

铁路隧道结构物设计计算丛书

隧道衬砌



中国铁道出版社

图书室

11435

1

11606

U455

1

铁路隧道结构物设计计算丛书

隧 道 衬 砌

铁道部专业设计院标准设计管理处主编

中 国 铁 道 出 版 社

1981年·北京

内 容 简 介

本书介绍隧道衬砌计算的方法, 主要内容为: 对称荷载作用下直、曲墙式衬砌的计算以及受不对称荷载的偏压、斜交洞口衬砌的计算及算例。书中对拟定衬砌内轮廓的计算方法与线路在曲线上衬砌加宽等计算均有较详细的介绍。书末附有长、短梁单位变位和载变位数值表, 以及其它必要的数表, 可供设计时参考使用。

本书可供从事地下结构专业的工程技术人员及有关大专院校师生参考。

隧 道 衬 砌

铁道部专业设计院标准设计管理处 主编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 13 插页: 1 字数: 318 千

1981年8月 第1版 1981年8月 第1次印刷

印数: 0001—3,000册 定价: 1.80元

前 言

近年来，随着电子计算机使用范围的扩大，铁路隧道衬砌标准设计中的大量计算工作已先后采用了这种计算手段。但今后相当时期内，仍然会有大量的衬砌计算工作，如工点设计和现场变更设计等，需要采用传统的方法和手段进行计算。本书就是为适应这部分工作需要而编写的。

本书是一本实用参考书，以算例为主，阐述常用的直墙式与曲墙式铁路隧道衬砌的设计计算，包括受对称荷载的一般地区衬砌和受不对称荷载的偏压、斜交洞口衬砌的计算原理、计算方法以及拟定衬砌内轮廓的原则、方法与曲线加宽计算等。在编写中根据计算经验，对计算分析衬砌内力的方法，作了必要的简化，使工作量可大为减少；同时，为便于应用，编制了必要的数表。对铁路隧道衬砌可能采用不多、而对其它地下结构或许会遇到的情况，例如墙基展宽等的计算，亦作了叙述，以供其它从事地下结构设计计算和教学人员参考使用。

参加本书编写人员（以姓氏笔划为序）有：铁道部专业设计院王效良、孙集灼、邵祥荣、张葆荪、赵启儒、郑天中、秦淞君、彭蕴山，铁道部第一勘测设计院岑玉荣、郭学贤（第三章第二节），铁道部第四设计院徐玉兰、郭中岳（第三章第四节）等同志。

编 者

1979.6

目 录

基本符号.....	1
第一章 绪论.....	5
第一节 衬砌计算理论简述.....	5
第二节 隧道衬砌内轮廓的拟定.....	5
第二章 对称荷载作用下衬砌的计算及算例.....	15
第一节 直墙式衬砌的计算原理.....	15
第二节 直墙式衬砌算例.....	26
第三节 曲墙式衬砌的计算原理.....	46
第四节 曲墙式衬砌算例.....	50
第三章 不对称荷载作用下衬砌的计算及算例.....	61
第一节 偏压衬砌的计算原理.....	61
第二节 偏压衬砌算例.....	68
第三节 斜交洞口衬砌的计算原则.....	90
第四节 斜交洞口衬砌算例.....	93
第四章 几种因素对衬砌结构内力的影响	101
附 录	
附录一 铁路隧道围岩分类及计算参数表	109
附录二 矩形截面惯性矩数值表	111
附录三 弹性地基梁变形系数 α 表	112
附录四 弹性地基梁双曲线三角函数 ($\phi_1 \sim \phi_{15}$) 表	113
附录五 三角函数和双曲线函数表	116
附录六 变截面拱圈尺寸计算公式	117
附录七 弹性地基梁单位变位及载变位数值表	119
附表7—1 短梁 ($1 < ah < 2.75$) 单位变位及载变位数值表 ($E = 27 \times 10^5$ 吨/米 ²)	119
附表7—2 长梁 ($ah \geq 2.75$) 无侧向匀布荷载时单位变位数值表 ($E = 24 \times 10^5$ 吨/米 ²)	149
附表7—3 长梁 ($ah \geq 2.75$) 无侧向匀布荷载时单位变位数值表 ($E = 27 \times 10^5$ 吨/米 ²)	151
附表7—4 长梁 ($ah = 2.8 \sim 7.0$) 载变位数值表 ($E = 24 \times 10^5$ 吨/米 ²)	154
附表7—5 长梁 ($ah = 2.8 \sim 7.0$) 载变位数值表 ($E = 27 \times 10^5$ 吨/米 ²)	178
参考文献	202

基本符号

荷载及围岩物理力学指标

- q —— 垂直匀布荷载;
 Q —— 垂直匀布荷载的合力;
 e —— 侧向匀布荷载;
 E —— 侧向匀布荷载的合力;
 G —— 衬砌自重 (按匀布荷载计算时用 g);
 T —— 全部荷载 (包括垂直、侧向荷载及衬砌自重等);
 σ —— 围岩弹性抗力强度;
 R —— 围岩弹性抗力的合力;
 P —— 全部荷载和围岩弹性抗力;
 S —— 围岩类别;
 γ —— 围岩或建筑材料的容重;
 k —— 围岩弹性抗力系数 (侧向及底部分别以 k 、 k_0 表示, $\frac{k_0}{k} = n$)。

