中英有关港口道路铺面设计规范对比分析

伍志斌，陈　锦
（中交第二航务工程勘察设计院有限公司，湖北 武汉 511442）

摘要：对比分析中英规范关于港口道路铺面设计的计算步骤、方法及差异，并通过某工程采用的铺面结构计算实例进行对比说明，为海外港口工程中的铺面设计提供参考。

关键词：道路铺面设计；铺面类型；对比分析

中图分类号：U 652.7　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1002-4972(2014)09-0093-04

Comparison and analysis of codes for road pavement design of port area between China and the UK

WU Zhi-bin, CHEN Jin
(CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 511442, China)

Abstract: This paper compares and analyses the calculation steps, methods and differences upon the road pavement design for the port area between Chinese and British codes and specifications. Meanwhile, we adopt an actual engineering example upon the road pavement calculation for comparison and proof. The result may serve as reference for the pavement design in the overseas port engineering.

Keywords: road pavement design; pavement type; comparison and analysis

目前，国内港口工程采用 JTJ 296—1996《港口道路、堆场铺面设计与施工规范》[1] 作为铺面结构厚度计算的技术标准，而英国港口工程铺面结构设计采用 *The Structural Design of Heavy Duty Pavement for Ports and Other Industries*（Edition 4）[2] 作为技术标准。本文基于这 2 个技术标准，对中英关于港口道路铺面设计的规范进行对比分析，为今后海外港口工程设计提供参考。

1　计算步骤

1.1　中国规范

中国规范关于港口道路铺面设计的步骤大体可分为：标准荷载作用总次数计算和结构组合及结构层厚度设计。针对不同的铺面类型，标准荷载作用次数的计算方法基本相同，但结构层厚度设计采用不同的方法，具体的计算步骤见图 1。

1.2　英国规范

英国规范一般先拟定面层材料主要为 8 cm 联锁块 +3 cm 砂垫层或 4 cm 磨耗层 +6 cm 沥青底层，基层采用弯曲应力为 20 MPa 的 C10 的水稳材料（CBGM）为标准材料进行基层设计，其他铺面类型通过材料换算系数来确定各类结构层厚度[3]。具体计算步骤见图 2。

