



# 多层物流仓库盘道线形设计

张 艳, 韩时捷

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

**摘要:** 盘道作为连接多层物流仓库各层间的垂直运输通道, 具有圆曲线半径小、纵坡陡、空间层次复杂等特点, 其线形设计也不同于常规道路立交线形设计。从盘道平面布置形式的选择、影响盘道设计的因素和盘道几何线形设计参数的确定等3方面, 结合以往工程实例, 对多层物流仓库盘道的线形设计进行探讨, 为今后类似工程提供可借鉴的经验。

**关键词:** 几何线形; 设计车速; 半径; 纵坡; 缓和曲线; 净空

中图分类号: U 412.37\*3.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)10-0190-04

## Geometric design of curved approach for multi-storey logistics warehouse

ZHANG Yan, HAN Shi-jie

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

**Abstract:** As the vertical transport approach connecting floors of multi-storey logistics warehouse, the curved approach is characterized by small circular curve radius, steep longitudinal slope, complex spatial level and so on. The geometric design is also different from the conventional highway geometric design. This article discusses the geometric design of the curved approach for multi-storey logistics warehouse from three aspects including type selection of the curved approach layout, influential factors of design and the geometric design parameters. It offers experience for similar engineering.

**Key words:** geometric alignment; design speed; circular curved radius; longitudinal slope; transition curve; clearance

随着我国国民经济的飞速发展, 城市中土地资源紧缺问题日益显现, 现代物流体系为解决土地利用问题多采用多层物流仓库形式。盘道作为多层物流仓库不可或缺的重要组成部分, 是连接多层物流仓库各层间的垂直运输通道。由于多层物流仓库的库内交通组织形式复杂, 仓库层高大, 要求土地利用率高, 而对行车速度的要求相对较低。因此, 仓库盘道具有占地面积小、圆曲线半径小、纵坡陡、空间层次复杂等特点。目前国内尚无对仓库盘道线形设计的专门规范, 在参照其他相关规范时, 如何根据仓库盘道的特点选用合理的参数, 是一个值得探讨的问题。

### 1 盘道平面布置形式的选择

仓库的建设规模、仓库内外交通流组织和仓库所在场地的总体平面布局是决定盘道几何线形平面布置形式的主要因素。盘道平面布置形式按仓库规模区分通常采用以下两种方式:

1) 对仓库规模不大, 库内交通流采用双向通行流线并仅设有一个出入口的物流仓库而言, 一般采用双向行驶道盘道, 即上行和下行使用同一个盘道(图1)。这种平面布置形式的优点是占地面积小, 缺点是行车安全性和舒适度都相对较差。

2) 对仓库规模较大, 库内交通流采用单向通行流线, 并设有一进一出两个车辆出入口的物流

收稿日期: 2013-08-10

作者简介: 张艳(1980—), 女, 工程师, 从事港区陆域设计工作。

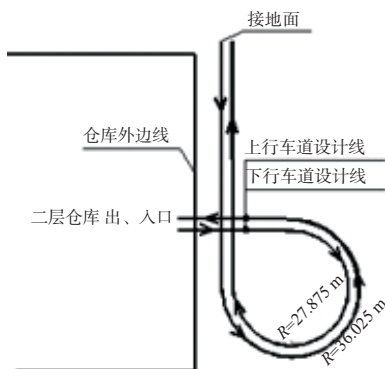


图1 已建上海外高桥K3地块2层物流仓库盘道

仓库而言, 又可采用以下两种形式: ① 一个上行盘道和一个下行盘道以匝道形式出入仓库各层入口(图2); ②各层有单独对应的上行盘道和下行盘道(图3)。这两种布置形式的优点是: 体现了车辆在上行和下行空间上分离的特点, 交通组织顺畅, 相互干扰小, 保证车辆的安全行驶, 减少交通事故的发生; 缺点是占地面积大。盘道的平面布置形式选择需因地制宜, 由上述主要因素综合考虑而定。

