

LUN GONGLU GONGCHENG SHIGONG JISHU YU GUANLI

论公路工程施工 技术与管理

戴步卿 编著



河北科学技术出版社

The Construction Technology and Management of Highway Engineering

论公路工程施工 技术与管理

戴步卿 编著



河北科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

论公路工程施工技术与管理/戴步卿编著. —石家庄:
河北科学技术出版社, 2007. 4

ISBN 978 - 7 - 5375 - 1726 - 3

I. 论... II. 戴... III. ①道路工程 - 工程施工②
道路工程 - 施工管理 IV. U415

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 052355 号

论公路工程施工技术与管理

戴步卿 编著

出版发行	河北科学技术出版社
地 址	石家庄市友谊北大街 330 号 (邮编: 050061)
印 刷	河北新华印刷二厂
开 本	787 × 1092 1/32
印 张	11.75
字 数	270000
版 次	2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷
印 数	1000
定 价	29.00 元

作者简历

戴步卿,男,汉族,1957年12月生,河北省邢台市威县戴家庄人。中共党员,大学文化,高级工程师,现任邢台市公路管理处总工程师。



1982年1月毕业于华北水利水电学院农田水利专业,分配到水电部漳卫南运河管理局邢台地区管理处(临西)工作。1983年8月评定助理工程师,1985年4月入党,1986年5月任工程管理部副科长。1983年至1986年连续四年被评为海委系统先进工作者。1988年1月调邢台地区公路工程质量监督站工作,1991年1月晋升工程师。1992年3月调邢台路桥建设总公司工作,1996年7月晋升高级工程师,1997年8月任工程二处副处长,2004年9月任党支部书记。2004年4月任道桥建设工程处党支部书记。2006年2月任邢台市公路管理处总工程师。1995年至2004年连续十年兼任项目经理。1995年、1996年、1997年、1998年、2000年、2002年考核优秀获市交通局嘉奖,2005年、2006年连续两年荣立三等功。1997年被评为河北省交通系统先进科技工作者,2005年被评为市交通局“十五”期间优秀科技工作者,2006年被评为市交通局优秀科技工作者。2002年被评为爱岗敬业先进个人,2003年被评为抗击非典先进个人和优秀共产党员,2005年被评为邢台市交通局“三个着想”、“四个一样”先进个人和优秀党务工作者。



虚心好学,丰富自身,爱岗敬业,严谨认真。
奋发努力,知难而进,求真务实,开拓创新。

为公路建设事业
不断学习总结提高
范永丰
二〇〇四年
十月二十一日

河北省邢台市交通局范永丰局长题词：为公路建设事业不断学习总结提高

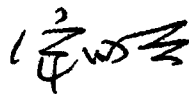
序 言

自 20 世纪 80 年代,我国公路建设取得了突飞猛进的发展,无论公路数量规模,技术等级标准,还是公路建设质量都有了质的飞跃,工程技术不断创新,施工管理水平日益提高,广大技术工作者为此做出了不懈努力和积极贡献。

自古以来,交通一直是人们“衣、食、住、行”的重要内容之一。我国公路虽然在解放后有一定的发展,但真正步入快车道还是改革开放后的事情。“九五”、“十五”特别是“十一五”以来,随着国民经济的快速发展,交通流量、车辆荷载等随之都发生了较大的变化,公路交通副业加快发展步伐,同时带来了诸如沥青路面车辙、水泥路面早期断板、桥头跳车等一系列问题,公路部门将其归纳为“八大通病”,并为此进行了认真研究,探索出了一些较为有效的防治措施。这离不开成千上万技术工作者的辛勤劳动和努力探索。

