



重型汽车下河斜坡码头合理纵坡研究

刘庆志

(湖南省交通规划勘察设计院, 湖南长沙410008)

摘要: 从车、船两方面因素对重型汽车下河斜坡码头合理坡度进行研究。以常见重型自卸汽车及一般内河船型为研究对象, 重点分析汽车爬坡能力、下坡能力及码头前沿设计水深对坡度的约束。结果表明, 码头斜坡道合理的坡度范围约在5.5%~9%, 且汽车总质量越大, 船舶吃水越深, 下河斜坡道坡度可选择的范围就越小, 甚至趋于一个定值; 同时斜坡坡长不宜超过150 m, 且车速宜控制在10 km/h以内。

关键词: 斜坡道; 纵坡; 重型汽车; 设计水深

中图分类号: U 656.1*25

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)03-0121-03

Reasonable slope on sloping wharf for heavily loaded truck

LIU Qing-zhi

(Hunan Province Communications, Planning, Survey & Design Institute, Changsha 410008, China)

Abstract: This paper analyzes the reasonable slope for heavily loaded truck from two aspects, i.e. truck and ship respectively. Taking common heavy dump truck and general river ship as the research object, this paper analyzes emphatically the value of slope limited by climbing ability, downhill performance and design water depth. The results show that the range of reasonable slope is from 5.5% to 9%. The greater the truck weight, and the deeper the ship draft, the less range of choice on the rive slope, which even tends to a fixed value. Meanwhile, the length of the slope should be no more than 150m, and the speed of the vehicle should be controlled within 10km/h.

Key words: sloping road; slope; heavily loaded truck; design water depth

斜坡码头在内河大水位差地区应用较为广泛。对于汽车下河斜坡码头, 斜坡道坡度的确定是该类型码头设计的关键内容之一。现行行业规范^[1]对该坡度取值的合理范围作出了规定, 要求“下河坡道的纵坡不宜大于9%, 困难条件下不应大于11%; 纵坡为10%时, 限制坡长为150 m; 纵坡为11%时, 限制坡长100 m”, 规范对下河车辆类型并未作出说明。国内港口投入使用的汽车车型和技术标准差别较大, 对重型汽车下河情况, 由于使用环境特殊, 有必要加以区别研究。

1 汽车性能参数

除部分运输矿石、煤炭的自卸汽车外, 港口

工程荷载规范推荐的汽车总质量一般在55 t以下。以国产双桥汽车(后八轮)为例, 额定载质量一般在10~16 t, 总质量一般不超过31 t。但考虑到国内公路运输实际现状, 汽车实际载质量往往达到额定载质量的2~4倍, 即总质量约50~80 t。

调查5种常见国产后8轮自卸汽车的性能参数, 发动机最大扭矩一般为1 000~1 700 N·m; 变速器变速比一般为12.1~15.53 (I挡)和8.3~12.0 (II挡); 主减速器速比一般为4.7~5.9。

2 汽车动力性能与爬坡能力

根据一般汽车理论^[2], 汽车合力方程为:

$$F-W=C \quad (1)$$

收稿日期: 2012-07-24

作者简介: 刘庆志(1982—), 男, 工程师, 从事港口与航道工程设计工作。

其中:

$$W=W_0+\sum W_r+\sum W_d \quad (2)$$

$$W_0=P_w+P_f+P_j+P_i \quad (3)$$

式中: F 为汽车驱动力(kN); W 为汽车运行阻力(kN); C 为合力(kN); W_0 为汽车运行基本阻力(kN); W_r 为曲线附加阻力(kN); W_d 为岔道附加阻力(kN); P_w 为空气阻力(kN); P_f 为滚动阻力(kN), $P_f=Gf\cos\alpha\approx Gf$, G 为汽车总力, f 为滚动摩擦系数, 一般可取0.015; P_j 为惯性阻力(kN); P_i 为坡度阻力(kN), $P_i=G\sin\alpha\approx Gi$, i 为斜坡道坡度。本研究不考虑斜坡道弯道、岔道, 则 $\sum W_r=0$, $\sum W_d=0$ 。假定汽车以10 km/h的速度在斜坡道上匀速行驶, 不计空气阻力, 则 $C=0$,

