

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.12.008

# 场内道路水泥路面设计影响因素及典型路面结构

徐显芬, 张 波

(中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550081)

**摘 要:** 水利水电工程场内道路专供水利水电工程施工使用, 道路运量大、车辆轴载大、使用年限短、使用期运输强度高, 每条道路的总运量和运输用自卸汽车型号明确, 提出了适用于水利水电工程场内道路水泥混凝土路面结构设计新的计算方法。分析研究该计算方法中各个影响因素对路面板厚的影响程度, 并结合某水电站场内道路的交通信息, 对不同总运量和不同运输用自卸汽车适合的路面结构组合进行了计算, 这些计算结果可作为其他类似工程路面结构设计的参考。

**关键词:** 水利水电工程场内道路; 影响因素; 影响程度; 水电站场内交通信息

**中图分类号:** U416.216

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)12-0038-05

## 0 引言

水利水电工程场内道路行驶车辆轴载很大, 交通特征与厂矿道路相同<sup>[1]</sup>, 常采用文献[2, 3]进行路面设计。然而在规范运用过程中, 发现诸多不适用性<sup>[4]</sup>, 且针对此领域的研究甚少。笔者根据场内道路交通特征<sup>[5-7]</sup>, 推导出新的适用于场内道路路面结构设计的计算方法<sup>[4, 8]</sup>, 该方法的运用可增加计算的准确性, 达到更好的经济效益和社会效益。

## 1 水利水电工程场内道路水泥混凝土路面结构设计计算方法

场内道路设计轴载累计作用次数计算流程见图 1。

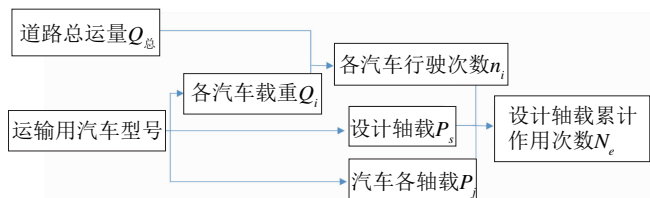


图 1 场内道路设计轴载累计作用次数计算流程图<sup>[8]</sup>

场内道路设计轴载累计作用次数<sup>[8]</sup>:

汽车  $i$  满载载重  $Q_i$ , 运输次数  $n_i$ , 即:

$$Q_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n n_i Q_i \quad (1)$$

式中:  $i$  为运输汽车种类,  $i=1 \sim n$ 。

各级轴载换算为设计轴载累计作用次数  $N_e$ :

$$N_e = \eta_1 \eta_2 \sum_{i=1}^n n_i \sum_{j=1}^m (P_j / P_s)^{11} \quad (2)$$

收稿日期: 2023-12-15

作者简介: 徐显芬(1987—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事道路桥梁勘察设计工作。

式中:  $\eta_1$  为车辆轮迹横向分布系数, 水利水电工程单车道取 0.5 ~ 0.65, 双车道取 0.4 ~ 0.5;  $\eta_2$  为车道分配系数, 水利水电工程道路单车道取 1, 双车道取 0.5, 若双车道设置分道行驶, 即载重车仅行驶于某侧, 取 1;  $j$  为汽车轴数,  $j=1 \sim m$ ;  $P_j$  为汽车第  $j$  级轴载, kN;  $P_s$  为设计轴载, kN。

使用式(1)、式(2)和附录 B<sup>[3]</sup>计算出混凝土板厚, 并与按文献[2]计算板厚进行对比。通过大量计算对比分析, 验证了按式(1)、式(2)和附录 B<sup>[3]</sup>计算混凝土板厚的方法适用于水利水电工程场内道路路面结构设计。

## 2 各影响因素的影响程度

式(1)、式(2)及附录 B<sup>[3]</sup>系列公式中, 存在自然分区、水泥混凝土粗集料类型、路床顶回弹模量、基层材料及厚度、板长、运量及轴载、车道数等影响因素。

假定场内某单车道三级道路, 自然分区为三区, 道路总运量 1 000 万 t, 采用东风牌 EQ3318GFV3 型自卸汽车<sup>[9]</sup>(18.2 t)运输, 车道系数取 1, 超载系数取 1, 路床顶面综合回弹模量取 80 MPa, 材料疲劳指数取 0.057, 综合系数取 1, 粗集料为砂岩, 板长 4.5 m, 土路肩接缝应力折减系数取 1, 混凝土设计弯拉强度取 5 MPa, 可靠度系数取 1.07。方案 1 基层采用 20 cm 级配碎石, 弹性模量取 300 MPa, 方案 2 基层采用 20 cm 水泥稳定碎石, 弹性模量取 2 000 MPa。