戴步卿同志多年来一直从事公路工程的施工、质量管理等工作。参加了质监站的筹建,亲历并参加了邢台市第一条汽车二级专用公路工程监理,具体组织了第一条一级公路的建设,先后完成了郑洛、马平等省外高速公路的建设项目。参加了“改性沥青试验及应用研究”、“高性能路面(Superpave)技术的推广应用”、“旧桥加固改造方法研究”等课题的技术研究,负责国省干线公路和桥梁的技术管理工作。其间倾注了他大量的心血和汗水,积累了较丰富的理论基础知识和工程实践经验。难能可贵的是在多年为公路建设辛勤耕耘的同时,不忘对所参加的每一项技术活动和施工实践及时进行总结,将自己的所知所获通过深入分析撰写成文章,并整理编辑成书,共收入论文近 40 篇。这既是对自己长期技术探究过程的印记,也是对公路建设事业的一份贡献。

尺有所短,寸有所长。尽管该书只是作者多年来工作实践的经验体会和认识,但相信大家读后,或多或少会有所启发和收益,也相信有众多热爱公路、奉献公路的有志之士的共同努力,我们的公路建设事业将更加欣欣向荣,蒸蒸日上,让我们携手并肩去创造更加辉煌美好的明天!



2007 年 4 月

前 言

时光飞逝,不觉间随着时代的脚步在公路建设与管理的道路上已走过了20多个春秋。回首这25年工作历程,锻炼让我日趋成熟,实践让我积累经验,经历让我丰富知识,考验让我增长才干。这些年既有艰辛的付出和奉献,又有收获成功的喜悦和甘甜。在繁忙的工作之余,我把亲身经历和实践感悟记录了下来,经过认真梳理和提炼,并做进一步研究和理论分析,发表了自己的见解和观点。其内容包括公路工程施工技术和管理、新材料新工艺的推广应用、质量监理、公路养护和桥梁管理以及工作感想和体会等方面。共撰写选录文稿38篇(按时间顺序,约14万字),大部分已在某些专业期刊上发表或参加各种学术交流并获奖。尽管这些文稿其理论深度和学术水平有限,在论点论据等方面还有不足之处,但是它们作为我多年来工作实践的概括与总结、经验知识的丰富与积累、奋斗历程及足迹的印证与描绘,却值得追忆和回味,而且让我感到弥足珍贵。

现在,我把这些文稿加以整理并编辑成书,其目的是为了自我回顾与总结,自我陶冶与升华,自我鼓励与促进;更重要的是借此与同仁们互相学习与交流,互相切磋与研讨,共同进步与提高。希望这些文稿能为今后公路建设提供参考和借鉴,并且对推动交通事业的发展有所贡献,那么多年来付出的心血和努力就更具有价值和意义,将令我倍感欣慰和深受鼓舞。

随着国民经济和交通事业的快速发展,对公路建设质量、施工技术和服务水平的要求越来越高,面对新的机遇和挑战,我们任重而道远,先进的科学技术和知识还有待我们去学习和掌握;很多新的技术课题需要我们去研究和攻关。我们必须携手并肩,撑起时代的风帆,以严肃认真的科学态度、求真务实的作风、开拓创新的精神,倾自己所能,去完成交通人的历史使命和时代责任,实现公路建设的宏伟蓝图,为发展公路交通做出更大的贡献。愿以此作为新的起点,在公路工程技术领域一步步跨上新的台阶,向更高的目标奋进、登攀。

在撰写过程中曾得到田文泽、史林军、刘勇刚、甘红俊等同志的大力支持和帮助,在此深表谢意。因时间仓促和编写水平有限,文稿尚有疏漏和不妥之处,敬请业内人士和专家不吝赐教,给予帮助和指导。

