

公路柔性路面设计规范

JTJ 014—86

条 文 说 明

人 民 交 通 出 版 社

公路柔性路面设计规范

JTJ 014—86

条 文 说 明

人民交通出版社

1988年 北京

公路柔性路面设计规范

JTJ 014—86

条文说明

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 850×1168  印张: 3.5 字数: 88 千

1989年7月 第1版

1989年7月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—10000 册 定价: 2.10元

前 言

《公路柔性路面设计规范》JTJ014—86，经交通部（86）交公路字736号文批准，自1987年1月1日起正式实行。为便于了解规范编制的过程和依据，正确理解条文内容的实质，更好地了解各地的实际情况运用规范，提高设计质量，特编写本说明。

本说明主要根据1978年以来各科研设计单位、大专院校等在公路柔性路面方面的研究成果，结合近年来修建高等级公路的实践经验，并参考1978年颁布试行的《公路柔性路面设计规范》的编制说明和国内外有关资料编写的。由于条件所限，某些资料尚不够充分，科研试验工作尚需深入，说明中难免有欠妥和不完善之处。希望各单位将使用过程中发现的问题和意见，随时寄交通部公路规划设计院，以便今后进一步研究和修订。

本说明由杨孟余、汤庚祥、赵云鹤执笔编写，算例关昌余，技术顾问林绣贤。

目 录

第一章 总则	1
第 1.0.1 条 适用范围	1
第 1.0.2 条 路面结构组成	1
第 1.0.3 条 设计原则	1
第 1.0.4 条 设计理论与方法	2
第 1.0.6 条 公路自然区划	13
第二章 设计标准	14
第 2.0.1 条 标准轴载及当量轴次	14
第 2.0.2 条 路面等级与类型	18
第 2.0.3 条 路面容许弯沉值	19
第 2.0.4 条 容许弯拉应力	22
第 2.0.5 条 沥青路面抗滑标准	26
第三章 结构组合及材料组成	30
第一节 一般规定	30
第 3.1.1 条 推荐结构及沥青层最小总厚度	30
第 3.1.2 条 结构层材料与厚度	32
第 3.1.3 条 层间模量比	34
第 3.1.4 条 层间结合	35
第 3.1.5 条 整体性基层的沥青路面	35
第 3.1.6 条 特殊地区的路面结构	36
第二节 面层	37
第 3.2.2 条 沥青混凝土	37
第 3.2.3 条 热拌沥青碎石	38
第 3.2.4 条 沥青贯入式及上拌下贯式	38
第三节 基层	39
第 3.3.1 条 基层分类	39
第 3.3.2 条 一般要求	40
第 3.3.3 条 水泥稳定类	41

第 3.3.4 条	石灰稳定类	42
第 3.3.5 条	石灰工业废渣类	43
第四节	垫层	43
第 3.4.2 条	垫层及防冻层厚度	43
第五节	附属部位的路面设计	44
第 3.5.1 条	路缘带、硬路肩等路面结构	44
第 3.5.2 条	服务设施区的路面结构	45
第四章	路基与排水	46
第一节	路基	46
第 4.1.1 条	一般要求	46
第 4.1.2 条	石方路基	49
第二节	排水	49
第 4.2.2 条	路面排水设计重现期	49
第 4.2.3 条	高速公路、一级公路的路面排水	49
第五章	新建路面设计	33
第 5.0.2 条	土基回弹模量的确定	53
第 5.0.3 条	路面材料设计参数	57
第 5.0.4 条	路表弯沉值和路面厚度计算	62
第 5.0.5 条	层底弯拉应力的验算	67
第 5.0.6 条	多层路面的计算	72
第六章	改建路面设计	74
附录	计算示例	93
参考文献		105

第一章 总 则

第1.0.1条 适用范围

其他道路是指厂矿道路、城市道路、林区道路、农村道路等，可参照使用。

第1.0.2条 路面结构组成

图1.0.2所示路面结构层组成与名称，系指高级路面的一般结构而言。中级、低级路面，由于设计标准低，可采用双层或三层结构。高级路面由于交通量大、使用年限长，面层或基层可由两层或三层组成，形成多层体系。当在沥青混凝土面层与无机结合料稳定类基层间设置联结层时，宜采用粗粒式沥青碎石或贯入式结构。当在表面处治等次高级路面与无机结合料稳定类基层间设置碎石层以减少反射裂缝时，一般称该层为碎石过渡层。关于碎石过渡层的效果，尚有不同看法，有待进一步研究。

