

前 言

根据河北省住房和城乡建设厅《2021年度省工程建设标准和标准设计第一批制（修）订计划》（冀建节科函〔2021〕31号）的要求，由河北工业大学会同有关单位编制而成。

本标准编制过程中，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准，并在广泛征求意见的基础上，经反复讨论，修改和充实，最后经审查定稿。

本标准共分 8 章和 4 个附录，主要技术内容包括 1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 结构组合设计；5. 材料性质要求和设计参数；6. 路面结构验算；7. 改建补强设计；8. 路面排水。

本标准由河北工业大学负责具体技术内容的解释，由河北省建设工程标准编制研究中心负责管理。

本标准执行过程中，如有需要修改或补充之处，请将意见或有关资料寄送至河北工业大学土木与交通学院（地址：天津市北辰区西平道 5340 号土木与交通学院，邮编：300401，电话：022-60435940，电子邮箱：q.y.xiao@foxmail.com），以便修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查人员名单：

主 编 单 位：河北工业大学

中建八局第二建设有限公司

沧州市市政工程股份有限公司

参 编 单 位：河北大地建设工程检测有限公司

天津天合建岭路桥工程科技有限公司

沧州交通发展（集团）有限责任公司

唐山市规划建筑设计研究院

河北交科材料科技有限公司

沧州交发检测科技有限责任公司

天津市交通科学研究院

北京智华通科技有限公司

河北省土木工程技术研究中心

天津市交通工程绿色材料工程技术中心

主要起草人：肖庆一 戎 贤 吴英彪 周 健 潘玉珀

李 哲 房海波 韩 晓 刘俊德 王新强

庞兴亮 李迎宾 石津金 王凤亮 张 峰

袁 硕 刘 堃 崔 卉 张文超 胡海学

陈向阳 李正中 郑建岭 刘 平 曾 伟

李艳艳 马磊磊 孙吉书 马士宾 张彩利

李宁利 陈家旭 魏如喜 徐 鸣 邳慧然

石红星 仇云强 刘金艳 李子祎 张 瑜

审 查 人 员：母焕胜 杨三强 刘 丽 曾 伟 苏广和

李彦伟 郭 阳 郭 猛 方俊秀 孙庆林

王领战

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	4
3.1 一般规定	4
3.2 设计标准	5
4 结构组合设计	8
4.1 一般规定	8
4.2 路面结构组合	9
4.3 路基	10
4.4 基层和底基层	11
4.5 面层	13
4.6 再生类材料	14
4.7 功能层	17
4.8 路肩	18
5 材料性质要求和设计参数	19
5.1 一般规定	19
5.2 路基	19
5.3 粒料类材料	20
5.4 无机结合料类材料	21
5.5 沥青结合料类材料	25
5.6 再生类材料	34
5.7 泊松比	40
6 路面结构验算	41

6.1	一般规定	41
6.2	设计指标	41
6.3	交通、材料和环境参数	43
6.4	新建路面结构验算流程	44
7	改建补强设计	46
7.1	一般规定	46
7.2	既有路面调查与分析	47
7.3	旧路改建方案	48
7.4	旧路改建路面结构验算	49
8	路面排水	52
8.1	一般规定	52
8.2	路面排水设计	52
8.3	路面内部排水	54
8.4	分隔带排水	57
8.5	交叉口范围路面排水	57
8.6	桥面排水	57
附录 A	道路沥青路面结构验算方法	58
附录 B	道路沥青路面结构设计及其混合料设计要求	73
附录 C	温度调整系数和等效温度	84
附录 D	寿命周期费用分析	88
	引用标准名录	90
附:	条文说明	91

Contents

1	General	1
2	Terms and Symbols	2
3	Basic Requirements	4
3.1	General	4
3.2	Design Factor	5
4	Structural Composition design	8
4.1	General	8
4.2	Structural combination design	9
4.3	Subgrade	10
4.4	Base and Subbase	11
4.5	Surface	13
4.6	Reclaimed Materials	14
4.7	Functional Layers	17
4.8	Shoulder	18
5	Materials Properties and Design Parameters	19
5.1	General	19
5.2	Subgrade	19
5.3	Granular Materials	20
5.4	Inorganic Bond Materials	21
5.5	Asphalt Binder Materials	25
5.6	Reclaimed Materials	34
5.7	Poisson's Ratio	40
6	Pavement structure Calculation	41
6.1	General	41

6.2	Design Indexes	41
6.3	Traffic, Materials and Environmental Parameters	43
6.4	New Pavement Design Procedure	44
7	Reconstruction and Reinforcement design	46
7.1	General	46
7.2	Survey and Analysis of Existing Pavement	47
7.3	Reconstruction Plan	48
7.4	Reconstruction Design Procedure	49
8	Pavement Drainage	52
8.1	General	52
8.2	Pavement Drainage	52
8.3	Pavement Structure Drainage	54
8.4	Central Median Drainage	57
8.5	Crossing Drainage	57
8.6	Bridge Deck Drainage	57
Appendix A	Pavement Analysis Calculation Method	58
Appendix B	Asphalt Pavement Structure Design and Mixture	73
Appendix C	Temperature Adjustment Coefficient and Equivalent Temperature	84
Appendix D	Life cycle cost analysis	88
Reference Standard List		90
Addition:	Explanation of Provision	91

1 总 则

1.0.1 为适应城市高质量沥青道路行业发展和城市道路建设的需要，提高沥青路面的设计质量和性能，保证路面工程安全可靠、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改建各等级城市道路高质量沥青路面结构的设计。

1.0.3 应根据城市道路等级、路面使用性能要求和所需承担的交通荷载，结合当地气候、水文、地质、材料、建设和养护条件、工程实践经验以及环境保护要求等，进行结构组合、材料设计，通过技术经济分析选定设计方案。

1.0.4 高质量沥青路面设计应符合国家环境和生态保护的规定，鼓励设计节能降耗型路面，积极应用路面材料再生技术、固废及绿色材料技术。

1.0.5 应结合当地条件和工程经验，积极稳妥地选用新技术、新结构、新材料和新工艺。

1.0.6 沥青路面设计除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 城市道路高质量沥青路面 high quality asphalt pavement for urban roads

城市道路高质量沥青路面，是指沥青路面主体结构寿命原则上不低于 50 年（50 年内不需要进行大修），沥青面层寿命不低于 10 年~15 年（10 年~15 年内仅需要进行预防性养护和小范围病害维修），积极选用固废再利用技术及绿色低碳工艺，全寿命周期费用成本效益突出的城市沥青路面。

2.0.2 低碳固废水泥 low carbon emission and solid waste utilization cement

以工业固体废弃物（钢渣、粒化高炉矿渣、粉煤灰等）为主要原料，无需外加或者配以少量水泥或其他激发物质作为激发剂，共同混合形成的水泥，该水泥的生产过程中产生的碳排放不超过 280kg/t。

2.0.3 低碳固废高性能水泥稳定材料 low carbon emission and solid waste utilization cement stabilized material

以低碳固废水泥为结合料，通过加水与被稳定材料共同拌和形成的混合料，包括低碳固废高性能水泥稳定碎石、低碳固废高性能水泥稳定砾石、低碳固废高性能水泥稳定石屑、低碳固废高性能水泥稳定土、低碳固废高性能水泥稳定砂等。

2.0.4 贫混凝土 plain concrete

水泥用量较低、混凝土等级较低的混凝土材料。

2.0.5 高模量抗疲劳沥青混凝土 high modulus anti-fatigue asphalt concrete

通过直投改性或硬质沥青，获得动态模量不小于 4000MPa（45℃±0.5℃，加载频率 10Hz±0.1Hz）且，疲劳寿命不小于 10⁶次（15℃±0.5℃，加载频率 10Hz±0.1Hz，应变控制 230με），动稳定度不低于 4500 次/mm 为技术特征的高性能沥青混合料。

2.0.6 再生集料 recycled aggregate

将以建筑垃圾中的废砖瓦、废弃砂浆、废混凝土块、废石块为主要成分的，利用机械设备破碎处理后，分离出金属、塑料、木材等杂物，获取的粒料材料。

2.0.7 无机结合料稳定再生集料 inorganic binder stabilized regenerative aggregate

在再生级配集料中，掺入适量的一种或几种无机结合料和水，经拌和均匀得到的混合料，当其经压实及养生后的抗压强度符合规定的要求时，称其为无机结合料稳定再生集料。

2.0.8 多功能超薄磨耗层 multifunctional ultra-thin friction course

厚度在 15mm~25mm（一般取 20mm），采用聚合物改性/复合改性沥青，基于马歇尔设计方法进行混合料设计、利用高精度摊铺机施工的热拌热铺开级配或间断级配沥青混合料。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 城市道路沥青路面的面层、基层与功能层等各结构层应符合下列规定：

1 面层应具有足够的结构强度、稳定性和平整、抗滑、耐磨与低噪声等表面特性；

2 基层应具有足够的强度和扩散应力的能力；

3 垫层（功能）材料应具有一定的强度和良好的水稳定性。

3.1.2 根据城市沥青路面损坏的极限状态，沥青路面设计应控制沥青混合料面层剪切破坏、沥青混合料层疲劳开裂损坏、无机结合料稳定层疲劳开裂损坏、沥青混合料层永久变形量、路基顶面竖向压应变，以及季节性冻土地区的路面低温开裂。

3.1.3 城市道路沥青路面设计应符合下列规定：

1 根据道路的工程地质条件、路基土特性、路基水文及气候环境状况，考虑强度、刚度、稳定性和耐久性因素，进行路基路面整体结构综合设计；

2 因地制宜、合理选材、降低能耗，充分利用再生材料；

3 应便于施工，利于养护并减少对周边环境及生态的影响；

4 交叉口进口道和公交车停靠站路段应进行专门设计；

5 应具有行车安全、舒适和与环境、生态及社会协调的综合效益；

6 加强城市道路易涝点排水系统设计，应采取工程性和非工程性措施加强城镇应对超过内涝防治设计重现期降雨的韧性。

3.2 设计标准

3.2.1 新建沥青路面结构设计使用年限不应低于表 3.2.1 的规定，应根据城市道路等级、经济、交通荷载等级等因素综合确定。改建路面结构设计可根据工程实际情况选取适宜的设计使用年限。

表 3.2.1 路面结构设计使用年限（年）

道路等级	结构层位	设计使用年限
快速路	面层	15
	基层，底基层	50
主干路	面层	15
	基层，底基层	50
次干路	面层	15
	基层，底基层	50
支路	面层	10
	基层，底基层	50

3.2.2 高质量沥青路面结构的目标可靠度和可靠度指标不应低于表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2 高质量沥青路面结构的可靠度指标

道路等级	快速路	主干路	次干路、支路
目标可靠度（%）	95	90	85
目标可靠度指标 β	1.65	1.28	1.04
变异水平等级	低	低	中

3.2.3 路面设计采用轴重为 100kN 的单轴-双轮组轴载作为设计轴载，计算参数按表 3.2.3 确定。应根据路面结构设计使用年限，

按《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2017 附录 A 确定当量设计轴载累计作用次数。

表 3.2.3 设计轴载的参考

设计轴承 (kN)	轮胎接地压强 (MPa)	单轮接地当量圆直径 (mm)	两轮中心距 (mm)
100	0.70	213.0	319.5

3.2.4 道路沥青路面结构承受的交通荷载应按表 3.2.4 进行分级。

表 3.2.4 设计交通荷载等级

设计交通荷载等级	极重	特重	重	中等	轻
设计使用年限内设计车道累计大型客车和货车交通量 ($\times 10^4$, 辆)	≥ 50.0	50.0~19.0	19.0~8.0	8.0~4.0	< 4.0

3.2.5 道路沥青路面使用性能设计指标应满足下列要求：

- 1 基于弹性层状体系计算得到的沥青面层剪应力最大值，应小于本标准附录 A.1 确定的沥青面层的容许抗剪强度值；
- 2 按本标准附录 A.2 和附录 A.3 计算的沥青混合料层和无机结合料稳定层的疲劳开裂寿命，均不应小于按 JTG D50 规范附录 A 确定的设计使用年限内当量设计轴载累计作用次数；
- 3 按本标准附录 A.4 计算的沥青混合料层永久变形量不应大于表 3.2.5-1 所列容许永久变形量；

表 3.2.5-1 沥青混合料层容许永久变形量 (mm)

基层类型	沥青混合料层容许永久变形量	
	快速路、主干道	次干道、支路
无机结合料稳定类基层、水泥混凝土基层、无机结合料再生类基层、有机结合料再生类基层，底基层为无机结合料稳定类的沥青混合料基层、无机结合料再生类底基层	15	20

续表 3.2.5-1

基层类型	沥青混合料层容许永久变形量	
	快速路、主干道	次干道、支路
其他基层	10	15

4 路基顶面竖向压应变不应大于本标准附录 A.5 计算的容许值；

5 按本标准附录 A.6 计算的季节性冻土地区沥青面层低温开裂指数不宜大于表 3.2.5-2 所列数值。

表 3.2.5-2 低温开裂指数要求

公路等级	快速路、主干道	次干道、支路
低温开裂指数 CI ，不大于	3	5

注：1 低温开裂指数 CI —竣工验收时 100m 调查单元内横向裂缝条数，贯穿全幅的裂缝按 1 条计，未贯穿且长度超过一个车道宽度的裂缝按 0.5 条计，不超过一个车道宽度的裂缝不计入；

2 路基路面横断面型式突变位置处的横向裂缝不予计入。

3.2.6 路面抗滑性能应符合下列规定：

快速路、主干路沥青路面在质量验收时抗滑性能指标应符合表 3.2.6 的规定，次干路、支路、非机动车道、人行道及步行街可按表 3.2.6 执行。

表 3.2.6 抗滑技术要求

年平均降雨量 (mm)	交工检测指标值	
	横向力系数 SFC_{60a}	构造深度 TD^b (mm)
500~1000	≥ 54	≥ 0.55
250~500	≥ 50	≥ 0.50

注：1 向力系数 SFC_{60} —用横向力系数车，在 60km/h \pm 1km/h 车速下测定；

2 造深度 TD —用铺砂法测定。

4 结构组合设计

4.1 一般规定

4.1.1 在主体结构设计使用年限内，无结构性破坏，表面层使用年限内，仅需要预防性养护和局部病害修补。

4.1.2 路面结构类型可按基层材料性质分为无机结合料稳定类基层沥青路面、粒料类基层沥青路面、沥青结合料类基层沥青路面、水泥混凝土基层沥青路面和无机结合料稳定再生集料基层沥青路面五类。根据交通荷载等级和路基状况等因素，结合路面材料特性和结构特性，选择路面结构类型。

4.1.3 路面结构可由面层、基层、底基层和必要的功能层组合而成。城市道路高质量沥青路面结构应符合下列规定：

- 1 双层式沥青面层结构分为表面层、下面层；
- 2 三层式沥青面层结构分为表面层、中面层、下面层；
- 3 单层式面层应加铺封层，宜采用多功能超薄抗滑磨耗层、微表处、稀浆封层作为抗滑磨耗层。

4.1.4 基层应具有足够的承载能力，抗疲劳开裂性能，足够的耐久性和水稳定性。沥青结合料和粒料类基层尚应具有足够的抗永久变形能力。

4.1.5 道路面层应具有平整、抗车辙、抗疲劳开裂、抗低温开裂、抗水损坏和良好的耐久性，表面层混合料应具有突出的抗滑性和耐磨损性，密级配沥青混合料表面层应具有低透水性能。

4.1.6 沥青结合料类材料层间应设黏层，沥青结合料类材料与其他材料层间应设封层，宜设透层。

4.1.7 应采取路面结构防水、排水措施，阻止降水渗入路面结构层。

4.2 路面结构组合

4.2.1 路面结构组合应根据交通荷载等级和路基状况等因素，结合路面材料特性和结构特性，选择路面的结构形式。

4.2.2 面层的混合料类型应与交通荷载等级以及使用要求相适应，路面结构的选用宜符合下列规定：

1 无机结合料稳定类材料基层沥青路面适用于各种交通荷载等级；

2 粒料类基层沥青路面适用于重及以下交通荷载等级；

3 沥青结合料类稳定材料基层沥青路面适用于各种交通荷载等级；

4 水泥混凝土基层沥青路面适用于重及以上交通荷载等级；

5 再生料材料作为基层材料应用时，应根据交通等级选择适宜的再生材料类型。

4.2.3 路基湿度状态为中湿或潮湿时，应采用粒料类底基层或设置粒料类路基改善层。

4.2.4 降雨频繁地区，无机结合料稳定类基层和水泥混凝土基层沥青路面应采取措施控制唧泥、脱空等水损坏。

4.2.5 当采用无机结合料稳定类基层时，可采取下列一种或多种措施减少基层收缩开裂和路面反射裂缝：

1 选用抗裂性能好的无机结合料稳定类基层；

2 增加沥青混合料层厚度，或在无机结合料稳定类基层上设置沥青碎石层或级配碎石层；

3 在无机结合料稳定类基层上设置改性沥青应力吸收层或敷设土工合成材料。

4.2.6 选定结构组合后，可根据交通荷载等级参考附录 B 的 B.1 节初选各结构层厚度。

4.2.7 对抗滑、排水或降噪有特殊要求的表面层可采用多功能超薄磨耗层、开级配沥青混合料，表面层下应设置防水层，防水层可采用乳化沥青或改性沥青等。

4.2.8 连续级配沥青混合料和沥青玛蹄脂碎石混合料的结构层厚度不宜小于集料公称最大粒径的 2.5 倍。多功能磨耗层沥青混合料的结构层厚度不应小于集料公称最大粒径的 1.5 倍。

4.3 路 基

4.3.1 路基应稳定、密实、均质，具有足够的承载能力。

4.3.2 多雨地区土质路堑和强风化岩石路段，填挖交界处与路堑段应铺筑土工格栅，加强排水设计，改善路基水文状况。

4.3.3 路基材料选取应因地制宜，安全、环保地利用工业废料。

4.3.4 岩石或填石路基顶面应设置整平层，厚度宜为100mm~200mm。

4.3.5 新建城市道路路床应处于干燥或中湿状态，并应采取措施防止地表水或地下水侵入。

4.3.6 对特殊地质、水文条件的路基，应结合当地经验按有关设计规范设计。

4.3.7 采用再生材料作为路基填筑材料时，应满足以下条件：

1 再生材料用于填筑路堤、路床时，填料最小承载比（加州承载比）应符合《公路路基设计规范》JTG D30 的有关规定；

2 再生材料公路路基回弹模量设计值应符合《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2017 和《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40-2011 的有关规定；

3 再生集料填筑路堤时，宜设置路基下封层，下封层的材料可采用黏土、无机结合料稳定土或土工布封层；黏土、无机结合料稳定土下封层厚度宜为 30cm~50cm，封层上第一层再生材料应采用全宽摊铺；边坡坡面当采用植草防护或骨架植物综合防护时，表面宜覆盖 40cm 厚度的种植土。

4.4 基层和底基层

4.4.1 基层和底基层应具有足够的承载能力、抗疲劳开裂性能、足够的耐久性和水稳定性。沥青结合料类和粒料类基层尚应具有足够的抗永久变形能力。

4.4.2 沥青道路基层和底基层材料类型可参照表 4.4.2 选用。

表 4.4.2 基层和底基层材料的适用交通荷载等级和适合结构层位

类型	材料类型	适用交通荷载等级和层位
无机结合料稳定类	水泥稳定级配碎石或砾石、 水泥粉煤灰稳定级配碎石或砾石、 石灰粉煤灰稳定级配碎石或砾石	各交通荷载等级的基层和底基层
	水泥稳定未筛分碎石或砾石、 石灰粉煤灰稳定未筛分碎石或砾石、 石灰稳定未筛分碎石或砾石	轻交通荷载等级的基层、 各交通荷载等级的底基层
	水泥稳定土、石灰稳定土、 石灰粉煤灰稳定土	轻交通荷载等级的基层、 各交通荷载等级的底基层
沥青结合料类	密级配沥青碎石、 半开级配沥青碎石、 开级配沥青碎石	极重、特重和重交通荷载等级的 基层
水泥混凝土	水泥混凝土或贫混凝土	极重、特重交通荷载等级的基层
粒料类	级配碎石	中等和轻交通荷载等级的基层、 各交通荷载等级的底基层
	级配砾石、未筛分碎石、天然砂砾、填 隙碎石	轻交通荷载等级的基层、 各交通荷载等级的底基层

