

# 加州长寿命设计方法正在由经验法 向力学—经验法转变

曹志远<sup>1</sup>, 郭忠印<sup>1</sup>, 张起森<sup>2</sup> 编译

(1. 同济大学, 上海市 201804; 2. 长沙理工大学)

**摘 要:** 在过去的 60 多年中,加州一直用经验程序来设计普通混凝土路面。而 NCHRP 1-37a 的问世则让加州开始由经验法向力学—经验法(M—E)转变。然而,来自 NCHRP 1-37a 软件的敏感性研究和加州运输部(Caltrans)的内部企业都指出:此时,要在设计人员中普及 NCHRP 1-37a 是不现实的。作为未来完全应用 M—E 法的第一步,Caltrans 将会为常规设计开发一项目录,还会将该软件限制在专业、昂贵的项目中使用。通过使用 NCHRP 1-37a 软件将产生了庞大的因素,计算结果也会合成到目录表中。在对软件做了适当修改后,Caltrans 将加州地区和其他地区(包括华盛顿州)现有的经验设计法作了比较,核对了该设计目录的合理性。

**关键词:** 长寿命; 经验法; 力学—经验法; 设计目录; 刚性路面

## 1 历史背景

当前 Caltrans 刚性路面设计方法本质上是一种在现场测试运营路面的历年性能以及过去 60 年的工程评价的基础上的经验方法。该方法由不同交通量下的路面结构表格组成。根据加州 R 值的测试结果,此表格可以用来做承载能力不同的路基设计。自从 20 世纪 50 年代中期以来,Caltrans 一直使用带接缝的普通混凝土路面(JPCP),接缝间距统一为 4.5 m,且垂直横断面。直到 20 世纪 90 年代早期,传力杆才得到了应用,随后采用了接缝间距可变的模式,典型的是带插销的纵向接缝。

加州到 20 世纪 90 年代才使用沥青混凝土路肩,当时的经验是用水泥混凝土路肩。从 20 世纪 90 年代晚期开始,加州就开始统一使用带接缝的混凝土路肩或者加宽的面板。在 1952—1983 年间,水泥处治基层(TCB)得到了广泛的应用,1983 年以后则以贫混凝土基层为主。20 世纪 80 年代到 90 年代晚期,沥青处治和透水基层也得到了广泛的应用,但是现在仅用于低 ESALs 或者加宽路面项目中。

几乎所有的改变都是在路面结构表格建立之后出现的,因此没有对改变了的设计进行校核。结果是出

现了新的接缝间距,改善了路面性能,增大了道路的修建费。然而,由于表格是在新的接缝间距得到补充之前就建立的,Caltrans 没有办法衡量路面性能改善的原因。同时,Caltrans 刚性路面指南通常将其原因归结为 ESALs 而不是轴载谱、不同的混凝土性能或者不同的气候分区。与高山和中部峡谷地区相比,沿海地区往年的设计项目使用性能要好些。这些因素表明:当前所有情况下使用的设计表格需要升级和改进。

## 2 采用新设计程序和新工具

### 2.1 新设计程序的应用

2005 年,Caltrans 管理局正式提出了部门目标:更新 M—E 设计程序,在新建混凝土路面中使用 NCHRP 1-37a 软件。然而,自从 NCHRP 1-37a 软件中的模型通过加州小部分数据的检验,得到了全国性的校核以来,在该软件更新之前,Caltrans 就决定通过以下三阶段措施对该软件作出评估。