第1.0.3条 设计原则

路面工程与自然环境因素的关系十分密切，详细周密的外业调查是搞好设计工作的基础。在新建和改建公路的外业勘测工作中，应按《公路路线勘测规程》JTJ061—85的有关规定，进行野外调查、搜集资料和现场测试。

路面的强度和稳定性，除取决于路面结构层外，还直接受路基湿度和密度的影响。路基的干湿类型、冰冻地区的冻结深度、软土路基的处理方法等，均直接影响路面结构的选择和厚度设计。因此，应根据使用要求，充分地考虑当地的气候、水文、土质、材料等各种自然因素，采取必要的技术措施（如确定适当的路基高度，选用良好的路基填料和合理的施工方案，搞好排水系统的设计等），进行路基路面综合设计。

路面设计应进行方案的比选。特别是高级路面具有承受交通量大，使用年限长，造价高，通车后维修养护困难等特点，设计时必须进行多方案的技术经济论证，比选最佳路面结构方案。

高级路面的材料选择，特别是面层材料应在满足规范技术要求的前提下，合理选材、就近取材。对次高级、中级路面的材料选择，应以就地取材为原则，尽量降低工程造价。

经技术经济论证确定路面需要分期修建时，其分期的方法有两种：一是缩短设计年限，降低设计标准，选用较低的路面等级，待交通量增多后再进行补强设计；另一种是按规定的设计年限进行设计，基层厚度一次铺筑，沥青面层可适当减薄，分期铺筑。设计时，应选择适当的路面结构和各层厚度，使第一期工程能为第二期工程利用。两种方法以后者更为合理。

第1.0.4条 设计理论与方法

一、发展经过

1958年交通部首次颁发《路面设计规范（草案）》（简称《1958年规范》）之后，1966年对《1958年规范》进行了修订，但未正式出版。从1968年以来，国内有关科研、设计部门及高等院校，在路面测试手段、设计理论与方法、设计参数等方面，进行了广泛的研究，获得了大量的数据，提出了一套适合新建路面设计和旧路补强的设计方法。在1976年开展了全国性的测试调研工作，经全国资料汇总、分析，编制了1978年《公路柔性路面设计规范（内部试行）》（以下简称《1978年规范》）[1]、[2]。该规范以双层弹性体系理论为基础。以路面容许弯沉值作为控制路面整体刚度（一般习惯称为整体强度）的指标，按双圆均布荷载作用下的双层弹性体系理论公式，计算路面结构层的厚度；对于三层、多层路面结构，采用等效层法当量换算成双层结构；考虑理论计算与实际状态的差异，加入了综合修正系数F；根据试验路的观测资料，经统计回归分析、汇总提出了经验补强公式；制定了公路自然区划图，及与其相应的供新建路面和旧路补强设计的计算参数，如土基回弹模量和材料回弹模量等。《1978年规范》适应了当时大量修建三级公路表面处治路面的需要。

但是，该规范尚存在下列问题：

1.《1978年规范》是在大量调查国内沥青表面处治路面的基

础上,适当参考部分城市高等级路面的资料编写而成。用于高速公路和一、二级公路路面设计,尚感不足,如路表容许弯沉值偏大,双层弹性体系理论也不能适应多层路面结构设计的需要。

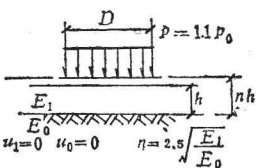
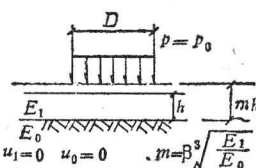
2.设计仅采用容许弯沉值一项指标,它只能表征车轮荷载作用下路面抵抗垂直位移的能力,对防止路面变形、沉陷有效,但无法对路面结构组合的合理性进行比较,不能表征各结构层的应力大小及应力与材料抗力之间的关系。

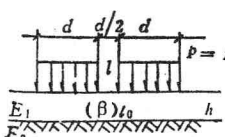
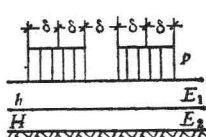
3.对路面结构组合、材料设计仅提出原则性的要求,无具体的配合比设计指标。

