

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2017.09.001

西藏地区公路沥青路面路用性能气候 分区及 PG 分级

吕骄阳, 权磊

(交通运输部公路科学研究院, 北京 100088)

摘要: 西藏地区地形地貌复杂多样, 平均海拔高, 年、日温差大, 降雨量分布不均匀, 恶劣的环境因素严重影响了该地区公路沥青路面的使用性能和寿命。为补充和完善这一地区公路沥青路面路用性能气候分区以及沥青和沥青混合料 PG 分级的资料, 依托西藏地区及其周边设置的 26 个气象观测站 30 a 的气象统计资料, 运用统计学的原理, 按地形、地貌、海拔、季节以及气候特征对其观测站 30 a 的相关数据进行了计算、划分和归类, 通过建立数学模型找出了其中的规律, 列出了西藏地区 4 大典型自然气候区和 8 个沥青路面路用性能气候分区, 方便了不同分区对沥青材料性能的要求和选择。同时, 借鉴 SHARP 研究计划提出的沥青路面性能分级思想, 参照国内外一些地区 PG 分级方法, 制定了西藏地区沥青使用的 PG 分级。这一研究成果对于高海拔、高寒、大温差地区提升公路修建质量, 在选择沥青品种、沥青混合料配比设计以及确定沥青路面施工工艺等方面提供参考。

关键词: 道路工程; PG 分级; 统计分析; 沥青路面; 气候分区

中图分类号: U416.27

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268(2017)09-0001-07

Climate Zoning and PG Grading for Highway Asphalt Pavement Performance in Tibet Area

LÜ Jiao-yang, QUAN Lei

(Research Institute of Highway, Ministry of Transport, Beijing, 100088, China)

Abstract: The terrain and topography in Tibet area are complex and diverse, the average altitude is high, the annual and daily temperature differences are large, the rainfall distribution is uneven, and the harsh environmental factors seriously affect the performance and life of the asphalt pavement in the area. In order to supplement and improve the climate zoning of road asphalt pavement performance and the PG classification of asphalt and asphalt mixture in this area, relying on the statistical data of 26 meteorological stations in Tibet and its surroundings in 30 years, applying the principle of statistics, according to terrain, topography, altitude, season and climate characteristics, the relevant data of the meteorological stations in 30 years are calculated, divided and classified. Through the establishment of the mathematical models, the laws are found out, the 4 typical natural climate zones and the 8 asphalt pavement performance climate zones in Tibet are listed, which facilitated the requirements and selection of the asphalt material performance in different zones. At the same time, referring to the idea of grading asphalt pavement performance proposed by SHARP research plan and the PG grading method in some areas at home and abroad, the PG grading of asphalt used in Tibet

收稿日期: 2016-09-08

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2014BAG05B04); 交通运输部建设科技项目(2013 318 490 010, 2014 318 J15 070)

作者简介: 吕骄阳(1990-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 博士研究生。(lv616@vip.qq.com)

area is developed. This research result can improve the quality of highway construction in high altitude, high-cold and large temperature difference areas, and provide a reference for selecting asphalt varieties, asphalt mixture design and determining asphalt pavement construction technology.

Key words: road engineering; PG grading; statistical analysis; asphalt pavement; climate zoning

0 引言

荷载和环境是影响沥青路面使用性能的重要因素,对于交通量总体较小的西藏地区,沥青路面长期使用性能更大程度受当地气候环境的影响。西藏自治区位于青藏高原西南部,平均海拔4 000 m,自然条件特殊,空气稀薄,气温日较差大,日照时间长,紫外线强烈,气候类型复杂,纬度和海拔的差异致使西藏地区呈现出显著的区域性气候特征。青藏公路格尔木至拉萨段路面病害调查表明沥青面层裂缝类损坏和松散类损坏分别占到总损害量的36%和17%,而车辙类损坏量则很小^[1],可见辐射老化作用对沥青路面使用性能的影响不可忽视。藏东南低海拔地区的沥青路面病害调查表明降雨与大温差导致的松散、坑槽、横向裂缝等病害最为严重^[2]。我国现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)根据全国气候因素提出了高温分区、低温分区、雨量分区(沥青气候分区为二级区划,混合料气候分区用三级区划)^[3],这样也就导致西藏气候区划较为粗略^[4-5],不能完全反映西藏各地区的真实气候状况。此外,现行沥青路面使用性能气候分区以气温为依据^[6],没有和路面实际温度结合起来,不能保证其与路用性能有良好的相关关系。因此,文中借鉴SHARP研究计划提出的沥青路面性能分级思想^[7-9,11,18]及LTPP推荐公式^[10,13],根据西藏各地30 a气象资料,建立更为精细的西藏地区沥青路面路用性能气候分区和沥青PG分级标准^[12,14-17],以期对西藏地区沥青路面的设计提供参考。

