

文章编号:1671-8879(2008)03-0001-05

西安地区沥青路面性能温度分区

郑南翔¹, 丛卓红¹, 李娟²

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064;

2. 林同棧国际(重庆)工程咨询有限公司, 重庆 401121)

摘要:为了合理选择沥青结合料,根据西安地区 30 a 最冷月、最热月的气温、地温资料的统计分析,并对比美国 SHRP(Strategic Highway Research Program)方法与中国规范方法,提出用 98% 保证率的连续 7 d 平均高地温作为沥青路面的高温设计温度,98% 保证率的年极端最低地温作为沥青路面低温设计温度。用该方法进行了西安地区沥青路面性能区划,符合西安地区的实际情况。

关键词:道路工程;沥青路面性能;温度分区;98% 保证率;平均高地温;年极端最低地温;交通量;西安
中图分类号:U416.2 **文献标志码:**A

Temperature field division in Xi'an for asphalt pavement performance

ZHENG Nan-xiang¹, CONG Zhuo-hong¹, LI Juan²

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Lin Tongyan International(Chongqing)

Co Ltd of Engineering Consult, Chongqing 401121, China)

Abstract: In order to choose asphalt types reasonably, the temperature field division in Xi'an was studied according to 30 years' climate datum. According to statistics analysis of 30 years' air temperature and field temperature in the hottest and the coldest month, it was suggested that high pavement design temperature should be determined by the average high field temperature with 98% assurance rate in seven consecutive days, the low pavement design temperature should be determined by the lowest field temperature of a year with 98% assurance rate. This method was applied in Xi'an to decide the temperature field division, the results are in accordance with Xi'an conditions. 6 tabs, 3 figs, 8 refs.

Key words: road engineering; asphalt pavement performance; temperature field division; 98% assurance rate; average high field temperature; the lowest field temperature of a year; traffic volume; Xi'an

0 引言

中国公路自然区划分为 3 个层次^[1]。由于中国幅员辽阔,气候类型复杂多样,该区划远不能满足各地沥青路面材料设计的实际需要。中国沥青路面气

候分区以各地的气温为依据^[2],由于沥青路面的温度与气温差距较大,故不能有效地选择沥青结合料品种及标号,而结合料的性能是影响混合料性能优劣的首要因素^[3]。美国 Superpave 沥青混合料设计方法以路用性能为标准,根据沥青路面的温度来选

收稿日期:2007-05-10

基金项目:国家西部交通科技建设项目(200131800019)

作者简介:郑南翔(1957-),男,河南温县人,教授,E-mail:emailznx@163.com

择结合料品种,SHRP(Strategic Highway Research Program)提出了路面高低温设计温度。但是美国气候、环境状况与中国有较大差异,SHRP 提出的高温路面设计温度(保证率为 98%)与中国连续 7 d 平均高地温(保证率为 50%)接近,因而用 SHRP 方法确定中国沥青路面高温分区保证率偏低;低温部分,中国年极端最低地温低于年极端最低气温,而美国的气候状况是路面温度在寒冷季节几乎总是高于气温。因此,美国确定沥青路面设计温度的方法并不完全适用于中国。为此,本文根据西安地区 30 a 的气象资料及作者提出的沥青路面性能分区新方法,对西安地区沥青路面进行性能分区研究,使中国沥青结合料的选择更趋合理。

1 国内外沥青路面温度分区方法

1.1 美国 SHRP PG 分区方法

1987 年,美国启动了 SHRP 计划,提出了沥青结合料性能分区的方法。该方法以路用性能为分级标准(PG—Performance Grade),要求结合料必须在不同的温度下满足同一性能要求。

Superpave 沥青结合料等级中路面温度的选择是根据统计年内每年的连续最热 7 d 的平均气温和年极端最低气温确定的。所需要的资料一般要求大于 20 a。

1.1.1 Superpave 路面高温设计温度

(1)SHRP 高温模型。该模型中,路面高温设计温度定义为路表面下 20 mm 处的路面温度,将连续 7 d 最高空气温度转化成路面高温设计温度,其公式为

$$T_{20\text{ mm}} = 0.954\ 5(T_{\text{air1}} - 0.00\ 618L_{\text{at}}^2 + 0.228\ 9L_{\text{at}} + 42.2) - 17.78 \quad (1)$$