编 者

2007年5月

目 录

公 路 篇

土基密度计和含水量测定仪在压实度检查中的应用.....	(3)
加强监理 保证路基施工质量	(7)
压实度灰剂量对石灰土强度的影响.....	(11)
用回弹弯沉值控制路基施工质量.....	(14)
碾压混凝土路面施工技术总结.....	(17)
LS - 35 沥青碎石配合比设计	(20)
SBS 和 PE 改性沥青试验及应用研究	(24)
水泥混凝土路面不规则横缝的预防与处理.....	(30)
沥青混合料配合比与拌和楼的调试.....	(33)
AK - 13A 沥青抗滑层路面配合比设计及施工	(39)
沥青路面松铺系数的影响因素和控制方法.....	(46)
提高沥青路面平整度的工艺措施.....	(50)
水泥粉煤灰稳定砂砾基层组成设计与施工.....	(53)
高性能路面(Superpave)技术在马平高速公路施工中的应用	(58)
德兰尼特 AS 纤维在沥青混凝土施工中的应用	(65)
沥青混凝土路面推移成因及防治措施.....	(73)
收费广场水泥混凝土路面破坏原因及防治措施.....	(77)
沥青稳定碎石 ATB - 30 柔性基层配合比设计与施工	(81)
压浆技术处治水泥混凝土路面病害的应用实践与效果分析.....	(88)

桥 梁 篇

高标号混凝土在高温下施工裂纹的预防措施.....	(95)
桥面病害原因分析及防治措施探讨.....	(97)
南郝线新澧河大桥钢板加固盖梁验算	(101)
桥面铺装与防水层的性能分析	(107)
邢左公路七里河大桥加固方法与效果评价	(111)
107 线沙河大桥病害原因调查及加固改造方法	(123)
双体桥(纵缝)联结结构计算及配筋设计	(128)

管理体会篇

开展工程质量监督 提高公路建设水平	(135)
-------------------------	---------

公路工程质量监督(理)工作的实践与体会	(138)
公路工程施工中的几点做法与体会	(142)
107 线罩面工程施工之体会	(145)
迈向高等级公路建设的第一步	(147)
旧路加宽改造是公路建设的有效途径	(150)
论公路工程施工项目管理	(152)
浅论公路工程项目预算及决算	(157)
建立健全工程管理体系 实现社会经济效益目标	(160)
对公路养护管理的几点看法与建议	(165)
实行工程机械租赁制的必要性及管理方法	(168)
公路工程项目经济效益的影响因素分析和应对措施	(172)
附录:论文篇目及发表情况	(175)

公 路 篇

土基密度计和含水量测定仪 在压实度检查中的应用

压实度是公路工程质量控制的主要技术指标之一。在施工中保证和提高压实度能使路基和路面结构层具有足够的密实度、强度,增加稳定性,减少路基、路面在行车荷载的作用下可能产生的形变。压实度的大小直接关系着施工质量的优劣,对公路的使用性能和寿命是至关重要的。因此,做好压实度的检查对于提高和控制公路施工质量具有十分重要的意义和作用。

湖南省交通科研所研制生产的“ND-B型核子土基密度计”和“NB-A型中子含水量测定仪”是一种散射表面型测量仪器,具有操作简便,测试快速、准确和不破坏被测土基之优点,广泛适用于公路路基、铁路路基、机场道路、堤坝等土建工程施工的重要控制指标——压实度的检测。从1988年开始,我们在路基和石灰土基层压实度检查中投入使用,通过两年来应用实践,已初步掌握了仪器的使用性能和操作技术,从而强化了工程质量控制和检测手段,有力地推动和促进了邢台地区公路建设质量不断提高。

1 工作原理和使用方法

1.1 工作原理

核子土基密度计用来测定路基和路面基层的湿密度。是根据 γ 射线与物质的外围电子进行弹性碰撞而发生康普顿散射,散射后的 γ 射线能量减少,方向改变。物质的密度越大,康普顿散射截面越大,因此,通过测量 γ 源透过物质散射前后的 γ 射线强度变化来判别被测物质的密度。仪器内有5毫居里的 ^{137}CSy 源, γ 射线射入土基后,通过土基材料发生散射,散射后的 γ 射线由探测器接收并由主机计数(B),在相同时间内这个计数随着土基密度不同而变化,探头在特定密度的标准块上取相同时间间隔的计数(A),被测土基密度与两个计数有关系式 $D_\gamma = 1.523 + 1.892 \ln A/B + C$,通过计算机运算处理后,直接测出土基湿密度。