$P_w=0$, $P_f=0$ 。则式(1)可简化为:

$$F=G(f+i) \quad (4)$$

汽车驱动力为:

$$F = \frac{Ti_g i_0 \tau}{r} \quad (5)$$

则有:

$$G(f+i) = \frac{Ti_g i_0 \tau}{r} \quad (6)$$

式中: T 为发动机扭矩(N·m); i_g 为变速器传动比; i_0 为主减速器速比; τ 为传动效率, 一般取85%; r 为车轮工作半径, 可取未变形半径的0.95倍。

将前述汽车性能参数值代入式(6)进行计算, 汽车总质量分别按50, 80 t计, 计算结果见表1。

表1 I, II挡爬坡坡度

汽车	扭矩/(N·m)	变速器传动比	主减速器速比	车轮工作半径/m	传动效率	驱动力/kN	汽车总质量/t	滚动摩擦系数	爬坡坡度/%
I	1 000	12.10	4.7	0.51	0.85	94.78	50	0.015	17.46
	1 700	15.53	5.9	0.53	0.85	249.81	80	0.015	29.73
II	1 000	8.30	4.7	0.51	0.85	65.02	50	0.015	11.50
	1 700	12.00	5.9	0.53	0.85	193.03	80	0.015	22.63

从表1可以看出, 考虑超载因素时, 一般重型汽车最大爬坡能力(I挡)仍能达到17.46%以上; 根据驾驶员操作习惯, 一般用II挡爬坡, 此时汽车爬坡坡度在11.50%以上。因此, 从爬坡能力角度分析, 规范对一般重型汽车仍是适合的。需要指出的是, 上述推论只在轮胎-斜坡道之间有足够大的附着力(例如良好轮胎在干燥水泥面上)时才能成立, 对实际使用的超载汽车, 应密切关注车况及路面情况, 尤其是刚开始下雨、路面上只有少量雨水或路面积雪、结冰时, 附着力将大为降低。

3 汽车制动性能与纵坡长度限值

汽车下坡时的制动性能体现在克服惯性而保持匀速或减速行驶的能力。由于制动性能由地面制动力及汽车制动器制动摩擦力共同决定, 与车况、路况有密切关系, 因此汽车制动性能难以量化分析。

斜坡码头行业规范制定时, 参考了公路工程相关规定。公路工程技术标准中, 设计时速20 km/h下最大纵坡限值为9%, 相应最大坡长限值为300 m^[3]。重型汽车下河时速一般会小于10 km/h, 且斜坡道坡长一般不超过200 m。通过调查长江中游某简易

斜坡码头发现, 总质量50 t左右的汽车, 下河斜坡道坡度为9%时, 车辆行驶、转弯尚平稳, 但在斜坡面上掉头则较为困难。

刘全兴等^[4]根据调查试验认为, 解放汽车可以用II挡顺利通过11%的260 m长甚至更陡的斜坡, 但下坡较为危险, 故极限纵坡应考虑下坡。事实上, 重大交通事故往往发生在长纵坡的下段。在被调查的路段, 凡是坡长大于360 m且坡度较大的路段(达11%~12%)很容易发生事故。

基于以上认识, 重型汽车下河斜坡道, 极限纵坡不应超出9%, 限制坡长可按规范执行, 且宜对行车速度作出严格限制, 建议不高于10 km/h。规范中“困难条件”下坡度可放缓至10%~11%的情形, 一般在受地形条件限制斜坡展线布置困难时才出现, 对于重型汽车不宜采纳, 应采取折线型斜坡或其它措施使纵坡坡度控制在9%以内。