内 力

- M —— 弯矩;
 N —— 轴向力;
 Q —— 剪力;
 H —— 水平力;
 V —— 垂直力;
 X_1 —— 冗力弯矩;
 X_2 —— 冗力轴向力;
 X_3 —— 冗力剪力。

结 构 变 位

- δ_{ik} —— 单位变位。即基本结构在单位力 k 作用下, 拱顶截面沿 X_i 方向产生的变位;
 Δ_{ij} —— 载变位或抗力产生的变位。即基本结构在荷载 (或抗力) j 作用下, 拱顶截面沿 X_i 方向产生的变位;
 β (或 θ) —— 截面的转角;

u ——截面的水平位移；

v ——截面的垂直位移；

β_1 、 β_2 、 β_3 ——基本结构在单位弯矩、单位水平力及单位垂直力作用下，在直墙式衬砌的墙顶截面或曲墙式衬砌的墙脚截面产生的转角；

u_1 、 u_2 、 u_3 ——同上，即在上述力作用下，直墙式衬砌墙顶截面产生的水平位移；

v_1 、 v_2 、 v_3 ——同上，即在上述力作用下，在直墙式衬砌的墙顶截面或曲墙式衬砌的墙脚截面产生的垂直位移。

几 何 特 征

d (或 h) ——截面的厚度；

h (或 l) ——边墙高度或边墙按弹性地基梁计算时的长度；

B ——衬砌总宽度（两侧边墙外缘间的水平距离）；

H ——衬砌总高度（拱顶外缘至墙底的垂直距离）；

f ——拱轴矢高；

l ——拱轴跨度之半（当拱圈不对称时为拱顶至拱脚中心的水平距离）；

l_h ——直墙式衬砌拱顶至墙顶中心水平距离；

r 、 R ——拱轴半径或衬砌内、外轮廓的半径；

s 、 Δs ——半拱轴线长度及其等分段轴线长度；

φ ——衬砌截面与垂直轴夹角；

J (或 I) ——截面惯性矩；

W ——截面抵抗矩；

F (或 A) ——截面面积；

e_0 ——轴向力的偏心距。

坐标、位置及正负号规定

坐 标：

水平轴 —— x ；

垂直轴 —— y ；

位 置：

拱顶 —— 0；

拱脚 —— b ；

直墙墙顶或曲墙抗力最大截面 —— h ；

墙底 —— c ；

边墙 —— w ；

三心圆拱轴不同半径弧段的分界点或拱部弹性抗力的上零点 —— a ；

左侧（靠河侧） —— 左 } 结构不对称时应用；
右侧（靠山侧） —— 右 }

正负号规定

1. 拱圈弯矩 M 以使衬砌内缘受拉为正，轴向力 N 以使截面受压为正，剪力 Q 以使单元体顺时针方向转动为正（边墙按弹性地基梁计算时，剪力正负号按弹性地基梁规定办理）；
2. 冗力 X_1 、 X_2 、 X_3 的正号方向如图 1 所示；

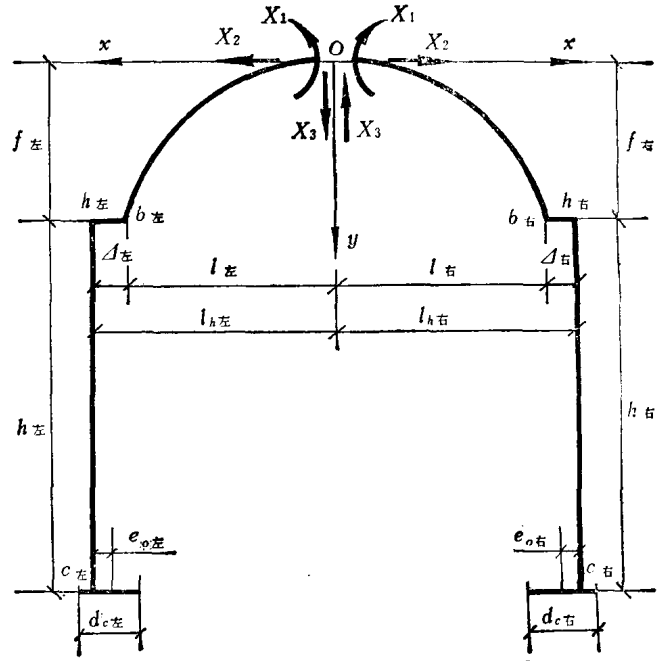


图 1

3. 变位 β 左、 β 右、 u 左、 u 右、 v 左、 v 右的方向以与冗力 x_1 、 x_2 、 x_3 正号方向一致为正；
4. 围岩弹性抗力 (σ, R) 以使围岩与衬砌外缘间产生压力为正。

