

柔性路面设计须知

(BCH 46-72)

苏联运输工程部 制定

许志鸿 杨家琪 译

人民交通出版社

柔性路面设计须知

(BCH 46-72)

苏联运输工程部 制定

许志鸿 杨家琪 译

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书包括苏联整个公路网内的公路、街道和城市道路柔性路面结构设计 与 计算的 各项指示。较详 尽地规定了路面强度的计算方法，并在附录中介绍了计 算荷载和交通密度、土壤及材料的计算特性、以及 用弹性弯沉 值评定路面强度 的方法等。书中 还有若干 算例和计算用的诺模图。

本书可供公路、城市道路技术人员，有关院校师生及科研工作者参考。

柔性路面设计须知

(BCH 46-72)

苏联运输工程部 制定

许志鸿 杨家琪 译

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店 经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：4.625 插页：2 字数：94千

1980年3月 第1版

1980年3月 第1版 第1次印刷

印数：0001—6,950册 定价：0.40元

目 录

1	总则	1
2	路面结构设计	3
3	路面强度的计算	8
	计算荷载	8
	高级路面的计算	9
	过渡式路面的计算	33
	现有道路路面的补强	33
4	道路结构的排水和抗冻性的保证	35
	排水	35
	道路结构的抗冻性	50
附录 1	计算荷载和交通密度	60
附录 2	土壤的计算特性	63
附录 3	材料的计算特性	69
附录 4	算例	74
附录 5	土壤和材料弹性模量的试验测定方法	101
附录 6	确定土壤和材料强度特性的方法	112
附录 7	根据计算汽车车轮下面层表面的弯沉值 评定柔性路面的强度	119
附录 8	根据现有道路路面的使用情况确定土壤和 材料的计算特性	124
附录 9	土壤和材料抗冻性的试验方法	126
附录 10	确定路面各层厚度和弹性模量用的诺模图	130
	参考文献	144

苏联运	工程主管 机关的规范	BCH 46-72
输工程部	《柔性路面 设计须知》	代替苏联运输工程部的“柔性 路面设计须知” BCH46-60

1 总 则

1.1 本须知包括苏联整个公路网内的公路、街道和城市道路柔性路面结构设计及计算的指示。它也可用于设计工矿和其他专用道路。须知适用于：

设计新建与改建道路和街道的路面时；

评定现有道路与街道路面的强度与补强设计时；

在确定已使用的道路和街道在年度的不利时期内，限制行车的必要性以及通行特重荷载的可能性时。

1.2 柔性路面不同于水泥混凝土铺筑的路面和基层，它是由弱结合的骨料、含有有机结合料的混合料以及用水泥、石灰和其他结合料加固的材料所建成。

1.3 柔性路面分为下列各结构层：

面层——路面的上层，它直接承受汽车车轮的作用力和大气因素的影响。面层应当是坚固的，能抵抗塑性变形并具有良好的耐磨性。面层的表面应当是平整的和粗糙的。此外在住宅区以及疗养区要求面层无灰尘、容易打扫并且最大地减少噪音。面层由在使用过程中定期翻修的磨耗层和基层组成。

基层——路面的承重部分，它和面层一起保证把作用力传至路基土壤上。基层可由数层组成，而且直接垫于面层之下的上层要由强度较高的材料建成。在许多情况下，在基层的组成中包含由天然状态或由有机或无机结合料加固的砂和

其他当地材料做成的补充层。补充层同时起排水、防冻、防淤塞和其他专用结构层的作用。在个别情况下，整个路面可以只有一层，例如最简单的结构——由砾石和其他类似的材料组成的路面。