中子含水量测定仪用来测定土基含水量。是根据中子在物质中的散射原理,由于中子被氢核散射的几率最大,因而中子在物质中被散射而减速成热中子的作用,主要由含氢量或含水量来决定,因此,通过测量中子源发射中子透过物质散射后减速形成热中子多少来判别该物质的含水量。仪器内有 1.1×10^5 中子/秒的 $^{241}\text{Am-Be}$ 中子源,发射的快中子射入土基后发生散射,减速达到热平衡成为热中子,一部分热中子返回,被热中子探测器接收,由主机计数(B),这个计数在相同的时间内随物质含水量的增大而增大,将探头在特定含氢量不变的标准块上计数(A),被测含水量与两个计数有关系式 $D_w = 0.8053 \times B/A - 0.16.2$,通过计算机运算处理,直接测出土基含水量。

1.2 使用方法

工程施工中常把压实度(相对密度)作为衡量土基密实程度的一项标准,而核子计所测结果为湿密度,中子仪测定的是单位体积水分,因此,在使用中应同时测量,取二者的差值,即压实度 = 干密度/最大干密度 = (湿密度 - 水分)/最大干密度。

两种仪器的操作方法是基本相同的,在测量前须进行自检,如出现故障及时排除,自检正常后先取标准块计数,核子计 32 秒键计数大约为 $(9 \sim 11) \times 10^4$,中子仪为 6000 左右,64 秒键加倍。测量中只取标准块计数一次,它即被储存在计算机内,当按“COMP”键,屏幕上出现“ $IJB = ?$ ”说明计数有效,可继续测量。在进行每一点测量时,把地面整平,使探头底部与地面有良好的接触,这样所测结果精度高,反之,测值偏小或不准确。将仪器放置在整平的待测地基表面,当屏幕上出现“ $IJB = ?$ ”开始土基计数,依次按“停止”“清零”“计数”三键,在规定时间内屏幕上显示出测量结果。

由于碾压机械沿路轴线方向行驶,对碾压层施加荷载有方向性,土颗粒之间应力状态不同,排列也具有方向性,纵横方向密度值是有差别的,因此,取两个方向测值的平均值作为测定结果是合理的。

2 使用性能和效果

2.1 测试精度

核子计和中子仪测量精度分别为 $\Delta\gamma = 0.03 \text{ g/cm}^3$ 、 $\Delta\omega = 0.015 \text{ g/cm}^3$,如两个测值为异向偏差,叠加后干密度的最大累积误差为 $\Delta = 0.045 \text{ g/cm}^3$,按干密度值一般在 $(1.6 \sim 1.9) \text{ g/cm}^3$ 计算,相对误差仅是 2.3% ~ 2.8%。

仪器测量范围是直径约为 18 ~ 20 cm 的半球体形,其结果又是积分平均值,可以认为它比其他方法取样范围大,代表性和真实性较强。

仪器法与环刀法和灌砂法比较测值偏小,特别是与环刀法差别较大。由于环刀法取样部位的选择存在不确定性,习惯上往往取样较浅,在碾压层厚二分之一深度以上,有的甚至取在碾压层表面附近,因土基表层易形成硬壳或松软层,再加上人为操作误差,影响了试验结果的精度。1988 年在 106 线南宫至威县 K41 + 000 ~ K41 + 500 段进行了环刀法和核子仪器法测量对比试验,在 8 个试点中,用环刀法试验有 4 个点干密度超过标准干密度,即 50% 的点压实度超过 100%,明显偏高。而用仪器加修正值后测定有 7 个点压实度在 93% ~ 98%,合格率为 87.5%,基本上接近实际,所以其测试精度能满足使用要求。

2.2 修正值

由于核子计计算公式 $D_\gamma = 1.523 + 1.892 \ln A/B + C$ 中的常数 1.523 和 1.892 是以湖南红色黏土标定出来的(因仪器而异),当在其他地方土质发生变化时,应加相应的修正值 C,一般砂性土较黏性土大,就我们本台仪器而言,修正值在 0 ~ +0.1 之间。