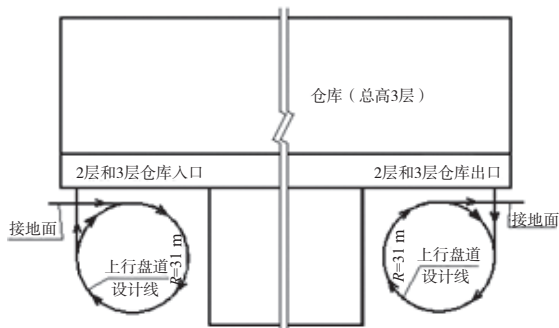


图2 在建上海外高桥K6地块3层物流仓库盘道

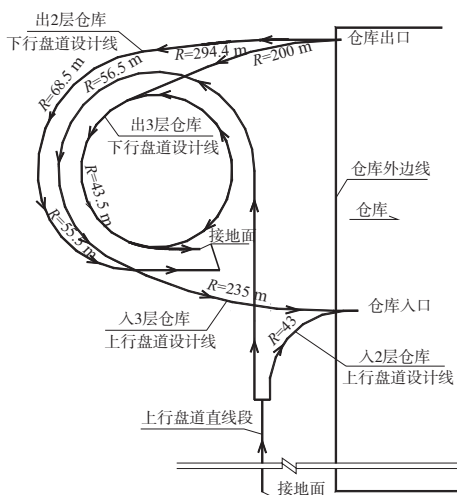


图3 已建义乌内陆口岸项目一期3层物流仓库的盘道

## 2 影响盘道线形设计的因素

1) 设计车速。设计车速是道路设计时确定几何线形的基本要素, 也是影响盘道的规模、平纵面线形指标、各组成部分尺寸的设计参数, 因此合理确定盘道设计车速对盘道功能的实现起着重要作用。《公路路线设计规范》<sup>[1]</sup>(简称《公路规范》)和《城市道路设计规范》<sup>[2]</sup>(简称《道路规范》)中, 设计车速按已确定的道路等级选择。但对多层仓库盘道而言, 为实现仓库土地面积利用率的最大化, 通常盘道的半径较小、纵坡较大, 同时考虑大中型集装箱货车的行驶安全, 因此盘道的最大设计车速要求 $\leq 30$  km/h, 一般设计时取20 km/h。

2) 交通量。交通量的预测是否准确, 关系到盘道的建设规模、线形是否经济合理安全可靠。其与常规道路交通量根据年限等因素预测不同, 盘道的交通量主要由仓库的年集装箱设计吞吐量考虑一定时间变化特征系数确定。

盘道的年交通量=〔通过仓库的年集装箱设计吞吐量/集卡的装箱率(经验系数采用1.55)〕 $\times$ 车辆换算系数(经验系数采用4.0) (1)

盘道的单向高峰小时交通量=(盘道的年交通量/年作业天数) $\times$ 货运交通的时间变化特征系数 (2)

式中: 货运交通的时间变化特征系数按经验可取以下数值: 月不平均系数可取1.8, 周不平均系数可取1.2, 日不平均系数可取1.2, 高峰小时系数可取0.11。

3) 盘道每小时合计基本通行能力。盘道每小时合计基本通行能力可按下列公式计算:

$$C = (1 + K) C_1 = (1 + K) \frac{3600}{t_j + t_l + t_s} \quad (3)$$

$$t_l = \frac{L + L'}{v} \quad (4)$$

$$t_s = \frac{kv}{2g(\psi' \pm i)} \quad (5)$$

对于多层仓库盘道, 式中各参数按经验可取值如下:  $K$ 为车道折减系数, 第2条车道取0.9;  $C_1$ 为单车道基本通行能力(辆/h);  $t$ 为车头时距(s);  $t_j$ 为驾驶员反应时间, 取2.5 s;  $t_l$ 为设计车速行驶时, 即 $L$ 取集卡平均车长16 m和安全预留距离 $L'$

(上坡道取4 m,下坡道取5 m)所需时间(s);  
 $t_s$ 为货车紧急制动后车辆滑移时间(s); $k$ 为车辆制动器有效性安全系数,取1.5; $v$ 为车辆制动初始车速(m/s),若设计车速为20 km/h 则为5.556 m/s;  
 $g$ 为重力加速度,取9.8 m/s<sup>2</sup>, $\psi$ 为车轮与路面的附着系数,潮湿沥青混凝土路面取0.5; $i$ 为盘道纵坡度,一般取 $\pm 5\%$ 。

上述3个主要影响盘道线形设计的因素决定盘道的建设规模,影响仓库土地面积的利用率。

### 3 盘道几何线形设计参数的确定

#### 3.1 盘道的加宽计算

在《公路规范》<sup>[1]</sup>和《道路规范》<sup>[2]</sup>中均规定,圆曲线半径小于等于250 m时,弯道内侧应按规范提供的加宽值加宽,若弯道加宽值较大时,则应通过计算确定。物流仓库盘道半径一般都小于100 m,弯道内侧加宽值较大,因此设计中需通过计算确定车道加宽;多车道时需考虑每个车道内侧的加宽值。