弹性地基梁

边墙按弹性地基梁计算时，左边墙的坐标、内力及变位的正号方向如图 2 所示。

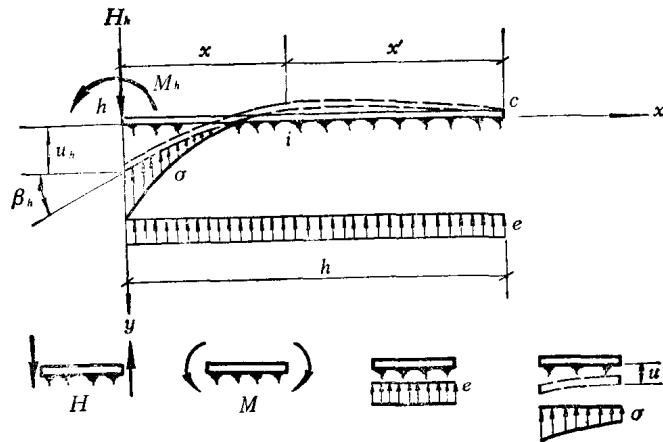


图 2

$\alpha = \sqrt[4]{\frac{bk}{4EJ}}$ —— 弹性地基梁的变形系数;

αh —— 弹性地基梁的换算长度;

αx 、 $\alpha x'$ —— 弹性地基梁截面的换算距离 (x 、 x' 为距墙顶及墙底的距离)。

第一章 绪 论

第一节 衬砌计算理论简述

铁路隧道衬砌是埋置于地层中的结构物，它在受力变形过程中与周围的地层（围岩）有着密切的联系，衬砌与围岩是作为一个统一的力学系统互相约束地工作着，衬砌和围岩间的这种共同作用，是地下结构与地面结构的主要区别。所以恰当地反映这一力学特征，一直是衬砌计算理论中需要研究解决的重要课题。

本书所介绍的算例计算原理和方法，是在给定的围岩坍塌体荷载作用下进行衬砌内力计算的，即所谓荷载—结构计算模型分析法。计算中考虑了衬砌和围岩的共同作用，认为衬砌在围岩主动荷载作用下，向围岩方向的挤压变形部分，将引起围岩的被动抗力而受到约束，衬砌结构就在围岩的主动压力与被动抗力共同作用下进行工作。基于这种认识的计算方法所编制的衬砌标准设计，在近三十年来，于各种地质条件下修建约1800公里铁路隧道的实际使用中，尚能反映现在施工工艺条件下，整体浇筑混凝土衬砌的受力状况，故在现阶段设计工作中有一定现实意义，荷载—结构计算模型分析方法将仍是一种通用的不可缺少的方法。

近年来迅速发展起来的隧道力学，综合了岩土力学、工程地质、结构理论和弹塑性理论在隧道工程中的应用，使支护系统计算的科学性和可靠性得到进一步提高。有限元法在各种工程地质条件的应用中，结合考虑有关因素和效应（如开挖效应，时间效应等），洞体稳定性分析已取得一定成效，同时也促进和完善了荷载—结构计算模型分析方法。衬砌与围岩间应力和变形的关系，与围岩性质、衬砌时间、衬砌刚度、回填状态、施工方法等有密切联系。衬砌结构上承受的坍塌体荷载的大小与分布，不但与坑道开挖前存在于岩体中的原岩应力有关，而且与坑道的形状和尺寸、岩体的结构和特征、坑道开挖后岩体产生变形而引起的应力重分布过程和状态，以及开挖爆破和支护的时间有关。应当指出，现阶段要选择一种能够全面正确地反映所有因素的数学力学模型，困难还非常大，即便能够实现，也可能因其过于繁琐而不便使用。但了解各种因素对衬砌稳定性的影响，在计算中作出相应的假定和提出妥善的要求，是十分有益的。连续介质有限元法和荷载——结构模型分析法的并存对衬砌支护计算可以互相补充促进发展。

今后随着现场测试、实验室试验和理论研究的发展必将促进衬砌计算理论的进一步完善。

第二节 隧道衬砌内轮廓的拟定

一、拟定的原则

拟定衬砌内轮廓是隧道衬砌设计中一项很重要的工作。铁路隧道衬砌内轮廓应能容纳隧道建筑限界，使衬砌轴线形状尽量适应围岩压力的要求，并考虑施工、运营等方面的需要，经济合理地拟定。