- (1) 敏感性分析或软件的平台测试。
- (2) 通过加速加载路面试验资料(ATP)来核对。
- (3) 如果有必要的话,通过现场数据来核对。

一篇来自敏感性研究的论文谈到为了让软件运行需要输入 100 个参数,而当前这些参数的大部分还未

被 Caltrans 测量过( Kannekanti 和 Harvey 2005; Rambach 2005)。为了开始测定这些输入参数并最终将其纳入规范,需要 Caltrans 和萎缩的公路领域在经济和制度方面进行改革。2005 年早期,Caltrans 的内部部门曾指出:该软件对普通人员来说实在太复杂,需要进行专门的培训以及大量的资金带来制度上的改革,才能在常规设计中普及 NCHRP 1—37a 软件。Caltrans 当前的计划是 1—37a 软件要在一个 20~30 人的核心人群中使用,该组人员受到过高水平培训,具有资深设计经验或者从事高造价、大规模设计项目的评审。所有常规和小规模的项目将使用机理—经验设计程序,使用该目录将会引进 M—E 设计理念和 M—E 辅助设计所需要的变量。

2.2 目录初稿的建立

敏感性分析一完成,成果就得到了大众的认可, Caltrans 决定使用 1—37a 软件的 0.8 版来创建一些新的目录以便取代现有的、过时的设计表格。为了让这种转变尽可能地自然和简单,目录中设计表格的格式与现有的相似,旧表格中一些现有的特征也得到了保留。从 M—E 分析发展起来的新表格的主要优势在于考虑了气候区域和路肩类型,详细地考虑了温缩系数,考虑了可靠度以及基于不同应力水平下破坏标准的设计寿命(如横向开裂和断板)。

3 新的挑战

由于过去和现有设计程序的经验特性,在 1—37a 软件运行中首次建立表格时如下问题不得不提及。

3.1 设计寿命和破坏标准

现有设计表格做结构设计用了 20 年,却没有对破坏标准给出明确的定义。许多这些路面中的服务年限已经超过了 20 年。为了充分利用 M—E 理念,Caltrans 建立了设计目录来做长寿命路面的设计,这些路面的设计寿命为 40 年。目录中,Caltrans 设置了以下几条破坏准则:

- (1) 横向裂缝:10%的面板开裂。
- (2) 错台高度:2.5 mm。
- (3) 国际平整度指数 *IRI*:2.5 m/km。

所有破坏准则的可靠度水平为 90%。由于 1—37a 软件的开裂模型存在争议,所以没有考虑开裂。在寿命末期,路面仅需要做小规模维修。

3.2 定义气候区域

基于温度和降雨量的资料,加州划分了 9 个气候

区域。如表 1 中,一份敏感性研究显示 9 个气候区,有些是可以合并的。表 2 中显示了每个气候区用到的气象站名称。图 1 显示了所有气候区断板和开裂的方式。最后,划分了 3 个气候区:1) 沿海区:南部沿海区,北部沿海区和中部沿海区;2) 沙漠区:内陆峡谷区和沙漠区;3) 山区:低山区,南部山区,高山区,高原沙漠区。

表 1 气候区分析的因素

变量	城市	乡村
混凝土板厚/mm	203.2	304.8
传荷方式	有传力杆	无传力杆
路肩类型	沥青	受限制和加宽的货车道
接缝间距/m	4.5	5.7
表面吸收率	0.65	0.95
热胀系数/ $\text{1}^\circ\text{F}$	$4\times 10^{-6}$	$7\times 10^{-6}$
气候区	见表 2	
交通量	交通指数为 16( $126\times 10^6$ 的 ESALs )	
基层类型	水泥处治基层	
路基	差的分级砂(SP)	

注:ESALs 为当量单轴荷载

表 2 不同气候区的气候资料

序号	气候区	气象站所在城市	可用资料的月份数	最低大气温度/ $^\circ\text{C}$	最高大气温度/ $^\circ\text{C}$
1	中部沿海区	旧金山	63	0.1	35.2
2	内陆峡谷区	萨克拉门托	44	-3.3	41.4
3	沙漠区	德格特	17	-6.4	44.7
4	高原沙漠区	阿尔突斯	43	-23.8	37.7
5	高山区	布鲁堪约	66	-9.7	31.7
6	低山区	圣罗莎	43	-3.8	38.7
7	北部沿海区	堪萨斯城	16	-1.8	29.6
8	南部沿海区	长滩	64	1	39.5
9	南部山区	圣比得堡	66	-6.9	35.7