4.4.3 不同材料的最小基层与底基层厚度可按表 4.4.3 选用。

表 4.4.3 各类基层最小厚度 (mm)

材料种类	集料公称最大粒径	最小厚度
密级配沥青混合料 半开级配沥青混合料 开级配沥青混合料	19.0	50
	26.5	80
	31.5	100
	37.5	120
沥青贯入碎石	—	40
贫混凝土	31.5	120
无机结合料稳定类	19.0、26.5、31.5、37.5	150
	53.0	180
级配碎石、级配砾石 未筛分碎石、天然砂砾	26.5、31.5、37.5	100
级配碎石、级配砾石 未筛分碎石、天然砂砾	53.0	120
填隙碎石	37.5	75
填隙碎石	53.0	100
	63.0	120

4.4.4 高性能水泥稳定类基层宜采用矿渣硫酸铝盐水泥和低碳固废水泥，以提高抗压强度和抗弯强度。

4.4.5 低剂量水泥稳定冷再生混合料中可掺加废旧沥青混合料，作为半刚性基层与沥青面层的中间过渡层减少干缩裂缝。其配合比设计可采用 2%水泥剂量，不超过 40%沥青路面回收料掺量的配合比设计，掺量的水泥冷再生混合料的 7d 无侧限抗压强度可达到规范中 3MPa~5MPa 的要求。

4.4.6 无机结合料稳定层与沥青结合料类材料层间可设置级配碎石、半开级配或开级配沥青碎石层。

4.4.7 沥青路面的水泥混凝土基层应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40-2017的有关规定。

4.4.8 为减少半刚性基层反射裂缝，可在半刚性基层上设置泡沫沥青冷再生柔性基层。

4.4.9 沥青路面的水泥混凝土基层应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40-2017的有关规定。

4.5 面 层

4.5.1 城市道路沥青面层应具有平整、抗车辙、抗疲劳开裂、抗低温开裂和水损坏等性能，表面层混合料应还保证良好的抗滑和耐磨损性能，密级配沥青混合料表面层应具有低透水性能。

4.5.2 面层材料类型宜按表 4.5.2 选用。

表 4.5.2 面层材料的交通荷载等级和层位

材料类型	适用交通荷载等级和层位
高模量抗疲劳沥青混凝土	各交通荷载等级的表面层、中面层和下面层
连续级配改性沥青混合料	各交通荷载等级的表面层、中面层和下面层
沥青玛蹄脂碎石混合料	重以上交通荷载等级的表面层、对抗滑有特殊要求的表面层
连续级配普通沥青混凝土	重以上交通荷载等级的下面层，中等、轻交通荷载等级的表面层、中面层和下面层
厂拌热再生沥青混合料	特重、重交通荷载等级的中面层和下面层，中等、轻交通荷载等级的表面层、中面层和下面层
上拌下贯沥青碎石	中等、轻交通荷载等级的面层
沥青表面处治	中等、轻交通荷载等级的表面层
多功能超薄磨耗层	各交通荷载等级的表面磨耗层

4.5.3 对抗滑、排水或降噪有特殊要求的表面层可采用多功能超

薄磨耗层、开级配沥青混合料、表面层下应设置防水层，防水层可采用乳化沥青或改性沥青等。

4.5.4 沥青贯入碎石层的厚度宜为 40mm~80mm，乳化沥青贯入式路面的厚度不宜超 50mm。上拌下贯式路面的拌和层厚度不宜小于 25mm。

4.5.5 不同粒径沥青混合料的层厚应符合表 4.5.5 的规定。

表 4.5.5 不同粒径沥青混合料层厚 (mm)

沥青混合料类型	以下集料公称最大粒径沥青混合料的层厚不小于					
	4.75	9.5	13.2	16.0	19.0	26.5
连续级配沥青混合料	15	25	35	40	50	75
沥青玛蹄脂碎石	—	30	40	50	60	—
开级配沥青混合料	—	20	25	30	—	—
多功能超薄磨耗层	—	16	25	—	—	—

4.5.6 沥青表面处治可分为单层、双层和三层。单层表面处治厚度宜为 10mm~15mm，双层表面处治厚度宜为 15mm~25mm，三层表面处治厚度宜为 25mm~30mm。

4.6 再生类材料

4.6.1 无机结合料稳定再生集料适用于各交通等级道路路面的底基层，适用于重、中交通和轻交通道路路面的基层，不宜用于透水型面层材料的基层。

4.6.2 再生级配集料可以直接用于轻交通道路的底基层、透水型人行道的基层以及路床处理。

4.6.3 无机结合料稳定再生集料用作道路的上基层时，其上应设

透层和封层。

4.6.4 采用厂拌热再生方式时，再生厚度及路面结构组合符合《路面沥青路面设计规范》JTG D50 中对应级配类型沥青混合料的有关规定。

4.6.5 采用厂拌冷再生、就地冷再生、全深式冷再生方式时，可按照表 4.6.5 初步拟定路面结构厚度，并应根据本标准中第 6 章的有关规定进行分析设计。

表 4.6.5 沥青路面冷再生结构组合与厚度 (mm)

交通荷载等级	沥青面层		冷再生层厚度	下承层
	推荐厚度	最小厚度		
特重、极重	120~220	60	≥120	下承层结构强度应满足路面基层或底基层设计要求
重	120~180	50	≥100	
中	60~120	50	≥80 (≥160)	下承层结构强度应满足路面基层或底基层设计要求
轻	≥30 或采用多功能抗滑薄层、微表处、稀浆封层、碎石封层		≥80 (≥160)	

注：1 表中冷再生厚度中，括号内数字是无机结合料冷再生材料层的厚度，其他为沥青冷再生材料层的厚度；

2 下承层结构强度不满足要求的可采用水泥或石灰冷再生进行处治，处治厚度宜为 140mm~200mm；

3 对于重及以上交通荷载等级的公路，沥青面层宜采用有关技术措施提高抗车辙能力。

4.6.6 冷再生厚度设计时应考虑可压实性能，应符合下列规定：

1 单层压实厚度通常不超过 200mm，单层冷再生混合料压实厚度大于 200mm 时，应检验并论证其压实效果是否满足要求；

2 用乳化沥青或泡沫沥青时，厂拌冷再生、就地冷再生的单层冷再生厚度不宜小于 80mm，全深式冷再生的单层冷再生混

合料压实厚度不宜小于 100mm；

3 单独采用无机结合料的冷再生方式时，单层冷再生混合料压实厚度不宜小于 160mm。

表 4.6.6 再生类材料适用的交通荷载等级和层位

类型	材料类型	适用交通荷载等级和层位
再生集料类	水泥稳定再生集料	重及重以下各交通荷载等级的基层，各交通荷载等级的底基层
	石灰粉煤灰稳定再生集料	重及重以下各交通荷载等级的基层，各交通荷载等级的底基层
	水泥粉煤灰稳定再生集料	重及重以下各交通荷载等级的基层，各交通荷载等级的底基层
沥青路面再生类	厂拌热再生	各交通荷载等级的表面层、中面层、下面层和基层
	就地热再生	各交通荷载等级的表面层、中面层、下面层
	泡沫沥青及乳化沥青冷再生	各交通荷载等级的中面层、下面层和基层
	就地冷再生	极重和特重的下面层、基层，重交通荷载以下交通荷载等级的中面层、下面层和基层
	全深式冷再生	各交通荷载等级的中面层、下面层、基层和底基层

4.6.7 无机结合料稳定再生集料适用于各交通等级道路路面的底基层，适用于重、中交通和轻交通道路路面的基层，不宜用于透水型面层材料的基层；无机结合料稳定再生集料用作道路的上基层时，其上应设透层和下封层；无机结合料稳定再生集料厚度及路面结构组合符合《路面沥青路面设计规范》JTG D50-2017 中对应级配类型无机结合料稳定材料有关规定。

4.6.8 采用固定式或移动式处理工艺将的渣土进行分离，并设置预筛分除土和二级除土两道除土环节，获得的粒径范围 5mm~10mm 的部分（渣土）属于粗粒土，当塑性指数为 5~15 时，可采用水泥进行稳定基层，水泥稳定渣土的水泥用量一般为 6%，

水泥掺量不得低于 5%。可作为道路底基层材料。

4.7 功能层

4.7.1 半刚性基层与面层间宜设置橡胶沥青应力吸收中间层，可使用同步碎石封层车进行一体化施工。

4.7.2 多功能抗滑薄层应设置 SBS 改性乳化沥青防水粘结层，SBS 改性乳化沥青材料技术要求应符合表 4.7.2 的规定，撒布量为不小于 $0.7\text{kg}/\text{m}^2$ 。

表 4.7.2 改性乳化沥青防水粘层性能指标

指标	单位	要求	测试方法
赛波特粘度试验, 25℃	s	20~60	T 0623
储藏稳定性试验, 24h	%	≤1.0	T 0656
筛上剩余量试验, 1.18mm, 25℃	%	≤0.05	T 0652
蒸馏固含量试验	%	≤65.0	ASTM D244
破乳速度	35ml, 0.8%, 气溶 胶 OT	≤70	ASTM D244
蒸馏残留物性能试验			
针入度, 25℃, 100g, 5s, 0.1mm	0.1mm	60~150	T 0604
软化点 (环球法)	℃	≥60	T 0606
溶解度, 三氯乙烯	%	≥98.0	T 0607
弹性恢复, 10℃	%	≥75	AASHTO T301

4.7.3 季节性冻土地区路面厚度不满足防冻要求时，应增设防冻层。防冻层宜采用粗砂、砂砾和碎石等粒料类材料。

4.7.4 地下水位高、排水不良的路段，有裂隙水、泉眼等水文条

件不良岩石挖方路段，基层和底基层为非粒料类材料时，可在基层或底基层与路床间设置粒料层。粒料层应与路基边缘或与边沟、盲沟相连接，厚度不宜小于 150mm。

4.7.5 无机结合料稳定类或冷再生类材料结构层与沥青结合料类结构层之间宜设置封层，采用单层沥青表面处治或稀浆封层等。当设置改性沥青应力吸收层时，可不再设封层。

4.7.6 极重、特重和重交通荷载等级路面的黏层宜采用改性乳化沥青、道路石油沥青或改性沥青；中等和轻交通荷载等级路面的黏层可选用乳化沥青；水泥混凝土板和沥青面层之间的黏层宜采用改性沥青。

4.7.7 单层表面处治封层的结合料可采用改性沥青、道路石油沥青或乳化沥青。

4.7.8 粒料类基层和无机结合料稳定类基层顶面宜设置透层，透层沥青应具有良好的渗透性，可采用稀释沥青和乳化沥青等。

4.8 路 肩

4.8.1 路肩结构组合和材料选用应与行车道路面相协调，不应影响路面结构中水的排出。

4.8.2 极重、特重和重交通荷载等级城市道路及冻土地区，硬路肩基层、底基层材料和厚度应与行车道路面相同。

4.8.3 次干路和支路硬路肩可采用沥青结合料类材料或粒料。

5 材料性质要求和设计参数

5.1 一般规定

5.1.1 路面材料应根据道路等级、交通荷载等级、气候条件、各结构层功能要求和当地材料特性等，在技术经济论证基础上进行设计并确定材料设计参数。

5.1.2 各结构层的原材料性质要求和混合料组成与性质要求，应符合《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 和《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20-2015 的有关规定，并结合工程特点和当地经验确定。

5.1.3 路面结构层材料设计参数的确定可分为下列三个水平：

- 1 水平一，采用实际工程材料通过室内试验实测确定；
- 2 水平二，利用已有经验关系式确定；
- 3 水平三，参照典型数值确定。

5.1.4 城市快速路、主干路的施工图设计阶段宜采用水平一，次干路设计阶段可采用水平二或水平三；支路可采用水平三。

5.2 路 基

5.2.1 路基顶面回弹模量的确定应符合《公路路基设计规范》JTG D30-2015 的有关规定。

5.2.2 路基顶面回弹模量应符合表 5.2.2 的规定。不满足要求时，应采取改变填料、设置粒料类或无机结合料稳定类路基改善层，或采用石灰或水泥处理等措施提高路基顶面回弹模量。

表 5.2.2 路基顶面回弹模量 (MPa)

交通荷载等级	极重	特重	重	中等、轻
回弹模量, 不小于	70	60	50	40

5.3 粒料类材料

5.3.1 基层、底基层级配碎石的加州承载比值应符合表 5.3.1 的有关规定。

表 5.3.1 级配碎石加州承载比值

结构层	城市道路分类	极重、特重交通	重交通	中等、轻交通
基层	快速路、主干路	≥ 200	≥ 180	≥ 160
	次干路、支路	≥ 160	≥ 140	≥ 120
底基层	快速路、主干路	≥ 120	≥ 100	≥ 80
	次干路、支路	≥ 100	≥ 80	≥ 60

5.3.2 城市道路中快速路和主干路基层粒料公称最大粒径不宜大于 26.5mm；底基层采用级配碎石或级配砂砾时，公称最大粒径不宜大于 31.5mm；底基层采用天然砂砾时，公称最大粒径不宜大于 53.0mm。次干路和支路的基层、底基层粒料公称最大粒径不宜大于 53.0mm。

5.3.3 填隙碎石公称最大粒径宜为层厚的 1/2~2/3。填隙碎石用于基层时，骨料公称最大粒径不应超过 53.0mm；用于底基层时，骨料公称最大粒径不应超过 63.0mm。

5.3.4 防冻层所用砂砾、碎石材料的最大粒径不应超过 53.0mm。

5.3.5 级配碎石和级配砂砾中通过 0.075mm 筛孔的颗粒含量不宜大于 5%，不满足要求时，可用天然砂代替部分细集料。

5.3.6 粒料层的回弹模量在结构验算时应采用粒料回弹模量乘以湿度调整系数后得到，湿度调整系数可在 1.6~2.0 范围内选取。粒料回弹模量应取用最佳含水率和与压实度要求相应的干密度条件下的实验值。压实度要求应符合《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20-2015 的有关规定。

5.3.7 最佳含水率和与压实度要求相应的干密度条件下的粒料回弹模量应按本标准第 5.3.7 条规定，依据相应的水平确定：

1 水平一，按《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2017 附录 D 重复加载三轴压缩试验测定，取回弹模量试验结果的均值；

2 水平三，按粒料类型和层位参照表 5.3.7 确定粒料回弹模量取值。

表 5.3.7 粒料回弹模量取值范围 (MPa)

粒料类型和层位	最佳含水率与压实度要求相应的干密度条件下	经湿度调整后
级配碎石基层	200~400	300~700
级配碎石底基层	180~250	190~440
级配砾石基层	150~300	250~600
级配砾石底基层	150~220	160~380
未筛分碎石层	180~220	200~400
天然砂砾层	105~135	130~240

注：材料性能好，级配好或压实度大时取最高值，反之取低值。

5.4 无机结合料类材料

5.4.1 无机结合料稳定类材料用于主干路、快速路基层时，公称最大粒径不宜大于 31.5mm；用于主干路、快速路底基层或次主

干、支路及其以下道路基层时，公称最大粒径不宜大于 37.5mm；用于次主干、支路及其以下道路底基层时，公称最大粒径不宜大于 53.0mm。

5.4.2 水泥稳定类材料和水泥稳定再生集料水泥剂量宜为 3%~6%。

5.4.3 贫混凝土集料公称最大粒径不宜大于 31.5mm，水泥用量不得少于 170kg/m³，28d 弯拉强度标准值宜控制在 2.0~2.5MPa 范围内。

5.4.4 无机结合料稳定类材料 7d 无侧限抗压强度代表值应符合表 5.4.4 的要求。

表 5.4.4 无机结合料稳定类材料 7d 无侧限抗压强度标准值（代表值）
(MPa)

材料	结构层	道路等级	极重、特重交通	重交通	中等、轻交通
水泥稳定类	基层	快速路、主干路	5.0~7.0	4.0~6.0	3.0~5.0
		次干路、支路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0
	底基层	快速路、主干路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0
		次干路、支路	2.5~4.5	2.5~4.0	2.0~3.0
水泥粉煤灰稳定类	基层	快速路、主干路	4.0~5.0	3.5~4.5	3.0~4.0
		次干路、支路	3.5~4.5	3.0~4.0	2.5~3.5
	底基层	快速路、主干路	2.5~3.5	2.0~3.0	1.5~2.5
		次干路、支路	2.0~3.0	1.5~2.5	1.0~2.0
石灰粉煤灰稳定类	基层	快速路、主干路	≥1.1	≥1.0	≥0.9
		次干路、支路	≥0.9	≥0.8	≥0.7
	底基层	快速路、主干路	≥0.8	≥0.7	≥0.6

续表 5.4.4

材料	结构层	道路等级	极重、特重交通	重交通	中等、轻交通
石灰粉煤灰稳定类	底基层	次干路、支路	≥ 0.7	≥ 0.6	≥ 0.5
石灰稳定类	基层	次干路、支路	—	—	$\geq 0.8^a$
	底基层	快速路、主干路	—	—	≥ 0.8
		次干路、支路	—	—	$0.5 \sim 0.7^b$

注：1 在低塑性土（塑性指数小于 7）地区，石灰稳定砂砾和碎石的 7d 龄期无侧限抗压强度应大于 0.5MPa（100g 平衡锥测液限）；

2 低限用于塑性指数小于 7 的黏土，高限用于塑性指数大于或等于 7 的黏土。

5.4.5 低碳固废水泥技术要求，应符合表 5.4.5-1 要求的规定。

低碳固废水泥稳定碎石混合料的压实度、7d 龄期无侧限抗压强度代表值应符合表 5.4.5-2 规定范围的要求，且不宜超过高限。

表 5.4.5-1 低碳固废 42.5 水泥材料技术要求

项目	细度		凝结时间		安定性	抗折强度		抗压强度	
			初凝	终凝		3 d	28 d	3 d	28 d
单位	%	m ² /kg	h	h	—	MPa	MPa	MPa	MPa
质量要求	≤ 10	≥ 300	≥ 4	≥ 6	合格	≥ 5	≥ 10	≥ 30	≥ 60
试验方法	T 0502	T 0504	T 0505			T 0506			

表 5.4.5-2 低碳固废水泥稳定碎石材料的压实度及 7d 无侧限抗压强度

层位	极重、特重交通		重交通		中、轻交通	
	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)
基层	≥ 98	4.0~5.0	≥ 98	3.5~4.5	≥ 97	≥ 3.0
底基层	≥ 97	>3.0	≥ 97	>2.5	≥ 96	>2.0

5.4.6 无机结合料稳定类材料弯拉强度和弹性模量应按本标准第 5.1.4 条规定，依据相应的水平确定：

1 水平一，按《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2017 附录 E，采用中间段法单轴压缩试验测定。弯拉强度和弹性模量的测定应符合《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 中 T 0851 的有关规定。测试时水泥稳定类、水泥粉煤灰稳定类材料试件的龄期应为 90d，石灰稳定类、石灰粉煤灰稳定类材料试件的龄期应为 180d。弯拉强度和弹性模量应取用测试数据的平均值。

2 水平三，参照表 5.4.6 确定弯拉强度和弹性模量。

表 5.4.6 无机结合料稳定材料的弯拉强度和弹性模量取值范围 (MPa)

材料	弯拉强度	弹性模量
水泥稳定粒料、水泥粉煤灰稳定粒料、石灰粉煤灰稳定粒料。	1.5~2.0	18000~28000
	0.9~1.5	14000~20000
水泥稳定土、水泥粉煤灰稳定土、石灰粉煤灰稳定土。	0.6~1.0	5000~7000
低碳固废水泥稳定类（高强、抗疲劳）	2.0~2.5	18000~28000
低碳固废水泥稳定类（低剂量水泥含量，推荐范围 3%-5%）。	1.5~2.0	18000~28000
石灰土	0.3~0.7	3000~5000