收稿日期：2014-01-23

作者简介：伍志斌（1987—），男，硕士，助理工程师，主要从事港口工程设计工作。

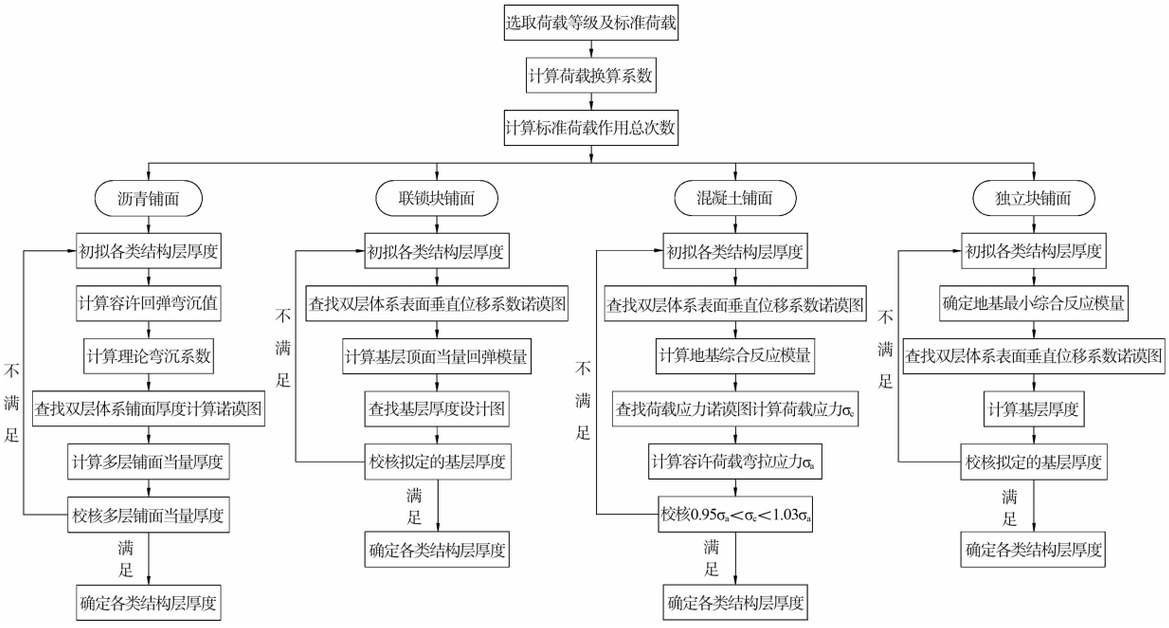

图 1　中国规范关于港口道路铺面设计流程

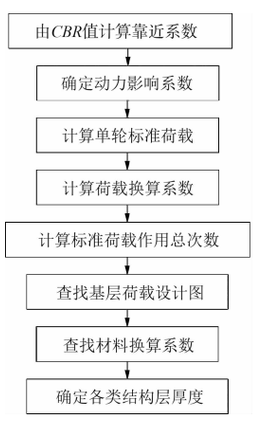

图 2　英国规范关于港口道路铺面设计流程

2　计算实例

2.1　设计条件

7 m 宽进港道路，路基为土基，地基承载比 $CBR = 10\%$，回弹模量 50 MPa。采用混凝土大板铺面，设计使用年限为 30 a。道路上的主要流动机械为 55 t 卡车，年运行次数为 42 000 次。55 t 卡车前轮接地面积为 30 cm × 20 cm，中后轮接地面积为 60 cm × 20 cm，跨距为 1.8 m，轴距及单轮荷载如图 3 所示。

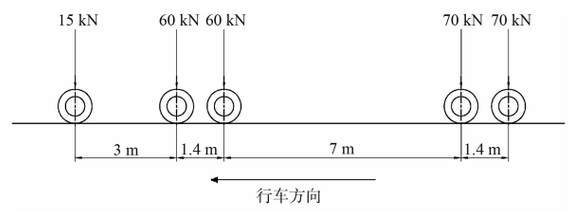

图 3　55 t 卡车轮载示意

2.2　中国规范计算方法

1）标准荷载作用总次数计算。

分析 55 t 卡车荷载，选取 P2 级荷载为标准荷载：轮载 $Q_K = 100$ kN，接地面积 $A_K = 1\ 000\ \text{cm}^2$，接地压强 $P_K = 1$ MPa。

考虑单轮轮型系数及旁侧轮修正系数的影响，采用荷载换算系数公式，可得到双后轴、双中轴以及单前轴的荷载换算系数分别为：$\eta_1 = 0.021$，$\eta_2 = 0.002$，$\eta_3 = 0.000\ 1$。

道路宽 7 m，考虑铺面折减系数 $\eta_{r_2} = 0.62$，使用期 30 a 的道路标准荷载作用总次数：

$$N_m = tN\ (\eta_1 + \eta_2 + \eta_3)\ \eta_{r_2} = 17\ 968\ \text{次}$$

式中：t 为设计使用年限；N 为流动机械年运行次

数；η_1、η_2、η_3 分别为双后轴、双中轴以及单前轴的荷载换算系数；η_{r_2}为铺面折减系数。

2）结构组合及结构层厚度设计。

P2 级荷载：初估混凝土大板板厚为 28 cm，设计弯拉强度为 5 MPa，强度相当于 C40[4]；基层为 30 cm 碎石，抗压回弹模量为 150 MPa。按双层体系表面垂直位移系数诺谟图计算的基层顶面当量回弹模量为 90 MPa，地基综合反应模量 K = 95 MPa，板的相对刚度半径为 87.7。

考虑动荷系数为 1.2，动力折减系数为 0.9，按荷载应力诺谟图确定标准荷载应力为 2.7 MPa，计算荷载应力 $\sigma_c = 2.92$ MPa。

流动机械一次作用：考虑温度应力折减系数为 0.77，铺面等级系数为 0.8，设计弯拉强度为 5 MPa的大板容许荷载弯拉应力 $\sigma_a = 3.08$ MPa。