拟定铁路隧道衬砌内轮廓时应遵守的基本原则是：

1. 新建隧道衬砌的内轮廓，轨顶面以上部分必须符合隧道建筑限界国家标准的要求，

轨顶面以下部分必须符合轨道发展的要求，按远期轨道类型要求的尺寸考虑。

2. 为便于拱架倒用和各类衬砌衔接，拱形明洞衬砌、偏压隧道衬砌、斜交洞口衬砌等与一般地区隧道衬砌，在电化与非电化区段，原则上应采用相同的内轮廓。

3. 由上述要求，衬砌内轮廓对各种不同的荷载（对称的或不对称的，匀布的或不匀布的）作用时的适应性应好些。当围岩侧压力较大时，边墙应作成曲线形。

4. 内轮廓形状应与垂直轴线对称，并力求平顺、简单。通常拱部内轮廓采用三心圆组成。曲线隧道衬砌加宽尺寸的变化应少而简，使一种拱架可用于几种不同的加宽断面。

5. 应保证隧道下部道碴面上，在机车车辆限界以外，留有人行道。车站隧道应考虑安设有关信号设备及满足站场作业要求。

上述几项原则互有联系，在具体运用时需统一考虑。

二、拟定的方法

现以现行单线非电化铁路隧道衬砌（参标隧0010）为例，说明拟定内轮廓的方法。

与衬砌内轮廓形状及尺寸有关的参数，主要有10个，即： h ， b ， f ， a ， φ ， r_1 ， r_2 ， b_2 ， c ， δ （直墙式衬砌为前面7个），见图1—1所示。

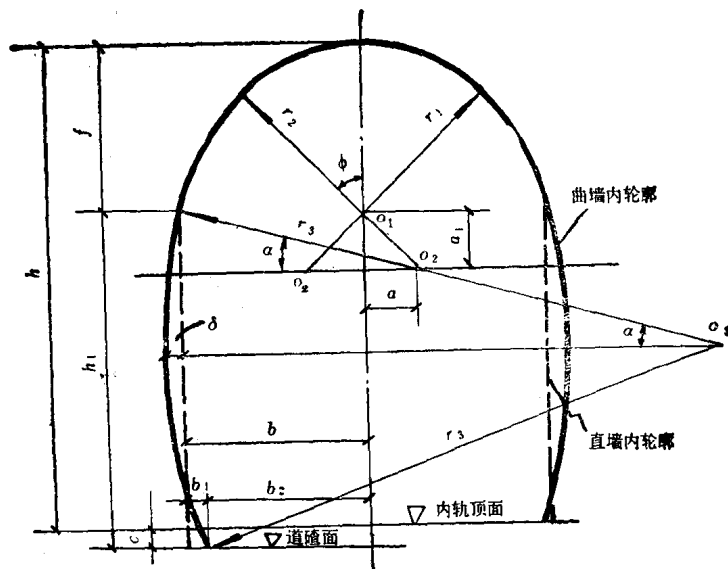


图 1—1

根据拟定内轮廓的原则，对其中若干参数如 h ， b ， f ， a ， φ 等可按规定采用或按经验预先假定，然后在此基础上，计算确定其余各参数。现简要说明如下

h ——与隧道建筑限界的高度及上部形状有关，对于“隧限—1甲”限界，当内轮廓采用单心圆拱或顶部较平的三心圆拱（其顶部半径大于或等于限界半径244厘米）时，直线隧道可取 $h=600$ 厘米，即与限界高度相同。现行单线非电化铁路隧道衬砌标准图（图号：参标隧0010）采用的拱部内轮廓（以下简称新三心拱），形状较“隧限—1甲”限界上部的半圆形稍尖，显然 h 须大于600厘米，故参照既有衬砌标准图，对直线隧道取 $h=615$ 厘米。

b ——与隧道建筑限界的宽度有关。一般为使衬砌内轮廓尺寸成整数简便起见，直线隧道常取 $b=245$ 厘米。

f ——涉及拱部与墙部的比例，因而与整个衬砌的匀称性有关。确定时应考虑按先拱后

墙法施工时,施工作业高度的要求,并使曲墙式衬砌边墙有一定的侧拱度。现参照既有衬砌标准图取 $f=230$ 厘米,则施工时扣除拱架、模板及卡口梁尺寸后,拱部高度尚有约 2 米,且能保证曲墙侧拱矢不小于 15 厘米,比较合适。

a ——其大小关系到按衬砌受力要求决定的拱部内轮廓两个半径的比值 r_2/r_1 和曲墙的侧拱度。参标隧 0010 标准图中内轮廓 a 的尺寸,根据衬砌受力要求,是使曲线最大加宽断面的 r_1 、 r_2 尽量接近和使曲墙侧拱矢不小于 15 厘米而采用 70 厘米的。

φ ——一般宜取整数角度,如 30° 、 45° 或 60° 。 φ 值的大小对拱部内轮廓有显著影响,当取 $\varphi=30^\circ$ 时,拱较尖,承受匀布垂直荷载的条件较好,曲线加宽断面高度增加的数值较小,不同加宽断面拱部内轮廓相同的部分(即第二个半径 r_2 的弧段)较多,因而对一种拱架用于几种不同的加宽断面较为方便;但因拱较尖,拱部承受侧压力的能力较差,衬砌净高要求亦大。当取 $\varphi=60^\circ$ 时,情况与 $\varphi=30^\circ$ 相反。参标隧 0010 标准图为使拱部内轮廓形状对各种荷载的适应性要好,采用 $\varphi=45^\circ$ 。