注：结合料用量高、材料性能好、级配好或压实度大时取高值，反之取低值。

5.4.7 结构验算时，无机结合料稳定类材料弹性模量应乘以结构层调整系数 0.5。

5.4.8 冻土地区城市快速路和主干路的石灰粉煤灰稳定类基层，应按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 中 T 0858 的有关规定进行材料抗冻性能检验，其残留抗压强度比应

符合表 5.4.8 的要求。

表 5.4.8 石灰粉煤灰稳定材料抗冻性能技术要求

气候区	重冻区	中冻区
残留抗压强度比 (%)	≥70	≥65

5.5 沥青结合料类材料

5.5.1 表面层沥青混合料公称最大粒径不宜大于 16.0mm，中面层和下面层沥青混合料公称最大粒径不宜小于 16.0mm，基层沥青碎石公称最大粒径不宜小于 26.5mm。

5.5.2 季节性冻土地区快速路和主干路表面层沥青低温性能宜满足下列指标要求：

1 分析连续 10 年年最低气温平均值，作为路面低温设计温度。路面低温设计温度提高 10℃的试验条件下，弯曲梁流变试验蠕变劲度、不宜大于 300MPa，且蠕变曲线斜率不宜大于 0.30；

2 当蠕变劲度在 300MPa~600MPa 范围内，且蠕变曲线斜率大于 0.30 时，增加沥青直接拉伸试验，断裂应变不宜小于 1%；

3 以上都不满足时，采用弯曲梁流变试验和直接拉伸试验确定临界开裂温度，临界开裂温度不宜高于路面低温设计温度。

5.5.3 快速路、主干路、次干路公称最大粒径不大于 19.0mm 的沥青混合料，宜在温度为-10℃、加载速率 50mm/min 条件下进行小梁弯曲试验。沥青混合料的破坏应变宜符合表 5.5.3 的规定。

表 5.5.3 沥青混合料低温弯曲试验破坏应变技术要求

气候条件与技术标准	相应于下列气候分区所要求的破坏应变 ($\mu\epsilon$)		试验方法
沥青路面气候分区	2-2	1-3	
普通沥青混合料, 不小于	2300	2000	T 0715
改性沥青混合料, 不小于	2800	2500	

注: 气候分区的确定应符合《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 的有关规定。

5.5.4 快速路和主干路的沥青混合料应在规定条件下进行车辙试验, 并应符合表 5.5.4 的要求。次干路和支路可参照执行。

表 5.5.4 沥青混合料车辙试验动稳定度技术要求

沥青路面气候分区	路段位置	结构位置	动稳定度要求 (次/mm) 不小于				试验方法
			极重	特重	重	中轻	
1-3	交叉口、公交专用道、公交车站	0mm-100mm	8000	7000	5500	3500	T 0719
		100mm 以下	4000	3000	1500	1200	
	一般路段	0mm-100mm	7000	5500	3500	1500	
		100mm 以下	3000	1500	1200	1000	
2-2	交叉口、公交专用道、公交车站	0mm-100mm	7000	6000	4500	3000	T 0719
		100mm 以下	3000	2000	1500	1000	
	一般路段	0mm-100mm	6000	4500	3000	1000	
		100mm 以下	2000	1500	1000	800	

- 注: 1 气候分区的确定应符合《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 的有关规定;
- 2 当其他月份的平均最高气温高于七月时, 可使用该月平均最高气温;
- 3 在特殊情况下, 对钢桥面铺装、重载车特别多或纵坡较大的长距离上坡路段、港区厂矿专用道路, 可酌情提高动稳定度要求;
- 4 对炎热地区或特重及以上交通荷载等级城市道路, 可根据气候条件和交通状况适当提高试验温度或增加试验荷载。

5.5.5 在规定试验条件下进行浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验检验沥青混合料的水稳定性，符合表 5.5.5 中的两项指标要求。达不到要求时必须采取抗剥落措施，调整最佳沥青用量后再次试验。

表 5.5.5 沥青混合料水稳定性检验技术要求

气候条件与技术指标		相应于下列气候分区的技术要求 (%)			试验方法
年降雨量(mm)及气候分区		500~1000	250~500	<250	
		2.湿润区	3.半干区	4.干旱区	
浸水马歇尔试验残留稳定度(%) 不小于					
普通沥青混合料		80	75		T 0709
改性沥青混合料		85	80		
沥青玛蹄脂碎石混合料	普通沥青	75			
	改性沥青	80			
冻融劈裂试验的残留强度比(%) 不小于					
普通沥青混合料		75	70		T 0729
改性沥青混合料		80	75		
沥青玛蹄脂碎石混合料		80			

5.5.6 宜利用轮碾机成型的车辙试验试件，脱模架起进行渗水试验，并符合表 5.5.6 的要求。

表 5.5.6 沥青混合料试件渗水系数 (ml/min) 技术要求

级配类型	渗水系数要求 (ml/min)	试验方法
密级配沥青混凝土，不大于	100	T 0730
沥青玛蹄脂碎石混合料，不大于	60	

续表 5.5.6

级配类型	渗水系数要求 (ml/min)	试验方法
开级配沥青磨耗层混合料, 不小于	5000	T 0730

5.5.7 快速路和主干路的表面层、中面层、下面层及基层宜采用高模量沥青混凝土, 混合料的高模量化可通过普通石油沥青+直投改性、硬质石油沥青、复合改性等工艺实现。

5.5.8 高模量沥青混合料试件应按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20-2011 中相关规定的沥青混合料旋转压实试件制作方法制备; 空隙率按值不应大于 4%; 高模量沥青混合料级配宜符合附录 B 表 B.2.3 进行设计, 技术性能指标应符合表 5.5.8。

表 5.5.8 高模量沥青混合料性能指标

指标	单位	技术要求	试验方法
冻融劈裂前度比 TSR, 不小于	%	80	T 0729
动稳定度 (60℃, 0.7MPa), 不小于	次/mm	4500	T 0719
动态模量 (20℃±0.5℃, 10Hz±0.1Hz), 不小于	MPa	16000	T 0738
动态模量 (45℃±0.5℃, 10Hz±0.1Hz), 不小于	MPa	4000	T 0738
疲劳寿命 (15℃±0.5℃, 10Hz±0.1Hz, 230με), 不小于	次	10 ⁶	T 0739
低温弯曲 (-10℃±0.5℃), 不小于 ^注	με	2000	T 0715

注: 适用于在冬冷区、冬温区应用的沥青混合料。

5.5.9 高模量沥青混合料的矿料级配、最佳沥青用量、添加剂类型与用量应通过目标配合比设计、生产配合比设计及生产配合比验证三个阶段确定。目标配合比设计流程如附录 B 中图 B.2.3。

5.5.10 多功能超薄磨耗层可根据结构组合设计要求, 选择骨架

密实型和骨架空隙型结构，混合料配合比设计原材料、矿料级配以及混合料设计要求见附录 B.2.4。混合料目标配合比设计过程中所有试件成型均可采用马歇尔击实仪成型，混合料技术性能要求应符合附录 B 表 B.2.4-8~B.2.4-9 的要求，生产配比设计或生产配合比验证均可采用马歇尔击实仪成型。

5.5.11 城市道路新建、改建高质量沥青路面道路时，宜采用泡沫沥青温拌混合料修筑沥青结构层。在进行泡沫沥青温拌混合料配合比设计及路用性能试验前，应进行沥青发泡试验，确定最佳的发泡温度和发泡用水量。

5.5.12 沥青的最佳发泡温度和发泡用水量应按表 5.5.12 推荐的发泡条件，经过发泡试验后，根据泡沫沥青的技术指标综合确定。

表 5.5.12 推荐的沥青最佳发泡条件

沥青类型	发泡温度（℃）	发泡用水量（%）
道路石油沥青	140~160	1~1.5
SBS 改性沥青	160~180	
橡胶改性沥青	175~190	

注：发泡用水量是指水与沥青的质量百分比，单位为%。在满足泡沫沥青技术要求的情况下，发泡用水量越小越好。

5.5.13 泡沫温拌混合料使用泡沫沥青，应满足表 5.5.13 的要求。

表 5.5.13 泡沫沥青技术要求

项目	技术要求	
	普通沥青	改性沥青或橡胶改性沥青
膨胀率（倍）	≥7	≥4
半衰期（s）	≥8	≥10

5.5.14 普通沥青混合料、橡胶沥青混合料、沥青玛蹄脂碎石、

超薄沥青混合料以及再生沥青混合料等各种混合料均可采用泡沫沥青温拌技术生产。应采用马歇尔设计方法，变化击实成型温度额绘制体积指标与温度变化关系曲线，采用体积参数一致原则，确定适宜的击实成型温度，即在该温度条件下泡沫沥青温拌混合料的体积参数应最大限度的接近相同配合比的热拌沥青混合料的体积参数。混合料的各项技术指标均能达到规范中同类型热拌沥青混合料的技术要求，且具有明显的节能、降耗效果。

5.5.15 橡胶沥青混合料结合料以常温粉碎 20 目~40 目的斜交胎胶粉为改性剂、A 级 90 号或 70 号道路石油沥青作为基质沥青生产。密级配沥青混合料-13 断级配橡胶沥青混合料设计指标为： $VCA_{mix} \leq VCA_{DRC}$ ，设计空隙率（ VV ）4%~6%，矿料间隙率（ VMA ） $\geq 17\%$ ，沥青饱和度（ VFA ）70%~85%，马歇尔稳定度 $\geq 6.0kN$ ，流值 2mm~5mm。亦可考虑采用泡沫沥青温拌制备 AR 密级配沥青混合料-13 橡胶沥青混合料。

5.5.16 开级配沥青混合料表面层宜采用高黏沥青或橡胶沥青，并采用适量消石灰或水泥部分替代矿粉。

5.5.17 宜采用《公路沥青路面设计规范》JTG D50 附录 F 中单轴贯入试验方法测定沥青混合料贯入强度，普通沥青混合料贯入强度一般为 0.4MPa~0.7MPa（标号低的沥青选高值），改性沥青混合料贯入强度一般为 0.7MPa~1.2MPa（改性剂含量高的改性沥青混合料或者高模量抗疲劳沥青混凝土选高值）。

5.5.18 无机结合料稳定类基层沥青路面、底基层采用无机结合料稳定类材料的沥青结合料类基层沥青路面和水泥混凝土基层沥青路面的沥青混合料贯入强度，宜满足式（5.5.18-1）的要求。

$$R_{\tau s} \geq \left(\frac{0.31 \lg N_{e5} - 0.68}{\lg [R_a] - 13.11 \lg T_d - \lg \Psi_s + 0.250} \right)^{1.86} \quad (5.5.18-1)$$

- 式中： $[R_a]$ — 沥青混合料层容许永久变形量 (mm)；
 N_{e5} — 设计使用年限内或通车至首次针对车辙维修的期限内，月平均气温大于 0℃ 月份，设计车道当量涉及轴载累计作用次数；
 T_d — 设计气温 (℃)，为所在地区月平均气温大于 0℃ 的各月份气温平均值；
 Ψ_s — 路面结构系数，根据式 (5.5.18-2) 计算：

$$\Psi_s = (0.52 h_a^{-0.003} - 317.59 h_b^{-1.32}) E_b^{0.1} \quad (5.5.18-2)$$

- 式中： h_a — 沥青混合料层的厚度 (mm)；
 h_b — 无机结合料稳定层或水泥混凝土层的厚度 (mm)；
 E_b — 无机结合料稳定层或水泥混凝土层的模量 (MPa)；
 $R_{\tau s}$ — 各沥青混合料层的综合贯入强度，根据式

$$R_{\tau s} = \sum_{i=1}^n \omega_{is} R_{\tau i} \quad (5.5.18-3)$$

- 式中： $R_{\tau i}$ — 第 i 层沥青混合料的贯入强度 (MPa)
 n — 沥青混合料层的层数；
 ω_{is} — 第 i 层沥青混合料的权重，为第 i 层厚度中点

剪应力与各层厚度中点剪应力之和的比值。

5.5.19 粒料类基层沥青路面和底基层采用粒料的沥青结合料类基层沥青路面，沥青混合料贯入强度宜满足式（5.5.19-1）要求。

$$R_{\tau g} \geq \left(\frac{0.35 \lg N_{cs} - 1.16}{\lg [R_a] - 1.62 \lg T_d - \lg \Psi_g + 2.76} \right)^{1.38} \quad (5.5.19-1)$$

式中： Ψ_g — 路面结构系数，根据式（5.5.19-2）计算：

$$\Psi_g = 20.16 h_a^{-0.642} + 820916 h_b^{-2.84} \quad (5.5.19-2)$$

式中： $R_{\tau g}$ — 路面各层沥青混合料的综合贯入强度，根据式（5.5.19-3）确定：

$$R_{\tau g} = \sum_{i=1}^n \omega_{ig} R_{\tau i} \quad (5.5.19-3)$$

式中： ω_{ig} — 第 i 层沥青混合料的权重。

其他符号意义同式（5.5.19-1~5.5.19-3）。

5.5.20 沥青混合料动态压缩模量依据相应的水平确定：

1 水平一，沥青混合料动态压缩模量的测定应符合《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 T 0738 的有关规定，取平均值，试验温度选用 20℃，面层沥青混合料加载频率采用 10Hz，基层沥青混合料加载频率采用 5Hz；

2 水平二，采用式（5.5.20）计算确定沥青混合料动态压缩模量，适用于采用道路石油沥青和常规级配的沥青混合料。

$$\lg E_a = 4.59 - 0.02f + 2.58G^* - 0.14P_a - 0.041V - 0.03VCA_{DRC} -$$

$$2.65 \times 1.1^{\lg f} G^* \cdot f^{-0.06} - 0.05 \times 1.52^{\lg f} VCA_{DRC} \cdot f^{0.21} + 0.0031 f P_a + 0.0024 V \quad (5.5.20)$$

- 式中：
- E_a — 沥青混合料动态压缩模量 (MPa) ；
 - f — 试验频率 (Hz) ；
 - G^* — 60℃、10rad/s 下沥青动态剪切复数模量 (kPa) ；
 - P_a — 沥青混合料的油石比 (%) ；
 - V — 各压实沥青混合料的空隙率 (%) ；
 - VCA_{DRC} — 捣实状态下粗集料的松装间隙率 (%) 。

3 水平三，参照表 5.5.20 确定沥青混合料动态压缩模量。

表 5.5.20 常用沥青混合料 20℃ 条件下动态压缩模量取值范围 (MPa)

沥青混合料类型	沥青种类/改性工艺			
	70号道路石油沥青	90号道路石油沥青	聚合物改性沥青	直投改性/10-20 硬质沥青
沥青玛蹄脂碎石-10、沥青玛蹄脂碎石-13、沥青玛蹄脂碎石-16	—	—	7500~12000	—
密级配沥青混合料-10、密级配沥青混合料-13	8000~12000	7500~11500	8500~12500	—
密级配沥青混合料-16、密级配沥青混合料-20、密级配沥青混合料-25	9000~13500	8500~13000	9000~13500	—
密级配沥青稳定碎石-25	7000~11000	—	—	—
高模量抗疲劳混凝土	—	—	—	16000~20000

注：1 密级配沥青稳定碎石 25 为 5Hz 条件下动态压缩模量，其他沥青混合料为 10Hz 条件下动态压缩模量；

2 沥青黏度大、级配好或空隙率小时取高值，反之取低值。设置橡胶沥青应力吸收中间层时，橡胶沥青喷洒量为 $2.0 \pm 0.2 \text{kg/m}^2$ ，集料选用 S10，碎石用量 $6.5 \pm 0.5 \text{m}^3/1000 \text{m}^2$ 。

5.6 再生类材料

5.6.1 建筑垃圾再生集料 A 级可用于重交通及中轻交通等级道路路面的基层和各交通等级道路路面的底基层，建筑垃圾再生集料 B 级可用于各交通等级道路路面的底基层以及轻交通道路路面的基层。A、B 级再生集料按表 5.6.1 确定。

表 5.6.1 再生集料的主要技术性能指标

项目	A 级	B 级	检验方法
再生粗集料中混凝土颗粒含量 (%)	≥ 90	—	DB13 (J) / T155-2014 附录 A
杂物含量 (%)	≤ 0.5	≤ 1.0	DB13 (J) / T155-2014 附录 A
压碎值 (%)	≤ 30	≤ 40	T 0316
针片状颗粒含量 (%)	≤ 15	≤ 20	T 0312

5.6.2 再生级配集料的颗粒组成，应按其级配状况进行掺配调整，以达到级配要求。

5.6.3 使用再生级配集料，采用水泥、石灰粉煤灰、水泥粉煤灰稳定时，颗粒组成和塑性指数应小于 12。

5.6.4 再生级配集料直接用作基层、底基层时，级配曲线宜为圆滑曲线，其颗粒组成和塑性指数以及压碎值应符合附录 B 表 B.3.1~B.3.4。

5.6.5 无机结合料稳定再生集料基层掺配率应符合表 5.6.5 的规定。当采用超过该表的掺配率时，应通过试验加以验证。

表 5.6.5 无机结合料稳定再生集料基层掺配率 (%)

结构层	城市道路等级	水泥稳定类	水泥粉煤灰稳定类	石灰粉煤灰稳定类
基层	主干路、快速路	≤50	≤50	≤50
基层	次干路、支路	≤70	≤70	≤60
底基层	主干路、快速路	≤80	≤80	≤70
	次干路、支路	≤90	≤90	≤80

5.6.6 再生集料掺配时，宜在工程粒径 5mm~10mm、10mm~20mm 两档集料中优先掺配再生集料。

5.6.7 确定无机结合料稳定再生集料的最大干密度和最佳含水率时，宜采用振动成型法，也可采用重型击实法。

5.6.8 水泥稳定再生集料、石灰粉煤灰稳定再生集料、水泥粉煤灰稳定再生集料 7d 无侧限抗压强度代表值应符合表 5.6.8 的要求。

表 5.6.8 再生集料 7d 无侧限抗压强度标准值（代表值）（MPa）

材料	结构层	极重交通	重、中等交通	轻交通
水泥稳定再生集料	基层	—	3.0~4.0	2.5~3.5
	底基层	≥2.5	≥2.0	≥1.5
石灰粉煤灰稳定再生集料	基层	—	≥0.8	≥0.6
	底基层	≥0.6	≥0.6	≥0.5
水泥粉煤灰稳定再生集料	基层	—	1.5~3.5	1.2~1.5
	底基层	≥1.0	≥1.0	≥0.6

注：1 非机动车道、人行道及步行街路面结构应按轻交通确定；

2 水泥稳定再生集料用于重、中交通等级道路基层时，其 7d 无侧限抗压强度值不宜大于 4.0MPa。

5.6.9 水泥稳定再生集料的组成设计，应根据表 5.6.8 的强度标

准，通过试验确定合适的水泥剂量、混合料的最佳含水率和最大干密度。水泥稳定再生集料的水泥剂量一般为 3%~5.5%，当达不到强度要求时应调整级配，水泥的最大剂量不应超过 6%。

5.6.10 路面结构设计时，应按照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 中规定的方法，根据设计配合比，选取工程用各种原材料制件，测定设计参数（水泥稳定再生集料龄期为 90d，石灰粉煤灰稳定再生集料龄期为 180d，水泥粉煤灰稳定再生集料龄期为 120d）。

5.6.11 采用无机结合料稳定再生集料结构层的弯拉强度和弹性模量宜参照表 5.6.11 的规定。

表 5.6.11 无机结合料稳定再生集料的弯拉强度和弹性模量范围（MPa）

材料	弯拉强度	弹性模量
水泥稳定再生集料	1.5~2.0	18000~28000
水泥粉煤灰稳定再生集料		
石灰粉煤灰稳定再生集料	0.9~1.5	14000~20000