3.3 目录的影响因素

影响因素基于敏感性分析结果,变量和用到的因素如下:

- (1) 气候区:中部沿海区,沙漠区,低山区。
- (2) 交通指数( *TI* ):9, 11, 13 和 17( ESALs 分别为 1, 6, 20 和 210 百万次)。
- (3) 范围,城市和乡村。

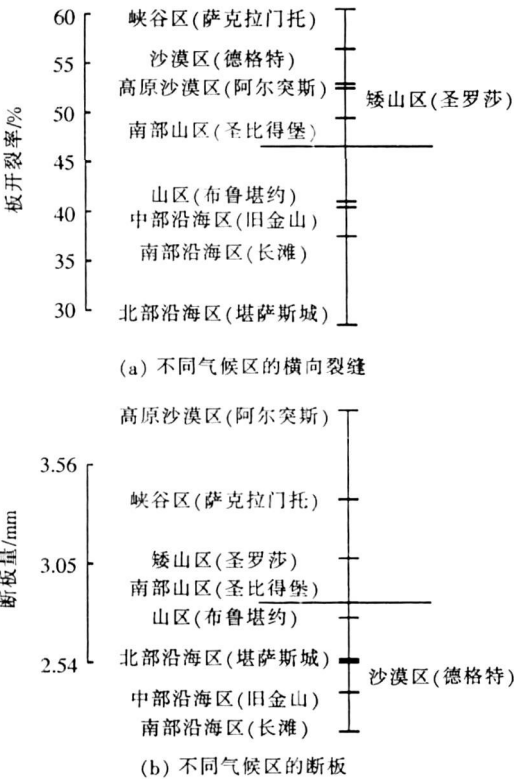


图 1 不同气候区横向开裂率和断板量

- (4) PCC 厚度: 1)  $TI$  为 9 时, 175, 200 和 225 mm; 2)  $TI$  为 11 时, 200, 225, 250 和 300 mm; 3)  $TI$  为 13 和 17 时, 225, 250, 300 和 350 mm。
- (5) 基层类型: CTB, 沥青混凝土基层 (ACB) 和粒料基层 (在  $TI$  小于 17 时)。
- (6) 路基: CH 和 SP。
- (7) 传荷方式: 有传力杆和无传力杆。
- (8) 路肩类型: 沥青, 加宽, 固定的路肩。
- (9) 粒料底基层: “是” 代表 CH 路基, “否” 代表 SP 路基。

3.4 因素选择的依据

(1) 土基类型

根据现有的设计过程, 土基类型是个关键的变量, 基于  $R$  值的测试 [加州测试方法 CT M] 301) 可以分为以下两种: 1)  $R$  值在 10~40 的土基; 2)  $R$  值在 40 以上的土基。

NCHRP 1-37a 软件需要土基要么按美国运输工作者协会 (AASHTO) 的方法, 要么按统一的土基分类系统 (USC) 方法进行划分。选择 CH 路基就代表  $R$  值在 10~40 之间。选择 SP 就代表  $R$  值大于 40。

(2) 基层类型

自从 1983 年以来, Caltrans 就一直使用 LCB 和带限制的 ACB。然而预期的 NCHRP 1-37a 软件没

有提供 LCB 的选项, 而是推荐使用 CTB。因为缺乏重交通量下粒料基层之上 PCC 板的校核资料, 所以 Caltrans 在低交通量 (ESALs 小于 5 400 000 次) 的地区限制了粒料基层的使用。不同路基类型下的输入参数值见表 3。

表 3 不同路基类型下的输入参数值

路基类型	不同路基类型下的输入参数值					
	破坏值/mm		裂缝/%		国际平整度指数	
	无传力杆	有传力杆	无传力杆	有传力杆	无传力杆	有传力杆
GW	13.2	0.6	98	98	6.569	2.458
SP	12.1	0.6	97	97	6.221	2.455
CL	10.2	1.4	93	92	5.540	2.671
CH	9.5	1.6	89	89	5.246	2.679