路面要铺筑在符合建筑规范要求密实和平整的路基上。

路面在行车和自然因素作用下的使用状况在很大程度上决定于路基土壤的强度。所以特别是在复杂的土壤——水文地质条件下，路面和路基应作为一个整体共同进行设计。

路面和路基一起组成道路结构。

1.4 根据道路和街道的重要性、使用要求和所铺筑的面层类型，在设计路面时应按下列基本原则进行：

高级路面按其在工作于不产生残余变形进行设计。只有在道路结构工作于可恢复（弹性）变形的阶段内，才能确保它在两次大修之间的长时期内能保证高速行驶的高使用质量。

使用要求足够高的次高级路面同样按工作于无残余变形累积的阶段进行计算，但考虑其两次大修之间的期限较短，对于这种路面采用较小的强度安全系数，以使结构简化（3.21节）。

表面定期整平而耗费不大的过渡式路面（砾石及类似的面层）应按行车作用下容许有一些残余变形累积进行设计。

1.5 除了保证必要的强度外，气候潮湿和寒冷地区的道路结构同样应按排水和抗冻性计算，以保证其必要的耐久性（第4部分）。

2 路面结构设计

2.1 路面结构设计时必须遵循下列基本原理:

a)要考虑对相应等级的道路或街道所提出的要求和预计的远景交通量;确定分阶段提高使用质量的合理性;必要时拟定若干结构方案并选择该条件下最合理的方案;

b)考虑资源的保证程度以确定路面的层数,为各层选择材料并预先规定各层的厚度,然后在计算过程中修正各层的厚度;

c)对具有相近的自然条件(气候、土壤、潮湿情况)、同样的计算荷载以及有同样的建筑材料供应的每个路段或许多路段拟定路面结构方案;

d)在适当的结构层中广泛利用当地材料,在必要的情况下对这些材料预先加以处理或加固。在不能保证充分供应坚硬建筑材料的地区,必须评定利用有机或无机结合料加固现有低强材料以及土壤的合理性;

e)规定施工过程中最大限度的采用机械化和工业化;

f)在拟定路面结构时,应充分利用设计地区的道路工作经验。

2.2 在路面和路基结构设计过程中要规定:用何种土壤(当地的或外运的)铺筑各路段的路基较合理,用什么措施保证道路结构的抗冻性和防止其过份潮湿,如:提高路面基层的标高、降低地下水位、设防冻、排水或隔离层等。考虑现有条件下各种措施的效果,选择最合理的方案。

2.3 面层的类型要根据运输使用要求,道路或街道的等级和重要性,预计的交通组成和密度,气候条件,建筑材料和技术的保证程度等来确定。面层的类型要用技术——经济

核算来论证。

在高级公路和干线街道上，通常铺筑高级面层——在拌和机中用粘稠沥青处治坚硬碎石而成的沥青混凝土面层。

在Ⅲ-Ⅳ级道路和交通密度接近1500辆/昼夜的街道上，主要铺筑用有机结合料处治碎石和砾石材料的次高级面层。

用未经处治的碎石、砾石和其他当地材料铺筑的过渡式面层仅在轻交通情况下的低级道路上才采用，而把这些面层看成道路或街道行车部分进一步提高的第一阶段。

2.4 用较贵重材料铺筑的高级面层的厚度应尽可能接近于最小结构厚度。

在这种情况下，必须考虑各种基层上面层的工作特点。单层式沥青混凝土面层仅在用粘稠沥青或煤沥青处治的材料所铺筑的坚固基层上才能令人满意地工作，在其他情况下，应设计双层式沥青混凝土面层。在有繁密的重交通的道路上，用结合料处治的材料各层（沥青混凝土面层和基层的上层）的总厚度不应小于12厘米。

2.5 为避免面层形成大量的裂缝，在用无机结合料（水泥及其他）加固的材料所铺筑的基层上，沥青混凝土面层的厚度不应小于12~15厘米，同时面层的下层应当用变形能力较大的材料，例如黑色碎石铺筑。

面层的厚度是以必须保证基层上层材料正常工作为根据，通过计算来确定，而整体性的面层（沥青混凝土及与其类似的材料）则要考虑到面层本身材料的容许弯拉应力值。

2.6 高级路面的所有下面各层在结构中都要这样来布置：使其在计算荷载作用下，在粒状和弱结合材料（砾石、砂和与其类似的材料，含有液体沥青的混合料）中不产生剪切变形，而在用无机和粘稠有机结合料（水泥、沥青及其他）加固的材料所铺成的整体性基层中，弯拉应力不宜超过容许