式中: $T_{20\text{ mm}}$ 为路表下深度 20 mm 处温度(°C); T_{air1} 为空气温度(°C); L_{at} 为项目工程地的纬度(°)。

(2)LTPP 带有概率的高温模型。其公式为

$$T_{\text{pav}} = 54.32 + 0.78T_{\text{air1}} - 0.002\ 5L_{\text{at}}^2 - 15.14\lg(H+25) + Z(9 + 0.61\sigma_{\text{air1}}^2)^{1/2} \quad (2)$$

式中: T_{pav} 为路面高温设计温度(°C); H 为路表面下的深度(mm); σ_{air1} 为温度最高时 7 d 平均温度的标准差(°C); Z 可根据标准正态分布表查得,当可靠度为 98%时, $Z=2.055$ 。

1.1.2 Superpave 路面低温设计温度

(1)SHRP 低温模型。最初的 SHRP 研究者提出的路面低温模型认为路面低温设计温度就是最低空气温度,即

$$T_{\text{min}} = T_{\text{air2}} \quad (3)$$

(2)加拿大修正公式(C-SHRP 模型)。其表达式为

$$T_{\text{min}} = 0.859T_{\text{air2}} + 1.7 \quad (4)$$

式中: T_{min} 为低温路面设计温度(°C); T_{air2} 为最低空气温度(°C)。

(3)LTPP Bind 公式。其表达式为

$$T_{\text{min}} = -1.56 + 0.72T_{\text{air2}} - 0.004L_{\text{at}}^2 + 6.26 \cdot \lg(H+25) - Z(4.4 + 0.52\sigma_{\text{air2}}^2)^{1/2} \quad (5)$$

式中: σ_{air2} 为平均的空气低温标准差(°C)。

研究者认为,SHRP 模型对于路面低温状况的预估过于保守;C-SHRP 模型对于较高纬度地区(50°左右)路面低温状况的预估与 LTPP 模型具有较好的一致性,但对于较低纬度地区的预估偏于保守;SHRP 模型对于路面高温状况的预估与 LTPP 模型具有较好的一致性。

1.2 中国规范规定的气候分区方法

文献[2]提出按照当地气候条件及交通情况(公路等级)选择沥青标号的方法。该气候分区分别从高温车辙、低温裂缝和水稳定性 3 方面重点考虑了 3 个因素:高温、低温和年降水量。

1.2.1 气候分区的高温指标

采用最近 30 a 内年最热月的平均日最高气温的平均值,作为反映高温和重载条件下出现车辙等流动变形的气候因子,并作为气候区划的 1 级指标。高温气候分区如表 1 所示。

表 1 高温气候分区

高温气候区	1	2	3
气候区名称	夏炎热区	夏热区	夏凉区
最热月平均最高气温/°C	>30	20~30	<20

当全年高于 30 °C 的积温较大或当地连续高温的持续时间过长,以及预计重载车特别多、长大纵坡已严重影响车速的路段,可将高温气候区提高一级或两级。

1.2.2 气候分区的低温指标(极端最低气温)

采用最近 30 a 内的极端最低气温作为反映路面温缩裂缝的气候因子,并作为气候区划的 2 级指标。低温气候分区如表 2 所示。

表 2 低温气候分区

低温气候区	1	2	3	4
气候区名称	严寒区	寒区	冷区	温区
极端最低气温/°C	<-37.0	-37.0~-21.5	-21.5~-9.0	>-9.0

1.2.3 气候分区的雨量指标(年降水量)