图 1—2 与图 1—3 列示了在垂直匀布荷载与垂直马鞍形荷载作用下,尖三心拱(r_2 约为 r_1 的 2 倍以上)、平三心拱(r_2 约为 r_1 的 0.9 倍)和现行单线铁路隧道衬砌标准图三种内轮廓拱圈各截面压力曲线变化趋势的比较,可供内轮廓形状对荷载适应性的定性分析和选用 a 、 φ 值时参考。

b_2 ——为保证道碴面上,在机车车辆限界以外,留有不小于 50 厘米的人行道宽度, b_2 不得小于 $170+50=220$ 厘米。

c ——道碴面低于内轨顶面的距离。其在曲线内、外侧不同,并随外轨超高值而改变,为使不同加宽断面曲墙式衬砌内轮廓尺寸一致起见,设计时宜以曲线内侧(设侧沟的一侧)的值为准,可取定数 25 厘米。

上述 h 、 b 、 f 、 a 、 φ 等参数确定后,即可按常用的内轮廓尺寸计算公式,求算其余各参数(见图 1—1):

1. 求算三心圆拱部内轮廓半径 r_2 与 r_1

$$r_2 = \frac{1}{2} \left[A + \frac{(a+b)^2}{A} \right] \quad (1-1)$$

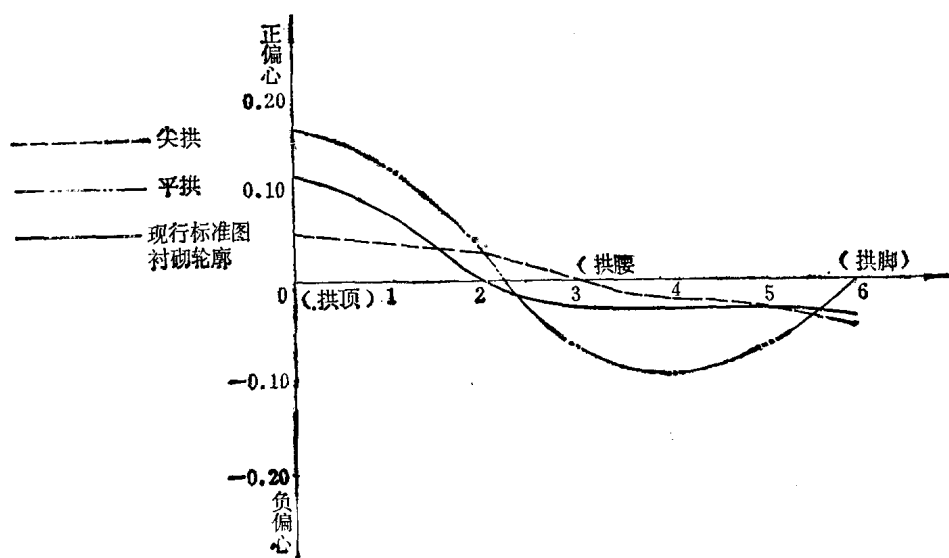


图 1—2 在垂直匀布荷载作用下拱圈压力曲线比较

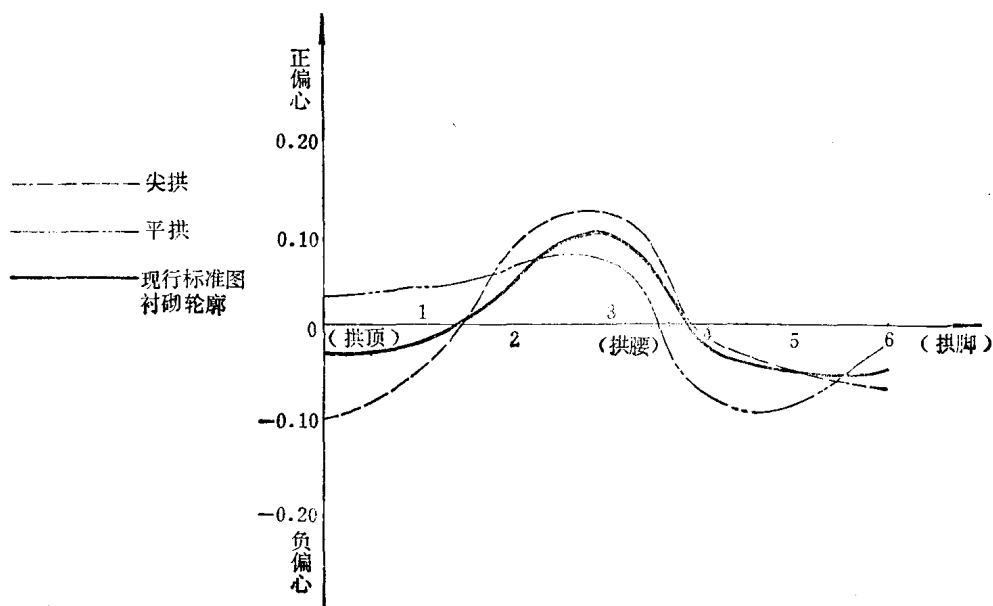


图 1-3 在垂直马鞍形荷载作用下拱圈压力曲线比较

式中 $A = f + \frac{a}{\sin \varphi} (1 - \cos \varphi)$

当 $\varphi = 45^\circ$, $A = f + 0.41422a$

$$r_1 = r_2 - \frac{a}{\sin \varphi} \quad (1-2)$$

注: r_2 、 r_1 求得后, 需检算有否侵限。

2. 求算曲墙内轮廓下部半径 r_3

$$\left. \begin{aligned} b_1 &= b - b_2 \\ h_1 &= h - f + c \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