值。

根据计算结果确定每一结构层的厚度。

路面总厚度根据下列条件确定：在垫层土壤中不产生塑性位移并且面层表面的弹性弯沉不超过极限容许值。

2·7 由于活载作用将产生很大应力的基层上层，要用在所有可能的湿度和温度条件下具有足够强度的材料铺筑。也应保证面层与基层之间很好的结合。

为铺筑基层的上层要利用：按嵌挤原则压实的并用粘稠沥青和煤沥青处治的（在很重的交通情况下）级配碎石；用粘稠沥青或煤沥青处治过的，经选配的碎石或砾石（含有轧碎材料的掺加料）混合料；以及用无机结合料的掺加料加固的碎石和砾石材料。

基层的上层禁止用那种在可能的湿度和温度条件下、强度显著下降的材料来铺筑，例如含有大量粉质粘土颗粒的混合料，在干燥状态下无粘性的材料，用液体沥青处治的不含粗骨料（砂质粘土）的混合料等。

在气候潮湿和寒冷地区，材料应当是抗冻的。

铺筑于基层上层的许多材料，例如级配碎石，已广泛地得到运用，所以不需要按强度（抗剪强度）来计算。

但是用或不用结合料加固的砾石和与它类似的材料层要按强度（抗剪强度，而对于整体性材料则为抗弯拉强度）计算，以便解决关于在所用面层厚度的条件下，用这种材料铺筑基层上层的适用性或关于面层加厚的合理性问题，或者有关用更强的材料代替基层材料的问题。

2·8 基层下层通常全部使用经过必要处理（筛分、轧碎，在某些情况下，用少量结合料加固）的当地材料铺筑，同样也广泛利用以有机和无机结合料加固的土壤。在选择基层下层材料时，主要就是要考虑材料费用和计算特性值。

在气候潮湿的地区，应采用能促进道路结构更快地排水的透水性材料来铺筑基层的下层。在干燥地区（其湿度的主要来源是气态水分的集中）在基层下层铺筑纸透气——透水性材料较为合理。

如果在道路结构中规定要设置排水层或防冻层（第四部分），那末基层的结构要与这些层次的设计同时确定。

2.9 在Ⅳ和Ⅴ道路气候区的干燥地方提高路基上部（在离路面底部30~50厘米深处）粘性土壤的压实度是有效的。当密实度为标准最佳密实度的1.01~1.03时，在这些情况下，土壤实际上不会被润湿。压实是在土壤湿度为液限的0.5~0.6时利用充气轮胎压路机在薄层上进行的。在这种情况下路面下层用不透水材料，例如用结合料加固的粘性土壤

表 1

材 料	厚度(厘米)
热铺或暖铺沥青混凝土： 单层的	5
双层的	7
冷铺细粒式沥青或煤沥青混凝土	3
厂拌有机结合料处治的碎石(砾石)材料和土壤	8
用贯入式处理的碎石	8
用半贯入式处理的碎石	4
用有机结合料按路拌法处理的碎石(砾石)材料	8
在石料基层上用结合料加固的土壤上，用水泥加固的碎石(砾石材料)	8
用有机或无机结合料处理的土壤和软质石料	10
未用结合料处治的碎石(砾石)材料：	
在砂基层上	15
在坚固的基层上(石料基层或加固土基层)：	
对于碎石	8
对于砾石材料	10