以下研究这些影响因素对路面板厚的影响程度。在分析每个因素时, 只有该因素变化, 其他因素保持

不变,以便准确地评估每个因素对路面板厚的影响。

### 2.1 自然分区

根据《公路自然区划标准》中自然分区计算各自然分区所需板厚。

自然分区对路面疲劳应力的影响,主要表现为温度疲劳应力,由表1知,板厚对温度升降变化敏感度较小。

表1 不同自然分区所需板厚计算值

自然分区	最大温度梯度 / ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$ )	方案1板厚 / cm	方案2板厚 / cm
2	83	21	19
	88	22	19
3	90	22	19
	95	22	20
4	86	21	19
	92	22	19
5	83	21	19
	88	22	19
6	86	22	19
	92	22	19
7	93	22	19
	98	23	20

### 2.2 水泥混凝土粗集料类型

水泥混凝土用粗集料由项目所在地岩质条件决定,计算采用不同粗集料所需板厚。

粗集料对路面疲劳应力的影响,主要表现为温度疲劳应力,由表2知,板厚对粗集料类型敏感度较大。

表2 不同粗集料所需板厚计算值

粗集料类型	线膨胀系数 / ( $10^{-6}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	方案1板厚 / cm	方案2板厚 / cm
石英岩	12	22	21
砂岩	12	22	21
砾石	11	21	20
花岗岩	10	21	19
玄武岩	9	20	18
石灰岩	7	19	17

### 2.3 路床顶回弹模量

路床材料和路床顶距地下水位的距离,决定路床顶回弹模量,计算不同路床顶回弹模量所需板厚。

由表3知:(1)当基层采用柔性材料时,基层抵抗荷载的贡献较小,主要由水泥混凝土面层抵抗荷载,此时板厚对路床顶回弹模量敏感度较小;(2)当基层采用半刚性材料时,基层抵抗荷载的贡献较大,此时板厚对路床顶回弹模量敏感度较大。

表3 不同路床顶回弹模量所需板厚计算值

路床顶回弹模量 /MPa	方案1板厚 /cm	方案2板厚 /cm
250	21	18
220	21	19
190	22	19
180	22	19
150	22	20
130	22	20
120	22	20
100	22	21
90	22	21
70	22	21
50	22	22
30	22	22
21	22	22

### 2.4 基层材料及厚度

计算采用不同基层材料所需板厚。

柔性材料弹性模量较小,抵抗荷载的贡献较小,而半刚性材料弹性模量较大,抵抗荷载的贡献较大。

由表4知:采用柔性基层时,板厚对基层材料敏感度小。采用半刚性基层时,当基层弹性模量较小时,板厚对基层材料敏感度较大;当基层弹性模量较大时,随基层弹性模量增大,板厚对基层材料敏感度降低。

表4 不同基层材料所需板厚计算值

方案1		方案2	
基层模量 /MPa	板厚 /cm	基层模量 /MPa	板厚 /cm
120	22	1 000	22
190	22	2 000	21
200	22	3 000	20
220	22	4 000	20
250	22	5 000	19
300	22	6 000	19
—	—	7 000	19
—	—	8 000	18
—	—	13 000	17

由表5知,面层增加,可大大减小所需基层厚度。

### 2.5 板长

计算采用不同板长所需板厚。

由表6知:路床顶回弹模量较大时,若基层为柔性基层,基层本身变形较大,板厚对板长尺寸敏感度相对较大;若基层为半刚性基层,基层本身变形较小,板厚对板长尺寸敏感度降低。

表5 模量1 000 MPa 基层不同厚度所需板厚计算值 单位:cm

基层厚度	方案2板厚	基层面层总厚度
0	22	22
13	21	52
39	20	59
44	19	63

表6 不同板长所需板厚计算值

路床顶回弹模量 /MPa	不同方案板厚 /cm	板长 /m				
		4	4.5	5	5.5	6
21	方案1	21	22	23	23	24
	方案2	21	22	23	23	24
120	方案1	21	22	23	23	23
	方案2	20	20	20	20	20
250	方案1	21	21	22	22	22
	方案2	19	18	18	18	18