流动机械重复作用：考虑疲劳折减系数为 0.7，温度应力折减系数为 0.91，铺面等级系数为 0.8，混凝土强度增长系数为 1.2，设计弯拉强度为 5 MPa的大板容许荷载弯拉应力 $\sigma_a = 3.02$ MPa。

重复作用与一次作用容许荷载弯拉应力比较取小值 $\sigma_a = 3.02$ MPa，满足 $0.95\sigma_a < \sigma_c < 1.03\sigma_a$，初拟结构层厚度满足要求：28 cm 现浇混凝土大板，30 cm 碎石基层。

2.3　英国规范计算方法

土基承载比 $CBR = 10\%$：

$$有效计算深度 = 300 \times \sqrt[3]{\frac{35\ 000}{CBR \times 10}} = 2\ 115\ \text{mm}。$$

中后轴考虑车轮间距为 1 400 mm 和 1 800 mm，车轮靠近系数分别为 1.5 和 1.25；前轴考虑车轮间距为 1 800 mm，车轮靠近系数为 1.25，考虑靠近系数的各轮轮载值：后轮：$Q_1' = 122.5$ kN；中轮：$Q_2' = 105$ kN；前轮：$Q_3' = 18.75$ kN。

动力影响系数 0.7 包括转弯系数 0.3、加速系数 0.1、刹车系数为 0.1 及不平整系数 0.2，考虑动力影响系数的各轮轮载值：后轮：$Q_1 = 208.3$ kN；中轮：$Q_2 = 178.5$ kN；前轮：$Q_3 = 31.875$ kN。

选取 208.3 kN 为当量轮载标准值，其他轮载转换为当量轮载：Q_2等效为 0.56；Q_3等效为 0.001。

道路使用期 30 a 的当量轮载的总作用次数为 3 932 460 次，可按 4 000 000 次选取。

由当量轮载标准值 208.3 kN 及总作用次数 4 000 000次，按基层厚度设计图表 4 确定 C10 CBGM厚度为 32 cm。

根据土基 $CBR = 10\%$，底基层取为 15 cm 碎石；面层选取 8 cm 联锁块 + 3 cm 砂垫层。

若选取混凝土大板铺面，考虑现浇 C40 素混凝土大板，根据英国规范[1,3]，换算系数为 0.6，所需大板厚度为 25.8 cm，结构厚度要求：26 cm 混凝土大板，15 cm 碎石底基层（图 4）。

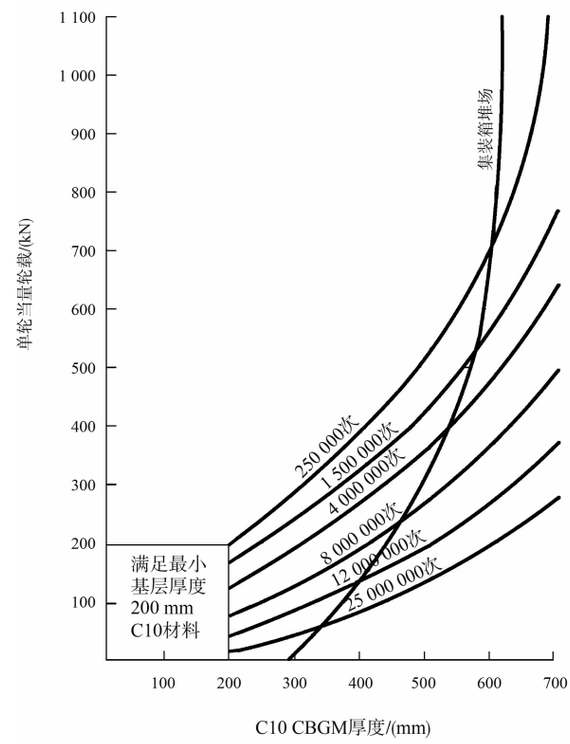

图 4　基层厚度设计

3　对比分析

从计算步骤和计算实例两方面对比了中英规范关于港口道路铺面设计，总结来说可以将铺面设计分为：地基设计、基层设计及面层设计，而面层材料对整个铺面结构强度影响很小，面层主要功能是保护面层下的各层以使铺面结构保持整体性。中英规范关于面层设计均主要考虑正常工作条件的要求，没有考虑结构上的要求。现将中英规范有关港口道路铺面设计存在的差异总结见表 1。