采用最近 30 a 内的年降水量的平均值作为反映沥青路面受雨(雪)水影响的气候因子,并作为气候区划的 3 级指标。雨量气候分区如表 3 所示。

表 3 雨量气候分区

雨量气候区	1	2	3	4
气候区名称	潮湿区	湿润区	半干区	干旱区
年降雨量/mm	>1 000	1 000~500	500~250	<250

每个地区的气候分区由 3 个数字组成,第 1 个数字代表高温分区,第 2 个数字代表低温分区,第 3 个数字代表雨量分区,数字越小表示气候因素越严重。

该方法的最主要问题^[4]是分区与沥青路面实际温度状况不相联系,从而无法对沥青结合料及混合料提出更具体实用的技术指标和标准。

2 沥青路面性能分区新方法

2.1 沥青路面高温性能分区指标

SHRP 路面高温设计温度(保证率为 98%)与中国连续 7 d 平均高地温(保证率 50%)接近。因此,用 SHRP 公式预估中国沥青路面的高温保证率偏低,高温数据偏小。根据中国与美国气候、地理情况的差别,以及沥青混合料与粘土的导热系数、比热容接近,本文提出用 98%保证率的连续 7 d 平均高地温作为各地的路面高温设计温度,基本上可以将各地沥青路面的高温分区提高一个等级,满足中国沥青路面设计、使用要求。

2.2 沥青路面低温性能分区指标

低温部分,西安地区年极端最低地温低于年极端最低气温,而美国的气候状况是路面温度在寒冷季节几乎总是高于气温。因此,用 SHRP 公式预估中国沥青路面低温设计温度——采用年极端最低气温(保证率 98%)并不合适^[5]。

根据中国与美国气候、地理情况的差别,以及沥青混合料与粘土的导热系数、比热容^[6]接近。本文提出以 98%保证率的年极端最低地温作为各地的路面低温设计温度,基本上可以将各地沥青路面的低温分区提高一个等级,满足中国沥青路面设计、使用要求。以下以西安地区为例,详细说明本方法的使用。

3 西安地区沥青路面性能分区

西安地区地处东经 107°40′~109°49′和北纬 33°39′~34°45′之间,东西最长为 204 km,南北最宽为 116 km,总面积为 9 983 km²。

西安气候类型为暖温带半湿润大陆季风气候,

四季分明;年平均气温 13.0℃~13.7℃,最冷月 1 月份平均气温-0.4℃~0.9℃,最热月 7 月份平均气温 26.4℃~26.9℃;年降水量 435~750 mm,由北向南递增。

3.1 沥青路面高温性能分区

对西安地区 30 a 的气象资料进行分析,计算连续 7 d 平均最高气温及其标准差、连续 7 d 平均高地温及其标准差、30 a 的极端最高地温,确定 SHRP 路面高温设计温度、98%保证率的连续 7 d 高地温,计算结果如图 1 所示。

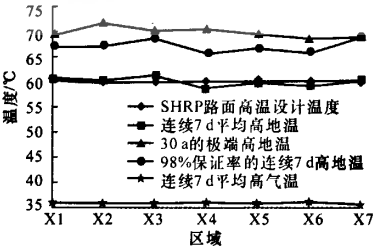


图 1 西安地区高温气象资料分析

高温部分,连续 7 d 平均高地温明显高于连续 7 d 平均最高气温。

SHRP 路面高温设计温度确定西安地区属于 PG64(数字表示温度)区,而用 98%保证率的连续 7 d 平均高地温确定西安地区属于 PG70 区。而且 PG70 区基本上能涵盖各地区 30 a 的极端最高地温。因此,建议确定西安地区路面高温设计温度,采用 98%保证率的连续 7 d 平均高地温。

赵延庆等^[7]在沪宁(上海—宁波)高速公路改建工程中,对沥青结合料高温等级的选用也是在 SHRP 温度(61.3℃)的基础上,考虑适当的跳级系数 13.4,结合料高温等级为 PG74.7,最后确定等级为 PG76。

3.2 沥青路面低温性能分区

对西安地区 30 a 的气象资料进行分析,计算年极端最低气温平均值及其标准差、年极端最低地温平均值及其标准差、30 a 的极端最低地温,确定 SHRP 路面低温设计温度、LTPP Bind 路面低温、98%保证率的年极端最低地温,计算结果如图 2 所示。