注：层次厚度应超过石料最大粗颗粒尺寸的1.5倍(按贯入式铺筑的层次除外)。

铺筑。

提高密实度的土壤可看成独立的结构层，它同该条件下的标准特性相比，具有较高的计算特性（例如高50%）。

2·10 路面各层容许的最小结构厚度（在这种厚度下，才能保证在使用中各层的适当成形和正常的工作）列于表1。

2·11 路面结构设计时，应力求保证刚性上层平缓地过渡到刚性较低的下层，以改善接触面的应力状态。用低粘性材料铺成的相邻两层的弹性模量比不应超过5~6。

2·12 在道路结构中采用以各种方式加固的材料和土壤层是极为先进的措施，用结合料掺加剂加固将大大提高材料的刚性（弹性模量），强度特性和耐久性。利用软质的自然状态下不适用的材料是可能有充分价值的。所有这都可以大大降低路面结构物的造价，特别是在缺石料的地区。经验证明，用结合料加固的材料和土壤成功地用于不同的自然条件和道路结构的任何部分，而仅需要防止汽车车轮的直接作用（特别是用无机结合料加固的材料）。必须提出的要求是在现有条件下保证加固材料的水稳性和抗冻性。根据这个要求规定加固所需结合料的最小数量，不应力求增加其含量。因有机结合料数量增加到超过最高的必要量时，通常会降低材料的强度，而在用水泥加固的材料中则将造成过大的刚性，从而促进大量裂缝的形成。

材料和土壤的加固方法是根据现有结合料的种类、专用机械、气候条件及其他因素选定的。

在高级道路上应当采用厂拌的混合料，以保证配料精确拌和均匀。

2·13 如果大空隙材料（碎石等）铺筑在粘土、亚粘土和粉土上，则应设置隔离层，以防止多孔隙的材料和潮湿的土壤相互渗入。隔离层应当用潮湿时不转变为塑性状态的砂或

其他材料鋪筑。

隔离层的厚度按结构上的考虑确定，但不小于 5 厘米。

2·14 在有高级面层的道路和街道上，路面边缘应当加固，以防止啃边和阻止水分从表面进入基层。加固路面边缘可用设置高于车行道（在城市条件下）或与车行道齐平的路缘石的办法，也可用阶梯形加宽路面每一下卧结构层的办法来加固路面边缘。

2·15 道路上的路肩根据建筑规范的规定加固，路肩加固的结构按单个汽车车轮的作用计算，而没有荷载的冲击作用和重复性安全系数。

停车场和停车道上的路面也作为车行道的路面计算。

3 路面强度的计算

计 算 荷 载

3·1 路面要按通行最重的汽车或其他运输工具计算，计算时要考虑这些汽车和运输工具在路面下一次大修以前的计算期限内，在路上的系统运行情况。

3·2 在设计没有特殊要求的普遍道路网的道路时，采用国定全苏标准（ГОСТ）9314-59条按汽车和汽车拖车的重量参数及尺寸规定的静载作为计算荷载（见附录 1 表 1）。在设计城市街道和广场的路面时，采用附录 1 表 2 所列的计算荷载。

对于有特殊要求（工矿及其他专用道路）的道路按该路所预计通行的荷载来计算。

各种主要汽车和无轨电车的计算参数列于附录 1 表 3。

3·3 公路和城市街道的路面按下一次大修期限前所预计的交通量计算。计算交通量时，这个期限采用：对于高级路

面——15年，对于次高级路面——10年，对于过渡式路面——8年。

3.4 交通密度以一条行车最繁密的车道内每昼夜所通过的汽车数量来计算。

计算密度是按远景的交通组成来确定的，这时要把较轻的汽车换算成计算汽车。换算是把后轴上有某种荷载的双轴汽车的数量乘上附录1表4里所列的相应的系数。

在计算换算的交通密度时，把三轴车当作两部具有相应轴荷载的汽车，对汽车车队则车队上有多少轴就看成是多少辆汽车。

对于单车道路面采用换算的双向行车总密度作为计算密度；对于双车道和三车道（没有分车带）则采用双向总密度的0.7倍。

对于具有分车带的四车道路面（每个方向为双车道交通）采用双向总密度的0.35作为计算密度，但不大于单车道的通行能力。

当每个方向的车道数在2车道以上时，必须考虑交通运行的右方两条最外侧车道货运交通的集中情况进行计算。在这种情况下，每条车道的交通量应不低于换算的双向总密度的0.35（但不大于1条车道的通行能力）。