求取修正值的方法是采用灌砂法标定,在现场根据土质情况化分路段,每种土质选 5 ~ 6 个点进行仪器和灌砂比较试验,即在仪器测量位置的中央处灌砂,计算二者差值,舍去偏差值较大的点,差值的平均值作为该种土质的修正值。我们在使用中发现修正值

与土的塑性指数存在着一定的关系,经多次试验归纳出近似公式, $C = \frac{1}{1.5I_p} - \frac{1}{I_p^2}$, 式中 I_p 为塑性指数,取值范围 3~15,用公式计算出的修正值输入计算机内,所测结果与灌砂法比较,基本相符(见表 1)。在今后仪器的使用过程中还需进一步对近似公式进行验证和调整,提高其准确性和可靠程度。

表 1 仪器测值修正前后与灌砂法比较

点号	修正前			修正后			塑性指数
	仪器法	灌砂法	相差 (%)	仪器法	灌砂法	相差 (%)	
①	1.84	1.94	5.15	1.88	1.94	3.1	14
②	1.89	1.937	2.4	1.93	1.937	0.4	14
③	1.768	1.84	3.9	1.828	1.84	0.6	9.6
④	1.642	1.79	8.27	1.702	1.79	4.9	9.6
⑤	1.844	1.938	4.84	1.904	1.938	3.4	9.6

中子仪计算公式 $D_w = 0.805 \times B/A - 0.162$ 中 A 、 B 分别为标准块和土基计数,该仪器测值比烘干法偏大 (0.02~0.1) g/cm^3 ,我们将 0.162 调整为 0.17,经反复试验,不需修正而能满足精度要求。

2.3 仪器的适应性

用仪器测试压实度的方法,是非破坏性试验,不需挖坑取样,也避免了因受天气环境影响带来的测量误差,它适用于各种路基土(包括冻土)和路面结构层压实度试验,还可适用于水泥砼密实度试验。环刀法适用于细粒土碾压成型后的最初阶段,但随着水分蒸发或强度的形成,取样就相当困难,土样受干扰比较大,降低了测试精度。此外,对于中、粗粒土更是无能为力的。灌砂法尽管比较准确可靠,但测试速度慢,取样困难,多次称量结果易受环境影响。因此,仪器法具有测试速度快、影响因素少、适应性广的优点。

2.4 对不良施工段检测效果

仪器对不良施工段压实度检查效果明显。由于核子计的工作原理是以 γ 射线散射前后的强度变化来判别密实度的大小,在施工中出现的裂缝、起皮(相当于水平缝)以及石灰土中拌合不匀、碾压不实等现象, γ 射线不受阻碍而通过,由发射源到探头的穿越距离相对缩短,探头接受的辐射强度大,所测湿密度值就明显偏小。

1988 年 9 月在 106 线压实度检查时, K37+325~K38+325 段石灰土基层压实度合格率仅 10%,发现该段由于土质砂,含水量及碾压遍数不合适,出现起皮现象,起皮厚 2~4cm 左右,在 K37+600 处湿密度为 $1.88g/cm^3$,干密度为 $1.52g/cm^3$,揭开起皮重测湿密度和干密度分别为 $1.95g/cm^3$ 和 $1.57g/cm^3$,压实度为 94%。这反映了仪器对于起皮现象有较好的敏感性。

路基干缩后的裂缝对仪器测值也有较大的影响,1988 年在祁南线和临城县隆尧县段,1989 年在邢临线汽车专用路上分别就裂缝影响进行了观察测试。测值与裂缝的方向、长度、宽度和深度有关,顺缝测量测值最小,与缝长、宽和深度成反比,这只是初

步认识,缺乏定量分析,其规律性还有待于在今后的实践中进一步探索和研究。

2.5 测试效率

仪器有“32秒”和“64秒”两个时间选择键,在32秒和64秒时间内直接显示测量读数。我们习惯用32秒定时键,每个测点分别用两台仪器各重复测量两次,时间为128秒,加上选点、整平、仪器搬动,每个点平均大约需5~10分钟,每小时可测6~12个点。