表 1 中英规范铺面设计差异

名称	中国规范	英国规范
地基要求	地基的压实度不小于90%,且需满足地基的回弹模量不小于20 MPa	以地基承载比 *CBR* 作为地基设计参数,对于 *CBR*≥5% 的地基,只需要设置 15 cm 的碎石底基层;而对于 *CBR* = 1% ~ 4% 地基,还需要设置 25 ~ 90 cm 的垫层
临近系数	轮组系数、旁侧轮或邻轴修正系数	考虑 *CBR* 及轮距的影响,采用靠近系数
动力影响系数	动力折减系数	转弯系数、加速系数、刹车系数及不平整系数
结构层厚度计算	不同铺面类型采用不同方法	采用同一方法,通过材料换算系数进行转化

4 结语

1）关于地基设计，相比英国规范采用的地基承载比 *CBR* 值，中国规范采用地基压实度及地基回弹模量更难获得，且国际上港口工程也普遍采用 *CBR* 值，因此这方面英国规范更有优势。

2）关于标准荷载及标准荷载作用总次数的选取及计算，中国规范在选用临近系数及动力影响系数上较笼统，物理含义不太明确；而英国规范考虑得比较全面，定义清晰，更易于取值。

3）关于设计方法，中国规范进行铺面设计繁琐、复杂，设计中查用了大量的诺谟图容易形成人为误差累计，导致设计出来的结果可能失真，而且设计中经常遇到设计数据超出诺谟图范围的情况；英国规范通过采用基层厚度设计图表进行 CBGM 的厚度设计，然后通过采用材料换算系数进行其他基层类型的设计，设计方法简单、清晰。

综上所述，对于港口道路铺面的设计，中国规范针对不同铺面类型采用不同的设计方法，更有针对性；而英国规范采用统一的设计方法，设计思路清晰、明了，设计参数的选取更加明确、合理，计算过程也更便于检查。

参考文献：

[1] JTJ 296—1996 港口道路、堆场铺面设计与施工规范[S].

[2] The Structural Design of Heavy Duty Pavement for Ports and Other Industries: Edition 4 [S].

[3] UK Highways Agency. The Manual of Contract Documents for Highway Works: Vol 1, Specification for Highway Works-Series 800, 900 & 1000[S] .

[4] JTG D40—2011 公路水泥混凝土路面设计规范[S].

（本文编辑 郭雪珍）

·消 息·

港珠澳大桥沉管隧道首条大 Omega 止水带安装成功

9 月 2 日，港珠澳大桥沉管隧道首条大 Omega 止水带（高水压下 120 a 设计使用寿命止水带）成功安装，安装各项指标合格，安装质量和接驳水平得到外国专家的充分肯定。

据了解，港珠澳大桥沉管隧道管节水密防护采用橡胶止水带止水方案，在不同位置分别安装 GINA 止水带、中埋式止水带和两种型号的 Omega 止水带，其中，大 Omega 止水带安装在沉管管节接头处，与 GINA 止水带成对使用；小 Omega 止水带安装沉管节段接头处，与中埋式止水带成对使用。大 Omega 止水带是保证隧道管节接头水密性的重要构件，是沉管隧道多重保护措施中的重要一环，在沉管隧道遭遇地震、爆炸、撞击等异常情况，导致 GINA 止水带止水失效时，大 Omega 发挥防水功能，同时还兼备保护 GINA 止水带的作用。

大 Omega 止水带的顺利安装，为后续隧道内部施工打下良好基础，也为公司同类施工积累了重要经验。

（摘编自《中国交通建设网》）