1 西藏地区气候分析

西藏自治区位于青藏高原西南部,介于北纬26°52′~36°32′,东经78°24′~99°06′之间,全区面积122.84万km²,约占全国总面积的1/8。根据西藏地区地形地貌特点,全区为喜马拉雅山脉、昆仑山脉和唐古拉山脉所环抱,大致可分为4个地带:一是藏北高原,位于昆仑山脉、唐古拉山脉和冈底斯—念青唐古拉山脉之间;二是藏南谷地,海拔平均在3 500 m左右,在雅鲁藏布江及其支流流经的地

方,有许多宽窄不一的河谷平地;三是藏东高山峡谷,即藏东南横断山脉、三江流域地区,山势较陡峻,山顶终年积雪,山腰森林茂密,山麓有四季常青的田园,景色奇特;四是喜马拉雅山地,由几条大致东西走向的山脉构成,平均海拔6 000 m左右,山区内西部海拔较高,气候干燥寒冷,东部气候温和,雨量充沛,森林茂密。如此复杂的地形地貌给公路线形设计和路面结构形式选择提出了严峻的考验。

西藏地区气候独特多变,总体上具有西北严寒、东南温暖湿润的特点。如果以气温和降水为主要依据,可把西藏自治区划分为不同的气候区,即:藏东南亚热带山地湿润气候区、波密、林芝高原温暖湿润气候区、三江高原温暖半湿润气候区、雅鲁藏布江流域高原温带半湿润半干旱气候区、喜马拉雅山脉北麓高原温带半干旱气候区、阿里南部高原温带干旱气候区、藏东北高原亚温带湿润气候区、南羌塘高原亚寒带半干旱气候区、北羌塘高原亚寒带干旱气候区。

因此,复杂多变的气候特点、高程起伏变化的地形地貌、特殊气候条件下的路基条件等决定了在进行公路路面结构设计和材料选择时需要有所区分,材料的路用性能以及路面结构的组合需要根据气候特点、地形地貌、水文地质等条件综合考虑。

通过资料统计西藏地区区域内年均气温在-2.8~12.0℃,总体呈现东南向西北递减规律,6月平均气温高,1月份平均气温最低。气温年变化小、日变化大。

为了确定西藏地区沥青路面结合料的PG分级,文中收集了西藏22个气象站点及周边3省4个气象站点1981—2010年30 a的年极端最低气温、年平均风速、年均降雨量、6月份每天最高气温等,求取6月份的日最高气温连续7 d的平均温度以及每年连续7 d平均温度最大值;同时每年极端低温、年降水量、最热月平均温度汇总见表1,以及累年连续7 d最高气温平均值趋势图见图1,累年年平均极端最低气温趋势图见图2,西藏地区累年年平均降雨量柱状图见图3。

表 1 西藏地区及周边 26 个站点气象数据特征值

Tab. 1 Meteorological data Characteristic values of 26 meteorological stations in Tibet area its surroundings