2.6 不足之处

- (1) 测量时为了保证仪器和地面有良好的接触,需配备专门整平工具。
- (2) 测量深度达18~20cm,对于小于18cm厚的石灰土基层其测值反映了包括下层一定深度内密度的综合结果,不能对该层进行准确的评定,因此,调整仪器测量深度是很必要的。
- (3) 应提高仪器的耐用性和测试结果的稳定性。
- (4) 有放射性,对人体有害,在携带和使用中必须加强防护措施。

3 结语

同位素仪器早在20世纪60年代国外就开始研制并应用于土基密度的检测中,我省廊坊地区交通局也在20世纪80年代初应用美国产密度仪测定土基密度。我们使用核子仪器仅两年多时间,对于仪器的使用性能尚处在摸索阶段,还需进一步学习探讨和研究。通过两年来的使用,认为该种仪器能满足公路工程质量检测的需要,在目前来说,是比较先进的,它的测试速度快和非破坏性的优点是其他方法无法比拟的,这一点已得到施工人员的认可和重视。

这种仪器的研制和开发正在不断完善和发展,以改进自身存在的不足。更先进的微机化密度含水量联合测定仪已经问世,标志着核子仪器的发展达到了一个新的水平。当前科学技术日新月异,公路建设进入快速发展时期,加强质量管理势在必行。因此,我们应致力于推广和应用先进的测试技术和仪器设备,提高公路工程质量监控手段和检测水平,为促进和提高公路建设质量,加快公路事业快速发展,做出应有的贡献。

加强监理 保证路基施工质量

路基是公路工程的关键部位,其施工质量的优劣直接影响着公路的使用寿命。如何提高和保证路基施工质量,为新修公路打下坚实的基础,是公路施工人员共同关心的问题,也是需要技术人员认真对待和研究的课题。邢临汽车专用公路,是我区重点工程项目,沿线土质十分复杂,既有黏砂夹层,也有含部分黏粒及云母的粉砂土,给施工带来一定困难,以致个别路段不得不采取换填土或对土壤加以特别处理。针对土质变化大的特点,我们在施工中采用详细分段,严格控制干容重的方法,并反复检验各段标准干容重,使之尽可能接近实际。对于土质特别差,不能保证施工质量的路段则必须换土,土源必须经过鉴定后方可使用。这些措施对于保证路基施工质量起到了重要作用,但施工工艺和技术措施的得当与否也是不容忽视的问题。为此,我们采取了做试验段的方法,就不同铺土厚度和碾压遍数与压实度的关系进行了试验研究,以便找到较合适的铺土厚度和碾压遍数,为优化施工方案提供依据。

近几年来,对于采用重型击实标准控制压实度,有人认为因室内与现场在各种条件上存在很大差异,压实度很难达到要求标准,甚至怀疑标准是否偏高。通过试验我们发现,只要含水量、铺土厚度和碾压遍数合适,达到要求标准是完全可能的。的确,室内与现场有条件差异,而且影响压实度的因素颇多,如果在同等条件下,铺土厚度和碾压遍数对压实度的影响十分明显,并且二者之间密切相关,要保证一定的压实度,一般说来,碾压遍数必须随铺土厚度的增加而增加。但在土层增加到某一厚度时,下层的压实效果就不明显。在铺土厚度一定时,当碾压到某一遍数后再继续碾压,压实度不但不再增长,反而可能降低。因此,二者的最佳组合,则是提高压实度的有效方法,既能快速达到较高的压实度的要求,又不致于事倍功半做无用功,收到科学合理、优质高效、经济节约的施工效果。

1 试验情况及结果

1989年5月,省工程局四处二工区在邢临汽车专用路平乡段K41+230~K41+262及K42+670处分别进行了试验。该段土的塑性指数为14,属中液限黏土,标准干容重为 $1.869\text{g}/\text{cm}^3$,控制含水量14%~16%,铺土厚20~25cm,使用18吨重型压路机错半轮碾压。碾压遍数对不同深度压实度影响结果见表1、表2。根据表列数据分别按8cm或10cm以上、以下两层绘制碾压遍数与压实度关系曲线,见图1。