4 码头前沿水深与最小坡度的关系

当斜坡码头正前方设有趸船时, 趸船上岸端一般设活动钢引桥连接斜坡道供汽车上下趸船运输货物, 趸船及活动钢引桥二者随水位升降在斜

坡道上移动。设斜坡道坡度为*i*, 钢引桥跨度为*S*, 趸船宽度为*B*, 码头前沿设计水深(含富裕水深)为*H*, 则有:

$$\frac{H}{S+B} = i \quad (7)$$

上式所含几何关系也可用图1表示。

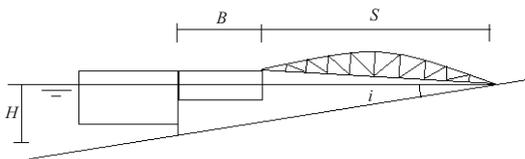


图1 前沿水深与坡度几何关系

对重型汽车上下趸船情形, 由于设计荷载大, 钢引桥设计较为困难。某斜坡码头设计汽车荷载为550 kN, 钢引桥跨度采用30 m, 岸端滚轮直径达60 cm, 搭板采用纵横梁加强, 厚度超过20 cm^[5]。因此建议对于承载重型汽车的钢引桥跨度不宜超过32 m。

假定钢引桥跨度采用32 m, 不同设计船型安全靠泊时对应的斜坡道坡度下限值(最小坡度)计算结果见表2。

表2 船舶安全吃水时斜坡道坡度

船型/t	H/m	B/m	S/m	i/%
1 000	2.5	14	32	5.43
2 000	3.1	15	32	6.60
3 000	4.0	16	32	8.33
5 000	5.0	18	32	[10.00]

假定斜坡道坡度取9%, 不同设计船型安全靠泊时对应的活动钢引桥跨度下限值(最小跨度)计算结果见表3。

表3 船舶安全吃水时活动钢引桥跨度

船型/t	H/m	B/m	i/%	S/m
1 000	2.5	14	9	14
2 000	3.1	15	9	19
3 000	4.0	16	9	28
5 000	5.0	18	9	[38]

从表2可以看出, 对应码头前沿(指趸船前沿)设计水深, 斜坡道坡度存在下限值。前沿设计水深要求越大, 斜坡道的坡度就要求越陡, 坡度设计时可选择的余地也就越小。从表3可以看出, 斜坡道纵坡坡度选定时, 码头前沿设计水深

越小, 活动钢引桥的跨度要求也越小。对于长江中下游及三峡库区5 000吨级斜坡码头, 船舶正常吃水可能会与斜坡道纵坡度安全取值冲突, 建议这些地区不考虑总质量50 t以上汽车下趸船作业。

5 结论

1) 重型汽车驱动力较大, 在轮胎-路面之间有足够大的附着力时, 对一般下河斜坡道(11%以内), 具有足够的爬坡能力。

2) 极限纵坡度及限制坡长主要由汽车下坡时的制动性能决定。重型汽车下河时, 建议纵坡不超过9%, 坡长不超过150 m, 且车速宜控制在10 km/h以内。

3) 受钢引桥跨度限制, 不同设计船型对应各自的斜坡道坡度下限值, 低于该坡度船舶吃水将无法实现。

此外, 斜坡码头纵坡坡度的设置, 还与河道行洪要求密切相关。斜坡码头纵向基本与岸线垂直, 斜坡道尤其是实体斜坡道阻水面积较大, 对河道行洪影响较大。河道管理部门一般会对涉河建筑物阻水引起的水面雍高加以严格限制。因此, 斜坡码头纵坡面以略超出天然泥面为宜, 一方面减弱阻水效应, 另一方面可减少落淤。

结合上述分析, 对前沿设有趸船的斜坡码头, 当重型汽车上下趸船作业时, 码头斜坡道合理的坡度范围约在5.5%~9%, 且汽车总质量越大, 船舶吃水越深, 下河斜坡道坡度可选择的范围就越小, 甚至趋于一个定值。实际设计时, 应结合具体船型、车型及河道管理部门的要求综合分析确定。

参考文献:

- [1] JTJ 212—2006 河港工程总体设计规范[S].
- [2] 余志生. 汽车理论[M]. 3版. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [3] JTG B01—2003 公路工程技术标准[S].
- [4] 刘全兴, 王多垠, 史青芬, 等. 内河汽车下河码头架空斜坡道合理坡度研究[J]. 水运工程, 2009(11): 77-79.
- [5] 湖南省交通规划勘察设计院. 岳阳临湘港区鸭栏长江作业区一期工程初步设计[R]. 长沙, 湖南省交通规划勘察设计院, 2009.

(本文编辑 武亚庆)