观测站 编号	地区	7 d 平均	7 d 平均最	平均极端	30 a 最低气	最大日平均风		月平均风速标准		日平均风速/		年平均 降雨量/ mm
		最高气温	高气温标准	最低气温	温标准差	速/(m·s ⁻¹)		差/(m·s ⁻¹)		(m·s ⁻¹)		
		<i>T</i> _{air1} /℃	差 <i>σ</i> _{air1} /℃	<i>T</i> _{air2} /℃	<i>σ</i> _{air2} /℃	6 月	1 月	6 月	1 月	6 月	1 月	
C1	察隅	25.5	0.038	−5.3	0.5	2.7	1.9	0.19	0.203	1.47	2.44	792.3
C2	德钦（云南）	19.2	0	−14.7	0.5	4.2	4.4	1.08	0.905	2.85	2.41	640
C3	聂拉木	15.6	0.053	−19.1	0.6	5	5.8	0.27	0.479	4.55	4.58	654.3
C4	林芝	22.8	0.049	−13.7	0.5	2	2.3	0.27	0.167	2	1.59	692.6
C5	巴塘（四川）	28	0.09	−11.6	0.5	1.7	1.5	0.7	0.656	1.11	1.25	497.3
C6	米林	22.7	0.049	−15.8	0.5	1.9	1.8	0.17	0.105	1.46	1.55	702.1
C7	波密	24.7	0.076	−14.5	0.5	2	2.1	0.23	0.236	1.51	1.49	891
C8	南木林	21.8	0.038	−17.8	0.4	2.8	2.2	0.27	0.248	1.64	1.93	458.3
C9	拉孜	23	0.048	−19.1	0.6	2.8	2.9	0.36	0.228	2.33	2.26	328.5
C10	泽当	24.3	0.038	−18.2	0.7	2.7	2.6	0.18	0.29	2.12	2.31	384.6
C11	八宿	26.3	0	−16.9	0.6	3.7	2.8	0.27	0.371	1.91	2.89	259.9
C12	丁青	20	0	−23.4	0.6	1.8	1.2	0.16	0.199	1.36	1.5	641.1
C13	左贡	20.8	0	−23	0.6	2	1.8	0.14	0.274	1.25	1.78	456
C14	洛隆	22.4	0	−22.1	0.6	3.4	3.6	0.26	0.328	2.85	2.92	421.9
C15	昌都	24.5	0	−20.7	0.6	1.4	1	0.12	0.109	0.81	1.19	489.3
C16	墨竹工卡	22	0.038	−23.1	0.7	2.8	3.1	0.15	0.2	2.62	2.53	556.2
C17	江孜	21.4	0.053	−23.9	0.6	3	3.1	0.36	0.345	2.24	2.25	276.9
C18	玉树（青海）	21.5	0.496	−27.6	0.8	1.2	1.5	1.07	0.914	1.09	0.97	481.6
C19	定日	20.7	0.038	−27.7	0.6	3	3	0.27	0.369	2.46	2.32	289
C20	类乌齐	20.3	0	−29.4	0.6	2	1.8	0.19	0.258	1.33	1.63	608.5
C21	普兰	21.3	0	−29.4	0.8	4.3	3.6	0.22	0.222	3.1	3.95	150.7
C22	当雄	17.9	0.053	−32.5	0.7	3	3.2	0.28	0.399	2.06	2.41	477.9
C23	那曲	16.3	0	−37.6	0.8	3.1	3.2	0.24	0.468	2.49	2.63	449.6
C24	沱沱河（青海）	15.5	0.447	−45.2	1.1	4.3	5.2	0.68	0.457	4.3	3.84	293.9
C25	改则	20.5	0.053	−44.6	0.9	4.1	5.1	0.3	0.511	3.8	3.6	171.4
C26	狮泉河	21.7	0.053	−36.6	0.9	3.6	3.1	0.21	0.384	2.3	3.2	66.4

2 我国沥青与沥青混合料路用性能分区

根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)中指出的道路沥青路面的气候分区,阐述了沥青路用性能气候分区考虑到的 3 方面重点为高温车辙、低温裂缝和水稳定性,其中主要因素为高低温度及年降水量,通过数值归纳划分,形成 3 个分区方式,即高温分区、低温分区和雨量指标分区。我国的沥青分区目前使用的是二级区划的方式,即只使用高温和低温进行分区。高温分区采用近 30 a 内的最热月平均日最高气温平均值进行划分,可划分为 3 个高温分区:1—夏炎热区 (>30 ℃);2—

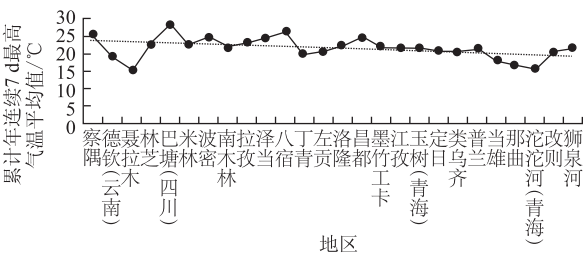


图 1 西藏及周边地区累年连续 7 d 最高气温平均值 (1981—2010)

Fig. 1 Average maximum temperature of Tibet area and its surroundings in 7 consecutive days over years from 1981 to 2010

式中, $T_{20\text{ mm}}$ 为位于 20 mm 深度处的最高路面设计温度; T_{air1} 为 7 d 平均最高气温; L_{at} 为气象站点的地理纬度。

而 LTPP 带有概率的高温模型公式为^[9]:

$$T_{\text{pav1}} = 54.32 + 0.78T_{\text{air1}} - 0.0025L_{\text{at}}^2 - 15.141 \times \ln(H + 25) + Z(9 + 0.61\sigma_{\text{air1}}^2)0.5, \quad (3)$$