因此,1977年提出了增补整体性材料的抗弯拉应力和高温下沥青混合料抗剪切应力设计指标的研究。该课题由交通部公路规划设计院主持,由同济大学道路与交通工程研究所,西安公路研究所,湖南省交通科研所,哈尔滨建筑工程学院,湖南大学,以及广西壮族自治区、江苏省、河北省、甘肃省、辽宁省、内蒙古自治区、黑龙江省、浙江省等交通厅及其所属科研、设计单位,以及北京市政设计院、上海市政工程设计研究所共22个单位参加。经过大量的理论计算、分析和室内试验、野外调查,共同协作,提出了《公路柔性路面抗弯拉、抗剪切设计指标》的研究报告[3]。1982年11月该项成果通过交通部公路局鉴定,根据鉴定意见将抗弯拉应力设计指标纳入了新规范。

新规范的主要特点:①采用了三层或多层弹性体系理论公式代替双层弹性体系理论公式计算路面结构层厚度,仍以容许弯沉值作为路面整体刚度的控制指标;②对于高速公路、一级公路的路面设计增加了抗弯拉应力的验算指标,对二级公路的路面必要时可进行整体性材料结构层的弯拉应力验算;③吸收了路面抗滑研究的新成果,提出多指标的抗滑标准;④将标准车改为标准轴载,平均日交通量改为设计年限内设计车道上累计当量轴次;⑤补充了路面结构设计和材料配合比设计;⑥增加了高等级公路路缘带、硬路肩等附属部分路面设计及路面排水等新内容。新规范不仅在设计理论和设计方法上前进了一步,而且在内容上也作了

我国历次柔性路

路面模型	1958年《规范》		1966年《规范》	
				
基本公式	单层	$E = \frac{pD}{l}$	$E = \frac{pD}{l}$	
	双层	$l = l_1 + l_e$ $= \frac{\pi}{2} \cdot \frac{pD}{E_0} \left\{ 1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{E_0}{E_{1n}} \right) \times \arctg \frac{nh}{D} \right\}$ $E_s = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{pD}{l}$ $\bar{W} = \frac{E_0}{E_s} = 1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{E_0}{E_{1n}} \right) \times \arctg \frac{nh}{D}$ (图解)	$l = l_1 + l_0$ $= \frac{\pi}{2} \cdot \frac{pD}{E_0 \sqrt{2.5}} \left\{ 1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{E_0}{E_{1m}} \right) \times \arctg \frac{mh}{D} \sqrt{2.5} \right\}$ $= \frac{pD}{E_0} \left\{ 1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{E_0}{E_{1m}} \right) \arctg \frac{mh}{D} \sqrt{2.5} \right\}$ $E_s = \frac{pD}{l}$ $W = \frac{E_0}{E_s} = 1 - \left\{ \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{E_0}{E_{1m}} \right) \times \arctg \frac{mh}{D} \sqrt{2.5} \right\}$ (图解)	
	多层	逐层计算法	$l = pD \sum_1^n \frac{A_1 - A_{1-1}}{E_1 \cdot m_1} + \frac{pD}{E_0} (1 - A_0)$ $E_s = \frac{pD}{l}$ $\bar{w} = \frac{E_0}{E_s} = \sum_1^n \frac{E_0}{E_1 m_1} (A_1 - A_{1-1}) + (1 - A_0)$ $A_1 = \frac{2}{\pi} \arctg \sum_1^n \frac{m_1 h_1}{D} \sqrt{2.5}$ (图解) $\approx \frac{1}{\sqrt{2.5}} \arctg \sum_1^n \frac{m_1 h_1}{D} \sqrt{2.5}$ 多层连续积分法, 计算如上式。	