由表3和表6知,路床顶回弹模量较小时,基层模量对板厚几乎无贡献,所以需要软对软弱地基进行换填加固处理。

### 2.6 运量及轴载

计算不同轴载、不同总运量所需板厚。

由表7知:(1)从横向看,板厚对道路总运量敏感度较小;(2)从纵向看,板厚对轴载敏感度很大。

表7 不同轴载不同总运量所需板厚计算值 单位:cm

轴载 /kN	100					190					250					360				
	方案	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
总运量 / 万 t	1 000	22	21	29	32	37														
	2 000	22	22	30	33	38														
	3 000	23	22	30	33	38														
	4 000	23	22	30	33	39														
	5 000	23	22	30	34	39														
	6 000	23	23	30	34	39														
	7 000	23	23	31	34	39														
	8 000	23	23	31	34	39														
	9 000	23	23	31	34	40														

因此在选用运输车辆时,尽量选用轴载较小的自卸汽车。同一个项目有多条道路时,应配备型号相当的自卸汽车,避免某条道路设计轴载小,而施工过程中需调配其余道路中较大轴载的自卸汽车在此道路上运输导致路面破坏。

### 2.7 车道数

计算不同车道数所需板厚。

由表8知,板厚对车道数敏感度较小。

表8 不同车道数所需板厚计算值 单位:cm

轴载 /kN	100		190	
	单	双	单	双
1 000	21	20	29	29
2 000	22	21	30	29
3 000	22	21	30	29
4 000	22	22	30	30
5 000	22	22	30	30
6 000	23	22	30	30
7 000	23	22	31	30
8 000	23	22	31	30
9 000	23	22	31	30

## 3 典型电站场内道路路面结构设计

### 3.1 典型水电站场内道路交通特征统计

某水电站为一等大(1)型电站,该电站场内道路有50余条,道路上的总运量从7.8万t~1亿t。电站实施采用5种自卸汽车,10、20、25、32、36、45t。每条道路上行驶的车型有1~4种,轴重种类多、载重吨位大、道路总运输数据差异大。因此本文以该电站场内道路为典型,计算各类自卸汽车运输时,对应各总运量区间,适用的路面结构。

统计该水电站场内道路交通信息,见表9。

表9 某水电站场内道路交通信息表

序号	通过车型	总运量 / 万 t
1	45 t 自卸汽车	2 700~10 000
2	25 t、32 t、45 t 自卸汽车	2 800~7 500
3	32 t 自卸汽车	1 000~6 000
4	25 t、32 t 自卸汽车、6 m <sup>3</sup> 混凝土搅拌运输车	2 000~6 000
5	20 t、25 t 自卸汽车	700~4 500
6	25 t 自卸汽车	150~4 500
7	20 t 自卸汽车、重大件运输车、小汽车、3 m <sup>3</sup> / 6 m <sup>3</sup> 混凝土搅拌运输车	100~1 500
8	10 t 自卸汽车	10~20

### 3.2 自卸汽车及设计轴载的选取

查得自卸汽车满载时后轴重之和为总重的80%左右,见表10。

中联重科 ZT70 矿用自卸车、中联重科 ZT95 矿用自卸车,满载时质量分布为前轴重20%,后轴总重80%<sup>[11]</sup>。

同力重工自卸汽车参数、徐工自卸汽车参数未提供其轴重<sup>[12]</sup>,按上述80%分配其满载后轴重,见表11、表12。

10 t 和 15 t 自卸汽车后轴重小于 100 kN,设计

表 10 常见自卸汽车参数<sup>[9,10]</sup>

自卸汽车型号	装载质量/t	总质量/t	轴数	满载轴重 1/kN	满载轴重 2/3/kN	满载后轴占比/%
陕汽通力 270 马力 6X4	20	32	3	80	130	76.47
陕汽通力 336 马力 6X4 宽体	23	46	3	100	180	78.26
陕汽通力 385 马力 6X4	37	60	3	120	240	80.00
宇通重工 375 马力 6X4	40	62	3	130	250	79.37
宇通重工 375 马力 6X4	50	76	3	160	300	78.95
陕汽通力 420 马力 6X4 宽体	56	80	3	160	320	80.00

