



沥青路面可靠性评价与决策

李志栋 主任





汇报内容

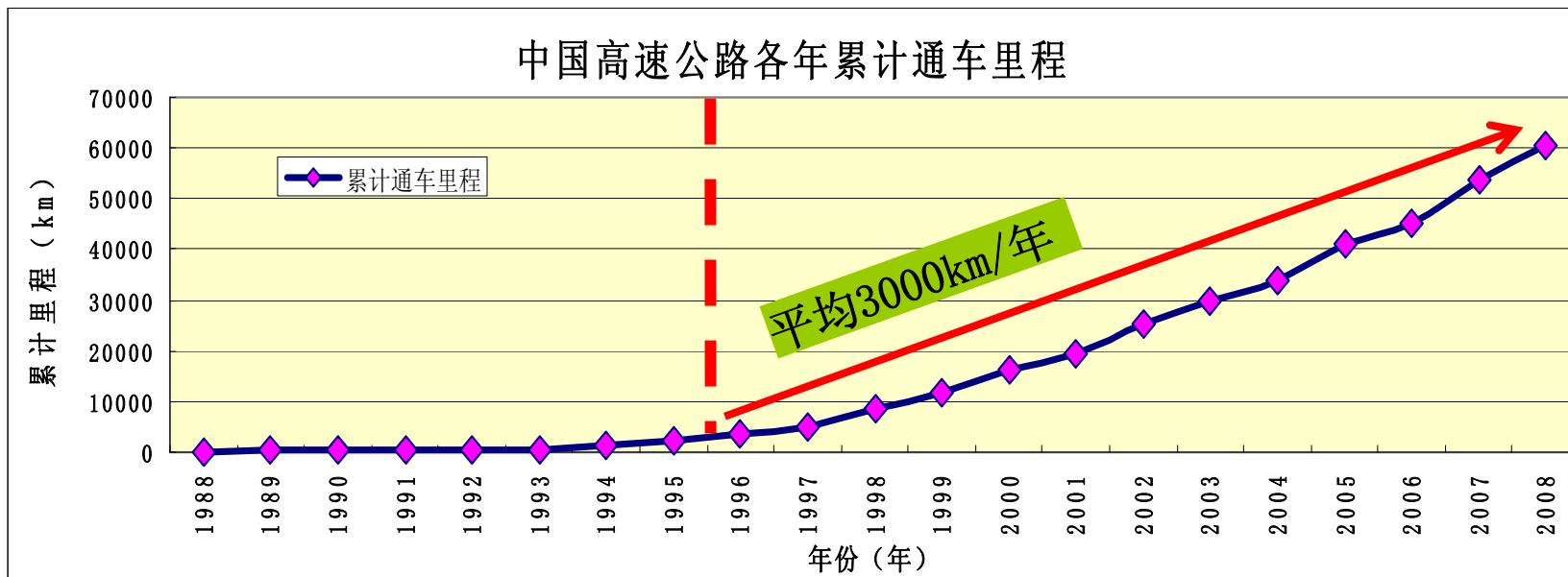
- 目前中国的路面评价体系现状
- 可靠性评价体系
- 表观可靠性水平计算
- 沥青路面材料可靠性水平计算
- 考虑内部损伤累积水平的可靠性水平
- 沥青路面评价及养护对策





一、目前中国的路面评价体系现状

❖ 经过20年建设中国公路经历了前所未有的发展



❖ 中国地域辽阔、气候环境复杂





❖ 目前的检测评价体系

(路面使用性能指数)

路面损坏状况指数

路面抗滑性能指数

路面行驶质量指数

路面车辙深度指数

路面结构强度指数

$$PCI = 100 - \alpha_0 \left(100 \times \frac{\sum_{i=1}^{i_0} w_i A_i}{A} \right)^{\alpha_1}$$

