定,也可以是双侧同时测定。

(4) 测定者吹哨发令指挥汽车缓缓前进,百分表随路面变形的增加而持续向前转动。当表针转动到最大值时,迅速读取初读数 L_1 。汽车仍在继续前进,表针反向回转,待汽车驶出弯沉影响半径(约 3m 以上)后,吹口哨或挥动指挥红旗,汽车停止。待表针回转稳定后,再次读取终读数 L_2 。汽车前进的速度宜为 5km/h 左右。

3 弯沉仪的支点变形修正

(1) 当采用长度为 3.6m 的弯沉仪对半刚性基层沥青路面、水泥混凝土路面等进行弯沉测定时,有可能引起弯沉仪支座处变形,因此测定时应检验支点有无变形。此时应用另一台检验用的弯沉仪安装在测定用弯沉仪的后方,其测点架于测定用弯沉仪的支点旁。当汽车开出时,同时测定两台弯沉仪的弯沉读数,如检验用弯沉仪百分表有读数,即应该记录并进行支点变形修正。当在同一结构层上测定时,可在不同位置测定 5 次,求取平均值,以后每次测定时以此作为修正值。支点变形修正的原理如图 1 所示。

(2) 当采用长度为 5.4m 的弯沉仪测定时,可不进行支点变形修正。

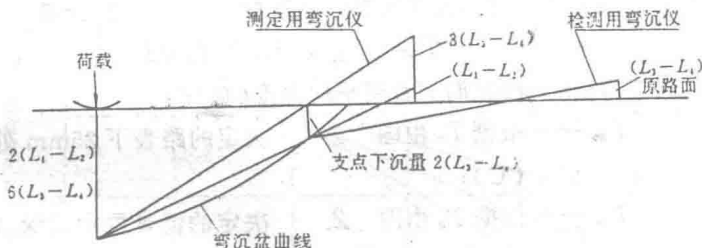


图 1 弯沉仪支点变形修正原理

2 结果计算及温度修正

1 路面测点的回弹弯沉值依式() 1)计算:

$$L_T = (L_1 - L_2) \times 2 \quad (1)$$

式中: L_T ——在路面温度 T 时的回弹弯沉值(0.01mm);

L_1 —— 车轮中心临近弯沉仪测头时百分表的最大读数(0.01mm);

L_2 —— 汽车驶出弯沉影响半径后百分表的终读数(0.01mm)。

2. 当需要进行弯沉仪支点变形修正时,路面测点的回弹弯沉值按式(2)计算。

$$L_T = (L_1 - L_2) \times 2 + (L_3 - L_4) \times 6 \quad (2)$$

式中: L_1 ——车轮中心临近弯沉仪测头时测定用弯沉仪的最大读数(0.01mm);

L_2 ——汽车驶出弯沉影响半径后测定用弯沉仪的最终读数(0.01mm);

L_3 ——车轮中心临近弯沉仪测头时检验用弯沉仪的最大读数(0.01mm);

L_4 ——汽车驶出弯沉影响半径后检验用弯沉仪的终读数(0.01mm)。

注:此式适用于测定用弯沉仪支座处有变形,但百分表架处路面已无变形的情况。

3 沥青面层厚度大于 5cm 的沥青路面,回弹弯沉值应进行温度修正,温度修正及回弹弯沉的计算宜按下列步骤进行。

(1) 测定时的沥青层平均温度按式(3)计算:

$$T = (T_{25} + T_m + T_e)/3 \quad (3)$$

式中: T ——测定时沥青层平均温度(°C);

T_{25} ——根据 T_0 由图 2 决定的路表下 25mm 处的温度(°C);

T_m ——根据 T_0 由图 2 决定的沥青层中间深度的温度(°C);