1978年《规范》	1986年《规范》
 E_1 (β) E_0 h $\mu_1=0.25 \quad \mu_2=0.35$	 h E_1 H E_2 E_3 $\mu_1=0.25 \quad \mu_2=0.25 \quad \mu_3=0.35$
$E = \frac{pd}{l} (1 - \mu_2^2) \times 0.712$	$E_s = \frac{2p\delta}{l} (1 - \mu_3^2) \times 0.712$
$l_s = \frac{pd}{E_0} \cdot \alpha \cdot F$ $\alpha = f\left(\frac{E_1}{E_0} \cdot \frac{h}{d}\right)$ (图解) $F_{解} = 1.5 \left(\frac{l_R E_0}{pd}\right)^{0.38}$ $F_{黄} = 1.47 \left(\frac{l_R E_0}{pd}\right)^{0.38}$ 附经验公式 $h = \beta l_R^{-0.25} \left(\frac{l_0}{l_R} - 1\right)^{0.35}$ (图解)	三层体系基本公式 $l_s = \frac{2p\delta}{E_1} \alpha \cdot F$ $\sigma_m = p \cdot \bar{\sigma}_m$ $\alpha, \bar{\sigma}_m$ 均为 $f\left(\frac{E_1}{E_2}, \frac{E_2}{E_3}, \frac{h}{\delta}, \frac{H}{\delta}\right)$ 的函数 (图解和电算程序) F 及旧路补强经验公式与《1978年规范》相同
以双层体系为基础的等效层法，附经验公式： $\left(\frac{h_1}{\beta_1} + \frac{h_2}{\beta_2}\right) = l_R^{-0.25}$ $\left(\frac{l_0}{l_R} - 1\right)^{0.35}$	多层体系换算公式 弯沉 $H = \sum_{i=2}^{n-1} h_i \sqrt[2]{\frac{E_1}{E_s}}$ 弯拉应力 $x \neq n-1$ 时： $h = \sum_{i=1}^x h_i \sqrt[4]{\frac{E_1}{E_x}}$ $H = \sum_{i=x+1}^{n-1} h_i \sqrt[2]{\frac{E_1}{E_{x+1}}} \quad x = n-1$ 时： $h = \sum_{i=1}^{n-2} h_i \sqrt[4]{\frac{E_1}{E_{n-2}}}$

路面模型	1958年《规范》	1966年《规范》
	图同上	图同上
设计指标与车辆换算	$\lambda_R = \frac{I_R}{D}, \text{高级} 0.034, \text{次高} 0.04$ $\text{中} 0.05, \text{低} 0.06$ $E_{TP} = \frac{\pi}{2} \frac{p}{\lambda_R} \cdot K_0 < E_0$ $K_0 = 0.5 + 0.65 \log N \cdot r,$ $\text{以 } H-8 \text{ 为准}$ $\log N_1 r = 0.77 \left(\frac{p_2 D_2}{p_1 D_1} - 1 \right)$ $+ \frac{p_2 D_2}{p_1 D_1} \log N_2 r$	$\lambda_R = \frac{I_R}{D}, \text{高} 0.028, \text{次} 0.032$ $\text{中} 0.04, \text{低} 0.045, \text{灰土} 0.02$ $E_{TP} = \frac{p}{\lambda_R} \cdot K_0 < E_0$ $K_0 = C(0.78 + 0.68 \log N \cdot r)$ $\text{以解放牌车为准, } C = 1 \sim 1.1$ $\log N \cdot r = 1.15 \left(\frac{p_2 D_2}{p_1 D_1} - 1 \right)$ $+ \frac{p_2 D_2}{p_1 D_1} \log N_2 \cdot r$
环境条件	以湿润系数为基础的道路气候分区图	以温度与湿润系数为基础的道路气候分区图
土基条件	E_0 (形变模量) 决定于含水量计算值, 以 $\lambda_0 = 0.01$ 为准。	E_0 (形变模量) 决定于含水量计算值, 以 $\lambda_0 = 0.01$ 为准, 大型测定或反算。
材料条件	E_1 (形变模量)	E_1 (形变模量) 大型测定或反算

续上表

1978年《规范》	1986年《规范》
图同上	图同上
$l_R = \frac{1.370}{N^{0.1}} \cdot A > l_s (\text{cm})$ A: 沥青混凝土路面1.0; 沥青碎石, 贯入路面1.1; 表处路面1.2 $\frac{n_1}{n_2} = \gamma c_1 c_2 \left(\frac{p_2 d_2^{1.5}}{p_1 d_1^{1.5}} \right)^{5.0}$ 以解放, 黄河为准	$\frac{11.0}{N^{0.2}} A_c \cdot A_s = l_R \geq l_s$ $\sigma_m \leq \sigma_R \quad \sigma_R = \frac{S}{K_s}$ $K_s = \frac{0.12}{A_s} N^{0.2} \quad (\text{沥青混凝土面层})$ $K_s = \frac{0.40}{A_s} N^{0.1} \quad (\text{整体性基层})$ A_c: 道路等级系数; A_s: 路面类型系数 车辆换算同左或 $N = \sum_{i=1}^k \frac{1}{C_i} n_i \quad \left(\frac{P_i}{P} \right)^4$
综合考虑地形与气候条件的公路自然区划图	综合考虑地形与气候条件的公路自然区划图
E_0 (弹性模量) 决定于含水量计算值, 以 $\lambda_0 = 0.0034 (l = 1\text{mm})$ 线性归纳法为准 (春季)	E_0: 弯沉、弯拉均以春季含水量计算值为准。
E_1 (弹性模量) β (由试验路确定)	沥青面层: 弯沉指标, E_1 以 20°C 为准, 整层或室内测定。弯拉指标 E 和 S 以 $10^\circ \sim 15^\circ\text{C}$ 为准, 用梁测定。 整体性基层: E_s 和 S 室内测定 粒料基层: E_1 整层测定

