

# 西藏天然砂砾路用调查与分析

赵毅<sup>1,2</sup>, 梁乃兴<sup>1</sup>, 任海萍<sup>2</sup>, 刘光明<sup>3</sup>

(1 重庆交通大学 土木建筑学院, 重庆 400074 2 河北交通职业技术学院 土木工程系, 河北 石家庄 050091;  
3 济南市勘察测绘研究院, 山东 济南 250013)

摘要: 通过对西藏主干公路沿线天然砂砾作为路用材料的调查, 以气候类型为主要依据对西藏天然砂砾进行了分区研究。根据西藏各分区天然砂砾的级配组成, 采用特征孔径通过率法和细度模数法分析了西藏天然砂砾的粗细程度, 同时提出西藏天然砂砾的代表级配。

关键词: 西藏; 天然砂砾; 代表级配; 特征孔径; 细度模数

中图分类号: U414

文献标志码: A

文章编号: 1674-0696(2010)03-0403-04

## Investigation and Analysis of Road Natural Grit in Tibet

ZHAO Yi<sup>1,2</sup>, LIANG Nai-xing<sup>1</sup>, REN Hai-ping<sup>2</sup>, LIU Guang-ming<sup>3</sup>

(1. School of Civil Engineering & Architecture Chongqing Jiaotong University Chongqing 400074 China

2 Hebei Jiaotong Vocational & Technical College Shijiazhuang 050091, Hebei China

3 Jinan Surveying Mapping & Geotechnical Investigation Institute Jinan 250013 Shandong China)

Abstract: Through the investigation of natural grit used as the material of the main arterial highway in Tibet, the region research on natural grit in Tibet has been carried out, which is mainly based on the climate type. According to the gradation composition of natural grit at various districts in Tibet, the thickness of the natural grit in Tibet has been analyzed by the method of characteristic aperture passing rate and fineness modulus. Meanwhile, the representative gradation of natural grit in Tibet is proposed.

Key words: Tibet; natural grit; representative gradation; characteristic aperture; fineness modulus

西藏天然砂砾分布广泛、储量丰富, 在以往公路建设中已经大量使用, 但绝大部分采用天然砂砾填筑路基, 或仅在路面垫层中使用。在交通量小、车辆载重低、车速慢, 对道路的使用性能的要求比较低的低等级公路也有用级配砂砾作面层使用<sup>[1-3]</sup>。西藏地域辽阔, 不同地区地质构造不同, 因此各地天然砂砾材料在分选性、砾石岩性、级配组成、粗细程度等方面存在差异。为了充分发挥西藏不同地区天然砂砾材料的路用性能, 笔者针对西藏天然砂砾的分布特点及级配特征进行了研究。

## 1 西藏天然砂砾分区

了解西藏天然砂砾的分布及特性, 首先需要了解西藏的地形地貌地质特点。这种特点主要基于第四纪地质新构造运动形成的。西藏地区自然环境复杂, 最突出的地貌特征就是“群山环抱、河流众多”。

为了便于研究西藏天然砂砾的分布及特性, 依

据气候类型, 结合地势地形结构, 将西藏大致划分成 5 个区域, 即藏北高原区、阿里地区、雅鲁藏布江河谷地带、西藏东南部高山峡谷区、西藏南部边缘地区。通过广泛收集各个区域主干公路如 G109、G219、G318、G214、S204 等采用天然砂砾作为路用材料的筛分资料, 提出西藏天然砂砾的代表级配范围, 为适应不同等级公路建设提供依据。

藏北高原区多为河滩冲积层砂砾, 形状以浑圆、片状为主, 岩性复杂。唐古拉山以南大部分地区, 青藏公路沿线砂砾分布较广, 且石质坚硬, 级配良好, 可用于铺筑路面基层及底基层。国道 214 线青藏管养界至类乌齐镇沿线, 砂砾石多分布于河漫滩和河道中, 岩性为砂岩和花岗片麻岩, 呈黄色、灰黄色等, 可用作路基、路面材料。

阿里地区沉积物中以砾岩、砂砾岩含量居多。砂砾岩性以花岗岩为主, 质地致密、坚硬, 颗粒较粗, 天然级配较好。

收稿日期: 2010-01-20 修订日期: 2010-03-28

基金项目: 西藏交通厅科技项目(XZJTKJ2007-02)