T_e ——根据 T_0 由图 2 决定的沥青层底面处的温度(°C)。

图 2 中 T_0 为测定时路表温度与测定前 5d 日平均气温的平均值之和(°C),日平均气温为日最高气温与最低气温的平均值。

(2) 采用不同基层的沥青路面弯沉值的温度修正系数 K ，根据沥青层平均温度 T 及沥青层厚度，分别由图 3 及图 4 求取。

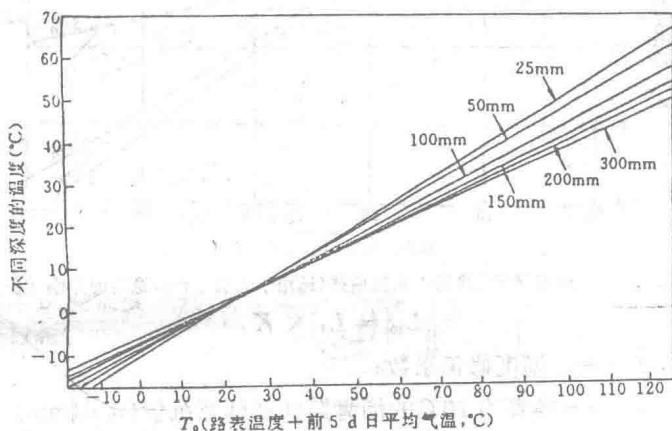


图 2 沥青层平均温度的决定

注：线上的数字为从路表下的不同深度(mm)

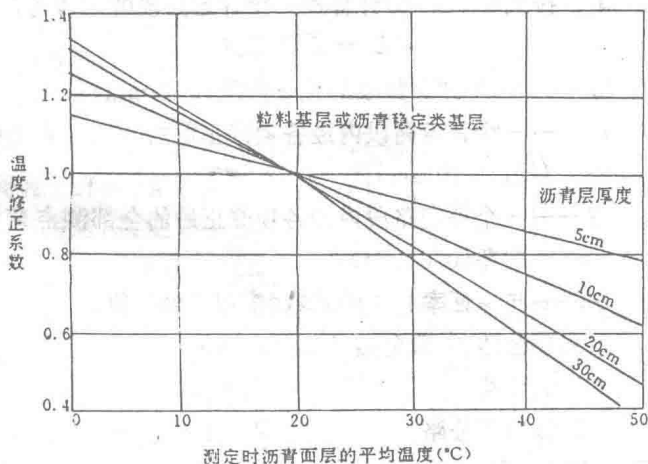


图 3 路面弯沉温度修正系数曲线(适用于粒料基层及沥青稳定基层)

(3) 沥青路面回弹弯沉按式(4)计算：

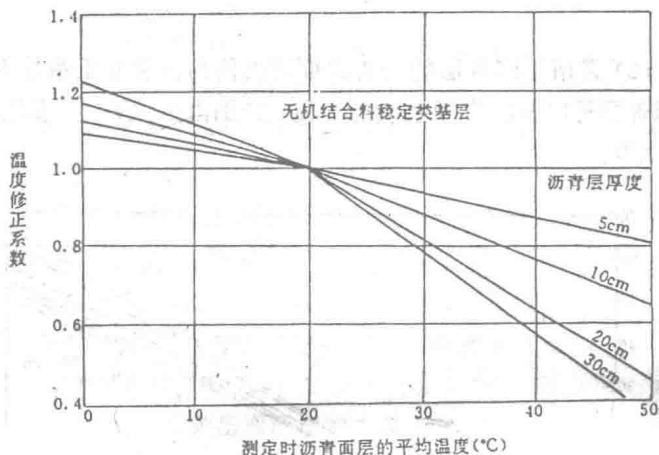


图 4 路面弯沉温度修正系数曲线(适用于无机结合料稳定的半刚性基层)

$$L_{20} = L_T \times K \quad (4)$$

式中: K —— 温度修正系数;

L_{20} —— 换算为 20°C 的沥青路面回弹弯沉值(0.01mm);

L_T —— 测定时沥青面层内平均温度为 T 时的回弹弯沉值(0.01mm)。

4 按式(4-5)计算每一个评定路段的代表弯沉:

$$L_r = \bar{L} + Z_a S \quad (5)$$

式中: L_r —— 一个评定路段的代表弯沉(0.01mm);

$\bar{L}$ —— 一个评定路段内经各项修正后的各测点弯沉的平均值(0.01mm);

S —— 一个评定路段内经各项修正后的全部测点弯沉的标准差(0.01mm);

Z_a —— 与保证率有关的系数,采用下列数值:

高速公路、一级公路 $Z_a = 2.0$

二级公路 $Z_a = 1.645$

二级以下公路 $Z_a = 1.5$

五、报告

报告应包括下列内容:

(1) 弯沉测定表、支点变形修正值、测试时的路面温度及温度修正值。

(2) 每一个评定路段的各测点弯沉的平均值、标准差及代表弯沉。

实验三. 沥青路面渗水试验 方法

一. 目的和适用范围

本方法适用于用路面渗水仪测定沥青路面的渗水系数。

二. 仪器与材料

本试验需要下列仪器与材料：

(1) 路面渗水仪：

形状及尺寸如图1

所示，上部盛水量筒由透明有机玻璃制成，容积 600mL，上有刻度，在 100mL 及 500mL 处有粗标线，下方通过 $\phi 10$ mm 的细管与底座相接，中间有一开关。量筒通过支架联结，底座下方开口内径 $\phi 150$ mm，外径 $\phi 165$ mm，仪器附压重铁圈两个，每个质量约 5kg，内径 160mm。

(2) 水筒及大漏斗。

(3) 秒表。

(4) 密封材料：玻

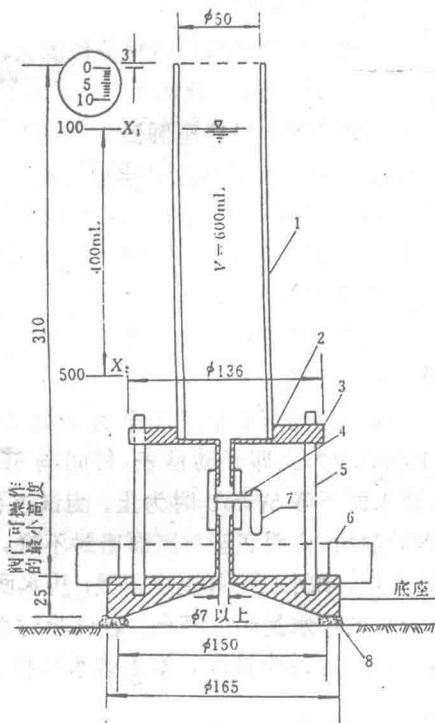


图1 渗水仪结构图(单位:mm)

1-透明有机玻璃筒；2-螺纹连接；3-顶板；4-阀；5-立柱支架；6-压重铁圈；7-把手；8-密封材料

腻子、油灰或橡皮泥。

(5) 其它:水、红墨水、粉笔、扫帚等。

三. 方法与步骤

1 准备工作

(1) 在测试路段的行车道路面上,按附录 A 的随机取样方法选择测试位置,每一个检测路段应测定 5 个测点,用扫帚清扫表面,并用粉笔划上测试标记。

(2) 在洁净的水桶内滴入几点红墨水,使水成淡红色。

(3) 装妥路面渗水仪。

2 试验步骤

(1) 将清扫后的路面用粉笔按测试仪器底座大小划好圆圈记号。

(2) 在路面上沿底座圆圈抹一薄层密封材料,边涂边用手压紧,使密封材料嵌满缝隙且牢固地粘结在路面上,密封料圈的内径与底座内径相同,约 150mm,将组合好的渗水试验仪底座用力压在路面密封材料圈上,再加上压重铁圈压住仪器底座,以防压力水从底座与路面间流出。

(3) 关闭细管下方的开关,向仪器的上方量筒中注入淡红色的水至满,总量为 600mL。

(4) 迅速将开关全部打开,水开始从细管下部流出,待水面下降 100mL 时,立即开动秒表,每间隔 60s,读记仪器管的刻度一次,至水面下降 500mL 时为止。测试过程中,如水从底座与密封材料间渗出,说明底座与路面密封不好,应移至附近干燥路面处重新操作。如水面下降速度很慢,从水面下降至 100mL 开始,测得 3min 的渗水量即可停止。若试验时水面下降至一定程度后基本保持不动,说明路面基本不透水或根本不透水,则在报告中注明。

(5) 按以上步骤在同 1 个检测路段选择 5 个测点测定渗水系数,取其平均值,作为检测结果。

四 计算