式中, T_{pav1} 为路表面最高温度; σ_{air1} 为温度最高的 7 d 平均温度的标准差; H 为路表面下深度; Z 为根据标准正态分布表, $Z=2.055$, 98% 可靠度。

由此, 可以得出 PG 分级高温设计温度, 西藏地区的高温设计温度计算结果见表 3。

表 3 西藏及周边地区路面最高温度预测结果

Tab. 3 Predicted maximum pavement temperature in Tibet area and its surroundings

观测站编号	地区	$T_{\text{air1}} / ^\circ\text{C}$	$\sigma_{\text{air1}} / ^\circ\text{C}$	纬度 / 度	海拔 / m	$T_{20\text{ mm}} / ^\circ\text{C}$	$T_{\text{pav1}} / ^\circ\text{C}$
C1	察隅	25.5	0.038	28.39	2 327	48.3	53.3
C2	德钦 (云南)	19.2	0	27.33	3 400	42.4	48.6
C3	聂拉木	15.6	0.053	28.11	3 200	38.9	45.6
C4	林芝	22.8	0	29.4	2 980	45.6	51.1
C5	巴塘 (四川)	28	0.09	29.2	3 300	50.6	55.2
C6	米林	22.7	0	28.65	3 700	45.6	51.1
C7	波密	24.7	0.076	29.52	2 750	47.4	52.5
C8	南木林	21.8	0	29.3	4 873	44.6	50.3
C9	拉孜	23	0.048	29.05	4 010	45.8	51.3
C10	泽当	24.3	0.038	29.15	3 551	47.1	52.3
C11	八宿	26.3	0	29.67	3 260	48.9	53.8
C12	丁青	20	0	31.25	3 873	42.7	48.6
C13	左贡	20.8	0	29.4	3 750	43.7	49.5
C14	洛隆	22.4	0	30.45	3 200	45.1	50.6
C15	昌都	24.5	0	31.09	3 240	47	52.1
C16	墨竹工卡	22	0	29.83	4 000	44.8	50.4
C17	江孜	21.4	0	28.55	4 040	44.4	50.1
C18	玉树 (青海)	21.5	0.496	36.4	4 200	43.2	49
C19	定日	20.7	0	28.38	4 300	43.7	49.6
C20	类乌齐	20.3	0	30.97	3 810	43	48.9
C21	普兰	21.3	0	30.17	3 900	44.1	49.8
C22	当雄	17.9	0.053	30.29	4 200	40.8	47.1
C23	那曲	16.3	0	31.29	4 507	39.1	45.7
C24	沱沱河 (青海)	15.5	0.447	34.05	5 500	37.9	44.7
C25	改则	20.5	0.053	32.09	4 415	43	48.9
C26	狮泉河	21.7	0.053	32.3	4 295	44.1	49.8

4.3 路面设计低温的确定

低温设计温度是指一定保证率下路面结构层内的低温温度。目前国内相关文献中确定最低路面设计温度的公式一般采用下面几个:

(1) SHRP 计算公式, 将路面低温设计温度简单假定为与最低气温相同, 计算公式为:

$$T_{\text{min}} = T_{\text{air2} \circ} \quad (4)$$

(2) 加拿大 C-SHRP 提出公式:

$$T_{\text{min}} = 0.859T_{\text{air2}} + 1.7, \quad (5)$$

式中, T_{min} 为最低路面设计温度; T_{air2} 为平均年最低气温。

(3) LTPP 推荐公式^[10]:

$$T_{\text{pav2}} = -1.56 + 0.72T_{\text{air3}} - 0.004L_{\text{at}}^2 + 6.26\ln(H + 25) - Z(4.4 + 0.52\sigma_{\text{air3}}^2)^{0.5}, \quad (6)$$

式中, T_{pav2} 为路面下的最低路面温度; T_{air3} 为最低空气温度; L_{at} 为气象站点纬度; H 为路面下的深度; σ_{air3} 为 30 a 最低气温标准差; Z 为根据正态分布表, $Z=2.055$, 可靠度 98%。

西藏地区低温计算结果见表 4。从西藏地区低温计算结果可以看出, SHRP 公式计算值 < LTPP 公式计算值 < C-SHRP 模式计算值, 平均依次相差约 5 °C 和 15.8 °C。因此, 采用 SHRP 公式计算沥青路面低温设计温度偏安全。考虑到西藏地区的地理环境及气温状况, 适宜采用 SHRP 公式计算确定沥青路面低温设计温度。而采用加拿大 C-SHRP 公式计算路面的低温设计温度将造成低温设计不安全。