表 11 同力重工自卸汽车参数<sup>[12]</sup>

设备型号	装载质量/t	总质量/t	后轴数	前轴重/kN	后轴重/kN
TL875B	60	90	2	180	360
TLD110D	70	115	2	230	460
TL980B	70	105	3	210	280
TL885A	68	102	2	204	408
TL883D	65	98	2	196	392
TL855D	40	65	2	130	260
TLK220B	14	22	2	44	88
TLK360B	24	36	2	72	144
TLK320	20	32	2	64	128
TL849	32	53	2	106	212
TLK190B	11	19.5	2	39	78

表 12 徐工自卸汽车参数<sup>[12]</sup>

设备型号	装载质量/t	总质量/t	后轴数	前轴重/kN	后轴重/kN
NXG5640DT	41	64	2	128	256
NXG3251	12.5	25	2	50	100
NXG3310D3KE	16	31	3	62.0	82.7
NXG3160D3ZA	8	16	1	32.0	128

轴载取 100 kN。按文献[3,13]设计轴载对陕汽通力 336 马力 6X4 宽体、同力重工 TLK220B 轴重进行调整。综合表 10~表 12,路面结构设计计算采用自卸汽车车辆参数见表 13。三一 350 马力 6 m<sup>3</sup> 混凝土搅拌运输车参数见表 14。

由第 2 节研究知,路面结构设计各影响因素中,

表 15 不同路面计算结构层 1 000 m<sup>2</sup> 投资

最小计算厚度/cm	定额单价/(万元/1 000 m <sup>2</sup> )	投资/万元	最小计算厚度/cm	定额单价/(万元/1 000 m <sup>2</sup> )	投资/万元	设计采用厚度/cm	定额单价/(万元/1 000 m <sup>2</sup> )	投资/万元
5	0.99		20	3.57		15	2.71	
20	3.58	14.79	31	5.47	18.97	20	3.58	16.51
32	10.22		31	9.93		32	10.22	

表 13 修正自卸汽车参数

设备型号	装载质量/t	总质量/t	后轴数	前轴重/kN	后轴重/kN
同力重工 TL875B	60	90	2	180	360
宇通重工 375 马力 6X4	50	76	2	160	300
同力重工 TL855D	40	65	2	130	260
陕汽通力 385 马力 6X4	37	60	2	120	240
同力重工 TL849	32	53	2	106	212
陕汽通力 336 马力 6X4 宽体	23(25)	46(48)	2	100	180(190)
同力重工 TLK320	20	32	2	64	128
同力重工 TLK220B	14(15)	22(24.2)	2	44	88(100)
同力重工 TLK190B	11	19.5	2	39	78

表 14 三一 350 马力 6 m<sup>3</sup> 混凝土搅拌运输车参数<sup>[10]</sup>

搅拌容量/m <sup>3</sup>	总质量/t	后轴数	前轴重/kN	后轴重/kN	设计轴载/kN
6.5	31	2	65×2	90×2	90

轴载为影响程度最大的因素,对路面结构设计起决定性作用。

因小汽车轴载小,可忽略。行驶在同一道路上的混凝土搅拌运输车的轴载小于自卸汽车轴载,选自卸汽车轴载为设计轴载。本电站大件最重件重 80 t,采用平板拖车运输,大件运输车辆的最重轴载约 210 kN,大于该道路上行驶的 20 t 自卸汽车轴载,为避免单次最大荷载应力造成路面极限破坏,应考虑大件运输车辆中最重轴载造成的最大荷载应力<sup>[4]</sup>。

### 3.3 路面结构设计

根据《公路工程预算定额》(JTG/T 3832—2018)第二章第一、二节说明及定额,将基层、底基层、面层以 20 cm 为一层考虑,以达到最优的经济效益,见表 15。

假设某道路总运量 4 000 万 t,采用 25 t 自卸汽车运输,粗集料为砂岩,底基层为 3%水泥稳定碎石(模量 1 300 MPa),基层为 5%水泥稳定碎石(模量 2 000 MPa),两种路面结构计算组合厚度和实际采

用厚度及其投资见表15。

水泥混凝土路面模量 31 GPa, 基层底基层模量比水泥混凝土模量小很多, 抵抗荷载能力远不及水泥混凝土。如表15分析, 为减少混凝土路面厚度而增加基层底基层厚度, 必会采用较厚的基层底基层, 其经济效益并不及采用较厚水泥混凝土路面以减少基层底基层厚度的经济效益。