其余车道同样按A组的荷载（但在考虑这些车道预计的远景交通量的基础上而确定的计算密度情况下）设计。

3.5 如果路面的个别车道上有规定的专车行驶（例如，无轨电车），则对于个别的车道可以利用不同的计算荷载。

高级路面的计算

3.6 苏联和其他国家所进行的研究表明，在活荷载作用下，可以把工作于变形恢复阶段的柔性路面看成线性变形体

系，并且可利用弹性理论解来估算其应力状态。

现在的理论解可用来计算在表面轴对称荷载 (P 、 D) 作用下层状半无限体任意点的全部应力和位移分量。每层用弹性模量 E_i ，泊松比 μ_i 和厚度 h_i 表示 (图 1)。路基在垂直方向上是无限的。

应力与位移不仅在层次共同起作用 (层间连续) 时，而且在其接触面自由位移 (层间滑移) 时均可计算。

3.7 为保证路面使用时不累积残余变形，必须使结构层的任何一层和路

基土壤不出现塑性位移。整体材料层的连续性不受破坏和计算荷载作用下路面表面的弯沉不超过容许值。

如果不超过剪切极限平衡，则土壤和低粘性材料就不会发生塑性位移。

如果弯拉应力不超过该材料的容许值，则整体材料层的结构就不会破坏。

如果限制疲劳现象的发展和结构层材料结构的松散，则规定最大弯沉的标准可以进一步提高设计结果的可靠性。

3.8 对于高级路面，必须按所有三项标准——剪切、弯拉应力和弹性弯沉进行计算；每一项标准的强度系数 (容许应力或弯沉值与计算值之比) 应等于或大于 1。

由于所设计的路面结构与按各项标准计算的次序无关，所以计算的次序可以是任意的。但是最好是首先按弹性弯沉确定路面结构，然后按剪切极限平衡和弯拉应力计算。

在进行现有道路路面补强设计时，如果有关于最不利时

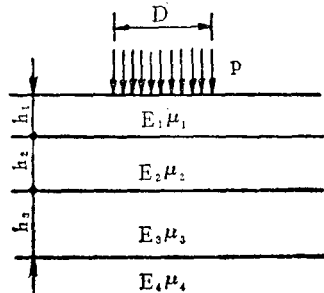


图 1 道路结构的计算图式

期计算荷载作用下现有道路结构实际弯沉值的可靠资料，则按弹性弯沉进行路面补强计算。在这种情况下，只有各补强层按抗剪强度和弯拉强度计算。

在设计有极重型交通（轴荷载大于12吨——工业用和其他专用道路）的道路路面时，则按土壤和低粘性材料的剪切作用以及整体材料层的抗弯拉强度计算。在这种情况下，不按路面的弹性弯沉值计算。

过渡式路面按弹性弯沉值计算而不按其他标准计算。

路面按容许弹性弯沉的计算

3.9 采用一年中湿度最不利时期，计算汽车荷载作用下路面的垂直变形（弯沉）值作为标准。按垂直变形计算路面结构要求的弹性模量：

$$E_{\text{TP}} = \frac{PD(1 - \mu^2)}{l} \quad (1)$$

式中： P ——计算汽车的单位压力，公斤/厘米²；

D ——计算汽车双轮胎接触面等面积圆的直径，厘米；

l ——路面标准弯沉，厘米；

μ ——泊松比，取 $\mu = 0.3$ 。

3.10 要求的弹性模量可按图 2 和 3 的诺模图确定。这两幅图是根据试验研究结果经统计整理而绘制的。

在诺模图中绘制了三种类型路面（高级的，次高级的，过渡式的）在计算荷载 A 和 B 组（普通道路网的道路）及 H-30 和 H-10（城市道路）时的要求弹性模量。垂直座标轴表示要求的弹性模量 E_{TP} 。水平座标轴表示路面使用最后一年内单车道的计算交通密度。