$$SRI = \frac{100 - SRI_{\min}}{1 + \alpha_0 e^{\alpha_1 SFC}} + SRI_{\min}$$

$$RQI = \frac{100}{1 + \alpha_0 e^{\alpha_1 IRI}}$$

$$RDI = \begin{cases} 100 - a_0 RD \\ 60 - a_1 (RD - RD_a) \\ 0 \end{cases}$$

$$PQI = W_{PCI} PCI + W_{RQI} RQI + W_{RDI} RDI + W_{SRI} SRI$$

PQI	≥90	优
	≥80, <90	良
	≥70, <80	中
	≥60, <70	次
	<60	差

- ◆ 仅对表观状况进行评定
- ◆ 没有考虑到材料性能衰变
- ◆ 缺乏决策的预见性

- ◆ 急需从性能衰变及其结构内部损伤累积机理出发
- ◆ 考虑路面在经受荷载作用过程的可变性因素
- ◆ 引入可靠性理论的评价方法对其进行合理评价





❖ 水泥路面设计

设计可靠度以行车荷载和温度梯度综合作用产生的疲劳断裂作为极限状态

$$\gamma_r (\sigma_{p_r} + \sigma_{tr}) \leq f_r$$

变异水平	目标可靠度 (%)			
	95	90	85	80
低	1.20~1.33	1.09~1.16	1.04~1.08	—
中	1.33~1.50	1.16~1.23	1.08~1.13	1.04~1.07
高	—	1.23~1.33	1.13~1.18	1.07~1.11

❖ 沥青混凝土路面

设计可靠度以表面最大弯沉和整体结构层底最大弯拉应力作为设计的极限状态

$$P_1 = P(l_d - l_s)$$

$$P_2 = P(\sigma_R - \sigma_m)$$

$$P_3 = P(N_0 - N_e)$$

❖ 在役结构的可靠度理论研究

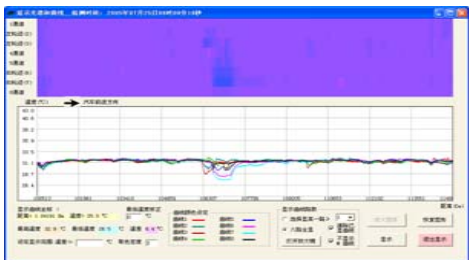
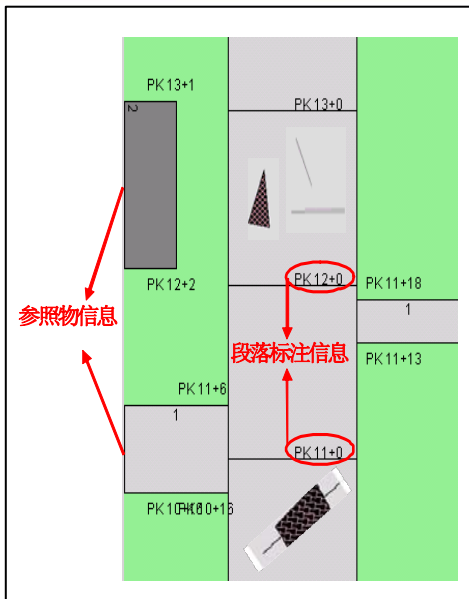
考虑了随时间变化的可变荷载效应影响，建立极限状态函数