盘道通行的车辆以集装箱卡车为主,因此按《道路规范》<sup>[2]</sup>中的铰接车加宽计算公式计算盘道的单根车道在平曲线上的加宽值:

$$b_w' = \frac{(a_{gc}^2 + a_{cr}^2)}{2R} + \frac{0.05v}{\sqrt{R}} \quad (6)$$

对于集装箱半挂车,式中取值为: $a_{gc}$ 为前轴距加前悬的距离(m),约4 m; $a_{cr}$ 为铰链车后轴距的距离(m),约10.8 m; $v$ 为设计车速度(km/h),一般取20 km/h; $R$ 为设超高最小半径,即加宽车道的内侧半径(m)。

由式(6)可见,盘道车辆尺寸和车速均确定后,加宽值将随盘道内侧半径的减小而增大(图4,5)。

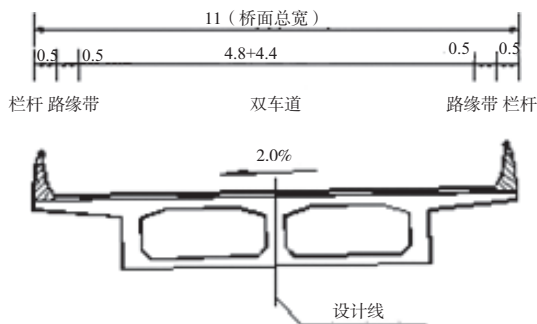


图4 义乌内陆口岸项目一期3层物流仓库的盘道横断面布置(单位:m)

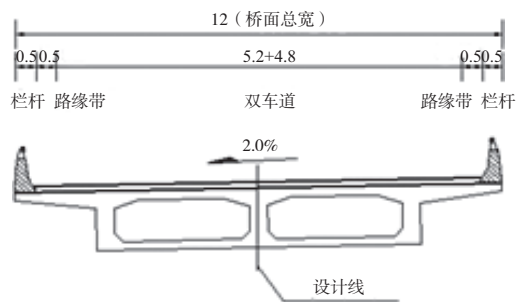


图5 上海外高桥K6地块3层物流仓库盘道横断面布置(单位:m)

在双向行驶道盘道平面布置形式中,盘道总宽度除考虑各向车道各自的加宽值外,为保持盘道畅通每个方向的车道还应考虑车辆故障等所需的紧急停车的车道宽度,该值不小于3 m(图6)。

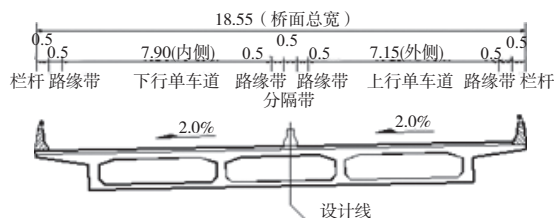


图6 上海外高桥K3地块2层物流仓库盘道横断面布置(单位:m)

#### 3.2 盘道圆曲线半径

盘道圆曲线半径由设计车速确定,其大小直接影响到盘道占地面积和仓库区土地面积的利用率,在《公路规范》<sup>[1]</sup>和《道路规范》<sup>[2]</sup>中,设计车速40 km/h以下要求设超高的圆曲线最小半径一般值和极限值(表1)。

表1 超高的圆曲线最小半径一般值和极限值选用

| 设计车速/<br>(km·h <sup>-1</sup> ) | 圆曲线最小半径/m |     |      |     |
|--------------------------------|-----------|-----|------|-----|
|                                | 公路规范      |     | 道路规范 |     |
|                                | 一般值       | 极限值 | 一般值  | 极限值 |
| 40                             | 100       | 60  | 150  | 70  |
| 30                             | 65        | 30  | 85   | 40  |
| 20                             | 30        | 15  | 40   | 20  |

可见,设计车速每增加一级(10 km/h),其占地面积将会成倍的增加,因此在满足大中型集装箱卡车行驶安全的情况下,圆曲线半径应尽可能小。

按《道路规范》<sup>[2]</sup>中的公式计算:

$$R = \frac{v^2}{127(\mu + i)} \quad (7)$$

式中盘道设计车速取20 km/h,超高为2%,轮胎与路面间的横向力系数 $\mu$ 值0.14(不大于0.15),经计算 $R_{\min}$ 约为19.7 m,即圆曲线半径最小应不小于20 m。但在实际取值时(特别对大型车辆为主要通行车辆时),在有条件的情况下,建议圆曲线半径取值不小于30 m,有利于车辆的行驶安全。