该水电站工程所在地自然分区为7, 最大温度梯度取 98 °C/m, 场区岩石以英安岩为主, 英安岩与花岗岩属同一类, 线膨胀系数取  $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。场内道路为双车道, 载重车限行于右侧, 车道分配系数取1, 轮迹横向分布系数取0.5, 板长取5 m, 超载系数取1。路面结构层采用: 3%水泥稳定碎石底基层(弹性模量取 1 300 MPa)+5%水泥稳定碎石基层(弹性模量取 2 000 MPa)+水泥混凝土面层。材料疲劳指数取0.057, 混凝土路肩接缝应力折减系数取0.92, 综合系数取1, 混凝土设计弯拉强度取5 MPa, 可靠度系数取1.07。计算该工程不同总运量、不同通过车型情况下, 路面结构组合。

根据文献[3]4.5.3条、4.4.9条, 拟用排水基层厚度按计算厚度加2 cm, 面层厚度按计算厚度加1 cm。

表16~表20中路面的结构组合可作为其他类似项目路面结构设计的参考, 根据第2节各因素的影响程度相应增减结构层厚度。

表16 场内道路45 t自卸汽车运输路面结构组合表

总运量 / 万 t	计算厚度 / cm			拟用厚度 / cm		
	底基层	基层	面层	底基层	基层	面层
7 500 ~ 10 000	15	13	38	15	15	39
2 800 ~ 7 500	15	13	37	15	15	38
1 000 ~ 2 800	15	13	36	15	15	37
≤ 1 000	15	13	35	15	15	36

注: 45 t自卸汽车满载总重计为70 t, 满载后轴重之和占总重80%, 即后轴重280 kN。

表17 场内道路32 t自卸汽车运输路面结构组合表

总运量 / 万 t	计算厚度 / cm			拟用厚度 / cm		
	底基层	基层	面层	底基层	基层	面层
4 700 ~ 6 000	15	13	34	15	15	35
1 500 ~ 4 700	15	13	33	15	15	34
450 ~ 1 500	15	13	32	15	15	33
≤ 450	15	13	31	15	15	32

## 4 结 论

(1) 水利水电工程场内道路路面结构设计前, 需

表18 内道路25 t自卸汽车运输路面结构组合表

总运量 / 万 t	计算厚度 / cm			拟用厚度 / cm		
	底基层	基层	面层	底基层	基层	面层
4 300 ~ 5 000	0	0	32	15	15	33
1 300 ~ 4 300	15	13	31	15	15	32
390 ~ 1 300	15	13	30	15	15	31
110 ~ 390	15	13	29	15	15	30
≤ 110	15	13	28	15	15	29

表19 场内道路20 t自卸汽车运输路面结构组合表

总运量 / 万 t	计算厚度 / cm			拟用厚度 / cm		
	底基层	基层	面层	底基层	基层	面层
1 400 ~ 1 500	15	19	25	15	21	26
450 ~ 1 400	15	18	25	15	20	26
100 ~ 450	15	18	24	15	20	25
≤ 100	15	13	23	15	15	24

注: 经计算, 通过一次的大件运输车辆轴载210 kN的最大荷载应力小于疲劳应力, 不控制路面结构层厚度。

表20 场内道路10 t自卸汽车运输路面结构组合表

总运量 / 万 t	计算厚度 / cm			拟用厚度 / cm		
	底基层	基层	面层	底基层	基层	面层
≤ 20	10	13	19	15	15	20

注: 10 t自卸汽车满载最重轴载 < 100 kN, 取100 kN为设计轴载。

重点收集道路总运量、运输用自卸汽车、自卸汽车超载情况及超载时轴载情况, 项目所在地组成水泥混凝土粗集料的岩质、地基情况、自然分区及最大温度梯度情况等。

(2) 水泥混凝土面板长度可人为控制, 选用较小尺寸的板长, 增加其变形能力, 可减小所需板厚尺寸。

(3) 水利水电工程场内道路水泥混凝土路面结构设计各影响因素中, 设计轴载的选取对路面结构设计起决定性因素。

(4) 交通特征类似于水利水电工程场内道路的路面结构设计, 计算方法可采用笔者的方法, 初拟路面结构层组合可采用本文某水电站路面结构组合计算结果, 并根据本文研究的各影响因素的影响程度进行相应结构层厚度增减。