(3) 自由层设计

根据 NCHRP 1-37a 软件, 稳定类基层下的粒料底基层对破坏没有太大的影响 (Kannekanti 和 Harvey 2005)。同时, 基层厚度对模型的预测也没有太大的影响。当前 Caltrans 表格中粒料基层仅限在  $R$  值为 10~40 的路基中使用。表 4 显示了 CH 路基基层和底基层的厚度。SP 路基使用相同的数值, 但是没有底基层。当使用粒料基层时, 不需要底基层。

表 4 CH 路基基层和底基层厚度不同时的输入参数值

交通指数 $TI$	水泥处治基层		沥青处治基层		粒料基层 /mm
	基层 /mm	底基层 /mm	基层 /mm	底基层 /mm	
<9	107	152	107	152	305
9.5~10	107	152	107	152	305
10.5~11	122	183	122	183	305
11.5~12	122	183	122	183	305
12.5~13	152	213	152	213	305
13.5~14	152	213	152	213	305
14.5~15	152	213	152	213	305
15.5~16	152	213	152	213	305
16.5~17	152	213	152	213	305

(4) 轴载谱

加州有 100 个移动称重 (WIM) 站, 分布在全州范围内。这让 Caltrans 具有相当齐全的交通量资料 (Lu 和 Harvey 2006)。为了目录的建立, 州内设立了两种轴载分布监视器。

(5) 路肩类型

板两边纵向边缘薄弱区的设计厚度见表5。当使用加宽的路面时,路面结构可以按限制性路肩或者非限制性路肩来设计,因为内部的纵向接缝是不利位置。加宽的货车道在目录计算中未被使用,但是它能用于外侧路肩中。

表5 路肩类型不同时的输入参数值

纵向接缝内部	纵向接缝外部	可选择的路肩类型
无限制	无限制	无限制
	限制	无限制
	加宽的卡车道	无限制
限制	无限制	无限制
	限制	限制
	加宽的卡车道	限制

(6) 波特兰水泥混凝土厚度

为了节省运行时间,PCC 厚度水平由交通量决定。在低交通量下,不能使用非常厚的面板。经过分析,面板的最大厚度为 355.6 mm。

(7) 交通量

加州的交通量通过与ESALs 有关的 TI 来确定,如下式所示:

$$TI=9.0\times\left(\frac{ESAL}{1\times10^6}\right)^{0.119}$$

对NCHRP 1-37a 软件而言,尽管 TI 不是直接输入参数,但它仍然用于目录中以便延续当前的经验。在Caltrans 的WIM 数据库中,TI、轴载谱和其他具体地点的交通资料都用来计算货车日均交通量(AADTT),而这个是直接输入值。

3.5 关键假定

目录做了一些关键性的假定,其中有些对厚度有重要影响,有如下假定:

- (1) 可靠度为 90%。
- (2) 设计寿命为 40 年。
- (3) 表面吸收率的破坏值为 0.85,因为模型是在该值下校核的。
- (4) 混凝土的温缩系数选择  $10.8\times10^{-6}$  °C 有些偏保守,基于现有有限路面的测试结果,加州许多集料可能会满足或者低于此值。
- (5) 混凝土 28d 弯曲强度为 4.316 MPa。
- (6) 对PCC 板厚小于 21.5cm 的路面,传力杆的直径为 32 mm;对PCC 板厚大于 21.5cm 的路面,传

力杆的直径为 38 mm。

(7) 基层的冲刷指数“1”代表 CTB,“2”代表 ACB,“3”代表粒料基层。

(8) 接缝间距统一固定为 4.1 m。当前 Caltrans 规范要求的接缝间距为 3.6,4.5,3.9,4.2 m。因为随机的接缝间距在软件中不起作用,用平均 4.1 m 的接缝间距才能让目录运行。

(9) 假定基层和表面层都是完全光滑的,这是 Caltrans 实践的标准。

(10) 在稳定基层和自由层中使用破坏值来衡量材料特性。

4 目录和它的局限性

4.1 局限性分析

因素中没有考虑 TI 在 9~17 时厚度的线性变化,在目录建立的过程中以下问题比较突出:

- (1) 由模型建立的目录还没有与加州局部的现场数据进行校核。
  - (2) 在研究过程中,目录仅包括有限的气候资料。
  - (3) 目录中少数结构不满足IRI 规范,导致有人推测IRI 预测的路面厚度可能不足。这在现场测定中将会进行核准。
  - (4) 在更高的 TI 值下,目录没有提供粒料基层的选项。在更高的 TI 值下,他们证明粒料基层比稳定基层有更好的性能。这看上去并不合理,而且暗示:模型可能没有在高交通量下进行校核,特别是粒料基层。
  - (5) 对城市和乡村而言,结果并没有太大的区别。
  - (6) 没有传力杆的厚板,断板比预期对应的有传力杆的路面增加了 1 倍,但是整体上断板情况偏低。不确定板厚为 300~350 mm 且无传力杆的路面是否包含在已校核的模型中。
- 基于以上局限,Caltrans 决定把现有设计表格中的以下设计参数引入目录中。
- (1) 所有的PCC 路面继续设传力杆。
  - (2) 继续使用路面绝对最小厚度为 20 cm 的路面。
  - (3) 继续使用往年基层和底基层的厚度。
  - (4) 在该版中没有引进轴载谱。取而代之的是选用气候区(如北部沿海的乡村,南部沿海的城市)中最能反映大多数路面结构的轴载谱结果。
- 随着 M-E 软件将进行更深入的提炼,更全面的

测试和更详细的校核,Caltrans 希望改进设计表格,并在目录中提供更多的选项,如非传力杆路面结构。

4.2 目录设计与其他设计的对比

为了表达这些局限并且在目录草表中检验设计的合理性,把当前 Caltrans 高速公路设计指南(HDM)、华盛顿运输部(WSDOT)以及田纳西州(Tx DOT)的设计方法和目录中的设计方法进行了对比。WSDOT 和Tx DOT 的设计基于AASHTO 设计指南 1993 版。两个州都用了 95%的可靠度,而Caltrans 的目录表用了 90%的可靠度。WSDOT 的设计寿命为 50 年,Tx - DOT 的设计寿命为 30 年,但是Caltrans 的设计寿命为 40 年。

通过使用 NCHRP 1-37a 软件中的资料,并与其他资料相比较,结合 Caltrans 的路面历史的工程经验,建立了最终的目录(见表 6 目录中的样表)。目录中有 12 张这样的样表。图 2、3、4 显示了由 1-37a 软

件对一些设计前后做了调整后其厚度的变化。表中 TI 水平为 9~17 分别与 1,2.4,5.4,11.2,22,41,73,126,210 百万次的ESALs 相对应。从表中可以看出,任何结构的最小厚度为 200 mm。基于这些图表信息,可以得出以下结论:

(1) 在所有的气候区中,目录表中显示的JPCP 面层厚度比华盛顿州和田纳西州具体的路面厚度薄 12.5~125 mm,这些不同部分归结为用了不同的可靠度水平。

(2) 与那些现有的 HDM 相比,沿海区目录表中显示的JPCP 面层厚度要薄 12.5~50 mm,沙漠和高山区也有相同的情况,特别是在 TI 水平较高的时候。

(3) 对 TI 水平为 12 的路面而言,现有 HDM 厚度比其他所有的已分析过的方法要低。这是一项相当重要的发现,同时指出在 TI 水平为 12 时,HDM 可能低估了所需的路面厚度。