作者简介: 赵毅(1980-), 男, 河北保定人, 硕士研究生, 主要从事道路工程材料方面的研究。E-mail: zhaoxy980@163.com

雅鲁藏布江河谷地带砂砾料主要分布在雅鲁藏布江河床上,蕴藏量极为丰富,品质较好,可筛选砂及砾石。河床堆积物主要为圆砾土,基岩多为次坚石。多数呈带状分布,成品率在 40%~60%之间,砂砾级配较好,质地坚硬,强度较高,主要成分为花岗岩,可用于路面及路基工程。

西藏东南部高山峡谷区基本为中生代的浅变质岩和沉积岩,岩性主要以板岩、泥页岩、变质砂岩及少量的花岗岩为主。卵石、碎块石分选性较差,磨圆度差(呈棱角状、亚棱角状),一般呈中等密实状,在水的作用下容易变成稍密状。

西藏南部边缘地区冲积物以卵石、砂土和粉砂为主,呈层状分布,磨圆及分选性均好,但结构松散,见图 1。



图 1 西藏天然砂砾分区图

Fig 1 Natural grit district chart in Tibet

## 2 西藏天然砂砾粗细程度分析

通过调查收集了西藏分区天然砂砾的级配组成资料。级配资料主要来源于藏北高原区 G109线;阿里地区 G219线国杰—桑桑段、昆沙—门土段、巴嘎—普兰段;雅鲁藏布江河谷地带 G318线曲水大桥—大竹卡段、日喀则市—谢通门段;西藏东部高山峡谷区 G214线芒康—隔界河段;西藏南部边缘地区 G318线聂拉木—樟木段、定日岗嘎—聂拉木段, S204线康马—亚东段, 亚东—乃堆拉段。

砂砾颗粒粒径大小的分析主要采用两种方法:一种是研究主要特征孔径的通过百分率;另一种是通过细度模数来分析砂砾的粗细程度。

特征孔径通过百分率分析法选择了 4 个特征孔径,即 19 9.5 4.75 0.6 mm。经分析得出西藏分区天然砂砾特征孔径平均通过百分率,如表 1。

从统计分析结果来看,这 5 个分区用于道路基层、底基层的砂砾在最主要控制粒径(4.75 mm)的通过百分率基本在 40%~55%之间,即粗颗粒的含量没有达到 70%左右,无法使砂砾的干密度达到最大值<sup>[4]</sup>。所以在使用天然砂砾时,应该增加粗颗粒

的含量。根据《规范》<sup>[5]</sup>规定,最大粒径为 37.5 mm 级配砂砾用于道路基层时,其 4.75 mm 的通过百分率范围应控制在 29%~54%之间,上述分区的天然砂砾除藏北高原区略超过上限外,其他分区都在范围内,如图 2。

表 1 西藏分区特征孔径平均通过百分率

Tab 1 The percentage of average passing rate of characteristic aperture in Tibet districts %

西藏分区	孔径/mm			
	19	9.5	4.75	0.6
藏北高原区	90.78	73.86	56.46	20.04
阿里地区	70.33	54.16	41.23	15.64
雅鲁藏布江河谷地带	76.10	53.73	43.89	21.93
西藏南部边缘地区	76.7	61.4	48.5	20.2
西藏东南部高山峡谷区	76.3	53.1	42.4	22.8
《规范》 <sup>[5]</sup> 要求上限	88	69	54	20
《规范》 <sup>[5]</sup> 要求下限	73	49	29	8

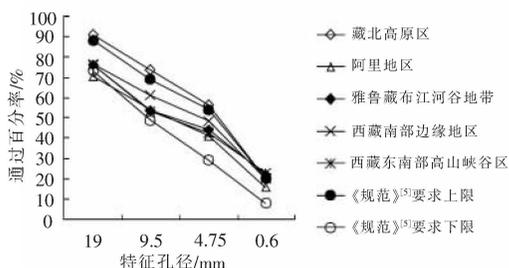


图 2 西藏分区特征孔径平均通过百分率 %

Fig 2 The percentage of average passing rate of characteristic aperture in Tibet districts