较大的修改和补充。

我国历次公路柔性路面设计规范主要内容变化和发展情况汇总于表 S1.0.4。

二、设计理论

1. 荷载图式的确定

汽车荷载是通过车轮轮胎与路面接触,传递至路面,轮迹图式一般如图 S1.0.4-1。

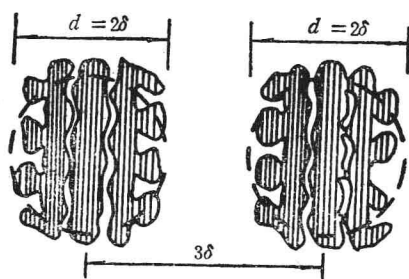


图 S1.0.4-1 轮迹图

轮胎与路面接触面的形状,随汽车载重量而变化,载重较轻时近似于圆形,满载时则近似于椭圆形,超载时椭圆的长轴进一步拉长。在接触面上轮胎压力(即轮载)的分布图式是比较复杂的,它随路面刚度、轮胎花纹和轮胎气压等因素的影响而有所不同。曾按三种图式——圆形均布荷载、半球形非均布荷载、“碗形”非均布荷载,进行比较,结果表明,圆形均布荷载图式更接近实际情况且与目前各国通用的荷载图式一致。

由于汽车的水平力对路表弯沉值的大小无影响,对结构层的弯拉应力的影响也比较小,故理论计算采用的计算荷载,为与双轮组荷载相当的直径为 2δ 的圆心间距为 3δ 的双圆均布垂直荷载图式。