$$r_3 = \frac{h_1^2 + b_1^2}{2(h_1 \cdot \sin \alpha + b_1 \cdot \cos \alpha)} \quad (1-4)$$

现根据所取的 h , b , f , a , φ , b_2 , c 值, 由公式 (1-1) ~ (1-4) 可算得:

$$A = 230 + 0.41422 \times 70 = 258.995$$

$$r_2 = \frac{1}{2} \left[258.995 + \frac{(70 + 245)^2}{258.995} \right] = 321.06 \approx 321 \text{ 厘米,}$$

$$r_1 = 321 - \frac{70}{\sin 45^\circ} = 222 \text{ 厘米,}$$

$$b_1 = 245 - 220 = 25 \text{ 厘米}$$

$$h_1 = 615 - 230 + 25 = 410 \text{ 厘米}$$

$$\sin \alpha = \frac{r_1 + a_1 - f}{r_2} = \frac{222 + 70 - 230}{321} = 0.19315$$

$$\cos \alpha = \frac{a + b}{r_2} = \frac{70 + 245}{321} = 0.98131$$

$$r_3 = \frac{410^2 + 25^2}{2(410 \times 0.19315 + 25 \times 0.98131)} = 813 \text{ 厘米}$$

上述 r_1 等尺寸系指直线断面的,遇曲线最大加宽断面($W=80$ 厘米)时, $r_1=r_2-\frac{70-\frac{W}{2}}{\sin 45^\circ}=278$ 厘米,与 r_2 比较接近,可知所取的拱部内轮廓接近于半圆形,对各种荷载的适应性较好(参见图1—2、图1—3)。同时,此内轮廓曲墙的侧拱矢有 $\delta=r_3(1-\cos\alpha)=813(1-0.98131)=15$ 厘米,可满足承受围岩侧压力。

应当指出,上述衬砌内轮廓各部分的尺寸相互有牵连关系,一个尺寸数值的改变,其他尺寸也会受影响,加之通常对主要尺寸都取成5厘米的整数,因此衬砌尺寸的最后选定往往需要经过多次的试算比较。例如,从方便施工考虑,参数 f 取大于230厘米的值更好,但这样有可能会影响到其他的尺寸,如曲墙的侧拱矢会偏小,而不能有效地抵抗围岩侧压力。故拟定衬砌内轮廓时,各参数的取值需各方兼顾,全面考虑。

还有,衬砌内轮廓尺寸通常均按1厘米取整,在计算中,由于四舍五入的关系,使最后拟定的内轮廓可能侵入限界。故在内轮廓尺寸计算确定后,应作必要的校核,以检查其有否侵限(可首先校核限界的变坡点,一般认为内轮廓个别点侵限不大于5毫米是可以的)。

三、曲线隧道断面的加宽

曲线上的隧道,由于车辆纵轴与线路中线有偏距和曲线外轨超高引起车辆的倾斜,其衬砌内轮廓(建筑限界)需要加宽,此即通常所说的隧道断面加宽*。

1. 曲线隧道断面加宽

按照现行的铁路限界——国标(GB)146—59,曲线隧道断面加宽方法如下:

(1) 单线隧道断面加宽

曲线内侧加宽

$$W_1 = \frac{40500}{R} + W_h \quad (\text{毫米})$$

曲线外侧加宽

$$W_2 = \frac{44000}{R} \quad (\text{毫米})$$

断面总加宽

$$W = W_1 + W_2 = \frac{84500}{R} + W_h \quad (\text{毫米})$$

(1—5)

(2) 双线隧道断面加宽

曲线内侧加宽 W_1 与外侧加宽 W_2 和公式(1—5)相同,两线路间距的加宽 W_3 需按照两种情况计算,具体可采用《铁路工程技术规范》表1—2数值。

当外侧线路的外轨超高大于内侧线路的外轨超高($h_{\text{外}} > h_{\text{内}}$)时

* 严格地说,衬砌断面加宽与限界加宽在概念上是有区别的。对于衬砌断面加宽,计算由于外轨超高所需的加宽值 W_h 项时,应扣除直线衬砌内轮廓与限界间的富余量;而计算限界加宽时, W_h 项仅为计算点在限界转动后的水平位移值。所以,在直线衬砌内轮廓与限界不完全一致时,认为衬砌断面加宽即限界加宽,是不严密的。

$$\left. \begin{aligned}
 W_3 &= \frac{84500}{R} + \frac{3600}{1500} \times \frac{h}{2} \quad (\text{毫米}) \\
 \text{在任何其他情况下} \\
 W_3 &= \frac{84500}{R} \quad (\text{毫米}) \\
 \text{断面总加宽} \\
 W &= W_1 + W_2 + W_3
 \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