由图 2 得出,砂砾 19 mm 粒径通过百分率的大小次序为:藏北高原区、雅鲁藏布江河谷地带、西藏南部边缘地区、西藏东南部地区、阿里地区;4.75 mm 粒径通过百分率的大小次序为:藏北高原区、西藏南部边缘地区、雅鲁藏布江河谷地带、西藏东南部高山峡谷区、阿里地区。这表明,藏北高原区和西藏南部边缘地区砂砾石粒径偏小,细颗粒部分砂砾含量明显高于其它分区,与其他分区砂砾相比,阿里地区大粒径砂砾石偏多。

从图 2 中还可以看出,藏北高原区天然砂砾的通过百分率高于《规范》<sup>[5]</sup>要求的上限,不满足《规范》<sup>[5]</sup>的要求,天然砂砾偏细;阿里地区 19 mm 粒径通过百分率约为 70%,说明此分区大粒径颗粒较多,级配曲线在《规范》<sup>[5]</sup>要求的中值附近,易于形成骨架密实结构。

细度模数是用于评价细集料粗细程度的指标<sup>[6]</sup>。在本文中把细度模数引进到砂砾料颗粒粒径大小评价中。砂砾材料的“细度模数”用  $M_{sd}$  表示,按下式计算:

$$M_{sd} = \frac{(A_{37.5} + A_{4.75} + A_{9.5} + A_{19} + A_{300} + A_{600}) - 6A_{0.6}}{100 - A_{0.6}}$$

式中:  $M_{d_i}$  为砂砾材料的细度模数;  $A_{37.5}, A_{31.5}, \dots, A_{0.6}$  分别为 37.5 31.5  $\dots, 0.6$  mm 各筛的累计筛余百分率, %。

表 2 是西藏分区天然砂砾平均细度模数的分布情况。

表 2 西藏分区天然砂砾平均细度模数

Tab 2 Average fineness modulus of natural grit in Tibet districts

西藏分区	平均细度模数
藏北高原区	2.24
阿里地区	2.80
雅鲁藏布江河谷地带	2.58
西藏东南部高山峡谷区	2.69
西藏南部边缘地区	2.45

细度模数愈大, 表示砂砾料愈粗。按细度模数计算的结果可以得出, 阿里地区的平均细度模数最大, 天然砂砾最粗, 藏北高原区的天然砂砾最细。这一结论与特征孔径通过百分率分析方法得到的结果一致。

### 3 西藏天然砂砾代表级配

为了便于分析研究西藏天然砂砾的级配特点, 首先主要按照气候特征将西藏划分成 5 个区域。其次, 通过大量收集各个区域主干公路沿线天然砂砾的级配数据, 即根据砂砾筛分试验通过百分率来分析各分区砂砾的级配情况, 确立各个区域的代表级配。代表级配是指由一组或几组不同料场砂砾料的级配组成按照在同一孔径通过百分率的近似平均值确立的。最后, 通过汇总各个西藏分区的代表级配, 对各个分区的代表级配在同一孔径通过百分率相同或相近的进一步进行筛选, 确立西藏天然砂砾的代表级配。

西藏天然砂砾代表级配的最大粒径有 3 种即 53 37.5 31.5 mm 为了便于比较且与工程实践控制的最大粒径相结合, 按照等质量代换法<sup>[7]</sup>将大于 37.5 mm 的砂砾料转换为 4.75 ~ 37.5 mm 之间的砂砾料。西藏分区代表级配汇总如表 3。

根据《规范》<sup>[3]</sup> 规定砂砾石料作为基层时, 其最大粒径不得超过 37.5 mm 为了便于室内击实试验和回弹模量试验的开展<sup>[8]</sup>, 根据等质量代换法得到最大粒径为 37.5 mm 各粒径的通过百分率。其中, 雅江代表级配 (3)、级配 (4) 的最大粒径为 31.5 mm 与最大粒径为 37.5 mm 的代表级配分开分析。等质量代换后最大粒径为 37.5 mm 代表级配的级配组成中, 不同地区的代表级配对应筛孔的通过百分率很多是相近的, 故进一步对各个分区的代表级配进行筛选, 最终确立了西藏天然砂砾最大粒径 37.5 mm 代表级配的级配组成 (表 4) 其中阿里代表级配 (3#) 经过适当调整后, 作为代表级配的上限, 藏南代表级配 (1#) 作为代表级配的下限。

表 3 西藏分区天然砂砾代表级配的级配组成

Tab 3 Gradation composition of the representative gradation of natural grit in Tibet districts