$$P_s(t_s, T_s) = P\{Z(t_1, t) \geq 0, t \in [t_1, t_1 + T_s]\}$$





三
表观可靠性水平计算



$$S_i = S_{i-1} + (D_i - \overline{D_i})$$

$$P_{s(i)} = 1 - \frac{F_i}{F}$$

$$P_s = \prod_{i=1}^4 P_{s(i)}$$

$$P_s^{tem} = \frac{N_{Tgood}}{N_{Tall}}$$

$$P_s = P_s^{tem} + k(1 - P_s^{tem})$$





四、沥青路面材料可靠性水平计算

❖ 材料可靠性水平模型

$$P = \int_{-\infty}^{ki} f(K) dK$$

❖ 材料储备系数模型

材料可靠性水平 P_m	
塑性变形	P_{11}
	P_{12}
温度裂缝	P_2
疲劳裂缝	P_3
抗水损	P_4



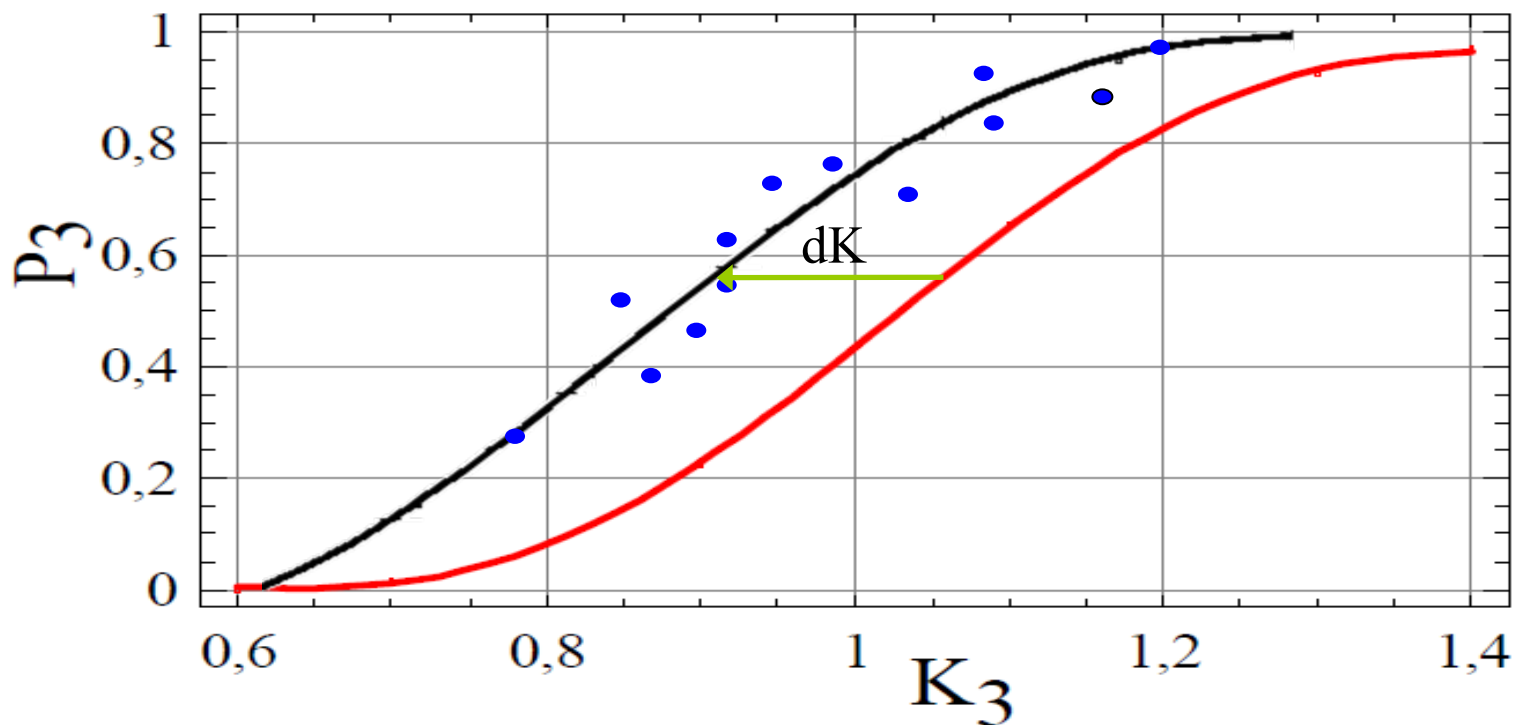
材料储备系数 K	
抗塑性变形	K_{11}
	K_{12}
抗温度裂缝	K_2
抗疲劳裂缝	K_3
抗水损	K_4