5.6.12 道路沥青路面再生，应根据工程需要收集下列拟再生路段的相关资料，包括：基础数据，路段沿线环境、水文地质条件等，交通状况信息，养护管理数据，价格等。

5.6.13 应根据工程需求检测下列内容：路面表面损坏，路面内部结构状况，路基顶面当量回弹模量，路基路面排水状况。应对拟再生路段路基材料进行取样，并根据要求完成目标配合比设计、生产配合比设计及生产配合比验证，实测路用性能及设计参数。

5.6.14 采用就地热再生方式时，技术状况宜满足表 5.6.14 的要求：

表 5.6.14 就地热再生方式适用的路面技术状况

指标		技术要求
路面结构强度指数 PSSI		≥80
原路面沥青层厚度 (mm)		≥(再生深度+30)
再生深度范围沥青混合料	回收沥青针入度 25℃ (0.1mm)	≥20
	回收沥青含量 (%)	≥3.8
路面病害及范围		主要集中在再生深度范围内

5.6.15 就地冷再生方式，路面状况宜满足表 5.6.15 要求：

表 5.6.15 就地冷再生方式适用的路面技术状况

指标	技术要求
路面结构强度指数 PSSI	≥80
路面损坏状况指数 PCI	≤90
路面病害波及的范围	主要集中在再生深度内
下承层强度	满足设计要求

5.6.16 全深式冷再生方式，路面技术状况宜满足表 5.6.16 要求：

表 5.6.16 全深式冷再生方式适用的路面技术状况

指标	技术要求
路面结构强度指数 PSSI	≥70
路面损坏状况指数 PCI	≤85
路面病害波及的范围	主要集中在再生深度内
下承层强度	满足设计要求

5.6.17 再生方式的选择按照表 5.6.17-1~表 5.6.17-6 的规定进行。次干路、支路的面层采用冷再生作为上面层时，应采用稀浆封层、碎石封层、微表处等做上封层。

表 5.6.17-1 厂拌热再生的适用范围

道路等级	再生层的结构层位				
	表面层	中面层	下面层	基层	底基层
快速路、主干路	可使用	宜使用			—
次干路	可使用	宜使用			—
支路	宜使用			—	—

表 5.6.17-2 就地热再生的适用范围

道路等级	再生层的结构层位				
	表面层	中面层	下面层	基层	底基层
快速路、主干路	宜使用		可使用	—	—
次干路	宜使用			—	—
支路	可使用			—	—

表 5.6.17-3 乳化沥青及泡沫沥青拌冷再生适用范围的适用范围

道路等级	再生层的结构层位				
	表面层	中面层	下面层	基层	底基层
快速路、主干路	不应使用	可使用	宜使用		—
次干路	不应使用	宜使用			—
支路	宜使用				

表 5.6.17-4 无机结合料厂拌冷再生的适用范围

道路等级	再生层的结构层位				
	表面层	中面层	下面层	基层	底基层
快速路、主干路	不应使用			可使用	宜使用
次干路	不应使用			宜使用	—
支路	—			宜使用	

表 5.6.17-5 就地冷再生的适用范围

道路等级	再生层的结构层位				
	表面层	中面层	下面层	基层	底基层
快速路、主干路	不应使用		宜使用		—
次干路	不应使用	可使用		宜使用	—

表 5.6.17-6 全深式冷再生的适用范围

道路等级	再生层的结构层位				
	表面层	中面层	下面层	基层	底基层
快速路、主干路	—	可使用		宜使用	
次干路	—	可使用		宜使用	
支路	—	宜使用			

5.6.18 含 SBS 改性得的沥青混合料回收料沥青路面回收料可用于厂拌热再生，其他类型的改性剂的改性沥青混合料的回收料，应经论证后使用。

5.6.19 采用就地热再生方式时，采用一级加热翻松工艺的就地热再生深度宜为 20mm~60mm，再生深度超过 60mm 时，应此采用二级加热翻松工艺。

5.6.20 采用铺筑泡沫沥青冷再生柔性基层结构设计，再生材料的设计参数宜采用实际工程使用的材料的实测参数；若无试验数据，可参考下列规定确定设计参数：泡沫沥青作为再生结合料的厂拌冷再生、就地冷再生、全深式冷再生可按表 5.5.20 确定设计参数。

表 5.6.20 冷再生材料结构设计参数

试验频率 (Hz)	动态模量 20℃ (MPa)
10	3500-6000
5	3000-5500

5.7 泊松比

5.7.1 各类材料的泊松比应按表 5.7.1 确定。

表 5.7.1 泊松比取值

材料类别	路基	粒料	无机结合料/稳定再生集料类	密级配沥青混合料	开级配沥青混合料、半开级配沥青混合料
泊松比	0.40	0.35	0.25	0.25	0.40

6 路面结构验算

6.1 一般规定

6.1.1 路面结构力学指标计算应采用双圆均布垂直荷载作用下的弹性层状连续体系理论。

6.1.2 路面结构组合应先初拟方案，并按本标准附录 A 进行路面结构验算，再结合工程经验和经济分析选定路面结构方案。对于次干路和支路，当交通荷载等级为中等、轻水平时，可依据所在地区经验结构合理选择路面设计方案。

6.2 设计指标

6.2.1 路面结构验算应根据路面结构组合，参照表 6.2.1 选择设计指标。

表 6.2.1 不同结构组合路面的设计指标

基层类型	底基层类型	设计指标
无机结合料稳定类	粒料类	沥青面层最大剪应力、无机结合料稳定类层底拉应力、沥青混合料层永久变形量
	无机结合料稳定类	
沥青结合料类	粒料类	沥青面层最大剪应力、沥青混合料层层底拉应变、沥青混合料层永久变形量、路基顶面竖向压应变
	无机结合料稳定类	沥青面层最大剪应力、沥青混合料层永久变形量无机结合料稳定类层底拉应力
粒料类	粒料类	沥青面层最大剪应力、沥青混合料层层底拉应变、沥青混合料层永久变形量、路基顶面竖向压应变
	无机结合料稳定类	沥青面层最大剪应力、沥青混合料层层底拉应变、沥青混合料层永久变形量、无机结合料稳定类层底拉应力

续表 6.2.1

基层类型		底基层类型	设计指标
水泥混凝土		—	沥青面层最大剪应力、沥青混合料层永久变形量
无机结合料再生集料类		无机结合料再生集料类	沥青面层最大剪应力、沥青混合料层永久变形量、无机结合料稳定类层底拉应力
再生类材料	水泥稳定类	粒料类	沥青面层最大剪应力、无机结合料稳定类层底拉应力、沥青混合料层永久变形量
		无机结合料稳定类	
	沥青结合料类稳定类	粒料类	沥青面层最大剪应力、沥青混合料层底拉应力、沥青混合料层永久变形量、路基顶面竖向压应变
		无机结合料稳定类	沥青面层最大剪应力、沥青混合料层永久变形量、无机结合料稳定类层底拉应力

注：1 季节性冻土地区应增加沥青面层低温开裂验算和防冻厚度验算；

2 在沥青混合料层与无机结合料稳定层间设置粒料层时，应验算沥青混合料层疲劳开裂寿命；

3 水泥混凝土基层应按《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 设计。

6.2.2 路面结构验算时，各设计指标应选用表 6.2.2 规定的竖向位置处的力学响应，并按图 6.2.2 所示的计算点位置，选取 A、B、C 和 D 四点位置计算的最大力学响应量。

表 6.2.2 各设计指标对应的力学响应及其竖向位置

设计指标	力学响应	竖向位置
沥青混合料层顶剪应力	沿行车方向的水平剪应力	距离路表 0.1h 处
沥青混合料层底拉应变	沿行车方向的水平拉应变	沥青混合料层层底
沥青混合料层永久变形量	竖向拉应力	沥青混合料层各分层顶面
无机结合料层层底拉应力	沿行车方向的水平拉应力	无机结合料稳定层层底
路基顶面竖向压应变	竖向拉应变	路基顶面

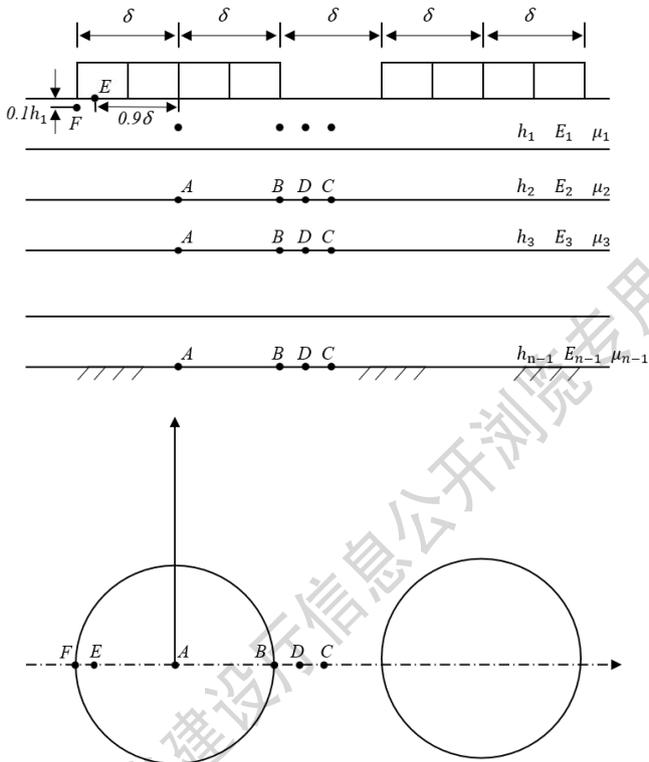


图 6.2.2 计算点位置

6.3 交通、材料和环境参数

6.3.1 各设计指标对应的当量设计轴载累计作用次数，应根据交通参数调查分析结果和设计使用年限，按《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2017 技术标准附录 A 的规定计算确定。

6.3.2 路面结构验算时结构层模量取值应符合下列规定：

- 1 沥青面层采用 20℃、10Hz 条件下的动态压缩模量，沥青类基层采用 20℃、5Hz 条件下的动态压缩模量；

- 2 无机结合料稳定层采用经调整系数修正后的弹性模量；
- 3 粒料层采用经湿度调整的回弹模量，路基采用平衡湿度状态下并考虑干湿与冻融循环作用后的顶面当量回弹模量。

6.3.3 沥青混合料层疲劳开裂寿命、无机结合料稳定层疲劳开裂寿命和路基顶面竖向压应变验算时，应根据所在地区的气温条件、路面结构类型和结构层厚度，按附录 C 相关内容确定温度调整系数。沥青混合料层永久变形量以及沥青混合料层顶剪应力验算时，应根据本省各地区的气温条件，按附录 C 选用相应的等效温度。

6.4 新建路面结构验算流程

6.4.1 新建路面结构验算应遵循如下步骤：

- 1 按 JTG D50 技术标准附录 A 调查分析交通参数；根据本标准第 3.2.4 条的规定，确定交通荷载等级；

- 2 根据路基土类、地下水位高度确定路基干湿类型和湿度状况，按本标准 4.3.7 和 5.2.2 要求，并结合《公路路基设计规范》JTG D30 的有关规定确定路基顶面回弹模量及必要的路基改善措施；

- 3 根据设计要求，收集所在地区的常用路面结构组合和材料性质要求，分析影响路面结构设计的其他因素，初拟路面结构组合与厚度方案，选取设计指标；

- 4 按本标准第 5 章及第 6.3.2 条规定，确定各结构层模量等设计参数，并按本标准第 5 章规定检验粒料的加州承载比值，无机结合料稳定类材料的无侧限抗压强度，沥青低温性能要求，沥青混合料的低温破坏应变、动稳定度、贯入强度和水稳定性等；

- 5 按本标准附录 C 的规定，收集工程所在地区气温资料，确定各设计指标对应的温度调整系数或等效温度；

6 采用多层弹性体系理论程序计算各设计指标的力学响应量；

7 按本标准附录 A 的规定进行路面结构验算，验算结果应符合本标准第 3.2 条的规定，不符合时，调整路面结构方案重新验算，直至符合为止；

8 对通过结构验算的路面结构进行技术经济分析、寿命周期费用法分析（本标准附录 D），综合比选确定新建路面结构方案；

9 按本标准附录 A 中 A.8 节的计算设计路面结构的验收弯沉值。

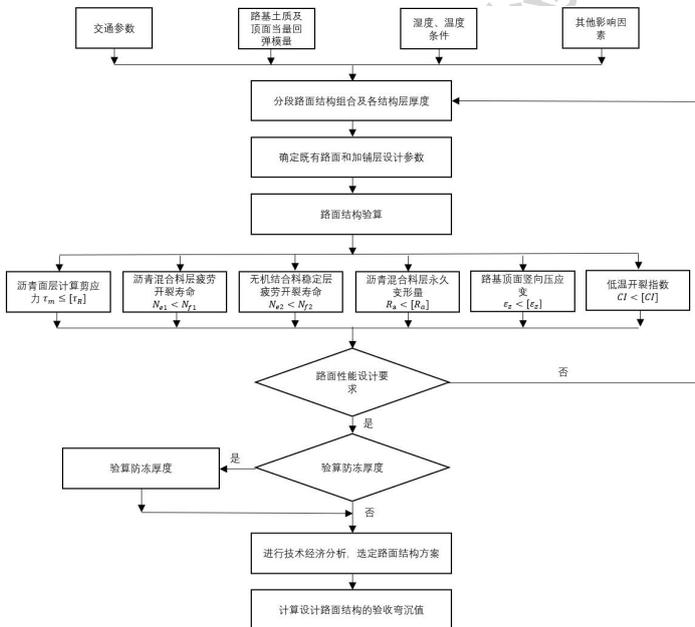


图 6.4.1 新建路面结构验算流程步骤

6.4.2 设计路面结构的路基顶面验收弯沉值和路表验收弯沉值的确定，应符合本标准附录 A.8 的有关规定。

7 改建补强设计

7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于城市道路沥青路面改建和结构补强设计。

7.1.2 加铺层设计应充分调查和分段评估既有路面状况，分析路面损坏原因，提出针对性改建对策，经技术经济分析后，结合工程经验确定适应预期交通荷载等级和使用性能要求的加铺设计方案。

7.1.3 应根据既有路面调查结果综合分析病害原因，判断路面病害的层位、破坏程度、发展趋势及既有路面的可用程度。

7.1.4 确定加铺方案时，应充分利用既有路基路面结构性能，减少材料废弃，并充分、稳妥地再生利用既有路面材料。

7.1.5 应考虑施工期交通组织设计和临时安全设施设计。

7.1.6 加铺设计应采用动态设计理念，工程实施阶段应逐段调查分析现场路况，动态调整加铺方案。

7.1.7 旧沥青路面处理应符合下列规定：

1 沥青路面整体强度基本符合要求，车辙深度小于 10mm，轻度裂缝而平整度及抗滑性能差时，可直接加铺罩面，恢复表面使用功能；

2 对中度、重度裂缝段宜视具体情况铣刨路面，否则，应进行灌缝、修补坑槽等处理，必要时采取防裂措施后再加铺沥青层。对沥青层网裂、龟裂或沥青老化的路段应进行铣刨并清除干净，并设粘层沥青后，再加铺沥青层；

3 对整体强度不足或破损严重的路段，视路面破损程度确

定挖除深度、范围以及加铺层的结构和厚度。

7.2 既有路面调查与分析

7.2.1 既有路面调查与分析应包括以下主要内容：

1 收集既有路面及其排水设施的设计、施工及历史养护维修情况等技术资料；

2 调查分析交通量、轴载组成和增长率等交通荷载参数；

3 调查路面破损状况，包括路面病害类型、严重程度、范围和数量等；

4 采用落锤式动态弯沉仪或其他弯沉仪检测评价既有路面的结构承载能力；

5 采用钻芯、探坑取样、路面雷达、切割等方式，调查分析既有路面厚度、层间结合及病害程度情况，对于沥青结构层，既有路面现场取样后应进行抽提，分离出沥青以测定其现有性能与各指标，与竣工留存数据对比，从而判定路面老化与性能下降程度；

6 对因路基问题导致路面损坏的路段，取样调查路基土质类型，含水率和加州承载比值等，分析路基稳定性和承载力等；

7 调查沿线气候条件、地下水位及路基路面排水情况；

8 调查沿线跨线桥、隧道净空要求及其他影响路面改建设计的因素。

7.2.2 既有路面损坏状况的评定应符合《城镇道路养护技术规范》CJJ 36 有关规定，结合路面损坏特点采用路面行驶质量指数（*RQI*）、路面状况指数（*PCI*）、路面回弹弯沉值、抗滑系数（*BNP*、*TD* 或 *SFC*）和路面综合评价指数（*PQI*）等指标进行

综合评价。

7.2.3 应根据既有路面调查结果综合分析病害原因，判断路面病害的层位、破坏程度、发展趋势及既有路面的可用程度。

7.3 旧路改建方案

7.3.1 应根据不同路段路面状况和损坏程度，对既有路面采取相应的处理方案。

7.3.2 既有路面处理可采用局部病害处治、整体性处理的方式或局部病害处治与整体性处理相结合的方式，并应符合下列规定：

1 既有路面破损不严重且结构性能较好的路段可参照《城镇道路养护技术规范》CJJ 36-2016 有关规定对局部病害处治后加铺；

2 既有路面破损严重或结构性能不足的路段，宜采用整体性处理方式。处理深度和范围应根据路面破损程度、层位和处理工艺确定。

7.3.3 改建方案应充分利用既有路面结构和材料，可视具体情况选择经局部病害处治后直接加铺一层或多层改建方案、将既有路面铣刨至某一结构层或将既有路面就地再生后再加铺一层或多层改建方案。

7.3.4 既有路面存在较多裂缝时，应采取减缓反射裂缝的措施。

7.3.5 既有路面出现因内部排水不良引起的水损坏时，应改善或重置路面防排水系统。加铺层与既有路面间应采取设置黏层或封层等层间结合措施。

7.3.6 加铺层材料组成和技术要求应符合本标准第 5 章的规定。再生材料技术要求应符合《公路沥青路面再生技术规范》JTG

JTG/T 5521-2019 的有关规定。

7.4 旧路改建路面结构验算

7.4.1 设计使用年限内预期的交通荷载参数应按《公路沥青路面施工技术规范》JTG D50-2017 附录 A 进行调查和分析，并按本标准第 3.2.4 条确定交通荷载等级。

7.4.2 加铺层以及经处治后的既有路面结构在设计使用年限内的使用性能，应符合本标准第 3.2.5 条和第 3.2.6 条的规定。

7.4.3 既有路面破损不严重且结构性能良好，采用直接加铺方案或铣刨至某一结构层再加铺方案时，应同时对既有路面和加铺层进行结构验算。加铺层的设计参数应按新建路面结构确定。既有路面结构层的设计参数应按下列要求确定：

1 将既有路面简化为由沥青结合料类材料层、无机结合料稳定层或粒料层和路基组成的三层体系，利用落锤弯沉盆反算或芯样实测的方法确定各层结构模量；

2 既有路面无机结合料稳定层弯拉强度，宜根据现场取芯实测的无侧限抗压强度按式（7.4.3）计算，无条件时，可根据既有路面整体强度、基层和面层损坏状况，结合当地经验确定。

$$R_s = 0.21R_c \quad (7.4.3)$$

式中： R_s — 无机结合料稳定类材料试件的弯拉强度
(MPa)；

R_c — 无机结合料稳定类材料试件的无侧限抗压强度 (MPa)。

7.4.4 旧路面破损严重或结构性能不足时，无论采用直接加铺方案还是采用铣刨至某一结构层再加铺方案，均应对加铺层进行结构验算。加铺面层的设计参数应按新建路面结构确定。旧沥青路面或铣刨后留用的路面结构层不再进行结构验算，其顶面当量回弹模量应按式（7.4.4）计算。

$$E_d = \frac{176pr}{l_0} \quad (7.4.4)$$

式中： E_d — 既有路面结构顶面当量回弹模量（MPa）；
 p — 落锤式弯沉仪承载板施加荷载（MPa）；
 r — 落锤式弯沉仪承载板半径（mm）；
 l_0 — 落锤式弯沉仪承载板中心点弯沉值（0.01mm）。