单圆、双圆均布荷载作用下路表弯沉曲线分布比较,见图 S1.0.4-2。

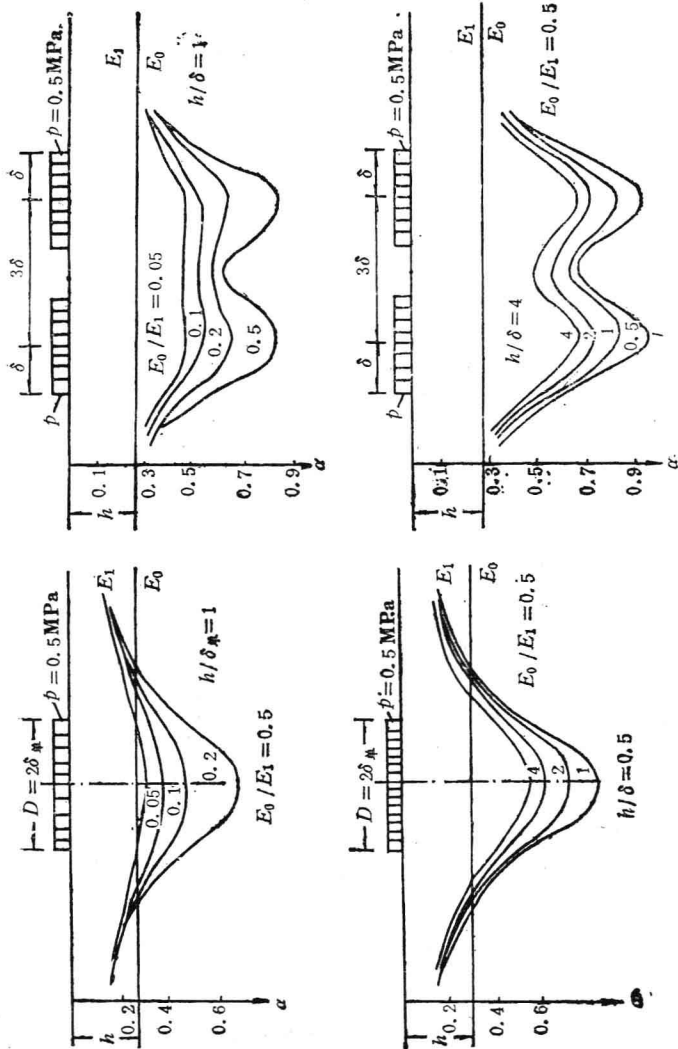


图 S1.0.4-2

单、双圆均布荷载作用下路表弯沉曲线对比

2. 理论假设

路面设计是将多层的路面结构假定为层状弹性体系，计算其应力、应变、位移。求解时，作了如下基本假设：

1) 各层都是由均质的各向同性的弹性材料组成，其材料特性用回弹模量和泊松比表示；

2) 假定土基在水平方向和深度方向均为无限的，路面在水平方向是无限的，各层厚度是有限的，并假定路面的自重可以忽略不计；

3) 各结构层之间的接触面假定为两种情况：①、层间接触完全连续，它们共同工作如同一个弹性体，接触面上的应力、位移均相等；②、层间接触完全光滑，其剪应力为零。

根据基本假定，按圆柱坐标体系用弹性力学和汉格尔 (Hankal) 积分变换方法，可解出层状半空间体系中应力和位移分量的一般表达式，然后按照各个力学模式与荷载图式的不同定解条件，可确定一般表达式中的待定积分常数[4]、[5]。

我国从六十年代初开始对层状弹性体系理论进行研究，特别是七十年代后期，随着电子计算机的迅速发展和普及，路面设计理论也得到了较大的发展。现已成功地开发了计算双圆垂直均布荷载或垂直均布荷载与水平均布荷载组合作用下三层、多层弹性体系各结构层任意点应力、变形、位移以及最大主应力和剪应力的电算程序及供路面设计和验算用的设计程序。

实际上，路面材料、土基并不是在任何情况下都接近线弹性体，如沥青混合料在高温下呈粘弹性体，土基含水量大时呈非弹性体。但是非线性体系或弹粘性体系的理论模型计算路面结构尚未研究成熟，目前国内外柔性路面设计理论多数仍采用线弹性层状体系理论。许多研究表明，在瞬时荷载或形变很小的情况下，多层线弹性体系理论是基本适用的。材料的非线性特征，在规定的状态下确定其参数（如材料参数考虑温度、湿度及其实际受力状态的影响，土基回弹模量采用1mm线性归纳法等），以及在弯沉指标的计算中加入综合修正系数F予以解决，故目前仍

用层状弹性体系理论进行计算。

三、设计指标

路面破坏的现象是多种多样的，原因也是复杂的。观察分析路面的破坏现象及其原因对确定路面设计指标有很重要的意义。

路面破坏现象主要表现为开裂、变形（拥包，搓板）、网裂、龟裂、沉陷、坑槽、翻浆等。开裂是沥青表面常见的破坏现象。横向裂缝主要是路面材料低温收缩裂缝或干缩裂缝，以及半刚性基层上沥青路面的反射裂缝。纵向裂缝多因整体强度不足或在重复荷载作用下整体性基层产生拉应力（或拉应变）超过材料的疲劳限度以及汽车超载所引起，另外路基不均匀沉陷，冻胀，摊铺机摊铺时工作缝处理不当都会产生纵缝。在交叉口、停车场等汽车经常制动、启动的地方出现沥青层推移、拥包或车辙的破损现象。沥青混合料级配不好，结构组合不当，施工不良等都会引起路面损坏。路面一旦出现开裂后，因雨水融雪的侵入使路面结构强度下降，随着车轮荷载的反复作用，裂缝逐步扩展而形成网裂、龟裂，以致坑槽，沉陷。

为了防止或减少各种路面破坏现象的发生，应用不同的设计指标加以控制。所以，路面设计不宜采用单一指标，而应采用多指标的方法才能使设计更加完善。从国外来看，也是如此。如壳牌石油公司采用三层弹性体系理论，设计指标有路基顶面的压应变 ϵ_z 和沥青层底部的拉应变 ϵ_{r1} ，结合料稳定类基层的拉应变 ϵ_{r2} 或拉应力 σ_{r2} ，同时还规定了路表永久变形的控制指标。苏联采用单圆荷载作用下三层弹性理论，并以路面整体回弹模量，土基和粒料层的抗剪强度，整体性材料的抗弯拉强度为设计指标。加拿大采用路表回弹弯沉和路基垂直应力为设计指标。捷克斯洛伐克采用了路表弯沉值和整体性材料的抗弯拉强度为设计指标。

因限于目前实际情况，新规范仅采用了两项设计指标。

1. 为控制路基路面的总变形，防止网裂、沉陷、“弹簧”，使路面具有足够的整体刚度，采用路面容许弯沉值 l_R 作为路面刚度的控制指标。即路面容许弯沉值应大于双圆垂直均布荷载作用