美国的低温路面设计温度采用极端最低气温是非常保守的假定,采用 LTPP Bind 公式计算的路面低温与年极端最低气温的平均值相当,因此 SHRP 和 LTPP Bind 的低温公式均不适用西安地区。

SHRP 路面低温设计温度确定西安地区属于 PG-16 或 PG-22 区,而用 98%保证率的年极端最低地温确定西安地区属于 PG-22 或 PG-28 区,

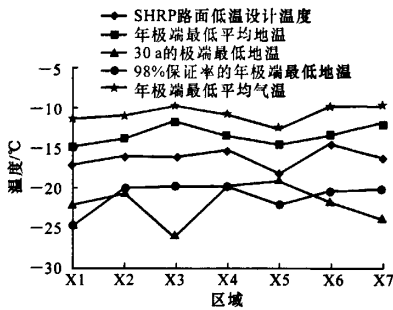


图2 西安地区低温气象资料分析

基本上可以将各地沥青路面的低温分区提高一个等级,此温度分区基本能涵盖各地 30 a 的极端最低地温。因此,建议采用 98% 保证率的年极端最低地温,确定西安地区路面低温设计温度。

3.3 西安地区沥青路面结合料等级的选择

根据西安地区沥青路面的高温、低温计算结果,西安地区沥青路面的温度分区结果如表 4 所示。

根据气象资料,确定沥青路面高温和低温设计温度之后,还应该根据交通荷载及交通速度等条件,对沥青结合料等级进行调整^[8],如表 5 所示。

表 4 西安地区沥青路面温度分区结果

区 域	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
98%保证率的连续 7 d 高地温/℃	66.53	67.00	68.47	65.42	66.54	65.59	68.92
98%保证率的年极端最低地温/℃	-24.80	-20.00	-19.76	-19.75	-22.04	-20.48	-20.20
温度分区/℃	70,-28	70,-22	70,-22	70,-22	70,-28	70,-22	70,-22

由于过高的可靠度和过高 PG 等级的选择都不符合成本-效益原理,因此在进行沥青结合料的选择时应注意效益分析。

表 5 沥青结合料高温性能等级调整

轴载 80 kN 设计 ESALs/10 ⁶ 次	工 况		
	极速度	慢速	标准速度
<0.3			
0.3~3	+2	+1	
3~10	+2	+1	
10~30	+2	+1	
>30	+2,+1	+1,+1	+1

注:设计 ESALs(Equivalent Single Axle Loads 等效单轴轴载)为 20 a 设计年限内每个车道的设计预期交通量(10⁶ 次);极速度为行车速度小于 20 km/h;慢速指行车速度为 20~70 km/h;标准速度为行车速度大于 70 km/h;+2 指结合料高温提高 2 个等级。

4 西安地区沥青路面性能分区

4.1 西安地区气候分区

按照中国现行规范分区标准对西安地区进行分区,结果如表 6 所示。按照文献[2]的道路沥青性能分区标准,西安地区属于 1-3-2 区,即夏炎热、冬冷湿润区。

4.2 西安地区沥青路面性能分区

通过对西安地区气象资料的汇总分析后,分别采用作者提出的路面温度的确定方法,按照 SHRP 沥青等级标准和文献[2]中的道路沥青性能分区标准,对西安地区进行了沥青路面性能分区,结果如图 3 所示。

准确的沥青路面性能分区为西安地区路用沥青

表 6 按照中国现行规范标准进行的西安地区气候分区

指 标	区 域						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
30 a 最热月平均最高气温/℃	32.01	32.01	31.86	32.13	31.78	32.12	31.69
标准差/℃	1.76	1.73	1.77	1.66	1.72	1.71	2.04
30 a 内年极端最低气温/℃	-17.5	-16.4	-19.0	-14.0	-17.4	-16.0	-20.2
年平均降雨量/mm	632.58	522.43	620.43	591.81	719.48	553.31	603.17
气候分区	1-3-2						