7.4.5 再生材料设计参数可按工程经验或实测确定。

7.4.6 改建路面结构验算应按图 7.4.6 所示的流程进行，应遵循如下设计内容：

1 按《公路沥青路面设计规范》JTG D50 附录 A 调查分析交通参数；按本标准第 3.2.4 条规定，确定交通荷载等级；

2 根据本标准 7.2 节的规定，对既有路面技术状况进行调查和分析；

3 根据调查结果，对既有路面进行分段。结合本省工程经验，分段初拟改建方案；

4 应按本标准第 7.4.3~7.4.5 条规定，确定需验算的结构层和设计指标，确定既有路面和加铺层的材料模量等设计参数，并按本标准第 5 章规定检验加铺层粒料的加州承载比值，无机

结合料稳定类材料的无侧限抗压强度，沥青结合料低温性能要求，沥青混合料的低温抗裂性、高温稳定性和水稳定性等；

5 采用多层弹性体系理论程序计算各设计指标的力学响应量；

6 对通过结构验算的路面结构进行技术经济分析，选定路面改建方案；

7 按本标准附录 A.8 计算改建路面结构的路表验弯沉值。

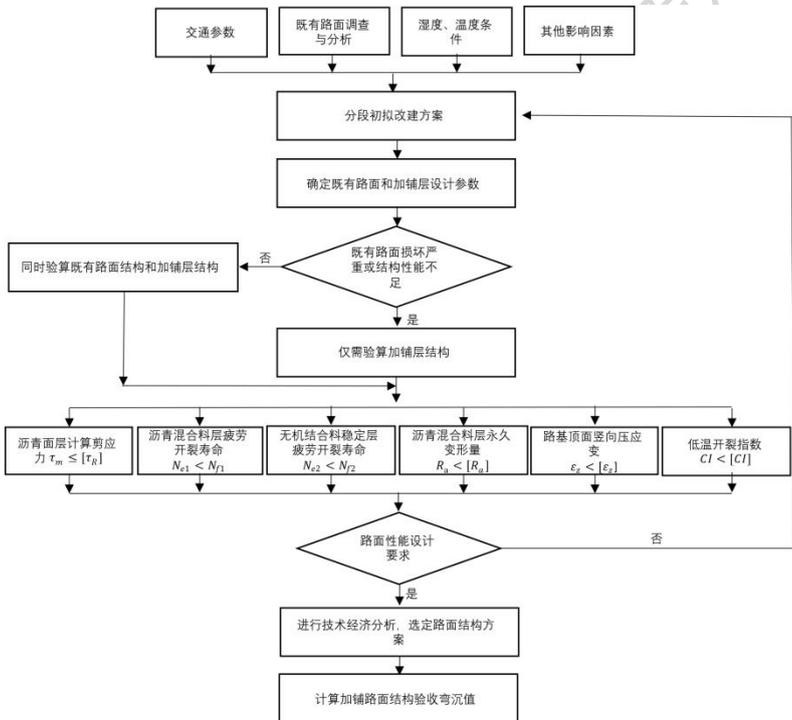


图 7.4.6 改建路面结构验算流程步骤

8 路面排水

8.1 一般规定

8.1.1 路面排水应接入城镇排水系统。在城镇排水系统未建立时，应按临时排水设计。

8.1.2 应根据道路所在区域和道路等级，结合路基、桥涵结构物进行排水设计，合理选择排水方案，布置排水设施，形成完整、畅通的排水体系。

8.1.3 路面雨水管渠暴雨强度设计重现期应符合表 8.1.3 的规定。

表 8.1.3 城市道路排水设计重现期

城市级别	道路等级			
	快速路	主干路	次干路	支路
大城市设计重现期（年）	5~10	5~10	3~5	2~3
中、小城市设计重现期（年）	3~5	3~5	2~3	2~3

注：下穿立交道路、地下停车场排水设计重现期应根据汇水场地的具体性质、地形特点和当地气候特征等因素，应单独论证确定，不可直接套用本表数据。

8.2 路面排水设计

8.2.1 路面排水设计应符合下列规定：

1 路面排水设计包括路表、分隔带及路面结构内部排水。路面排水设施有：雨水口、排水管渠、检查井、边沟、蓄水池、涵洞、出水口等；

2 路面应设置双向或单向横坡，坡度宜为 1.5%~2.0%。

8.2.2 路面排水采用管道或边沟形式。路面排水应综合两侧建筑物散水或街坊排水，并应处理好与城市防洪的关系。

8.2.3 道路排水管道的设置应符合下列规定：

- 1 排水干管不应埋设在快速路范围内；
- 2 对地基松软和不均匀沉降地段，管道基础应采取加固措施；
- 3 隧道口应有防止路面雨水流入隧道的工程措施，隧道内宜设置渗漏水的排出设施。

8.2.4 雨水口的设置应符合下列规定：

1 道路汇水点、人行横道上游、沿街单位出入口上游、街坊或庭院的出入口等处均应设置雨水口。道路低洼、平交道口、公交车站、下穿地道、立交桥等易积水地段应根据需要适当增加雨水口。人行道与车行道之间设有连续绿化带时，人行道内侧宜增设雨水口；

2 雨水口形式分为平算式、立算式等，平算式雨水口分为有缘石平算式和地面平算式。缘石平算式雨水口用于有缘石的道路。地面平算式可用于无缘石的路面、广场、地面低洼聚水处等。立算式雨水口可用于有缘石的道路；

3 平算式雨水口的算面应低于附近路面 10mm~20mm；立算式雨水口进水孔底面应低于附近路面 10mm；

4 雨水口的形式、数量和布置，应按汇水面积所产生的流量、雨水口的泄水能力和道路形式综合确定，应根据实际计算确定，雨水口的间距一般为 25m~50m；

5 雨水口的泄水能力应经计算确定。

8.2.5 锯齿形偏沟设计应符合下列规定：

1 当道路边缘线纵坡度小于 0.3%时，可在道路两侧车行道边缘 0.3m 宽度范围内设锯齿形偏沟。锯齿形偏沟的缘石外露高度，在雨水口处宜为 180mm~200mm，在分水点处宜为 100mm~120mm，雨水口处与分水点处的缘石高差宜控制在 60mm~100mm 范围内；

2 缘石顶面纵坡宜与道路中心线纵坡平行。锯齿形偏沟的沟底纵坡可通过边沟范围内的道路横坡变化调整。条件困难时，可调整缘石顶面纵坡度；

3 锯齿形偏沟的分水点和雨水口应按下式（8.2.5-1）和（8.2.5-2）计算：

$$S=(h_c-h_w)/(j_c-j) \quad (8.2.5-1)$$

$$S_c-S=(h_c-h_w)/(j+j'_c) \quad (8.2.5-2)$$

式中： S_c — 相邻雨水口的间距（mm）；

S 、 S_c-S — 分水点至雨水口的距离（mm）；

j — 道路中心线纵坡度；

j_c — S 段偏沟底的纵坡度；

j'_c — S_c-S 偏沟底的纵坡度；

h_c — 雨水口处缘石外露高度（mm）；

h_w — 分水点处缘石外露高度（mm）。

8.3 路面内部排水

8.3.1 对年降水量 600mm 以上，路基土渗透系数小于 10^{-4} mm/s

的地区快速路、主干路，宜设置路面内部排水系统。

8.3.2 当车行道路面结构设置排水基层或垫层时，应在排水基层或垫层外侧边缘人行道下设置纵向集水沟、带孔集水管以及横向出水管等，并沿纵向间隔一定距离将水引入市政排水总管、渠。

8.3.3 路面内部排水系统由透水性填料集水沟、纵向排水管、横向出水管和过滤织物组成。各个组成部分应符合下列规定：

1 纵向排水管管径应按设计流量由水力计算确定，宜在 70mm~150mm 范围内选用。排水管的埋设深度，应保证不被车辆或施工机械压裂，并应超过当地的冰冻深度。在非冰冻地区，新建路面时，排水管管底宜与基层底面齐平；改建路面时，管中心应低于基层顶面。排水管的纵向坡度宜与路线纵坡相同，并不得小于 0.25%；

2 横向出水管管径间距和安设位置应由水力计算并考虑邻近地面高程和道路纵横断面情况确定。出水管的横向坡度不宜小于 5%；

3 集水沟底面的最小宽度，对新建路面，不应小于 300mm；对改建路面，应保证排水管两侧各有至少 50mm 宽的透水填料。

8.3.4 集水沟的宽度宜为 300mm。集水沟的深度应能保证集水管管顶低于排水层底面，并应有足够厚度的回填料使集水管不被施工机械压裂。沟内回填料宜采用与排水基层或垫层相同的透水性材料，或不含细料的碎石或砾石粒料。回填料与沟壁间应铺设无纺反滤织物。

8.3.5 集水沟的纵坡宜与路线纵坡相同，并不得小于 0.25%。

8.3.6 排水基层应符合下列规定：

1 所用集料应选用洁净、坚硬而耐久的碎石，快速路、主

干路压碎值不应大于 26%，其他等级道路压碎值不应大于 30%。最大粒径可为 19mm 或 26.5mm，并不得超过层厚的 1/3。4.75mm 粒径以下细料的含量不应大于 10%。集料级配应满足渗透系数不得小于 300m/d 的透水性要求；

2 骨架空隙型水泥处治碎石的 7d 浸水抗压强度不得低于 3MPa~4MPa；开级配沥青碎石的沥青用量宜为集料质量的 2.5%~4.5%；

3 排水基层的厚度应按所需排放的水量和基层材料的渗透系数通过水力计算确定，宜为 100mm~150mm，其最小厚度对于沥青稳定碎石不得小于 60mm，对于水泥稳定碎石不得小于 100mm。其宽度应超出面层宽度 300mm~900mm。

8.3.7 纵向集水沟可设在面层边缘外侧，集水沟中的填料应与排水基层相同。集水沟的下部应设置带槽口或圆孔的纵向排水管，并应间隔适当距离设置不带槽孔的横向出水管。

8.3.8 排水基层的下卧层应选用不透水的密级配混合料。

8.3.9 排水垫层可直接设置在路基顶面，并应配置纵向集水沟、排水管和出水管。排水垫层应选用砂或砂砾石等集料组成开级配混合料，其级配应符合下列规定：

1 当垫层用集料在通过率为 15%时，粒径不应小于路基土在通过率为 15%时的粒径的 5 倍；

2 当垫层用集料在通过率为 15%时，粒径不应大于路基土在通过率为 85%时的粒径的 5 倍；

3 当垫层用集料在通过率为 50%时，粒径不应大于路基土在通过率为 50%时的粒径的 25 倍；

4 垫层集料的不均匀系数不应大于 20。

8.4 分隔带排水

8.4.1 当分隔带内设置纵向排水渗沟时，应间隔 40m~80m 设置横向排水管，渗沟周围应包裹土工布等反滤织物。渗沟上的回填料与路面结构的交界处应铺设防水土工布。

8.4.2 当分隔带封闭后，可不设内部排水系统。

8.5 交叉口范围路面排水

8.5.1 平面交叉口应按竖向设计布置雨水口，并应采取措施防止路段的雨水流入交叉口。

8.5.2 立体交叉范围的路面排水应符合下列规定：

1 当纵坡大于 2%时，应在最低点集中收水，雨水口数量应按立体交叉范围内的设计流量计算确定；

2 下穿式立体交叉引路两端纵坡的起点处，应设倒坡，并在道路两侧采取截水措施。

8.6 桥面排水

8.6.1 桥面水应通过横坡和纵坡排入泄水口，并应汇集到竖向排水管排出。

8.6.2 桥面宜在铺装边缘设置渗沟，渗沟与泄水口相接。

附录 A 道路沥青路面结构验算方法

A.1 沥青混合料层材料的容许抗剪强度验算

A.1.1 沥青混合料层材料的容许抗剪强度验算按式 (A.1.1) 计算

$$[\tau_R] = \frac{\tau_s}{K_r} \quad (\text{A.1.1})$$

- 式中：
- τ_s — 沥青面层材料的 60℃抗剪强度 (MPa)；
 - K_r — 抗剪强度结构系数，对一般行驶路段 $K_r = 1.2/A_c$ ；对交叉口和公交车站缓慢制动路段 $K_r = 0.43N_p^{0.15}/A_c$ ；
 - N_p — 公交车车站或交叉口设计基准期内同一位置停车的累计当量轴次；
 - A_c — 道路等级系数，快速路、主干路为 1.0，次干路为 1.1，支路为 1.2。

A.1.2 沥青面层剪应力最大值计算点位置取荷载外侧边缘路表距离单元荷载中心点 0.9δ 的点或距离路表 $0.1h_1$ 距单圆荷载中心点 δ 的点 E ，并取较大值作为面层剪应力，应按照公式 (A.1.2) 进行计算：

$$\tau_m = p \overline{\tau_m} \quad (\text{A.1.2})$$

$$\bar{\tau}_m = f \left(h_f, \frac{h_1}{\delta}, \frac{h_1}{\delta}, \frac{h_1}{\delta}, \frac{E_2}{S_m}, \frac{E_2}{E_2}, \dots, \frac{E_0}{E_{n-1}} \right)$$

式中： τ_m — 理论最大剪应力系数；

S_m — 沥青表面层材料 60℃ 抗压回弹模量值 (MPa)；

$E_2、E_3 \dots E_{n-1}$ — 各层材料抗压回弹模量值 (MPa)

f_h — 水平力系数，对于一般行驶路段为 0.5；对于公交车车站、交叉路口等缓慢制动路段为 0.2。

A.1.3 沥青混合料层的疲劳开裂寿命应大于设计使用年限内设计车道的当量设计轴载累计作用次数。否则，应调整路面结构方案，重新验算，直至满足要求。

A.2 沥青混合料层疲劳开裂验算

A.2.1 沥青混合料层的疲劳开裂寿命应根据路面结构分析得到的沥青混合料层层底拉应变，按式 (A.2.1-1) 计算。

$$N_{fi} = 6.32 \times 10^{15.96 - 0.29\beta} \times k_a k_b k_{T1}^{-1} \left(\frac{1}{\epsilon_a} \right)^{3.97} \left(\frac{1}{E_a} \right)^{1.58} (VFA)^{2.72} \quad (\text{A.2.1-1})$$

式中： N_{fi} — 沥青混合料层疲劳开裂寿命 (轴次)；

β — 目标可靠指标；

k_a — 季节性冻土地区调整系数，按表 A.2.1 采用内

插法确定；

k_b — 疲劳加载模式系数，按式 (A.2.1-2) 计算：

$$k_b = \left[\frac{1 + 0.3E_a^{0.43}(VFA)^{-0.85}e^{0.024h_a - 5.41}}{1 + e^{0.024h_a - 5.41}} \right]^{3.33} \quad (\text{A.2.1-2})$$

式中：
 E_a — 沥青混合料 20℃时的动态压缩模量 (MPa)；
 VFA — 沥青混合料的沥青饱和度 (%)；
 h_a — 沥青混合料层厚度 (mm)；
 k_{T1} — 温度调整系数；
 ε_a — 沥青混合料层层底拉应变 (10^{-6})，按式 (A.2.1-3) 计算：

$$\varepsilon_a = p \overline{\varepsilon}_a \quad (\text{A.2.1-3})$$

$$\overline{\varepsilon}_a = f\left(\frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}; \frac{E_2}{E_1}, \frac{E_3}{E_2}, \dots, \frac{E_0}{E_{n-1}}\right)$$

式中：
 $\overline{\varepsilon}_a$ — 理论拉应变系数；
 p, δ — 标准轴载的轮胎接地压 (MPa) 和当量圆半径 (mm)；
 h_1, h_2, \dots, h_{n-1} — 各结构层厚度 (mm)；
 E_1, E_2, \dots, E_{n-1} — 各结构层模量 (MPa)。

表 A.2.1 季节性冻土地区调整系数 k_a

冻区	重冻区	中冻区	轻冻区	其他地区
冻结指数 F ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)	≥ 2000	2000~800	800~50	≤ 50
k_a	0.60~0.70	0.70~0.80	0.80~1.00	1.00

A.3 无机结合料稳定层疲劳开裂验算

A.3.1 无机结合料稳定层的疲劳开裂寿命应根据路面结构分析得到的各无机结合料稳定层层底拉应力，按式 (A.3.1-1) 计算。

$$N_{f2} = k_a k_{T2}^{-1} 10^{a - b \frac{\sigma_t}{R_s} + k_c - 0.57\beta} \quad (\text{A.3.1-1})$$

式中：
 N_{f2} — 无机结合料稳定层的疲劳开裂寿命（轴次）；
 k_a — 季节性冻土地区调整系数，按表 A.2.1 确定；
 k_{T2} — 温度调整系数；
 R_s — 无机结合料稳定类材料的弯拉强度（MPa）；
 a, b — 疲劳试验回归参数，按表 A.3.1-1 确定；
 k_c — 现场综合修正系数，按式 (A.3.1-2) 确定；

$$k_c = c_1 e^{c_2(h_a + h_b)} + c_3 \quad (\text{A.3.1-2})$$

式中： c_1, c_2, c_3 — 参数，按表 A.3.1-2 取值；
 h_a, h_b — 分别为沥青混合料层和计算点以上无机结合料稳定层厚度；

β — 目标可靠度指标；
 σ_t — 无机结合料稳定层的层底拉应力
 (MPa)，按式 (A.3.1-3) 计算：

$$\sigma_t = p \overline{\sigma}_t \quad (\text{A.3.1-3})$$

式中： $\overline{\sigma}_t$ — 理论拉应力系数；

其他符号意义同式 (A.2.1-3)

表 A.3.1-1 无机结合料稳定层疲劳破坏模型参数

材料类型	a	A
无机结合料稳定材料	13.24	12.52
无机结合料稳定土	12.18	12.79

表 A.3.1-2 现场综合修正系数 k_c 相关参数

材料类型	新建路面结构层或改建工程既有路面结构层		改建工程加铺层	
	无机结合料稳定粒料	无机结合料稳定土	无机结合料稳定材料	无机结合料稳定土
c_1	14.0	35.0	18.5	21.0
c_2	-0.0076	-0.0156	-0.01	-0.0125
c_3	-1.47	-0.83	-1.32	-0.82

A.3.2 无机结合料稳定层的疲劳开裂寿命应大于设计使用年限内设计车道的当量设计轴载累计作用次数。否则，应调整路面结构组合或层厚，重新验算，直至满足要求。

A.4 沥青混合料层永久变形量验算

A.4.1 应按下列要求对各沥青混合料层进行分层，分别计算各分层的永久变形量：

- 1 表面层，采用 10mm~20mm 为一分层；
- 2 第二层沥青混合料层，每一分层厚度应不大于 25mm；
- 3 第三层沥青混合料层，每一分层厚度应不大于 100mm；
- 4 第四层及其以下沥青混合料层，作为一个分层。

A.4.2 根据标准条件下的车辙试验，得到各层沥青混合料的车辙试验永久变形量，按式 (A.4.2-1) 和式 (A.4.2-2) 计算各分层的永久变形量和沥青混合料层总的永久变形量。

$$R_a = \sum_{i=1}^n R_{ai} \quad (\text{A.4.2-1})$$

$$R_{ai} = 2.31 \times 10^{-8} k_{Ri} T_{\text{pef}}^{2.93} p_i^{1.80} N_{e3}^{0.48} \left(\frac{h_i}{h_0} \right) R_{0i} \quad (\text{A.4.2-2})$$