五、考虑内部损伤 Ψ 沥青路面材料可靠性水平的影响

$$P_m (1 - \Psi) \approx P_s$$

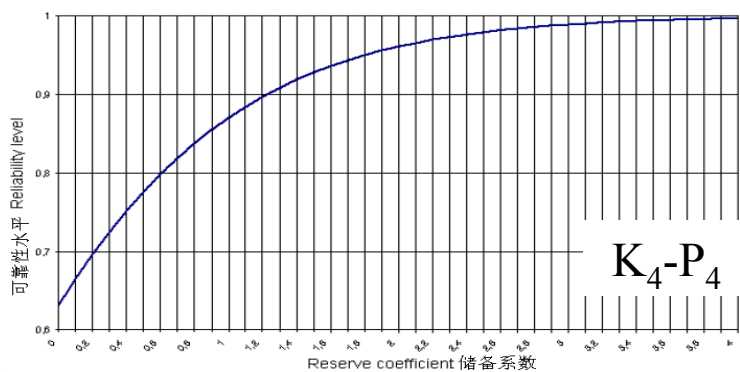
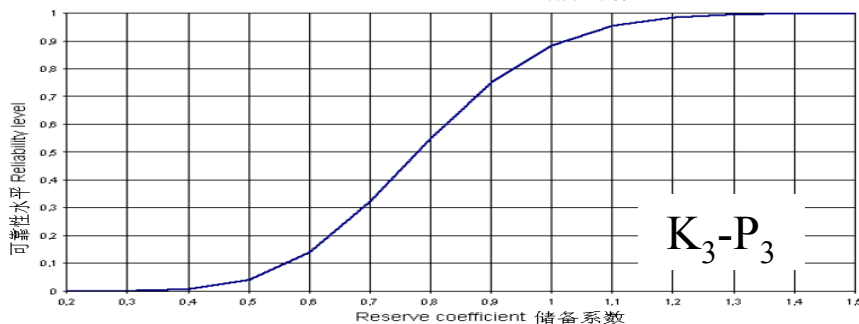
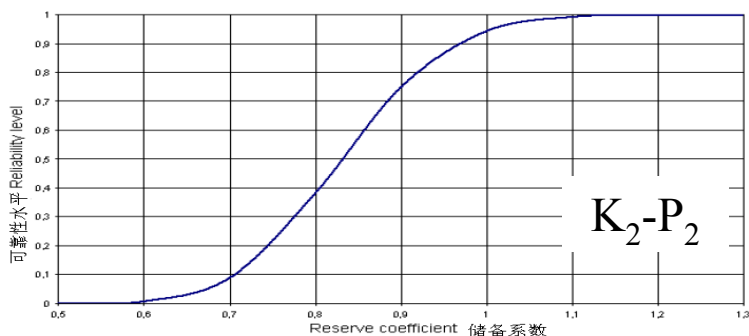
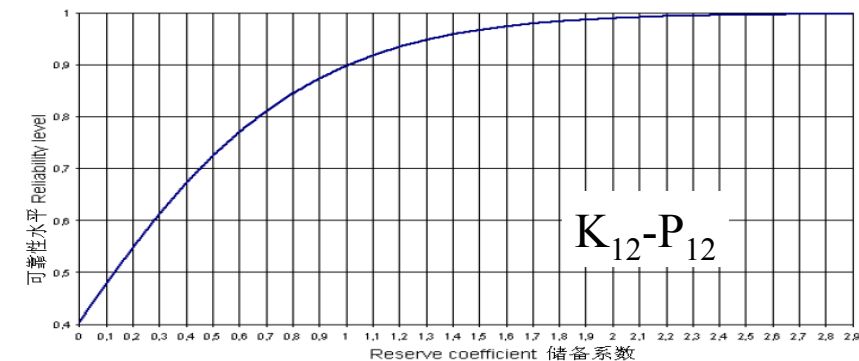
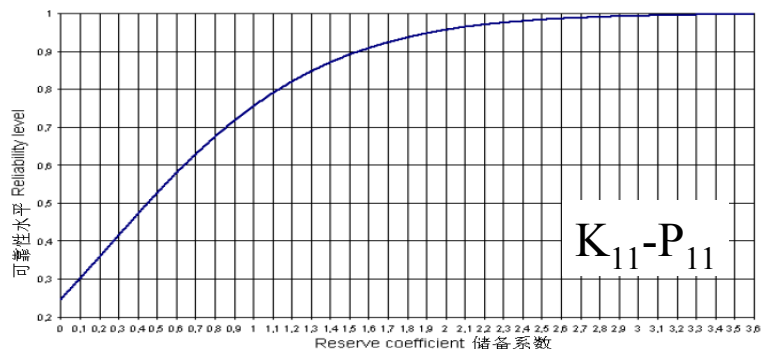