4.4 西藏地区沥青及沥青混合料 PG 分级

通过上述对西藏地区高、低设计温度的计算, 确定了西藏地区沥青的 PG 等级。以拉孜地区为例: 选择 PG52 的高温等级以保护 51.3 °C 以上部分, 选择 PG-22 的低温等级以保护低于 -19.1 °C 的部分。在 PG52-22 结合料等级高、低温情况中, 实际可靠度高, 这是因为在标准等级之间的 6 度差异其向上取值所致。这种向上取值的方法是结合料的选择趋于保守。此外, 在沥青结合料分类的试验过程中同样存在这种问题, 即某特种结合料在较低或较高温度的试验时可以通过所有标准, 但因标准等级之间存在 6 度的差异, 而被分类到分级体系的下一个级别。这种选择过程致使最终选择结合料的安全因子偏大。对于这种按温度分段的结合料分级体系, 使用者应该意识到选择过程中包含的安全因素。综上所述建议西藏地区所使用的沥青结合料等级 (特别是高速公路中使用的结合料等级) 见表 5。

表 4 西藏及周边地区路面最低温度预测结果

Tab. 4 Predicted minimum pavement temperature in Tibet area and its surroundings

观测站 编号	观测站所 在地区	$T_{\text{air2}}/^\circ\text{C}$	$\sigma_{\text{air2}}/^\circ\text{C}$	纬度/ $^\circ$	海拔/m	SHRP 公式计算	C - SHRP 模式计	LTPP 公式计
						值 $T_{\text{min}}/^\circ\text{C}$	算值 $T_{\text{min}}/^\circ\text{C}$	算值 $T_{\text{pav2}}/^\circ\text{C}$
C1	察隅	-5.3	0.5	28.4	2 327	-5.3	-2.85	10.86
C2	德钦 (云南)	-14.7	0.5	27.3	3 400	-14.7	-10.93	4.32
C3	聂拉木	-19.1	0.6	28.1	3 200	-19.1	-14.71	0.96
C4	林芝	-13.7	0.5	29.4	2 980	-13.7	-10.07	4.57
C5	巴塘 (四川)	-11.6	0.5	29.2	3 300	-11.6	-8.26	6.13
C6	米林	-15.8	0.5	28.7	3 700	-15.8	-11.87	3.24
C7	波密	-14.5	0.5	29.5	2 750	-14.5	-10.76	3.97
C8	南木林	-17.8	0.4	29.3	4 873	-17.8	-13.59	1.67
C9	拉孜	-19.1	0.6	29.1	4 010	-19.1	-14.71	0.74
C10	泽当	-18.2	0.7	29.2	3 551	-18.2	-13.93	1.33
C11	八宿	-16.9	0.6	29.7	3 260	-16.9	-12.82	2.18
C12	丁青	-23.4	0.6	31.3	3 873	-23.4	-18.4	-2.89
C13	左贡	-23	0.6	29.4	3 750	-23	-18.06	-2.15
C14	洛隆	-22.1	0.6	30.5	3 200	-22.1	-17.28	-1.75
C15	昌都	-20.7	0.6	31.1	3 240	-20.7	-16.08	-0.9
C16	墨竹工卡	-23.1	0.7	29.8	4 000	-23.1	-18.14	-2.36
C17	江孜	-23.9	0.6	28.6	4 040	-23.9	-18.83	-2.6
C18	玉树 (青海)	-27.6	0.8	36.4	4 200	-27.6	-22.01	-7.36
C19	定日	-27.7	0.6	28.4	4 300	-27.7	-22.09	-5.3
C20	类乌齐	-29.4	0.6	31	3 810	-29.4	-23.55	-7.14
C21	普兰	-29.4	0.8	30.2	3 900	-29.4	-23.55	-7.01
C22	当雄	-32.5	0.7	30.3	4 200	-32.5	-26.22	-9.23
C23	那曲	-37.6	0.8	31.3	4 507	-37.6	-30.6	-13.19
C24	沱沱河 (青海)	-45.2	1.1	34.1	5 500	-45.2	-37.13	-19.52
C25	改则	-44.6	0.9	32.1	4 415	-44.6	-36.61	-18.47
C26	狮泉河	-36.6	0.9	32.3	4 295	-36.6	-29.74	-12.77