式中： R_a — 沥青混合料层永久变形量 (mm)；

R_{ai} — 第 i 分层永久变形量 (mm)；

n — 分层数；

T_{pef} — 沥青混合料层永久变形等效温度 (°C)；

N_{e3} — 设计使用年限内或通车至首次针对车辙维修的期限内，设计车道上当量设计轴载累计作用次数；

h_i — 第 i 封层厚度 (mm)；

h_0 — 车辙试验试件的厚度 (mm)；

R_{0i} — 第 i 封层沥青混合料在试验温度为 60°C 压强为 0.7MPa ，加载次数为 2520 次时，车辙实验永久变形量 (mm)

k_{Ri} — 综合修正系数，按式 (A.4.2-3) ~ 式 (A.4.2-5) 计算：

$$k_{Ri} = (d_1 + d_2 \times z_i) \times 0.9731^{z_i} \quad (\text{A.4.2-3})$$

$$d_1 = -1.35 \times 10^{-4} h_a^2 + 8.18 \times 10^{-2} h_a - 14.50 \quad (\text{A.4.2-4})$$

$$d_2 = 8.78 \times 10^{-7} h_a^2 - 1.50 \times 10^{-3} h_a + 0.90 \quad (\text{A.4.2-5})$$

式中： z_i — 沥青混合料层第 i 分层厚度 (mm)，第一分层层取为 15mm，其他分层为路表距分层中点的深度；

h_a — 沥青混合料层厚度 (mm)， h_a 大于 200mm 时，取 200mm；

p_i — 沥青混合料层第 i 分层顶面竖向压应力 (MPa)，按式 (A.4.2-6) 计算：

$$p_i = p \bar{p}_i \quad (\text{A.4.2-6})$$

$$\bar{p}_i = f\left(\frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}; \frac{E_2}{E_1}, \frac{E_3}{E_2}, \dots, \frac{E_0}{E_{n-1}}\right)$$

式中： \bar{p}_i — 理论压应力系数。

A.4.3 验算所得的沥青混合料层永久变形量应满足表 3.2.5-1 的容许永久变形量要求。否则，应调整混合料设计，直至满足要求。

A.4.4 满足沥青混合料层容许永久变形量要求的沥青混合料，尚应满足本标准第 5.5.12 条标准车辙试验的动稳定度要求，其永久变形量 R_0 对应的稳定度可用作沥青混合料的质量要求和施工控制指标。标准车辙试验温度为 60°C ，压强为 0.7MPa ，试件厚度为 50mm ，加载次数为 2520 次时沥青混合料的动稳定度 DS ，可根据永久变形量 R 按式 (A.4.4) 计算。

$$DS = 9365R_0^{-1.48} \quad (\text{A.4.4})$$

式中： DS — 沥青混合料动态稳定度（次/mm）。

A.5 路基顶面竖向压应变验算

A.5.1 路基顶面的容许竖向压应变按式 (A.5.1) 计算确定。

$$[\varepsilon_z] = 1.25 \times 10^4 \cdot 0.1^{\beta} (k_{T3} N_{e4})^{-0.21} \quad (\text{A.5.1})$$

式中： $[\varepsilon_z]$ — 路基顶面容许竖向压应变（ 10^{-6} ）；

β — 目标可靠指标；

N_{e4} — 设计使用年限内设计车道上的当量设计轴载累计作用次数；

k_{T3} — 温度调整系数。

A.5.2 应按本标准第 6.2.2 条的规定选取计算点，根据弹性层状体系理论，按式 (A.5.2) 计算路基顶面竖向压应变。路基顶面

竖向压应变应小于容许压应变值。否则，调整路面结构方案，重新验算，直至满足要求。

$$\varepsilon_z = p \bar{\varepsilon}_z \quad (\text{A.5.2})$$

$$\bar{\varepsilon}_z = f\left(\frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}; \frac{E_2}{E_1}, \frac{E_3}{E_2}, \dots, \frac{E_0}{E_{n-1}}\right)$$

式中： $\bar{\varepsilon}_z$ — 理论竖向压应变系数。

A.6 沥青面层低温开裂指数验算

A.6.1 季节性冻土地区沥青面层，应按式（A.6.1）验算其低温开裂指数 CI 。

$$CI = 1.95 \times 10^{-3} S_t \lg b - 0.075(T + 0.07h_a) \lg S_t + 0.15 \quad (\text{A.6.1})$$

式中： CI — 沥青面层低温开裂指数；

T — 路面低温设计温度（℃），为连续 10 年年最低气温平均值；

S_t — 在路面低温设计温度加 10℃ 试验温度条件下，表面层沥青弯曲梁流变试验加载 180s 时蠕变劲度（MPa）；

h_a — 沥青结合料类材料层厚度（mm）；

b — 路基类型参数，砂 $b=5$ ，粉质黏土 $b=3$ ，黏土 $b=2$ 。

A.6.2 沥青面层的低温开裂指数值，应满足表 3.2.5-2 的要求。否则，应改变所选用的沥青材料，直至满足要求。

A.7 防冻层厚度

A.7.1 季节性冻土地地区路基为中湿或潮湿状态时，应按式 (A.7.1) 计算公路多年最大冻深。

$$Z_{\max} = abcZ_d \quad (\text{A.7.1})$$

式中： Z_{\max} — 公路多年最大冻深 (mm)；
 Z_d — 大地多年最大冻深 (mm)；
 a — 大地冻深范围内路基、路面各层材料热物性系数，按表 A.7.1-1 确定；
 b — 路基湿度系数，按表 A.7.1-2 确定；
 c — 路基断面形式系数，按表 A.7.1-3 内插确定。

表 A.7.1-1 路基、路面材料热物性系数 a

路基材料	黏质土	粉质土	粉土质砂	细粒土质砂、黏土质砂	含细粒土质砾 (砂)
热物性系数	1.05	1.10	1.20	1.30	1.35
路面材料	水泥混凝土	沥青结合料类	级配碎石	二灰或水泥稳定粒料	二灰土及水泥土
热物性系数	1.40	1.35	1.45	1.40	1.35

表 A.7.1-2 路基湿度系数 b

干湿类型	干燥	中湿	潮湿
湿度系数	1.0	0.95	0.90

表 A.7.1-3 路基断面形式系数 c

填挖形式和高 (深)度	路基填土高度					路基挖方深度			
	零 填	< 2m	2~ 4m	4~ 6m	> 6m	< 2m	2~ 4m	4~ 6m	> 6m
断面形式系数	1.0	1.02	1.05	1.08	1.10	0.98	0.95	0.92	0.90

A.7.2 根据公路多年最大冻深，按表 A.7.2 的规定验算路面的防冻厚度。路面结构厚度小于表 A.7.2 规定的最小防冻厚度时，应增设防冻层，使其满足最小防冻厚度的要求。

表 A.7.2 沥青路面结构最小防冻厚度 (mm)

路基土质	基层、底基层材料 类型	对应于以下公路多年最大冻深 Z_{\max} (mm) 和路基干湿类型的最小防冻厚度						
		中湿			潮湿			
		500 ~ 1000	1000 ~ 1500	1500 ~ 2000	500 ~ 1000	1000 ~ 1500	1500 ~ 2000	
黏性土、 细亚砂土	粒料类	400 ~ 450	450 ~ 500	500 ~ 600	450 ~ 550	550 ~ 600	600 ~ 700	
		350 ~ 400	400 ~ 450	450 ~ 550	400 ~ 500	500 ~ 550	550 ~ 650	
黏性土、 细亚砂土	水泥或石灰稳定 类、水泥混凝土	300 ~ 350	350 ~ 400	400 ~ 500	350 ~ 450	450 ~ 500	500 ~ 550	
		300 ~ 350	350 ~ 400	400 ~ 500	350 ~ 450	450 ~ 500	500 ~ 550	
	粉性土	粒料类	400 ~ 500	500 ~ 600	600 ~ 700	500 ~ 600	600 ~ 700	700 ~ 800
			400 ~ 450	450 ~ 500	500 ~ 600	450 ~ 550	550 ~ 650	650 ~ 700
粉性土	水泥或石灰稳定 类、水泥混凝土	300 ~ 400	400 ~ 450	450 ~ 500	400 ~ 500	500 ~ 600	600 ~ 650	
		300 ~ 400	400 ~ 450	450 ~ 500	400 ~ 500	500 ~ 600	600 ~ 650	

注：1 在《公路自然区划标准》(JTG 003—86)中，对潮湿系数小于 0.5 的地区，Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ等干旱地区的防冻厚度可比表中值减少 15%~20%；

2 对Ⅱ区砂性土路基防冻厚度应相应减少 5%~10%；

- 3 公路多年最大冻深大时，靠近上限取值，反之靠近下限取值；
- 4 基层、底基层采用不同材料类型时，按厚度较大的材料类型确定。

A.8 设计路面结构的验收弯沉值

A.8.1 路基顶面验收弯沉值 l_g ，应按式（A.8.1）计算。

$$l_g = \frac{176pr}{E_0} \quad (\text{A.8.1})$$

式中：
 l_g — 路基顶面验收弯沉值（0.01 mm）；
 p — 落锤式弯沉仪承载板施加荷载（MPa）；
 r — 落锤式弯沉仪承载板半径（mm）；
 E_0 — 平衡湿度状态下路基顶面回弹模量（MPa）。

A.8.2 宜采用落锤式弯沉仪进行路基验收，落锤式弯沉仪荷载为 50kN，荷载盘半径应为 150mm。路基顶面实测代表弯沉值 l_0 应符合式（A.8.2-1）的要求。

$$l_0 \leq l_g \quad (\text{A.8.2-1})$$

式中：
 l_g — 路基顶面验收弯沉值（0.01 mm）；
 l_0 — 路段内实测的路基顶面弯沉代表值（0.01 mm），以 1~3km 为一评定路段，按式（A.8.2-2）计算：

$$l_0 = (\bar{l}_0 + \beta \cdot s) K_1 \quad (\text{A.8.2-2})$$

式中： \bar{l}_0 — 路段内实测路基顶面弯沉平均值
(0.01mm)；
 s — 路段内实测路基顶面弯沉标准差
(0.01mm)；
 β — 目标可靠指标；
 K_1 — 路基顶面弯沉湿度影响系数，根据当地经验确定。

A.8.3 路表验收弯沉值 l_a ，应根据设计路面结构，采用弹性层状体系理论按式(A.8.3)计算。路面结构层参数应与路面结构验算时相同。路基顶面回弹模量应采用平衡湿度状态下路基顶面回弹模量乘以模量调整系数 k_f

$$l_a = p \bar{T}_a \quad (\text{A.8.3})$$

$$\bar{T}_a = f\left(\frac{h_1}{\delta}, \frac{h_2}{\delta}, \dots, \frac{h_{n-1}}{\delta}; \frac{E_2}{E_1}, \frac{E_3}{E_2}, \dots, \frac{k_1 E_0}{E_{n-1}}\right)$$

式中： \bar{T}_a — 理论弯沉系数；
 k_f — 路基顶面回弹模量调整系数，无机结合料稳定类基层沥青路面和水泥混凝土基层沥青路面，取 0.5；粒料类基层沥青路面和沥青结合料类基层沥青路面，当采用无机结合料稳定底基层时，取 0.5，则取 1.0；
 E_0 — 平衡湿度状态下路基顶面回弹模量 (MPa) 其他符号意义同式 (A.2.1-3)。

A.8.4 路面交（竣）工时应对路表弯沉值进行检测。落锤式弯

沉仪中心点弯沉代表值应符合式 (A.8.4-1) 要求:

$$l_0 \leq l_a \quad (\text{A.8.4-1})$$

式中: l_a — 路表验收弯沉值 (0.01mm);
 l_0 — 路段内实测路表弯沉代表值 (0.01mm), 以 1~3km 为一个评定段, 按 (A.8.4-2) 计算:

$$l_0 = (\bar{l}_0 + \beta \cdot s) K_1 K_3 \quad (\text{A.8.4-2})$$

式中: \bar{l}_0 — 理论弯路段内实测路基顶面弯沉平均值 (0.01mm);
 s — 路段内实测路基顶面弯沉标准差 (0.01mm);
 β — 目标可靠指标;
 K_1 — 路表弯沉湿度影响系数, 根据实测弯沉值通过反算得到路基模量值, 再对路基模量值进行修正得到结构模量值, 然后得出测试状态下弯沉湿度修正系数 K , 或者根据当地经验确定;
 K_3 — 路表弯沉温度影响系数, 按式 (A.8.4-3) 确定:

$$K_3 = e^{[9 \times 10^{-6} (\ln E_0^{-1}) h_a + 4 \times 10^{-3}] (20 - T)} \quad (\text{A.8.4-3})$$

式中: T — 弯沉测定时沥青结合料类材料层中点实测或预

估温度 ($^{\circ}\text{C}$) ;

h_a — 沥青结合料类材料层厚度 (mm) ;

E_0 — 平衡湿度状态下路基顶面回弹模量 (MPa) 。

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

附录 B 道路沥青路面结构设计方案及其混合料设计要求

B.1 沥青路面结构设计

B.1.1 不同交通荷载等级时，沥青路面结构层厚度组合可参照表 B.1.1-1~表 B.1.1-6 选用，也可根据当地工程经验确定。

表 B.1.1-1 无机结合料稳定类基层（粒料类底基层）路面厚度范围（mm）

交通荷载等级	极重、特重	重	中等	轻
面层	250~150	250~150	200~100	150~20
基层（无机结合料稳定类，含再生集料）	600~350	550~300	500~250	450~150
底基层（粒料类）	200~150			

表 B.1.1-2 无机结合料稳定类基层（无机结合料稳定类底基层）路面厚度范围（mm）

交通荷载等级	极重、特重	重	中等	轻
面层	250~150	250~100	200~100	150~20
基层（无机结合料稳定类，含再生集料）	500~250	450~200	400~150	500~200
底基层（无机结合料稳定类）	200~150			—

表 B.1.1-3 粒料类基层（粒料类底基层）路面厚度范围（mm）

交通荷载等级	极重、特重	重	中等	轻
面层	350~200	350~200	300~150	200~100
基层（粒料类）	450~350	450~350	400~300	350~250
底基层（粒料类）	200~150			

表 B.1.1-4 沥青结合料类基层（粒料类底基层）路面厚度范围（mm）

交通荷载等级	重	中等	轻
面层	150~120	120~100	80~40
基层（沥青结合料类）	250~200	220~180	200~120
底基层（粒料类）	400~300	400~300	350~250

表 B.1.1-5 沥青结合料类基层（无机结合料稳定类底基层）路面厚度范围（mm）

交通荷载等级	极重、特重	重	中等	轻
面层	120~100	120~100	100~80	80~40
基层（沥青结合料类）	180~120	150~100	150~100	100~80
底基层（无机结合料稳定类，含再生集料类）	600~300	600~300	550~250	450~200

表 B.1.1-6 沥青结合料类基层（粒料+无机结合料底基层）路面厚度范围（mm）

交通荷载等级	极重、特重	重	中等	轻
面层	120~100	120~100	100~80	80~40
基层（沥青结合料类）	240~160	180~120	160~100	100~80
底基层（粒料类）	200~150	200~150	200~150	200~150
底基层（无机结合料类，含再生集料类）	400~200	400~200	350~200	250~150

B.1.2 结构层厚度应根据交通荷载等级、路基承载能力等因素选择。交通荷载等级高、路基承载能力弱时宜取靠近高限的厚度或参照高一个交通荷载等级的路面厚度范围，反之可靠近低限取值或参照低一个交通荷载等级的路面厚度范围。

B.2 沥青混合料配合比设计

B.2.1 沥青混合料配合比设计应按照《公路沥青路面施工技术规范》F40-2004 有关规定进行设计；快速路、主干路各个结构

层原材料技术要求不应低于高速公路及一级公路原材料技术要求，次干道与支路各个结构层不应低于其他等级公路要求；所选定配应在《公路沥青路面施工技术规范》F40-2004表 5.3.2-2内；采用马歇尔配合比设计方法，其他配合比设计方法也可以作为补充，但不可取代马歇尔配合比设计方法；根据体积指标和力学指标等多指标共同确定最佳沥青用量；进行路用性能检验，应符合本技术规范表 5.5.3~5.5.6的要求。热拌沥青混合料的配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计及生产配合比验证三个阶段，确定沥青混合料的材料品种及配比、矿料级配、最佳沥青用量。本规范采用马歇尔试验配合比设计方法。如采用其他方法设计沥青混合料时，应按本规范规定进行马歇尔试验及各项配合比设计检验，并报告不同设计方法的试验结果。

B.2.2 泡沫沥青温拌混合料配合比设计应经过目标配合比设计、生产配合比设计以及生产配合比验证三个阶段。采用马歇尔试验配合比设计方法，按照与热拌沥青混合料等体积的原则进行配合比设计，即泡沫沥青温拌混合料的体积指标应最大限度的接近相同配合比的热拌沥青混合料的体积指标。各种类型的泡沫沥青温拌混合料均应根据不同类型混合料设计空隙率的要求，并结合其他体积参数，由试件实际空隙率水平确定相应的油石比。各种类型的泡沫沥青温拌混合料的体积指标及路用性能应符合相应类型混合料的技术要求。具体设计流程详见《泡沫沥青温拌混合料路面技术规程》DB13(J)/T 233-2017有关章节。

B.2.3 高模量沥青混合料配合比设计应经过目标配合比设计、生产配合比设计以及生产配合比验证三个阶段，应遵守《道路用高模量抗疲劳沥青混合料》GB/T 36143-2018有关规定。目标配合比设计流程如图 B.2.3所示。试件应按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20-2011中规定的沥青混合料旋转

压实试件制作方法（SGC法）制备，旋转压实仪有效内旋转角为 $0.82 \pm 0.02^\circ$ ，外部角为 $1^\circ \pm 0.02^\circ$ ，旋转压实次数为 100 次；空隙率值不应大于 4%。工程设计级配范围宜符合表 B.2.3 范围，及沥青用量不应小于 5.2%。

表 B.2.3 高模量沥青混合料的矿料级配范围

通过下列筛孔（mm）的质量百分率%									
16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
100	80~100	66~82	41~64	28~42	—	—	—	—	6~8

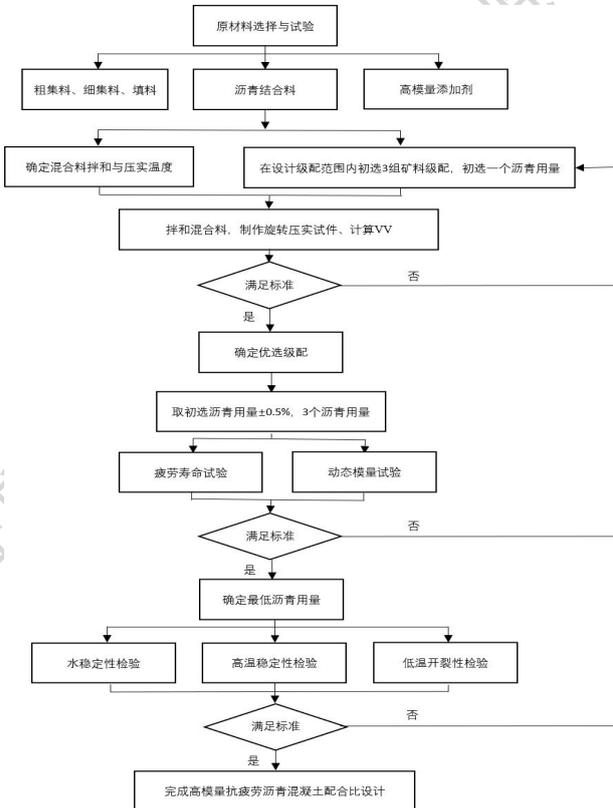


图 B.2.3 高模量抗疲劳沥青混凝土配合比设计流程图

B.2.4 多功能超薄磨耗层沥青混合料配合比设计应遵循《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 中的关于热拌沥青混合料配合比设计的目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证三个阶段。粗集采用 5mm~10mm 的玄武岩作为粗集料，技术指标满足表 B.2.4-1 要求；细集料选用标准粒径 0mm~3mm 的石灰岩机制砂，技术指标应符合要求表 B.2.4-2 要求；填料为强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉，技术指标应符合表 B.2.4-3 要求；结合料选用改性沥青与多功能复合改性剂直投干法改性，改性沥青及复合改性剂应符合表 B.2.4-4~表 B.2.4-5；可以采用骨架密实型和骨架空隙型二种类型，级配宜符合表 B.2.4-6~表 B.2.4-7；设计过程中所有热拌混合料在试件成型前必须经过室内短期老化，所有热拌混合料路用性能检测所用试件在测试前必须经室内长期老化。混合料目标配合比设计过程中所有试件成型均可采用马歇尔击实仪成型，试件直径均为 10cm，骨架密实型多功能薄层混合料技术要求应满足表 B.2.4-8，骨架空隙型多功能薄层混合料技术要求应满足表 B.2.4-9；生产配合比设计或生产配合比验证均可采用马氏击实仪成型。