代表级配	通过下列孔径 (mm) 的百分率 / %									
	0.075	0.6	2.36	4.75	9.5	19	31.5	37.5	53	
藏北代表级配	(1)	0.6	19	48	67	80	91	95	100	100
	(2)	2.0	20	35	49	69	86	96	100	100
阿里代表级配	(1)	4.0	11	24	36	49	60	85	94	100
	(2)	0.6	18	35	48	63	77	84	95	100
雅江代表级配	(1)	0.8	27	39	42	47	62	82	92	100
	(2)	0.5	11	24	36	48	56	70	80	100
藏东南代表级配	(3)	0.8	34	47	52	63	88	100	100	100
	(4)	0.8	15	26	34	50	82	100	100	100
藏南代表级配	(1)	2.0	23	34	45	56	70	80	90	100
	(2)	2.0	20	40	54	68	82	93	96	100
	(3)	2.0	17	34	43	56	73	85	90	100
	(4)	3.5	43	55	60	66	81	92	96	100

表 4 西藏天然砂砾最大粒径 37.5 mm 代表级配的级配组成

Tab 4 Gradation composition of the representative gradation of natural grit with them aximum grain diameter of 37.5 mm in Tibet

代表级配	通过下列孔径 (mm) 的百分率 / %									
	0.075	0.6	2.36	4.75	9.5	19	31.5	37.5	53	
阿里代表级配	(2#)	0.6	18	35	48	65	80	88	100	
	(3#)	2.0	13	22	32	42	62	81	100	
雅江代表级配	(1#)	0.8	27	39	42	48	65	88	100	
	(2#)	0.5	11	24	36	54	65	86	100	
藏南代表级配	(1#)	2.0	22	42	54	69	85	97	100	
	(2#)	2.0	17	34	43	59	79	94	100	
	(4#)	3.5	43	55	60	67	83	96	100	

由图 3 可以看出: 藏南代表级配 (4#) 小于 4.75 mm 孔径的通过百分率明显增大, 级配曲线有“驼峰”出现, 不适于单独用于公路建设。

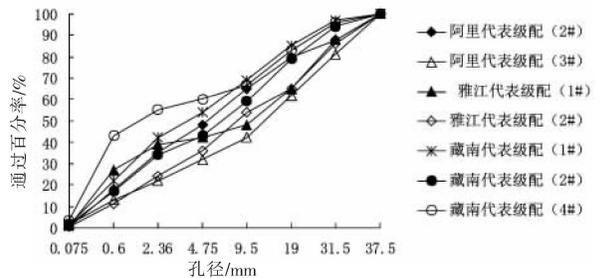


图 3 西藏天然砂砾最大粒径 37.5 mm 代表级配的级配组成

Fig 3 Gradation composition of the representative gradation of natural grit with themaximum grain diameter of 37.5 mm in Tibet

雅江代表级配 (3)、级配 (4) 的最大粒径为 31.5 mm 为了得到代表级配曲线更多的近似性, 通过等质量代换其他代表级配使其最大粒径为 31.5 mm 如表 5。

从图 4 中可以看出: 藏南代表级配 (1\*) 和阿里代表级配 (3\*) 基本分别是西藏天然砂砾最大粒径 31.5 mm 代表级配范围的上下限。同时, 雅江代

表级配(3\*)在 4.75 mm 的通过率为 52%,且在 2.36.0.6 mm 上的通过百分率明显高于藏南代表级配(1\*)形成“驼峰”,其走势基本与雅江代表级配(1\*)平行。雅江代表级配(1\*)、藏南代表级配(1\*)的细集料含量过高,难以形成骨架密实结构,形成的基层结构更容易发生沉陷等变形破坏。

表 5 西藏天然砂砾最大粒径 31.5 mm 代表级配的级配组成

Tab 5 Gradation composition of the representative gradation of natural grit with the maximum grain diameter of 31.5 mm in Tibet

代表级配	通过下列孔径/mm 的百分率/%							
	0.075	0.6	2.36	4.75	9.5	19	31.5	
阿里代表级配	(2*)	0.6	18	35	48	70	90	100
	(3*)	2	13	22	32	47	74	100
	(1*)	0.8	27	39	42	50	71	100
雅江代表级配	(2*)	0.5	11	24	36	59	73	100
	(3*)	0.8	34	47	52	63	88	100
	(4*)	0.8	15	26	34	50	82	100
藏东南代表级配	(1*)	2	23	34	45	62	85	100
藏南代表级配	(1*)	2	22	42	54	70	87	100