公式 (1-5)、(1-6) 中:

R —— 曲线半径 (米)

W_h —— 由于曲线外轨超高所需要的加宽值。可按公式 $W_h = \frac{H}{1500} h$ 计算, 亦可按转限界

方法, 即将隧道建筑限界绕内侧轨顶中心转动 θ 角 ($\theta = \arctg \frac{h}{1500}$) 求得。

H —— 限界计算点自轨面算起的高度 (毫米)

h —— 曲线外轨超高 (毫米)

(3) 隧道中线偏移距离

由于曲线隧道内外侧加宽值不同, 断面加宽后隧道中线应向曲线内侧平移一距离, 其计算公式为:

单线隧道:

$$d = \frac{1}{2} (W_1 - W_2) \quad (\text{毫米})$$

双线隧道:

内侧线路中线至隧道中线的距离

$$d_1 = 2000 - \frac{1}{2} (W_1 - W_2 - W_3) \quad (\text{毫米})$$

外侧线路中线至隧道中线的距离

$$d_2 = 2000 + \frac{1}{2} (W_1 - W_2 + W_3) \quad (\text{毫米})$$

(1-7)

式中 W_1 、 W_2 与 W_3 按公式 (1-5) 与 (1-6) 计算。

2. 按转限界法求 W_h 值

按转限界法求算由于曲线外轨超高所需要的加宽值 W_h 与按公式 $W_h = \frac{H}{1500} h$ 计算所得结果不等。前者计算工作量虽大, 但因其所得的 W_h 值较小, 而 W_h 项在隧道断面总加宽量中所占比重又显著地大, 故用转限界法求 W_h 值, 可使衬砌断面的设计较为经济合理, 而为隧道标准设计所采用。

按照转限界法原理, 当直线隧道建筑限界上某计算点 $G(x, y)$ 随限界绕内侧轨顶中心转动 θ 角 ($\theta = \arctg \frac{h}{1500}$) 移至 $G'(x', y')$ 时, W_h 值应等于 G' 点的横坐标 x' 减去直线衬砌内轮廓高为 y' (即 G' 点的纵坐标) 处的宽度 x_h^* (图 1-4)。可见 W_h 值同隧道建筑限界和所采用的衬砌内轮廓的形状和尺寸有关。对于同一种隧道建筑限界来说, 每有一种衬砌内轮廓, 就会有一套相应的 W_h 值。

- 直墙与曲墙衬砌墙部内轮廓不同, 但因求算 W_h 值均系拱部控制, 故计算 x_h 时可不考虑直墙与曲墙内轮廓的差别。

(1) 单线电化隧道(叁标隧0012) W_h 的计算公式

因“隧限—2 甲”限界系由几段直线与弧线组成,故可以限界的变坡点作为曲线加宽的计算点。将给定的一种衬砌内轮廓与“隧限—2 甲”限界对比,见图 1—5,可知限界上第 5 点 ($x=1700$ 毫米、 $y=5800$ 毫米)或第 4 点 ($x=2400$ 毫米、 $y=4550$ 毫米)可能是计算 W_h 的控制点。