表 B.2.4-1 粗集料质量要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
表观密度，不小于	t/m ³	2.60	T 0304
吸水率，不大于	%	2	T 0304
石料压碎值，不大于	%	26	T 0316
洛杉矶磨耗损失，不大于	%	23	T 0317
坚固性，不大于	%	12	T 0314
细长扁平颗粒含量 3:1，不大于	%	10	T 0312
两个或多个破碎面颗粒所占比例，不小于	%	90	T 0346

续表 B.2.4-1

试验项目	单位	技术要求	试验方法
小于 0.075mm 的含量, 不大于	%	1	T 0333

表 B.2.4-2 细集料质量要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
表观密度, 不小于	t/m ³	2.50	T 0328
坚固性 (>0.3mm 部分), 不小于	%	12	T 0340
含泥量 (小于 0.075mm 的含量), 不大于	%	3	T 0333
砂当量, 不小于	%	60	T 0334
亚甲蓝值, 不大于	g/kg	25	T 0349
棱角性 (流动时间), 不小于	s	30	T 0345

表 B.2.4-3 填料质量要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法	
表观密度, 不小于	t/m ³	2.50	T 0352	
含水量, 不大于	%	1	T 0103	
粒度范围	小于 0.6mm	%	100	T 0351
	小于 0.15mm	%	90~100	
	小于 0.075mm	%	75~100	
外观	—	无团粒结块	—	
亲水系数, 小于	—	1	T 0353	
塑性指数, 小于	—	4	T 0354	
加热安定性	—	实测记录	T 0355	

表 B.2.4-4 多功能薄层用改性沥青性能指标

试验项目	要求/%	测试方法	
针入度 (25℃, 100g, 5s) /0.1mm	≥50	T 0604	
软化点 (环球法) /℃	≥75	T 0606	
延度 (5℃, 5cm/min) /cm	≥25	T 0605	
密度 (15℃) /g·cm ⁻³	实测	T 0603	
离析 (163℃, 48h) 软化点差/℃	≤2	T 0661	
旋转粘度 (135℃) /Pa·s	≤3	T 0625	
弹性恢复 (25℃) /%	≥80	T 0662	
旋转薄膜加热试验残留物/薄膜烘箱试验残留物 T 0610	质量损失/%	≤0.5	T 0610
	针入度比 (25℃) /%	≥65	T 0604
	延度 (5℃, 5cm/min) /cm	≥15	T 0605

表 B.2.4-5 多功能薄层用增粘复配添加剂

特征	单位	指标	测试方法
形态	—	白色或灰色颗粒	—
大小	—	≤40 目	—
密度 (25℃)	g/cm ³	0.96-1.05	ASTM D-1505
硬度 (25℃)	Dmm	<0.6	ASTM D-5
熔滴点	℃	140	ASTM D-3954
粘度-160℃	Pa.s	<4.0	ASTM D-4402

表 B.2.4-6 骨架密实型多功能薄层混合料级配要求

级配类型	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率%								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
骨架密实型多功能薄层混合料	100	90~100	40~50	18~22	12~16	8~12	5.5~9.5	4~8	2~6

表 B.2.4-7 骨架空隙型多功能薄层混合料级配要求

级配类型	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率%								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
骨架空隙型多功能薄层混合料	100	85~100	28~37	7~18	6~10	4~8	3~7	2~6	0~3

表 B.2.4-8 骨架密实型多功能薄层沥青混合料技术要求

试验项目	单位	技术标准
马歇尔击实双面	次	75
试件尺寸	mm	Φ101.6mm×63.5mm
空隙率 <i>VV</i>	%	4~6
矿料间隙率 <i>VMA</i>	%	18~23
沥青饱和度 <i>VEA</i>	%	45~60

表 B.2.4-9 骨架空隙型多功能薄层沥青混合料技术要求

试验项目	单位	技术标准
马歇尔击实双面	次	50
试件尺寸	mm	Φ101.6mm×63.5mm
空隙率 <i>VV</i>	%	8~12
矿料间隙率 <i>VMA</i>	%	≥18
沥青饱和度 <i>VEA</i>	%	55~60

B.3 无机结合料稳定再生集料

B.3.1 无机结合料稳定再生集料适用于各交通等级道路底基层，适用于重、中和轻交通道路基层，不宜用作透水型面层材料的基层；再生级配集料可以直接用于轻交通道路的底基层及路床处理；无机结合料稳定再生集料用作道路的上基层时，其上应设透层和下封层；路面结构设计时，实测设计参数（水泥稳定再生集料龄期为 90d，石灰粉煤灰稳定再生集料龄期为 180d，水泥粉煤灰稳定再生集料龄期为 120d）；无机结合料稳定再生集料宜采用集中厂拌法施工；无机结合料稳定再生集料结构层施工期的日最低气温应在 5℃ 以上；水泥稳定再生集料结构层应在第一次重冰冻前 15d 完成，石灰粉煤灰稳定再生集料和水泥粉煤灰稳定再生集料结构层应在第一次重冰冻前 30d 完成；在雨季时，勿使混合料受雨淋湿，遇降雨应停止施工。采用重型击实试验方法确定基层、底基层材料的最佳含水率和最大干密度；采用干筛法确定再生集料级配。无机结合料稳定再生集料的压碎值应符合表 B.3.1 要求，水泥稳定再生集料、石灰粉煤灰稳定再生集料、水泥粉煤灰稳定再生集料级配应分别符合表 B.3.2，B.3.3，B.3.4 的规定。水泥稳定再生集料、石灰粉煤灰稳定再生集料、水泥粉煤灰稳定再生集料配合比设计应遵循《再生集料路面基层施工技术规程》DB 13(J)/T155-2014 有关内容进行设计。

表 B.3.1 再生级配集料的压碎值技术要求

项目 \ 道路交通等级	轻交通道路		各交通等级道路	
	底基层	基层	底基层	基层
压碎值要求	≤40%	≤35%	≤35%	≤30%

表 B.3.2 水泥稳定再生集料的颗粒组成

道路交通等级 通过质量 百分率 (%)		轻交通道路	各交通等级道路	
		底基层	底基层	基层/底基层
筛孔尺寸 (mm)	53	100	—	—
	37.5	90~100	100	—
	31.5	—	90~100	100
	26.5	66~100	—	90~100
	19.0	54~100	67~90	72~89
	9.5	39~100	45~68	47~67
	4.75	28~84	29~50	29~49
	2.36	20~70	18~38	17~35
	1.18	14~57	—	—
	0.60	8~47	8~22	8~22
	0.075	0~30	0~7	0~7
塑性指数 (%)		<12		

表 B.3.3 石灰粉煤灰稳定再生集料的颗粒组成

道路交通等级 通过质量 百分率 (%)		轻交通道路	各交通等级道路	
		底基层	底基层	基层/底基层
筛孔尺寸 (mm)	53	100	—	—
	37.5	80~100	100	—
	31.5	—	90~100	100
	19.0	—	72~90	81~98
	9.5	40~100	48~68	52~70

续表 B.3.3

道路交通等级 通过质量 百分率 (%)		轻交通道路	各交通等级道路	
		底基层	底基层	基层/底基层
	4.75	25~85	30~50	30~50
	2.36	—	18~38	18~38
	1.18	—	10~27	10~27
	0.60	8~45	6~20	8~20
	0.075	0~15	0~7	0~7

表 B.3.4 水泥粉煤灰稳定再生集料的颗粒组成

道路交通等级 通过质量 百分率 (%)		轻交通道路	各交通等级道路
		基层	底基层
筛孔 尺寸	37.5	100	—
	31.5	93~100	100
筛 孔 尺 寸 (mm)	19.0	75~90	90~100
	9.5	50~70	60~80
	4.75	29~50	29~49
	2.36	15~35	15~32
	0.60	6~20	6~20
	0.075	0~5	0~5

附录 C 温度调整系数和等效温度

C.1 温度调整系数

C.1.1 路面结构沥青面层或基层（含底基层）由两层或两层以上不同材料结构层组成时，应按式（C.1.1-1）和式（C.1.1-2）分别换算成当量沥青面层和当量基层。对采用沥青结合料类基层的路面，将基层换算至当量沥青面层。超过 2 层时，重复利用式（C.1.1-1）和式（C.1.1-2）自上而下逐层换算，简化为由当量沥青面层、当量基层和路基构成的三层路面结构。

$$h_i^* = h_{i1} + h_{i2} \quad (\text{C.1.1-1})$$

$$E_i^* = \frac{E_{i1}h_{i1}^3 + E_{i2}h_{i2}^3}{h_{i1} + h_{i2}} + \frac{3}{h_{i1} + h_{i2}} \left(\frac{1}{E_{i1}h_{i1}} + \frac{1}{E_{i2}h_{i2}} \right)^{-1} \quad (\text{C.1.1-2})$$

式中： h_i^* 、 E_i^* — 当量层厚度（mm）和模量（MPa），下标 $i=a$ 为沥青面层， $i=b$ 为基层。

C.1.2 不同气温状况下基准路面结构的损坏，转换成标准温度（20℃）条件下基准路面结构的等效损坏，得到基准路面结构温度调整系数。部分地区各类路面结构设计指标的基准结构温度调整系数，可参照表 C.1.2 取用。其他地区的基准结构温度调整系数，可按气温条件相近地区的系数值取用，气温资料宜取连续 10 年的平均值。

表 C.1.2 典型气温统计资料及相应基准路面结构温度调整系数和等效温度

地名	最热约 平均气 温 (°C)	最冷月 平均气 温 (°C)	年平均 气温 (°C)	温度调整系数		基准等 效温度 (°C)
				沥青混合料层层底 拉应变、无机结合 料层层底拉应力	路基顶 面竖向 压应变	
石家庄	26.9	-2.4	13.3	1.24	1.1	20.3
承德	24.4	-9.1	9.1	1.07	0.95	16.8
邯郸	26.9	-2.3	13.5	1.25	1.1	20.5

C.1.3 路面结构的温度调整系数，应根据式 (C.1.3-1) ~ 式 (C.1.3-15) 计算。

$$K_{Ti} = A_h A_E \hat{k}_{Ti}^{1+B_h+B_E} \quad (\text{C.1.3-1})$$

式中： K_{Ti} — 温度调整系数；下标 $i=1$ 对应沥青混合料疲劳开裂分析， $i=2$ 对应无机结合料稳定层疲劳开裂分析， $i=3$ 对应路基顶面向压应变分析；

\hat{k}_{Ti} — 基准路面结构温度调整系数，按所在地查表 C.1.2 取用；

A_h, B_h, A_E, B_E — 与面层、基层厚度和模量有关的函数，按式 (C.1.3-2) ~ 式 (C.1.3-13) 计算：

沥青混合料层疲劳开裂：

$$A_E = 0.76 \lambda_E^{0.09} \quad (\text{C.1.3-2})$$

$$A_h = 1.14 \lambda_h^{0.17} \quad (\text{C.1.3-3})$$

$$B_E=0.14\ln(\lambda_E/20) \quad (C.1.3-4)$$

$$B_h=0.23\ln(\lambda_h/0.45) \quad (C.1.3-5)$$

无机结合料稳定层疲劳开裂：

$$A_E=0.10\lambda_h+0.89 \quad (C.1.3-6)$$

$$A_h=0.73\lambda_h+0.67 \quad (C.1.3-7)$$

$$B_E=0.15\ln(\lambda_E/1.14) \quad (C.1.3-8)$$

$$B_h=0.44\ln(\lambda_h/0.45) \quad (C.1.3-9)$$

路基顶面竖向压应变：

$$A_E=0.006\lambda_h+0.89 \quad (C.1.3-10)$$

$$A_h=0.67\lambda_h+0.70 \quad (C.1.3-11)$$

$$B_E=0.12\ln(\lambda_E/20) \quad (C.1.3-12)$$

$$B_h=0.38\ln(\lambda_h/0.45) \quad (C.1.3-13)$$

式中： λ_E — 面层与基层当量模量之比，按式 (C.1.3-14) 计算：

$$\lambda_E=\frac{E_a^*}{E_b^*} \quad (C.1.3-14)$$

式中： λ_h — 面层与基层当量厚度之比，按式（C.1.3-15）
计算：

$$\lambda_h = \frac{h_a^*}{h_b^*} \quad (\text{C.1.3-15})$$

C.2 等效温度

C.2.1 分析沥青混合料层永久变形量时，沥青混合料层的等效温度应按式（C.2.1）计算。

$$T_{\text{pef}} = T_{\xi} + 0.016h_a \quad (\text{C.2.1})$$

式中： T_{pef} — 沥青混合料层等效温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
 h_a — 沥青混合料层厚度（mm）；
 T_{ξ} — 基准等效温度，按所在地表 C.1.2 取

附录 D 寿命周期费用分析

D.1 寿命周期费用

D.1.1 城市沥青路面设计应树立全寿命周期成本的理念。在进行成本分析时宜综合考虑建设费、养护费、管理费、路面残值、改建费等。城市道路运营周期寿命费用按公式 (D.1.1-1) 计算净现值。

$$NPV = Cost_{ini} + \sum_1^n Cost_{Fut} \times \left(\frac{1}{1+r}\right)^{Y_i - Y_0} \quad (D.1.1-1)$$

式中： NPV — 城市道路净现值；
 r — 贴现率；
 Y_i, Y_0 — 现在所处年和第*i*年；
 n — 总年数；
 $Cost_{ini}$ — 建设初始费用；
 $Cost_{Fut}$ — 未来养护维修费用。

城市道路运营周期寿命费用按公式 (D.1.1-2) 计算残值。

$$SV = Cost_{Y(i-1)} \times \left(\frac{Y_i - Y_{END}}{Y_i - Y_{(i-1)}}\right) \times \left(\frac{1}{1+r}\right)^{Y_{END} - Y_0} \quad (D.1.1-2)$$

式中： SV — 路面结构剩余寿命的残值 Y_i ；
 $Cost_{Y(i-1)}$ — 第*(i-1)*年养护时间的维修养护费用；

$\left(\frac{Y_i - Y_{\text{END}}}{Y_i - Y_{(i-1)}}\right)$ — 道路剩余参与寿命比值；

$Y_{(i-1)}$ — 第 $(i-1)$ 年维修养护时间；

Y_i — 第 i 年维修养护时间；

Y_{END} — 设计使用年限时间或计划现值计算年限；

Y_0 — 现在所处年。

D.1.2 城市沥青路面设计应树立全寿命周期成本的理念。全寿命周期成本组成复杂，在进行成本分析时宜综合考虑建设费、养护费、管理费、路面残值、改建费等。本标准主要从建设成本材料费用及道路残值加以分析，随着相关数据积累，可以加入更多影响费用组成要素的分析。

引用标准名录

- 1 《公路沥青路面设计规范》 JTG D50
- 2 《城镇道路路面设计规范》 CJJ 169
- 3 《公路沥青路面施工技术规范》 JTG F40
- 4 《公路沥青路面再生技术规范》 JTG/T 5521
- 5 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1
- 6 《泡沫沥青温拌混合料路面技术规程》 DB13(J)/T 233
- 7 《公路工程质量检验评定标准》 JTG F80/1
- 8 《道路用高模量抗疲劳沥青混合料》 GB/T 36143
- 9 《再生集料路面基层施工技术规程》 DB13(J)/T 155
- 10 《公路路面基层施工技术细则》 JTG/T F20
- 11 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》 JTG E20
- 12 《公路工程集料试验规程》 JTG E42
- 13 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》 JTG E51
- 14 《城镇道路养护技术规范》 CJJ 36
- 15 《室外排水设计标准》 GB 50014
- 16 《公路土工试验规程》 JTG 3430

河北省工程建设地方标准

城市道路高质量沥青路面技术标准

DB13(J)/T 8455-2021

条文说明

住房和城乡建设厅信息公开浏览专用

制定说明

河北省工程建设地方标准《城市道路高质量沥青路面技术标准》DB13(J)/T 8455-2021，经河北省住房和城乡建设厅 2021 年 12 月 29 日以第 205 号公告批准发布。

为便于有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握条文规定的参考。

目 次

1 总则	95
2 术语	97
3 基本规定	99
3.1 一般规定	99
3.2 设计标准	100
4 结构组合设计	101
4.1 一般规定	101
4.2 路面结构组合	102
4.3 路基	103
4.4 基层和底基层	104
4.5 面层	104
4.6 再生类材料	104
4.7 功能层	105
5 材料性质要求和设计参数	107
5.1 一般规定	107
5.2 路基	107
5.3 粒料类材料	107
5.4 无机结合料类材料	108
5.5 沥青结合料类材料	108
5.6 再生类材料	110
6 路面结构验算	112
6.1 一般规定	112
6.2 设计指标	112

6.3	交通、材料和环境参数	112
6.4	新建路面结构验算流程	113
7	改建补强设计	114
7.4	旧路改建路面结构验算	114
8	路面排水	115
8.1	一般规定	115
8.2	路面排水设计	115

1 总 则

1.0.1 为适应城市高质量沥青道路行业发展和提升城市交通基础设施运行质量的需要，提高沥青路面使用品质，推广长寿命沥青路面技术，为城市高质量沥青路面建设提供有力技术支撑，是本标准制定的目的。

1.0.2 明确给出本技术规范的适用范围：适用于新建、改建各等级城市道路高质量沥青路面结构的设计。

1.0.3 城市道路是服务城镇建设在城市区域中、受自然环境影响的带状构筑物，影响城市道路质量的因素繁多，包括社会经济、自然环境因素，为了建设高质量沥青路面，需要在设计及施工过程中系统分析、把握核心矛盾、兼顾全面因素，采用先进的评价方法，完成方案比选。

1.0.4 为建设“交通强国”、落实“国务院碳达峰行动方案”中“全面提高资源利用效率”重点任务、助力我省经济社会可持续发展，在广泛调研有关领域优秀成果的基础上，积极稳妥采纳绿色环保、低碳再生技术列入本规范。

1.0.5 从技术经济角度调研，积极利用当地条件资源，结合当地成功经验，有力、有利、有据的将新成果应用于高质量沥青路面的建设中。

1.0.6 本规程应用过程中应结合本行业及相关行业标准《公路沥青路面设计规范》JTG D50、《城镇道路路面设计规范》CJJ 169、《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40、《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20、《公路沥青路面再生技术规范》JTG/T 5521、《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、《泡沫沥

青温拌混合料路面技术规程》DB13(J)/T 233、《城镇道路养护技术规范》CJJ 36 和《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1 等规范的规定。

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

2 术语和符号

2.1.1 依据国内外有关高质量沥青的有关成果及雄安新区高质量长寿命沥青路面建设成功经验，基于各结构层变寿命周期设计理念，提出城市道路高质量沥青路面的概念，明确了主体结构层寿命、面层使用寿命。

2.1.2 以工业固体废弃物，如钢渣、粒化高炉矿渣、粉煤灰等，为主要原料，无需外加或者配以少量水泥或其他激发物质作为激发剂，共同混合形成的水泥混合料，并且该水泥的生产过程碳排放较普通硅酸盐水泥下降60%以上。

2.1.3 以低碳固废水泥为结合料，通过加水与被稳定材料（包括土、粒料及两者混合物）共同拌和形成的混合料，包括低碳固废高性能水泥稳定碎石、低碳固废高性能水泥稳定砾石、低碳固废高性能水泥稳定石屑、低碳固废高性能水泥稳定土、低碳固废高性能水泥稳定砂等。