3.11 在对轴荷载为11500公斤（A组）或7000公斤（B组）的公共汽车进行计算时，按诺模图（见图2）对应的组

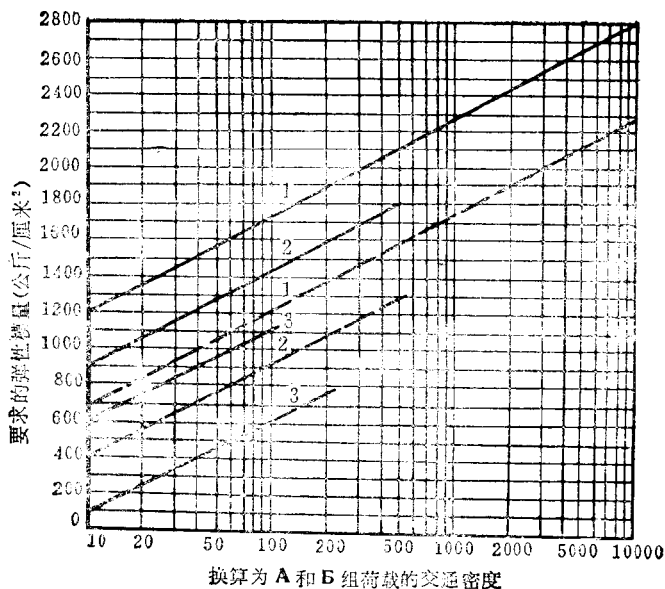


图2 ГОСТ 9314-58 条荷时的要求弹性模量

1-高级路面；2-次高级路面；3-过渡式路面

——A组荷载；---B组荷载

别所确定的要求模量应提高10%。

对于中亚细亚的条件，要求的弹性模量值应降低15%。

3.12 不管按诺模图（见图2和3）所获得的数据如何，要求的弹性模量应当是：对于普通道路网的道路，不低于表2所列数值，对于城市道路，不低于表3所列数值。

3.13 对于整个路面结构的要求弹性模量，则利用图4的诺模图逐层进行计算。这幅诺模图是根据双层半无限体弹性理论课题的解而绘制的，其上下层的弹性模量值为 E_1 和 E_2 ，上层的相对厚度 h/D ，双层体系表面的整体弹性模量值 $E_{\text{обм}}$ 。如果已知上述数值中的四个值，就可以求出第五个数

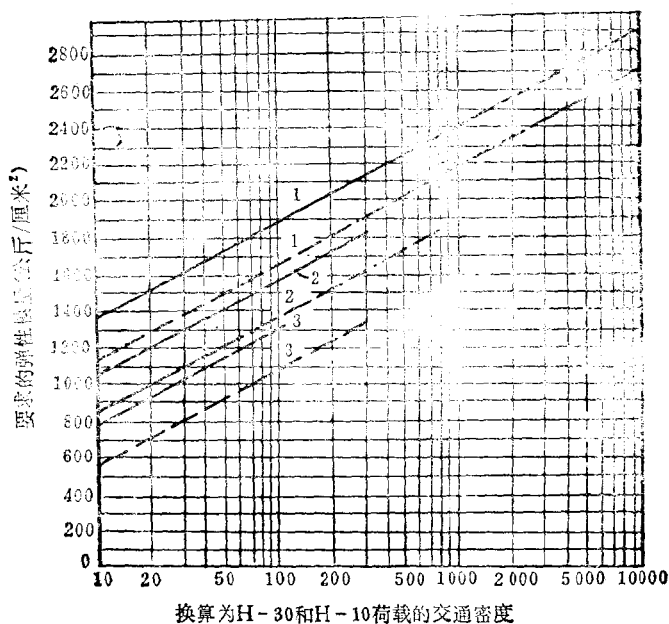


图3 荷载H-30及H-10要求的弹性模量
 ——荷载H=30时；---荷载H=10时
 1-高级路面；2-次高级路面；3-过渡式路面

表2

道路等级	单车道上每昼夜 计算汽车的数量		路面		
			高级	次高级	过渡式
	A组	B组	弹性模量公斤/厘米 ²		
I	500		2100		
II	150		1850	1500	
III	70	700	1650	1350	
IV		250	1500	1150	850
V		100		900	650