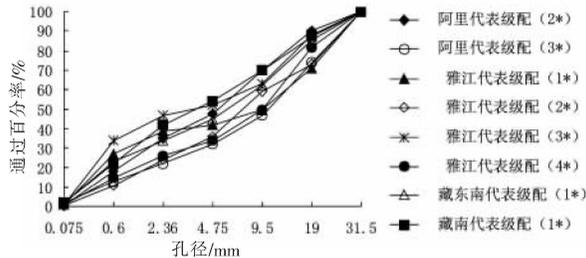


图 4 西藏天然砂砾最大粒径 31.5 mm 代表级配的级配组成

Fig 4 Gradation composition of the representative gradation of natural grit with the maximum grain diameter of 31.5 mm in Tibet

## 4 结论

1) 依据气候类型,对西藏天然砂砾进行了分区研究,系统分析了各分区天然砂砾的分布特点。总的来说,西藏天然砂砾细集料偏多。

2) 通过分析西藏分区主干公路沿线天然砂砾的级配组成,结果表明西藏分区天然砂砾粗细程度不同。阿里地区粗粒径砂砾含量偏多。藏北高原区和西藏南部边缘地区细粒径砂砾含量明显高于其它分区。

3) 通过汇总筛选西藏分区天然砂砾的级配组成,提出西藏天然砂砾最大粒径 37.5 mm 的代表级配。

### 参考文献:

- [1] 王抒芳,赵爽,徐光辉.砂砾材料工程特性的试验研究[J].交通科技与经济,2006(2):48-49
- [2] JTJ 034-2000 公路路面基层施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,2000
- [3] 李立寒,张南鹭.道路建筑材料[M].北京:人民交通出版社,2005.
- [4] 陈文杰.砂砾基层材料的非线性承载力特性研究[D].重庆:重庆交通大学,2007
- [5] JTG E 40-2007 公路土工试验规程[S].北京:人民交通出版社,2007.
- [6] 赵毅,梁乃兴,胡滨.天然砂砾路用承载力分析研究[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2009 28(5):895-898
- [7] 梅迎军,梁乃兴,李志勇.尺寸效应对砂砾石变形特性的分析[J].重庆交通学院学报,2005 24(2):79-82
- [8] 姚祖康.路面[M].3版.北京:人民交通出版社,2006.

(上接第 397 页)

较好的模拟沥青路面温缩裂缝的受力过程,真实地评价沥青混合料的低温抗开裂性能,但试验方法、设备较复杂,其推广使用受到一定限制。

2) 约束试件温度应力 4 个评价指标中冻断温度和转折温度可作为评价沥青混合料低温抗裂性能好坏的评价指标,冻断应力及斜率指标不能单独用来评价 Superpave 沥青混合料的低温性能。

3) 低温弯曲试验操作简单,力学概念也较明确,而且现行规范中已规定了该种试验方法,故在不能进行约束试件温度应力试验的情况下,可以考虑采用低温弯曲试验来评价 Superpave 沥青混合料的低温性能。弯曲应变能密度是应力与应变的综合反映,用弯曲应变能密度作为评价指标可以很好表征 superpave 沥青混合料的低温性能,并且与约束试件温度应力试验的结果基本吻合。

### 参考文献:

- [1] 郝培文,张登良.沥青混合料低温抗裂性能评价指标[J].西安公路交通大学学报,2000 20(3):1-5
- [2] 刘涛,郝培文.沥青混合料低温抗裂性评价方法研究[J].同济大学学报,2002 30(12):1469-1470
- [3] 张兴友,胡光艳,谭忆秋.硅藻土改性沥青混合料低温抗裂性能研究[J].公路交通科技,2006 23(4):12-13
- [4] 余梁蜀,许庆余,王文进,等.沥青混凝土低温性能试验和工程应用[J].水利学报,2006 37(5):634-639.
- [5] 李福普.沥青混合料的温度应力试验[J].公路交通科技,1998 15(4):17-18
- [6] 郝培文,刘中林.沥青混合料低温约束温度应力试验研究[J].石油沥青,2002 16(1):10-11.
- [7] 严家俊.道路建筑材料[M].北京:人民交通出版社,1995 187-189.
- [8] JTJ 052-2000 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].北京:人民交通出版社,2000