表 6 目录中的样表

刚性路面目录(北部沿海地区,路基类型为B)①、②、③、④								
TI	有侧向支承/mm				无侧向支承/mm			
≤9	213(JPCP)	213(JPCP)	213(JPCP)	213(JPCP)	213(JPCP)	213(JPCP)	213(JPCP)	213(JPCP)
	107(LCB)	107(HMA-A)	305(AB)	107(ATPB)	107(LCB)	107(HMA-A)	305(AB)	107(ATPB)
	152(AS)	152(AS)		244(AS)	152(AS)	152(AS)		244(AS)
9.5~10	213(JPCP)	213(JPCP)	229(JPCP)	229(JPCP)	213(JPCP)	213(JPCP)	229(JPCP)	229(JPCP)
	107(LCB)	107(HMA-A)	305(AB)	107(ATPB)	107(LCB)	107(HMA-A)	305(AB)	107(ATPB)
	152(AS)	152(AS)		244(AS)	152(AS)	152(AS)		244(AS)
10.5~11	213(JPCP)	213(JPCP)	213(JPCP)		229(JPCP)	229(JPCP)	229(JPCP)	
	122(LCB)	122(HMA-A)	397(AB)		122(LCB)	122(HMA-A)	397(AB)	
	183(AS)	183(AS)			183(AS)	183(AS)		
11.5~12	229(JPCP)	229(JPCP)	229(CRCP)		244(JPCP)	244(JPCP)	244(CRCP)	
	122(LCB)	122(HMA-A)	122(HMA-A)		122(LCB)	122(HMA-A)	122(HMA-A)	
	183(AS)	183(AS)	183(AS)		183(AS)	183(AS)	183(AS)	
12.5~13	244(JPCP)	244(JPCP)	229(CRCP)		259(JPCP)	259(JPCP)	244(CRCP)	
	152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)		152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)	
	213(AS)	213(AS)	213(AS)		213(AS)	213(AS)	213(AS)	
13.5~14	244(JPCP)	244(JPCP)	229(CRCP)		259(JPCP)	259(JPCP)	244(CRCP)	
	152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)		152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)	
	213(AS)	213(AS)	213(AS)		213(AS)	213(AS)	213(AS)	
14.5~15	259(JPCP)	259(JPCP)	244(CRCP)		290(JPCP)	290(JPCP)	259(CRCP)	
	152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)		152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)	
	213(AS)	213(AS)	213(AS)		213(AS)	213(AS)	213(AS)	

续表 6

	275(JPCP)	275(JPCP)	259(CRCP)	305(JPCP)	305(JPCP)	275(CRCP)
15.5~16	152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)	152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)
	213(AS)	213(AS)	213(AS)	213(AS)	213(AS)	213(AS)
	290(JPCP)	290(JPCP)	259(CRCP)	320(JPCP)	320(JPCP)	290(CRCP)
16.5~17	152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)	152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)
	213(AS)	213(AS)	213(AS)	213(AS)	213(AS)	213(AS)
	305(JPCP)	305(JPCP)	275(CRCP)	335(JPCP)	335(JPCP)	305(CRCP)
>17	152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)	152(LCB)	152(HMA-A)	152(HMA-A)
	213(AS)	213(AS)	213(AS)	213(AS)	213(AS)	213(AS)

注:① 显示的仅为有传力杆的JPCP 厚度。对无传力杆的JPCP 还没有较核;② 包括未来JPCP/CRCP 碾压减小的 9 mm;③ 波特兰水泥混凝土可能用LCB 代替,但是必须置于独立的JPCP 中,且不能与JPCP 结合;④ 如果  $TI > 10$  要做ATPB 永久排水层时,需要置于表面和基层之间。在计算ATPB 时,基层和底基层厚度不能扣除。JPCP 为带接缝的普通混凝土路面;ATPB 为沥青处治透层;CRCP 为连续配筋混凝土路面; $TI$  为交通指数;AB 为基层集料为 2 级;LCB 为贫混凝土基层;AS 为底基层集料为 4 级;HMA-A 为热拌沥青混合料