结合料等级的选择、沥青混合料配合比设计和检验提供了依据,在确定路用沥青结合料标号时可结合该分区及交通情况进行选择。

5 结 语

(1)SHRP 沥青路面高温设计温度的计算方法不适合用于西安地区,建议采用 98% 保证率的连续

7 d 平均高地温作为西安地区的沥青路面高温设计温度。

(2)SHRP 沥青路面低温设计温度的计算方法不适用于西安地区,建议采用 98% 保证率的年极端最低地温作为西安地区的沥青路面低温设计温度。

(3)绘制了西安地区沥青路面性能分区图,可根据沥青路面性能分区、交通荷载及交通速度等条件,



图3 西安地区沥青路面性能分区

对胶结料等级进行选择。由于过高的可靠度和过高PG等级的选择都是不符合成本-效益原理,因此在进行沥青结合料的选择时应注意效益分析。

参考文献:

References:

- [1] JTJ 003-86,公路自然区划标准[S].
- [2] JTG F40-2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [3] 张宜洛,郑南翔. 沥青混合料的基本参数对其高低温性能的影响[J]. 长安大学学报:自然科学版,2006,26(4):35-39.
ZHANG Yi-luo, ZHENG Nan-xiang. Influence of basic parameters on high and low temperature performances of bituminous mixture[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition,2006,26(4):35-39.
- [4] Harvey J, Chong A, Roesler J. Climate regions for mechanistic-empirical pavement design in California and expected effects on performance[R]. Berkeley: University of California,2000.
- [5] 沙庆林. 沥青和沥青混凝土现状[J]. 交通运输工程学报,2001,1(3):1-6.
SHA Qing-lin. The development of asphalt and asphalt-concrete [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering,2001,1(3):1-6.
- [6] 陈仕周,倪小军. 桥面铺装与路面温度差异研究[J]. 中国公路学报,2005,18(2):56-60.
CHEN Shi-zhou, NI Xiao-jun. Study of temperature difference between bridge deck pavement and road pavement [J]. China Journal of Highway and Transport,2005,18(2):56-60.
- [7] 赵延庆,凌晨,白琦峰,等. 基于路面温度频率分布的沥青PG高温等级选择[J]. 石油沥青,2007,21(1):43-46.
ZHAO Yan-qing, LING Chen, BAI Qi-feng, et al. Selection of high temperature PG grades for asphalt binders based on pavement temperature distributions [J]. Petroleum Asphalt,2007,21(1):43-46.
- [8] 李安,郑南翔. 沥青路面不同层位沥青结合料选择研究[J]. 中外公路,2006,26(4):198-200.
LI An, ZHENG Nan-xiang. Binder selecting of asphalt pavement for different layers[J]. Journal of China & Foreign Highway,2006,26(4):198-200.

陕西省2008年将有5条高速公路建成通车

2008年,陕西省将有5条高速公路相继建成通车。这5条高速公路分别为:银川至武汉线陕西境内凤永高速公路(凤翔路口—永寿)、包头至茂名西部大通道陕西境内柞小高速公路(柞水—小河)、西安至合肥西部大通道陕西境内商丹高速公路(商州—丹凤)、西安至合肥陕西境内丹界高速公路(丹凤—陕豫界)、西安至合肥陕西境内蓝商高速公路(蓝田—商州)。5条即将通车的高速公路总长385 km,截至2008年4月,凤永高速公路已完成投资33.7亿元,占总投资的83%,路基、路面已接近扫尾工程;商丹高速公路已完成投资12.26亿元,占总投资的87.35%,由于受周围环境的影响,路基尚未全面贯通;丹界高速公路已完成投资53.43亿元,占总投资的82.53%;蓝商高速公路已完成投资44.6亿元,占总投资的85.77%;柞小高速公路已完成投资34亿元,占总投资的72%,由于受天气等各种因素影响,目前路基尚未贯通。凤永、商丹、丹界、蓝商4条高速公路预计2008年10月可建成通车,柞小高速公路预计2008年年底可建成通车。