表 5 西藏地区沥青及沥青混合料 PG 分级建议值

Tab. 5 Suggested PG grading values for asphalt and asphalt mixture in Tibet area

观测 站编 号	观测站所 在地区	设计温度/ $^\circ\text{C}$		基准 PG 等级	常用 PG 等级	推荐 PG 等级	观测 站编 号	观测站所 在地区	设计温度/ $^\circ\text{C}$		基准 PG 等级	常用 PG 等级	推荐 PG 等级
		高温	低温						高温	低温			
C1	察隅	53.3	-5.3	PG58 - 16	PG64 - 16	PG70 - 16	C14	洛隆	50.6	-22.1	PG52 - 34	PG58 - 34	PG64 - 34
C2	德钦 (云南)	48.6	-14.7	PG52 - 16	PG58 - 16	PG64 - 16	C15	昌都	52.1	-20.7	PG58 - 22	PG64 - 22	PG70 - 22
C3	聂拉木	45.6	-19.1	PG46 - 34	PG52 - 34	PG58 - 34	C16	墨竹工卡	50.4	-23.1	PG52 - 34	PG58 - 34	PG64 - 34
C4	林芝	51.1	-13.7	PG52 - 16	PG58 - 16	PG64 - 16	C17	江孜	50.1	-23.9	PG52 - 34	PG58 - 34	PG64 - 34
C5	巴塘 (四川)	55.2	-11.6	PG58 - 16	PG64 - 16	PG70 - 16	C18	玉树 (青海)	49	-27.6	PG52 - 34	PG58 - 34	PG64 - 34
C6	米林	51.1	-15.8	PG52 - 16	PG58 - 16	PG64 - 16	C19	定日	49.6	-27.7	PG52 - 34	PG58 - 34	PG64 - 34
C7	波密	52.5	-14.5	PG58 - 16	PG64 - 16	PG70 - 16	C20	类乌齐	48.9	-29.4	PG52 - 34	PG58 - 34	PG64 - 34
C8	南木林	50.3	-17.8	PG52 - 22	PG58 - 22	PG64 - 22	C21	普兰	49.8	-29.4	PG52 - 34	PG58 - 34	PG64 - 34
C9	拉孜	51.3	-19.1	PG52 - 22	PG58 - 22	PG64 - 22	C22	当雄	47.1	-32.5	PG52 - 34	PG58 - 34	PG64 - 34
C10	泽当	52.3	-18.2	PG58 - 22	PG64 - 22	PG70 - 22	C23	那曲	45.7	-37.6	PG46 - 40	PG52 - 40	PG58 - 40
C11	八宿	53.8	-16.9	PG58 - 22	PG64 - 22	PG70 - 22	C25	沱沱河 (青海)	44.7	-45.2	PG46 - 46	PG52 - 46	PG52 - 46
C12	丁青	48.6	-23.4	PG52 - 34	PG58 - 34	PG64 - 34	C25	改则	48.9	-44.6	PG52 - 46	PG52 - 46	PG52 - 46
C13	左贡	49.5	-23	PG52 - 34	PG58 - 34	PG64 - 34	C26	狮泉河	49.8	-36.6	PG52 - 40	PG58 - 40	PG64 - 40

注：表中改则地区，由于低温设计温度为 -44.6℃，选择 PG - 46 的低温等级以保护低于 -44.6℃ 的部分，高温设计温度为 48.9℃，可选择 PG52 为基准 PG 等级。可见该地区偏寒冷且温差偏大，根据美国 Superpave 基于结合料性能的沥青性能（PG）分级分高温等级与低温等级的分级以及沥青路用性能等级划分表，唯一可选择的是 PG52 - 46 等级。

5 结论

西藏地区地形地貌复杂多样,全区为喜马拉雅山脉、昆仑山脉和唐古拉山脉所环抱,平均海拔高、年温差大,降雨量分布不均匀,总体上具有西北严寒、东南温暖湿润的特点。根据收集的西藏地区气象资料进行有效的气候分析,划分了藏北、藏西、藏南、藏东南4大区域,同时奠定了公路沥青路面路用性能分区的基础。按照国内沥青与沥青混合料路用性能分区标准结合了降雨量分布,对西藏地区沥青路用性能划分了夏热冬寒干旱、夏凉冬寒干旱、夏凉冬寒半干、夏凉冬寒湿润、夏热冬冷半干、夏热冬冷湿润6个区,为该区修筑沥青路面提供技术支持。借鉴SHARP研究计划提出的沥青路面性能分级思想,参照国内外一些地区PG分级方法,制定了西藏地区沥青使用的PG分级,对高海拔、高寒、大温差地区提升公路修建质量,在选择沥青品种、沥青混合料配比设计以及沥青路面施工工艺确定等方面提供参考。