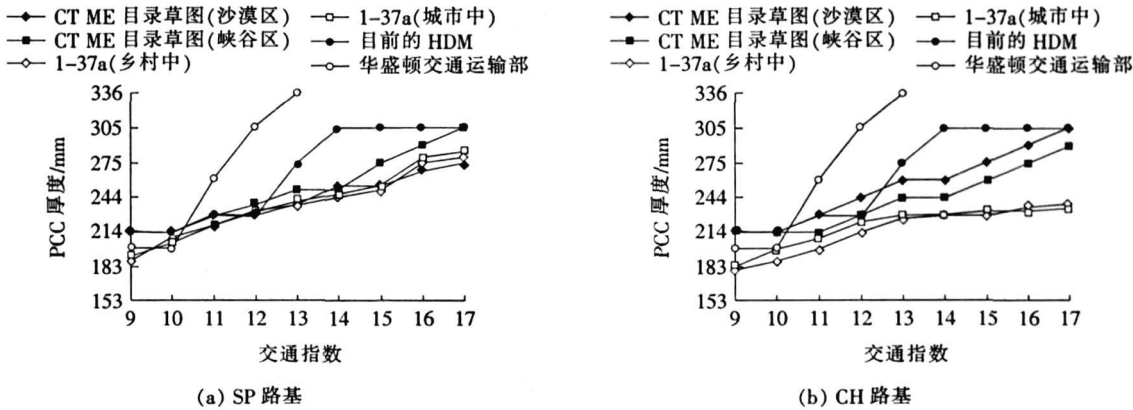


图 2 沿海气候区SP 路基与CH 路基的设计比较 (气象站:旧金山)

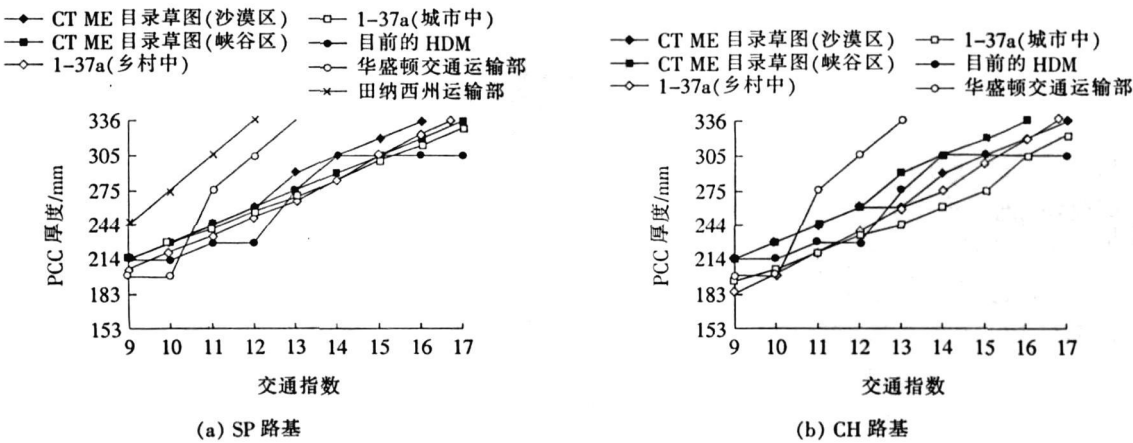


图 3 沙漠/峡谷气候区SP 路基与CH 路基的设计比较 (气象站:德格特)

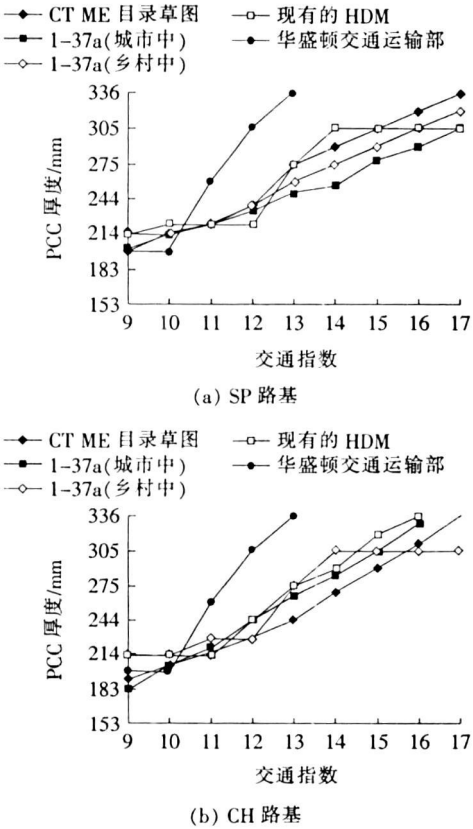


图 4 低山气候区SP 路基与CH 路基的设计比较  
(气象站:圣罗荷)