### 3.3 盘道缓和曲线

盘道由于受用地条件的限制,常采用圆曲线螺旋式上升与入库口直线段相切的形式,但在其与仓库出入口衔接段的直线不能与圆曲线的1/4处垂直相切时(图3),该段需设置缓和曲线来连接直线段与圆曲线,使车辆出入仓库更加顺畅。由于盘道受用地条件限制,圆曲线半径 $R$ 一般都小于100 m,因此根据《公路规范》<sup>[1]</sup>回旋参数 $A$ 值宜大于或等于 $R$ 。同时,为保证驾驶员有充足的时间进行过渡,缓和曲线的长度不应小于3 s行程。

### 3.4 超高

在《公路规范》<sup>[1]</sup>和《道路规范》<sup>[2]</sup>中规定,当设计车速受限且 $\leq 40$  km/h时最大超高值 $\leq 2\%$ 。由于盘道最大设计车速 $\leq 30$  km/h,因此盘道圆曲线最大超高值取2%。若盘道 $R, v, \mu$ 已选定,则也可按式(7)计算确定 $i$ 值。

### 3.5 盘道的最大纵坡设计值

仓库的层高是确定盘道纵坡值的主要因素。由于仓库工艺要求,两层仓库间的相对高度一般为7.5~8 m,因此盘道纵坡设计时,为克服高差、节省用地,同时考虑大中型集装箱货车的车辆性能、行驶安全,纵坡值常选用4%~5%。

另外,盘道采用圆曲线螺旋式上升的形式时,车辆需连续爬坡,考虑司机的视觉疲劳及车辆出入各层仓库的流畅性,盘道与各层仓库出入口衔接段,常采用平坡段连接。在盘道占地面积有限的情况下,平坡段长度宜在30 m左右。

### 3.6 盘道竖曲线最小半径及长度设计

盘道上纵坡转折点处均设置竖曲线,保持纵坡连续及避免发生纵坡局部突变。盘道纵坡转折点常在盘道与地面连接处和盘道与各层仓库出入口平坡段的连接处。在《公路规范》<sup>[1]</sup>和《道路规范》<sup>[2]</sup>中,设计车速40 km/h以下要求的竖曲线最小半径、最小长度一般值和极限值选用见表2。

表2 竖曲线最小半径、最小长度的一般值和极限值选用

| 规范       | 设计车速/<br>(km·h <sup>-1</sup> ) | 公路规范   |     |        |     |         |     |
|----------|--------------------------------|--------|-----|--------|-----|---------|-----|
|          |                                | 凸形竖曲线最 |     | 凹形竖曲线最 |     | 圆曲线长度/m |     |
|          |                                | 小半径/m  |     | 小半径/m  |     |         |     |
|          |                                | 一般值    | 极限值 | 一般值    | 极限值 | 一般值     | 极限值 |
| 公路<br>规范 | 40                             | 700    | 450 | 700    | 450 | 90      | 35  |
|          | 30                             | 400    | 250 | 400    | 250 | 60      | 25  |
|          | 20                             | 200    | 100 | 200    | 100 | 50      | 20  |
| 道路<br>规范 | 40                             | 600    | 400 | 700    | 450 | 90      | 35  |
|          | 30                             | 400    | 250 | 400    | 250 | 60      | 25  |
|          | 20                             | 150    | 100 | 150    | 100 | 50      | 20  |

竖曲线半径根据设计车速,尽量选用大于或等于上述规范要求的一般值。盘道竖曲线的长度常受与地面连接处直线段长度或出入口平坡段直线长度的限制,但也应满足极限值。

### 3.7 上下层盘道间的有效净空要求

盘道纵断面线形设计时还需满足上下层盘道间的有效净空要求。扣除桥面铺装厚、梁高、横坡(包括超高)高度和凹形竖曲线最低点到前后车轴水平连线的竖向高度后,一般上下层盘道平面投影重叠段的有效净空高度不小于5 m,以满足大型货车的通行需要。

## 4 结语

1) 盘道平面布置形式主要考虑仓库建设规模、仓库内外交通流组织、仓库所在场地总体平面布局和周边衔接路网等因素。

2) 盘道设计车速一般按20~30 km/h考虑。

3) 盘道在设计时应进行加宽计算,同时对于双向行驶道盘道还应考虑车辆故障等所需的紧急停车的车道宽度(>3 m)。

4) 圆曲线半径在有条件的情况下,建议取值不小于30 m,缓和曲线的长度不应小于3 s行程。

5) 最大超高值取2%,纵坡值常选用4%~5%,平坡段长度宜在30 m左右,有效净空高度不小于5 m。

### 参考文献:

- [1] JTG D20-2006 公路路线设计规范[S].
- [2] CJJ 193-2012 城市道路路线设计规范[S].