参考文献:

References:

- [1] 窦明健,胡长顺,多吉罗布,等. 青藏公路路面病害成因分析[J]. 冰川冻土, 2003, 25 (4): 439-444.
DOU Ming-jian, HU Chang-shun, DUOJI Luo-bu, et al. Analysis on Surface Troubles of the Qinghai-Tibet Highway [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, 25 (4): 439-444.
- [2] 巴桑顿珠,黄晓明,张道德,等. 西藏东南部沥青路面常见病害及成因分析[J]. 公路交通科技, 2006, 23 (11): 36-39.
BASANG Dun-zhu, HUANG Xiao-ming, ZHANG Dao-de, et al. Analysis of Asphalt Pavement Distresses in Southeast Tibet [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2006, 23 (11): 36-39.
- [3] JTG F40—2004, 公路沥青路面施工技术规范[S].
JTG F40—2004, Technical Specifications for Construction of Highway Asphalt Pavements [S].
- [4] 沈金安,姬菊枝. 道路沥青及沥青混合料使用性能气候区划的研究[J]. 公路交通科技, 1994, 11 (3): 1-10.
SHEN Jin-an, JI Ju-zhi. On the Climatic Region Charts for Road Bitumen and Mixture Performances [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 1994, 11 (3): 1-10.
- [5] 沈金安. 道路沥青及沥青混合料的气候分区及关键性技术指标[J]. 中国公路学报, 1997, 10 (1): 1-9.
SHEN Jin-an. Climate Zoning for Road Asphalt and Asphalt Mixture and the Key Technical Index [J]. China Journal of Highway and Transport, 1997, 10 (1): 1-9.
- [6] 梁武星,李小刚,高超. 陕西省公路沥青路面路用性能的气候分区[J]. 公路交通科技, 2012, 29 (2): 16-21.
LIANG Wu-xing, LI Xiao-gang, GAO Chao. Climate Zoning for Asphalt Pavement Performance of Highway in Shaanxi Province [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2012, 29 (2): 16-21.
- [7] MAHBOUB K, LITTLE D N. An Improved Asphalt Concrete Mix Design Procedure [J]. Journal of Association of Asphalt Paving Technologists, 1990 (26): 12-14.
- [8] WITCZAK M W. Environmental Factors in Long Term Performance [C] // Long-term Pavement Performance: Proceedings of the SHRP Midcourse Assessment Meeting. Washington, D. C. : Strategic Highway Research Program, National Research Council, 1991.
- [9] KENNEDY T W, HUBER G A, HARRUGAN E T, et al. Superior Performing Asphalt Pavements: The Product of the SHRP Asphalt Research Program, SHRP-A-410 [R]. Washington, D. C. : Strategic Highway Research Program, National Research Council, 1994.
- [10] MOHSENI A M S. Effect of Improved LTPP AC Pavement Temperature Models on Superpave Performance Grades [C] // Transportation Research Board 77th Annual Meeting. Washington, D. C. : Transportation Research Board, 1998.
- [11] 郑南翔,张霞,李安. 对SHRP沥青分级存在问题的探讨[J]. 公路交通科技, 2004, 15 (9): 44-46.
ZHENG Nan-xiang, ZHANG Xia, LI An. Discuss of Problems in SHRP Performance Grading System [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2004, 15 (9): 44-46.
- [12] 朱耀庭,汪晓红,段艺萍,等. 江西省道路沥青PG分级研究[J]. 公路, 2016 (5): 20-27
ZHU Yao-ting, WANG Xiao-hong, DUAN Yi-ping, et al. PG Classification of Road Asphalt in Jiangxi Province [J]. Highway, 2016 (5): 20-27.
- [13] MOHSENI A. LTPP Seasonal Asphalt Concrete (AC) Pavement Temperature Models, FHWA-RD-97-103 [R]. Washington, D. C. : [s. n.] 1998.
- [14] ZINSTITUTE A. Superpave Performance Based Asphalt Binder Specification Testing, SP-1 [R]. Lincoln, USA: Asphalt Institute, 2001.