① 按限界上第 4 点计算 W_h

取图 1—5 中 xOy 为坐标系,则在直线上第 4 点的坐标为

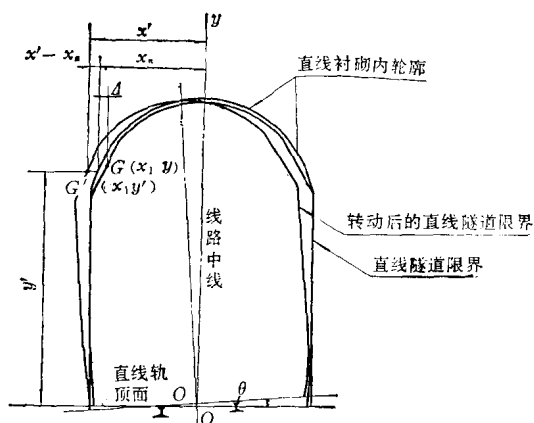


图 1—4

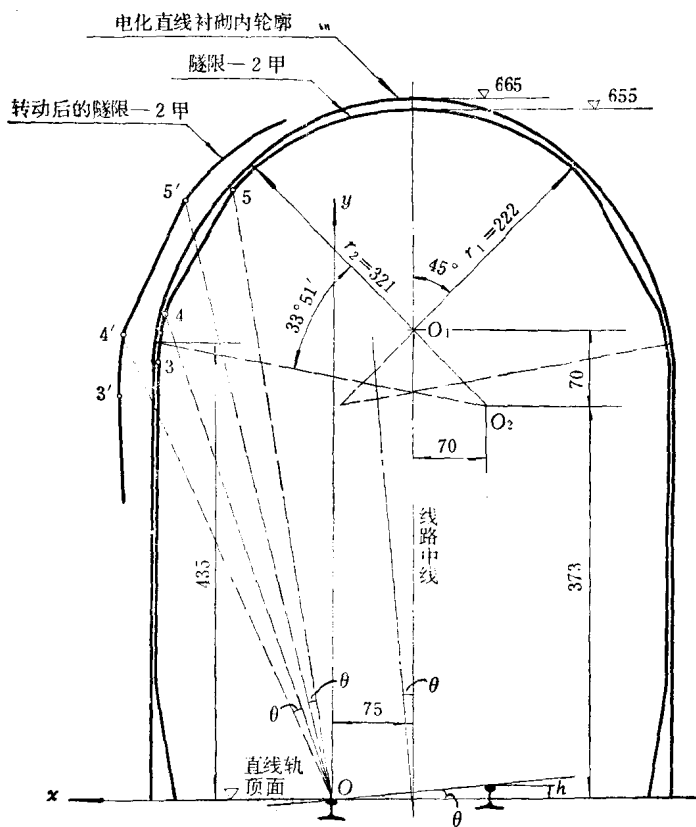


图 1—5

$$x_4 = 240 - 75 = 165 \text{ 厘米}$$

$$y_4 = 455 \text{ 厘米}$$

随限界转动 θ 角, 第 4 点移至 4' 处, 其坐标为

(1-8)

$$\begin{aligned} x_{m_4} &= \sqrt{321^2 - (y'_4 - 373)^2} - 70 - 75 \\ &= \sqrt{(694 - y'_4)(y'_4 - 52)} - 145 \end{aligned}$$

则 $W_{k4} = x'_4 - x_{n4}$

用与按第 4 点计算 W_k 相同的方法可得

$$\begin{cases} x_5 = 170 - 75 = 95 & \text{厘米} \\ y_5 = 580 & \text{厘米} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x'_5 = 95 \cos \theta + 580 \sin \theta \\ y'_5 = 580 \cos \theta - 95 \sin \theta \end{cases}$$

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{h}{1500}$$

$$x_{n5} = \sqrt{(694 - y'_5)(y'_5 - 52)} - 145$$

则 $W_{k5} = x'_5 - x_{n5}$

(1 - 9)

因“隧限-1甲”限界上部为圆弧线,不像“隧限-2甲”限界那样有明确的变坡点,

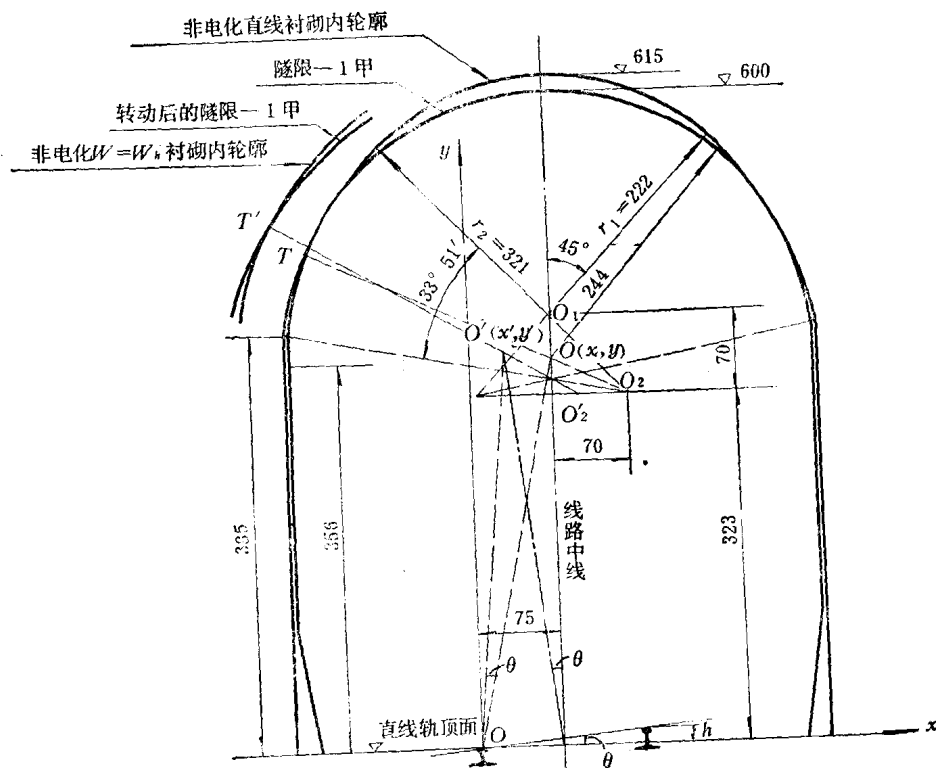


图 1-6