伽马分布函数状态参数 n 、 θ 、 a , 通过调整位置参数 a 进行K-P曲线平移。





修正后的材料可靠性水平曲线

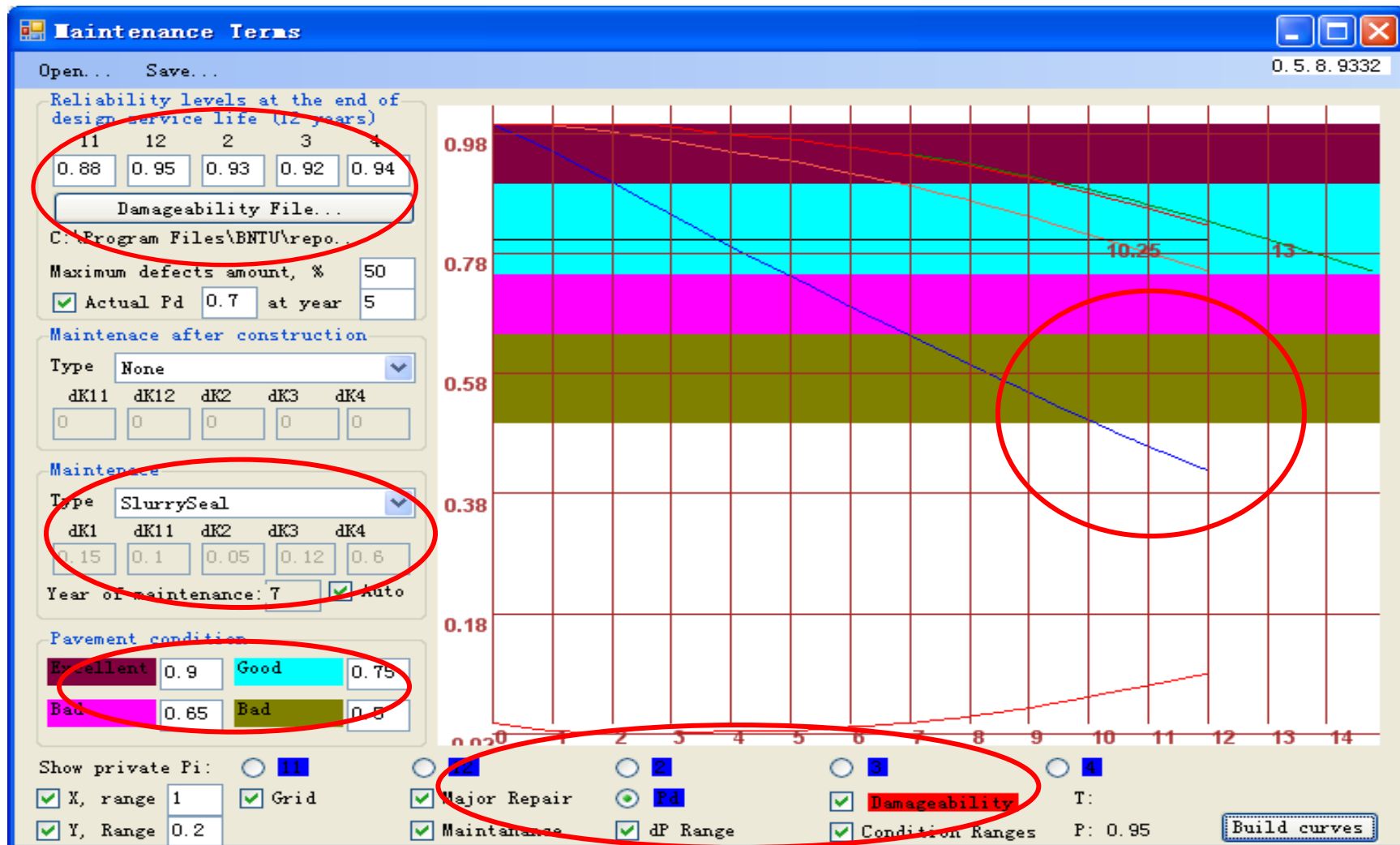


储备系数	n	θ	a
K_{11}	3.46317	6.66314	1.38
K_{12}	3.77621	4.9331	1.09
K_2	94.4933	91.9871	0.14
K_3	37.1084	42.2067	0.35
K_4	1.67981	2.98423	1.93





六、应用“China Reliability”软件进行评价和决策





❖ 沥青路面抗破损总可靠性水平评价

$$P_d^t = \sqrt{P_{11}^t \cdot P_{12}^t} \cdot P_2^t \cdot P_3^t \cdot P_4^t (1 - \psi^t)$$

措施级 指标	等	优	良	中	次	差
			≥ 0.9	0.75~0.9	0.65~0.75	0.5~0.65
P_d^t		只进行改善服务水平的措施（如进行雾封层）	采取微表处、碎石封层、纤维封层、碎石封层等养护	加铺补强层，实施Nova Cheap，沥青混凝土层（2-3cm）等	铣刨旧面层后铣刨（铣刨的面层厚度为h，加铺的厚度不应小于h+1cm）	进行大修（进行专门的设计）