5 未来的计划措施

5.1 现场确认研究

在斯坦顿咨询公司的帮助下,加州路面研究中心大学(UCPRC) Caltrans 收集了现场资料来做确认工作,如果有必要将对设计指南的模型进行校核。计划需要从大约 50 条 JPCP 和 50 条已开裂和罩过面(CSOL)的路面上收集现场数据。50 条 CSOL 路面将会提供其下路面的信息,而且能用于鉴定 JPCP 模型。现在,已经做完了 80% 的现场工作,完成了以下内容:1) 从现场钻出 3~5 个芯样测量其强度和温缩系数;2) 为了土基分类,采集了自由层的土基样品;3) 用 FWD 测量各层的刚度。在 1-37a 软件中,假定有效内置温度差(EBITD)为 -3.3℃。这个假定将会由 FWD 数据评价 EBITD 来得到确认。先前 Rao 和 Roesler 所做的分析显示,加州的 EBITD 可以设为 -30℃;4) 记录路面调查条件;5) 使用 WIM 站收集交通数据;6) 从 Caltrans 数据库中提取往年路面管理系统资料。现场确认和校核的成功完成将有助于 Caltrans 增加在模型预测方面的信心。同时,也会让目录产生

更可靠的结构。

5.2 纵向和板角开裂模型

西部由于气候干旱,经常发生纵向开裂。Harvey 2000 年做了一份调查显示:在加州,纵向开裂是主要的破坏形式。加州许多纵向开裂主要是因为高的 EBITD。然而,因为 1-37a 不能预测纵向和板角裂缝,UCPRC 和伊利诺斯州大学合作开发一套程序来评估纵向和板角裂缝(Roesler 和 Hiller 2004)。这套程序正在进行现场校核。一旦模型得到校准,目录中的结构将用来检验纵向裂缝。纵向裂缝的破坏准则设置为 20% 的板体开裂。未来,这些模型将与 1-37a 软件一起,用于加州的路面设计中。

6 结论

尽管该文描述的是加州建立目录的过程,但是采用的方法只要经过少许改变就可以在其他州进行推广。该项研究一旦完成,Caltrans 就会采用了修正的新的表格,因为结果显示这是合理的,并且比当前的表格更能模拟现场条件。在目录建立的过程中得出了以下结论:

- (1) 尽管 NCHRP 1-37a 软件是一种功能强大的工具,但用在所有的项目中却不经济。1-37a 软件的运用需要大范围的个人培训和重大的制度变革。
- (2) 通过使用 1-37a 软件产生目录来解决这个问题。按此方法,能够以简单的形式来获取 M-E 程序的实质。
- (3) 因为 1-37a 软件仍然在发展中,所以需要将目录的一些结果与其他数据资料和往年的现场资料进行对比。
- (4) 此目录比加州现有的设计表格具有更多优势。它考虑了气候和路肩,基层和路基类型对路面性能的影响。这是 M-E 法执行的第一步。
- (5) 在建立目录的过程中,通过使用 NCHRP 软件、Caltrans 的设计程序、标准及以前规范,对几个问题进行了鉴定。这些问题有助于改进 Caltrans 的设计方法,并且强化了完全运用 M-E 方法的要求和计划。

——编译自:Venkata Kannekanti, William K. Farnbach, Arron Rambach. State in Transition: Empirical Designs to Long-Life Designs Based on Mechanistic - Empirical Procedures in California. Proceedings of the International Conference on Long-Life Concrete Pavements, Chicago, Illinois, October, 2006, 245-264.