(下转第13页)

- [6] JTG H20—2007, 公路技术状况评定标准 [S].
JTG H20—2007, Highway Performance Assessment Standards [S].
- [7] 王玉顺, 朱敏清. 高速公路沥青路面预防性养护技术与应用 [M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2008.
WANG Yu-shun, ZHU Min-qing. The Technology and Application of Expressway Asphalt Pavement Preventive Maintenance [M]. Beijing: China Building Materials Press, 2008.
- [8] 徐强. 高速公路沥青路面预防性养护评价体系研究 [J]. 中外公路, 2009, 29 (3): 64–68.
XU Qiang. Study on Evaluation System of Expressway Asphalt Pavement Preventive Maintenance [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2009, 29 (3): 64–68.
- [9] 姜庆红, 李红英, 伍倩, 等. 基于熵权的高速公路沥青路面预防性养护措施优选模型研究 [J]. 交通标准化, 2013 (11): 20–23.
JIANG Qing-hong, LI Hong-ying, WU Qian, et al. Model of Optimal Selection for Preventive Maintenance Measures of Expressway Asphalt Pavement Based on Entropy Weight [J]. Transportation Standardization, 2013 (11): 20–23.
- [10] 李程. 贵州山区干线公路沥青路面两种快速养护方法技术经济评价 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2014.
LI Cheng. Technical and Economic Evaluation of Two Rapid Asphalt Pavement Maintenance Methods in Guizhou Mountains [D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2014.
- [11] 段周洋. 沥青性能综合分析 with 优选方法研究 [D]. 西安: 长安大学, 2015.
DUAN Zhou-yang. Research on Comprehensive Performance Analysis and Optimization Method of Asphalt [D]. Xi'an: Chang'an University, 2015.
- [12] 冯红耀. 拐点理论在沥青混凝土路面预防性养护时机确定中的应用 [J]. 公路, 2012 (5): 312–316.
FENG Hong-yao. Application of Theory of Inflection Point in Determination of Appropriate Time of Asphalt Concrete Pavement Preventive Maintenance [J]. Highway, 2012 (5): 312–316.
- [13] 张志静. 基于多目标决策的沥青路面预防性养护研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
ZHANG Zhi-jing. Research on Asphalt Pavement Preventive Maintenance Based on Multi-objective Decision-making [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2013.
- [14] 玉俊杰. 基于预防性养护的高速公路沥青路面使用性能评价和预测模型研究 [D]. 西安: 长安大学, 2011.
YU Jun-jie. Study on Performance Evaluation and Prediction Model of Freeway Asphalt Pavement Based on Preventive Maintenance [D]. Xi'an: Chang'an University, 2011.
- [15] 郭银涛. 高等级公路沥青路面使用性能评价的研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2009.
GUO Yin-tao. Performance of Asphalt Pavement of High-grade Highway [D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2009.
- [16] 魏建国, 付其林, 徐敬道. 沥青结合料对沥青碎石路面性能的影响 [J]. 公路交通科技, 2014, 31 (11): 1–8.
WEI Jian-guo, FU Qi-lin, XU Jing-dao. Effect of Asphalt Binder on Pavement Performance of Asphalt Macadam [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2014, 31 (11): 1–8.
- [17] JTG E20—2011, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程 [S].
JTG E20—2011, Standard Test Methods of Bitumen and Bituminous Mixtures for Highway Engineering [S].
- [18] 郭金维, 蒲绪强, 高祥, 等. 一种改进的多目标决策指标权重计算方法 [J]. 西安电子科技大学学报, 2014, 41 (6): 118–125.
GUO Jin-wei, PU Xu-qiang, GAO Xiang, et al. Improved Method on Weights Determination of Indexes in Multi-objective Decision [J]. Journal of Xidian University, 2014, 41 (6): 118–125.
- +++++
- (上接第7页)
- [15] 张凌波, 时敬涛, 康剑翘, 等. 沥青常规指标与 PG 分级指标的关联关系研究 [J]. 公路, 2016 (4): 172–176.
ZHANG Ling-bo, SHI Jing-tao, KANG Jian-qiao, et al. Research on the Relationship between the Conventional Index and Performance-graded Index of Asphalt [J]. Highway, 2016 (4): 172–176.
- [16] BAHIA H U, ZHAI H, ZENG M, et al. Development of Binder Specification Parameters Based on Characterization of Damage Behavior [J]. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, 2001, 70: 30–36.
- [17] MCLEOD N W. Relationships between Viscosity of Asphalt Cements and Pavement Performance [C] //7th World Petroleum Congress. Lincoln: Elsevier Publishing Co., UK, 1967.
- [18] 美国沥青协会. 高性能沥青路面 (Superpave) 基础参考手册 [M]. 贾渝, 曹荣吉, 李本京, 译. 北京: 人民交通出版社, 2005.
US Asphalt Institute. Superpave Fundamental Reference Manual [M]. JIA Yu, CAO Rong-ji, LI Ben-jing, translated. Beijing: China Communications Press, 2005.