❖ 沥青路面分项可靠性水平评价

$$P_i^{t'} = P_{m(i)}^t \sqrt[4]{1 - \psi^t}$$

措施 指标	等级		
	好	中	差
P ₁₁ (抗剪切)	≥0.95	≥0.85, <0.95	<0.85
	暂不处治	局部铣刨或微表处填补	铣刨加铺热沥青或微表处
P ₁₂ (抗压)	≥0.95	≥0.85, <0.95	<0.85
	暂不处治	局部铣刨或微表处填补	铣刨加铺热沥青或微表处
P ₂ (抗温裂)	≥0.90	≥0.90, <0.80	<0.80
	直接灌缝	微表处、(纤维)碎石封层、Novachip	铣刨加铺热沥青或微表处
P ₃ (抗疲劳)	≥0.85	≥0.75, <0.85	<0.75
	局部雾封层	挖补、填补	挖补、铣刨罩面
P ₄ (抗水损)	≥0.90	≥0.75, <0.90	<0.75
	雾封层	微表处、稀浆封层、碎石封层	Novachip

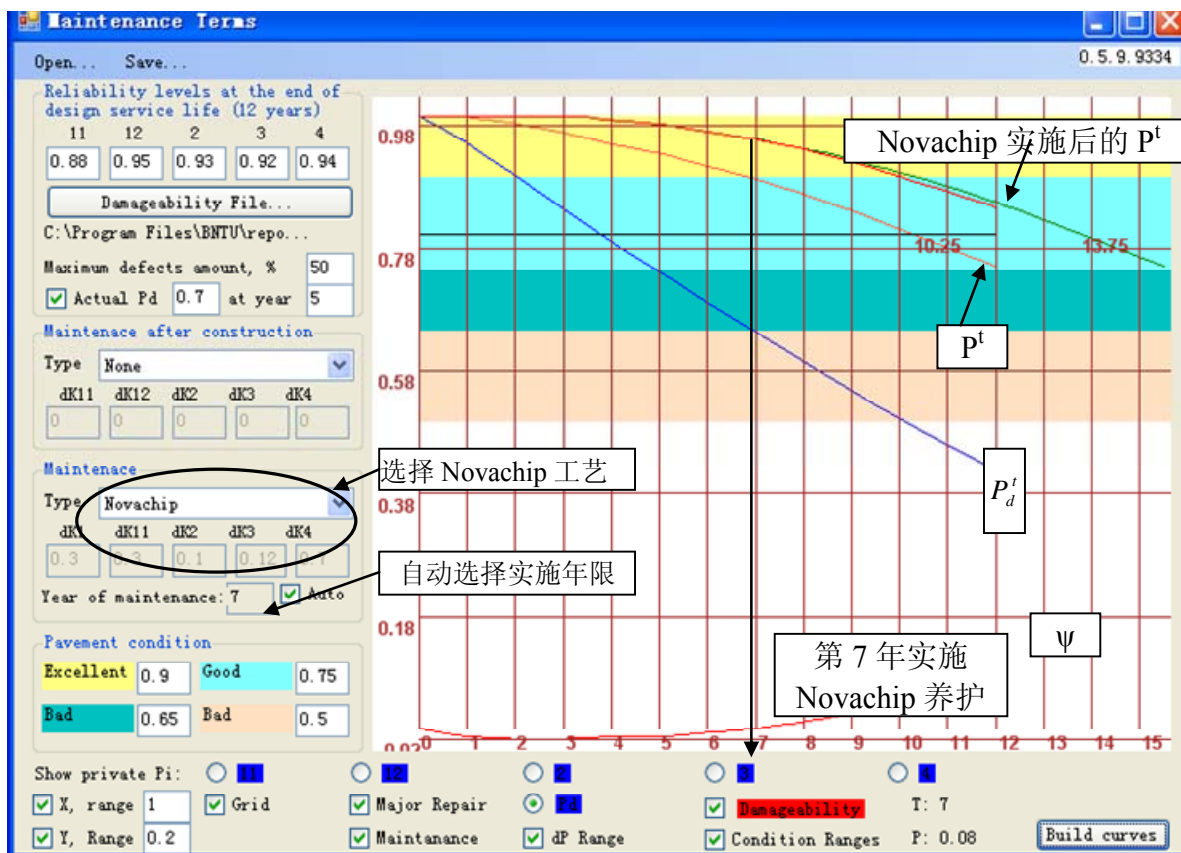




最佳养护时机及养护工艺确定

评价指标:

第 t 年的总可靠性水平 P^t



工艺的储备系数增量

dK_{12}	dK_2	dK_3	dK_4
0	0.03	0	0.25
0.1	0.04	0.065	0.35
0.15	0.04	0.08	0.5
0.1	0.05	0.12	0.6
0.3	0.1	0.12	0.7
0.4	0.5	0.5	0.6
0.1	0.11	0.08	0.7
0.15	0.065	0.07	0.5





谢谢各位专家
提出宝贵意见