2.1.5 高模量沥青混凝土是近年来日益受到重视的新技术，国内部分项目对该技术领悟有所偏差，本规范依据《道路用高模量抗疲劳沥青混合料》GB/T 36143为基础，为了实现城市道路高质量沥青路面的性能需求，在适当提升高温性能的要求的基础上提出高模量抗疲劳沥青混合料的定义。

2.1.6 针对城市建筑垃圾固体废弃物资源化利用，以建筑垃圾中的废砖瓦、废弃砂浆、废混凝土块、废石块为主要成分，代替或部分代替矿质材料。

2.1.8 从原材料技术性能要求、级配设计、混合料设计方法，以

及关键施工方法进行归纳总结，明确多功能的内涵，完整提出多功能超薄磨耗层的概念。

住房和城乡建设厅信息公开浏览专用

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 根据公路交通行业规范《公路沥青路面设计规范》D50删除“垫层”术语，增加“功能层”术语，调整结构层中“垫层”为“功能层”；明确城市道路各结构层基本功能的要求。

3.1.3 综合考虑一般轮胎一路面作用、环境一路面极限破坏状态，同时关注到城市道路路面交通荷载区别一般公路路面特殊性，提出沥青混合料面层剪切破坏、疲劳开裂损坏、无机结合料稳定层疲劳开裂损坏、沥青混合料层永久变形量、路基顶面竖向压应变，以及季节性冻土地区的路面低温开裂共计6项极限状态作为设计控制的极限状态。

3.2 设计要素

3.2.1 根据城市道路高质量沥青路面的定义，对城市高质量沥青路面的主体结构使用年限由普通沥青路面的 10~15 年统一提升至 50 年，并建议改建路面结构设计可根据工程实际情况选取适宜的设计使用年限。

3.2.2 参考《公路沥青路面设计规范》D50 目标可靠度和目标高速公路、一级公路以及二级公路可靠度指标，快速路、主干道、次干路与支路城市高质量沥青路面的可靠度指标均相应略有提高。

3.2.5 在车辙永久变形量表3.2.5-1基层类型中增补了无机结合料再生类基层、有机结合料再生类基层、无机结合料再生类底基层；

考虑到与公路道路相比，城市道路结构内部设施多、横断面形式变化频繁，易引起温缩应力局部集中而产生开裂，因此在低温开裂指数 CI 的计算时，将路基路面横断面型式突变位置处的横向裂缝不予计入；根据有关机构研究成果，城市道路路面抗滑性能提升对于降低城市交通事故率效果显著，考虑我省气候状况及建设城市高质量沥青路面要求，抗滑指标整体提升一个等级。

4 结构组合设计

4.1 一般规定

4.1.1 阐述通过结构组合设计后，路面破坏发生的范围：在主体结构设计使用年限内，无结构性破坏，表面层使用年限内，仅需要预防性养护和局部病害修补。

4.1.3 陈述了高质量沥青路面结构基本组成，加铺封层结构中增加了多功能超薄抗滑磨耗层材料。

4.1.5 完善补充沥青面层结构路面应具有的功能，包括：平整、抗车辙、抗疲劳开裂、抗低温开裂、抗水损坏和良好的耐久性，突出了抗滑性和耐磨损性对于赋予表面层高质量的意义。

4.2 路面结构组合

4.2.1、4.2.2 路面结构组合的选择需要充分考虑各种路面结构组合的材料特性和结构特性、主要损坏类型及性能衰变规律。不同结构组合的沥青路面主要损坏类型见表 1。

无机结合料稳定类基层沥青路面承载能力高，适应于各种交通荷载等级，主要病害是无机结合料稳定层疲劳开裂和面层反射裂缝。反射裂缝处雨水、雪水渗入后容易出现唧泥、基层脱空等损坏。采用粒料底基层或设置粒料类路基改善层等，可减轻反射裂缝处的唧泥、脱空。粒料类基层沥青路面无反射裂缝问题，但沥青面层承受更大的弯拉作用，沥青面层疲劳是主要损坏指标。此类结构沥青面层、粒料层和路基都可能产生永久变形，需关注

路面车辙问题。

表 1 沥青路面主要损坏类型

结构类型	粒料类基层沥青路面、底基层采用粒料的沥青结合料类基层沥青路面			无机结合料稳定类基层沥青路面、底基层采用无机结合料稳定材料的沥青结合料类基层沥青路面	
沥青混合料层厚度 (mm)	≥150	150~50	≤50	≥150	<50
主要损坏类型	沥青混合料层永久变形、沥青混合料层疲劳开裂	沥青混合料层疲劳开裂、沥青混合料层永久变形	车辙	车辙、基层疲劳开裂、面层反射裂缝	基层疲劳开裂 面层反射裂缝
季冻地区	面层低温开裂				

沥青结合料类基层沥青路面适用各种交通荷载等级，底基层采用无机结合料稳定类材料时，性能类似于无机结合料稳定类基层沥青路面，由于沥青混合料层较厚，路面承载能力更强，且具有更好的延缓反射裂缝能力。底基层采用粒料类材料时，性能类似于粒料类基层沥青路面。

水泥混凝土基层沥青路面具有较高承载能力，适用于重及重以上交通荷载等级公路。除水泥混凝土路面常见损坏外，此类路面结构主要病害是水泥混凝土板接缝处沥青面层反射裂缝和沥青面层永久变形。

4.2.3 针对城市路堤普遍较低的情况，减少中湿或潮湿路基对于路面结构的不良影响，本标准突出强调应采用粒料类底基层或设置粒料类路基改善层的重要性。

4.2.4 多雨地区的无机结合料稳定类基层和水泥混凝土基层沥青路面，路面出现反射裂缝后易发展为唧泥、脱空等，从而加速路面状况恶化。虽然河北省降雨量稳定在 500mm~600mm 左右，

时空分布极为不均：东南多、西北少，夏季多、冬季少等特点，考虑不利季节及不利位置对路面结构影响，仍有必要采取如在无机结合料稳定类基层或水泥混凝土基层下方铺设粒料排水层或设置粒料类路基改善层等措施，减少唧泥、脱空损坏。

4.2.7 为提高表面层抗滑、排水和降噪功能，本标准增补多功能超薄抗滑磨耗层结构，以及多功能超薄抗滑磨耗层下卧层的处理工艺与材料。

4.2.8 针对增补多功能超薄抗滑磨耗层结构，根据已有工程的成功应用经验，提出：多功能磨耗层沥青混合料的结构层厚度不应小于集料公称最大粒径的 1.5 倍。

4.3 路 基

4.3.1 路基突出稳定性的作用。

4.3.5 路基干湿类型，根据地下水或地表长期积水影响的临界水位深度，按路基工作区的湿度来源分为三类：受地下水控制的潮湿类、受气候因素控制的干燥类和兼受地下水和气候两方面因素影响的中湿类。

4.3.7 传统城市道路路基最小强度的要求，属于迎合较低路基状况条件的要求，不提高路基整体强度，难以满足高质量沥青路面性能要求，因此依据《公路沥青路面设计规范》D50 的路基的要求及有关成果，修订了城市道路路基回弹模量的技术要求。

4.3.8 再生骨料资源化持续推进，增补了再生骨料作为路基填料的组合应用，提出了再生骨料再生材料作为路基填料的基本条件，包括：加州承载比力学强度要求、回弹模量，并提出再生集料作为路基填料的基本整体构造。

4.4 基层和底基层

4.4.4 增补了高性能水泥品种矿渣硫铝酸盐水泥和低碳固废水泥新品种，低碳效果同时也具有突出的弯拉强度。

4.4.6 为减少或延缓反射裂缝，在无机结合料稳定层与沥青结合料类材料层间可设置级配碎石层、半开级配或开级配沥青碎石层。设置级配碎石层后，需注意验算沥青混合料层疲劳开裂寿命。

4.5 面 层

4.5.2 根据近年来新材料新工艺新技术成果，面层材料类型进行了增补，增加了高模量抗疲劳沥青混凝土、连续级配改性沥青混凝土、多功能超薄磨耗层等，丰富了沥青面层材料的种类，有力的支持了城市高质量沥青路面建设。

4.6 再生类材料

4.6.1 再生骨料吸水性强、存在遇水软化现象，经过研究认为再生骨料在干燥和中湿条件下，采用无机结合料稳定后的再生骨料具有良好的力学性能适用于各交通等级道路路面的底基层，适用于重、中交通和轻交通道路路面的基层，但应避免作为透水型面层材料的基层的原材料使用。

4.6.2 再生级配集料可作为低交通等级道路结构的原材料，可直接用于轻交通道路的底基层、透水型人行道的基层以及路床处理。

4.6.3 无机结合料稳定再生骨料用作道路的上基层时，应确保其上部结构层不透水，因此要求在该结构层上设透层和下封层。

4.6.5 采用厂拌冷再生、就地冷再生、全深式冷再生方式时，经

过有关力学计算和分析，在下承层具有足够强度时，再生结构层保证良好施工质量条件下，沥青面层厚度可以进一步减薄，因此本技术规范对交通荷载等级特重、极重和重三个等级的面层最小厚度进行了调整，降低至 60mm 和 50mm。

4.6.6 大吨位压路机压实超过 250mm 以上厚度结构层施工工艺，已经在国内外获得了小范围的应用，为了适应新工艺的发展，本标准认为：科学论证后，积极稳妥的推进大厚度压实新工艺。增补了再生类材料适应的交通荷载等级和层位表格，进一步明确再生类材料使用范围。

4.6.7 明确了无机结合料稳定再生骨料和沥青路面再生类材料适用交通荷载等级和结构层位；明确了再生类材料在路面结构中的地位和作用。

4.6.8 提出建筑渣土生产来源，明确了建筑渣土可作为道路底基层材料使用。根据实验数据，提出建筑渣土采用水泥稳定时，水泥剂量合理的范围。

4.7 功能层

4.7.1 针对半刚性材料温缩、收缩引起的面层开裂问题，建议半刚性基层与面层间宜设置橡胶沥青应力吸收中间层，可使用同步碎石封层车进行一体化施工。

4.7.2 为了实现多功能抗滑薄层施工及功能，规定了采用该技术时应设置 SBS 改性乳化沥青防水粘结层，SBS 改性乳化沥青材料技术要求，撒布量为不小于 $0.7\text{kg}/\text{m}^2$ 。

4.7.4 设置粒料排水层，可起到排水作用。一方面避免潮湿路基或裂隙水、地下毛细水等影响路面湿度状态；另一方面可及时排

除路面内部水，避免下渗影响路基。

4.7.6 极重、特重和重交通荷载等级路面对层间黏结强度提出了更高的要求，因此规定宜采用改性乳化沥青、道路石油沥青或改性沥青黏层。水泥混凝土板与沥青面层间由于材料属性差异，较难形成有效黏结，故规定宜采用改性沥青黏层。

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

5 材料性质要求和设计参数

5.1 一般规定

5.1.4 根据路面结构参数数据分层次输入的新变化，提出城市高质量沥青路面设计材料参数的层次输入办法：城市快速路、主干路的施工图设计阶段宜采用水平一，次干路设计阶段可采用水平二或水平三；支路可采用水平三。本标准参照《公路沥青路面设计规范》JTG D50 选取水平一、水平二、水平三并根据城市道路进行相应的调整。水平一通过室内试验实测确定材料参数，需要具有一定的设备条件，设计成本高，故规定用于城市快速路、主干路的施工图设计阶段。水平二利用已有经验关系式确定设计参数，目前只有沥青混合料动态模量有对应的经验关系式，适用于次干路的设计。水平三参照本规范推荐的典型数值确定参数，适用于支路各设计阶段和城市快速路、主干路的初步设计阶段。

5.2 路 基

5.2.2 路基顶面回弹模量是指平衡湿度状态下并考虑干湿与冻融循环作用后的路基顶面回弹模量。

5.3 粒料类材料

5.3.1 粒料类材料强度采用加州承载比值来要求，为适应高质量路面结构建设要求，每个交通荷载等级的级配碎石加州承载比值都提高了一个等级。

5.3.5 粒料层除具有足够的承载能力（加州承载比值、模量）外，还需要具有一定的疏水能力，以发挥其排水功能，故需控制碎石混合料中 0.075mm 以下颗粒含量。级配碎石细集料多采用碎石场的细筛余料（石屑），0.075mm 以下颗粒含量高且波动大，配制的混合料 0.075mm 以下颗粒含量难以保证时，可掺入一定量的天然砂替代石屑，以降低 0.075mm 以下颗粒含量。

5.3.6 研究表明，施工完成后粒料层湿度逐渐降低，最终达到湿度平衡状态。参考力学经验法路面设计指南（MEPDG），引入了模量湿度调整系数，反映粒料层通车后湿度状态对模量的影响。

5.4 无机结合料类材料

5.4.2 过多地增加水泥剂量，会使无机结合料稳定类材料收缩开裂，进而导致路面反射裂缝增多，兼顾强度与体积稳定性，故需严格控制。

5.4.5 根据有关技术成果，提出低碳固废水泥技术要求，以及低碳固废水泥稳定碎石材料的压实度及强度要求。

5.4.6 针对低碳固废水泥新材料，基于有关研究成果，增补低碳固废水泥稳定类材料弯拉强度和弹性模量。

5.5 沥青结合料类材料

5.5.1 对表面层沥青混合料公称最大粒径的选择，一些地区存在误解，认为最大公称粒径越大，混合料抗车辙能力越强，抗滑性能越好。对设定的原材料，混合料抗车辙能力受级配组成、沥青

用量和压实度等影响远大于公称最大粒径影响。抗滑性能主要受级配组成、构造深度和集料抗磨耗性能影响，与公称最大粒径间没有显著的相关性。同时，公称最大粒径越大，施工越容易出现离析，进而出现局部水损坏的风险就越大。综上，规定表面层沥青混合料公称最大粒径不宜大于 16.0mm。

5.5.3 依据我省沥青路面气候分区情况，对混合料低温性能指标表格进行了精简。

5.5.4 以石家庄、邯郸、承德三地作为代表，收集有关材料模型、三地气象数据以及典型城市道路结构，利用路面分析软件对车辙发展进行预估，进一步细化沥青混合料动稳定度要求，针对一般路段和特殊路段（交叉口、公交车站及公交专用道）等提出 0mm~100mm 及 100mm 以下结构范围内动稳定度，有利于实现高质量沥青路面面层较长间隔维修周期，各交通荷载等级的高温稳定性要求均有较大幅度的提高。

5.5.5 依据我省沥青路面气候分区情况，对混合料水稳定性指标表格进行了精简。

5.5.7 高模量抗疲劳沥青混合料是近年出现的新材料，在模量及抗疲劳两项参数表现突出，较好满足高质量沥青路面技术要求，因此将该技术增补到规范中。

5.5.8 依据《道路用高模量抗疲劳沥青混合料》GB/T 36143 提出高模量抗疲劳沥青混合料性能指标，其中动稳定度指标根据建设需求有所提高，根据结构分析要求增加了 20℃ 动态模量最小值的要求。

5.5.9 增补了高模量抗疲劳沥青混合料的设计流程。

5.5.10 增补了多功能超薄磨耗层的级配类型、混合料设计方法

等内容。

5.5.11~5.5.14 泡沫温拌技术是一项低碳绿色沥青混合料生产新工艺，具有节能、环保的特点，引入了泡沫温拌发泡条件、泡沫沥青技术要求及各类型泡沫温拌沥青混合料配合比设计原则方法。

5.5.15 增补了胶粉改性沥青制备以及胶粉改性沥青混合料配合比设计参数内容。

5.5.17~5.5.18 规定沥青混合料贯入强度要求旨在控制沥青路面车辙。交通运输部科技项目“沥青路面荷载标准”研究了不同气候条件、交通条件和路面结构状况下沥青混合料贯入强度与沥青混合料层永久变形的关系模型，在此基础上得到验算沥青混合料贯入强度的关系式。式(5.5.18-1)和式(5.5.19-1)是考虑平均车速的情况。当车速与正常路段差异较大时，如设计拥堵路段，可根据式(5.5.18-1)和式(5.5.19-1)验算沥青混合料贯入强度。其中式(5.5.18-1)适用于无机结合料稳定类基层沥青路面、底基层采用无机结合料稳定类材料的沥青结合料类基层沥青路面和水泥混凝土基层沥青路面；式(5.5.19-1)适用于粒料类基层沥青路面和底基层采用粒料的沥青结合料类基层沥青路面。

5.6 再生类材料

5.6.1 再生骨料资源化利用，在道路工程领域已经取得较大的发展，引入了有关再生骨料，给出分级标准及应用范围。

5.6.7~5.6.9 明确给出各种无机结合料稳定再生骨料配合比设计方法、强度要求以及水泥剂量。

5.6.10、5.6.11 明确给出各种无机结合料稳定再生骨料设计基本参数的取值范围。

5.6.12、5.6.13 每年因沥青路面维修产生数千万吨的沥青路面回收料旧料，近年来沥青路面回收料旧料再生技术日臻成熟，一定掺量下的沥青路面回收料旧料再生混合料性能已经接近甚至超过普通热拌沥青混合料，因此引入有关旧料再生利用内容。该部分明确列出再生工作前期准备内容及不同再生方式的适用条件。

5.6.14~5.6.19 明确列出不同再生工艺可用、宜用范围，以及后续处理工作。针对全深式冷再生，在开展全深式冷再生材料性能和结构分析、充分调研有关工程应用的基础上，提出了快速路及主干道中面层可用全深式冷再生的技术的调整。

5.6.20 针对半刚性基层沥青路面反射裂缝病害问题，结合本省气候条件，推荐在传统的半刚性基层上铺筑泡沫沥青冷再生柔性基层结构。根据全深式冷再生混合料动态模量实测结果，对冷再生材料结构设计参数提出了修正。

6 路面结构验算

6.1 一般规定

6.1.1 路面结构指标计算采用经典的双圆均布垂直荷载作用下的弹性层状连续体系，计算指标选择突出城市道路沥青路面受力特点。

6.2 设计指标

6.2.1 参考《公路沥青路面设计规范》JTG D50 设计指标选取，以此为基础，增补了沥青面层最大剪应力设计指标，再生料材料基层设计指标等内容。

6.2.2 路面结构验算时，增补沥青混合料最大剪应力位置。

6.3 交通、材料和环境参数

6.3.1 设计车道累计当量轴次是各设计指标计算关键指标，应获得交通参数调查分析详细数据和设计使用年限，按《公路沥青路面时间规范》JTG D50 技术标准附录 A，按水平一规定的计算方法确定。

6.3.3 沥青路面各类损伤模型中温度都是关键模型参数，应获取当地气象详细数据，计算日平均气温、月平均温度、冻结指数等多项温度指标。为了完成沥青路面顶面最大剪应力计算，在进行剪应力分析时，增补项目地点等效温度指标。

6.4 新建路面结构验算流程

6.4.1 根据城市高质量沥青长寿命设计要求，增补沥青路面表面抗剪强度指标计算模块。

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

7 改建补强设计

7.4 旧路改建路面结构验算

7.4.6 对于旧路改建路面结构验算流程图增补沥青路面表面抗剪强度分析模块。

8 路面排水

8.1 一般规定

8.1.3 城市防洪近年来成为我国城市建设关键热点领域。道路占城市陆地表面近 20%，道路巨大的汇水面积，直接影响的城市排水防洪效果。根据《室外排水设计标准》GB 50014 有关内容，全面提高城市道路排水设计重现期；认为下穿立交道路、地下停车场道路结构所处环境位置的特殊性，这些构筑物道路排水设计重现期应根据汇水场地的具体性质、地形特点和当地气候特征等因素，单独论证确定。

8.2 路面排水设计

8.2.1 根据实际情况，将路面横坡度最小值有 1.0% 增加到 1.5%。

8.2.4 针对近年来气候变化，北方地区降雨明显增加的情况，有针对性的对雨水口的形式、数量和布置，应根据构造物具体位置和构造物类型有条件调整设置间距。