(5) 增加面层厚度可大大减小基层厚度。为减少面层厚度而增加基层厚度, 必会采用很厚的基层, 其经济效益并不及增加面层厚度减少基层厚度的经济

(下转第53页)

灌缝处理,再回铺 8 cm 沥青混凝土(AC-20C)。

2.5 路面验收要求

根据《城镇道路路面设计规范》<sup>[6]</sup>,沥青表面层抗滑性能以横向力系数 SFC60 和路面宏观构造深度 TD(mm)为主要指标,路面竣工验收时主要抗滑技术指标如下:

- (1)横向力系数 SFC60 ≥ 54;
- (2)构造深度 TD ≥ 0.7。

采用弹性层状体系理论计算路面弯沉,对于采用不同修复方式的路面各结构层验收弯沉值,汇总见表 5。

表 5 各层路面修复方式验收弯沉表

结构层	弯沉值(0.01 mm)			
	修复方式 A	修复方式 B	修复方式 C	修复方式 D
上面层	19.3	20.2	19.4	19.6
中面层	19.5	22.1	21.5	21.3
下面层	—	23.5	24.6	23.6
基层	—	—	29.7	27.2
底基层	—	—	—	125.7
现状路面	—	—	—	212.9

3 结 语

对于软土地区既有沥青道路路面的改造,应结合路面病害情况、道路控制标高及现状构筑物等因素,综合考虑对改造方案的影响。

(1)对于既有道路的病害,不仅需要处理道路表面层裂缝等可见病害,还需对基层进行检测,可通过抽芯或者探地雷达等手段。若存在路面结构无法满足使用要求,应采取加固措施或者重建路面结构,保证路面结构功能性良好。

(2)考虑沉降对道路的影响,应结合既有道路标高,并考虑防洪水位标高,减少水浸对道路的影响。

(3)水系较多地区,还应考虑跨河涌桥头位置差异沉降引起的跳车情况,通过抬高路面标高调缓纵坡的措施,以提高行车的安全性和舒适性。

参考文献:

[1] 肖峰.珠江三角洲地区软土路基沉降机理及规律研究[D].武汉:武汉理工大学,2004.

[2] 邓学钧.路基路面工程[M].北京:人民交通出版社,2008.

[3] CJJ 36—2016,城镇道路养护技术规范[S].

[4] JTG E60—2008,公路路基路面现场测试规程[S].

[5] JTG F80/1—2017,公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程[S].

[6] CJJ 169—2012,城镇道路路面设计规范[S].

(上接第 42 页)

效益,设计时应使基层面层厚度互适。

参考文献:

[1] 王哲,刘波,付琛.水电工程施工区水泥混凝土路面设计方法探讨[J].人民长江,2015,46(1):20-29.

[2] BJ 22-87,厂矿道路设计规范[S].

[3] JTG D40—2011,公路水泥混凝土路面设计规范[S].

[4] 徐显芬,谭渊文.水利水电工程场内道路水泥混凝土路面结构设计规范应用存在的问题及适用的计算方法研究[J].中国电建贵阳院院刊,2022(1):52-60.

[5] DL/T 5397—2007,水电工程施工组织设计规范[S].

[6] SL 303—2004,水利水电工程施工组织设计规范[S].

[7] 缪正建,王曙东,潘菲菲.水利水电工程场内道路土石方运输强度计算[J].人民长江,2018,49(2):92-97.

[8] 徐显芬.水利水电工程场内道路普通水泥混凝土路面设计中设计轴载及设计轴载累计作用次数的研究[J].商品与质量,2019(36):92-155.

[9] [https://product.360che.com/price/c8\\_s87\\_b0\\_s0.html](https://product.360che.com/price/c8_s87_b0_s0.html)[EB/OL].

[10] [https://www.cn357.com/brand\\_ev3#t27](https://www.cn357.com/brand_ev3#t27)[EB/OL].

[11] <https://zj.lmjx.net/zixieche/shanqi967>[EB/OL].

[12] <https://product.d1cm.com/caterpillar008/115866/canshu>[EB/OL].

[13] JTJ 012-84,公路水泥混凝土路面设计规范[S].