

# 圆形无压隧洞水力计算的简化公式

辽宁省凌源市水利局 李国文 贾秀琴

**摘要** 研究圆形无压隧洞横断面设计直接求解公式的推导

**关键词:** 隧洞 无压流 圆形断面 水力学 水力计算 一次解算

## 1 引言

圆形无压水工隧洞在工业、民用建筑、给排水、灌溉、水力发电等工程中广泛应用,其横断面尺寸根据水力计算决定,公式为:

$$Q = \frac{i^{\frac{1}{2}}}{n} \cdot \frac{W^{5/3}}{X^{2/3}} \quad (1)$$

式中:  $Q$  ——设计流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$i$  ——洞底纵坡, 无量纲;

$n$  ——糙率, 无量纲;

$W$  ——隧洞过水断面面积,  $\text{m}^2$ ;

$X$  ——湿周,  $\text{m}$ ;

1.1 确定隧洞尺寸 即横断面面积  $S'$  及  $W$ , 使其在有关参数  $n$ , 底坡  $i$  既定条件下, 通过设计流量  $Q$ ;

1.2 余幅  $W' = S' - W$  与横断面面积  $S'$  之比值应等于余幅参数  $k$ ,  $k$  值根据水工隧洞设计规范取定, 其关系应满足:

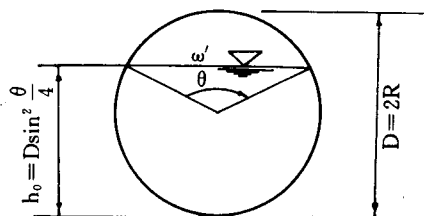
$$k = (S' - W) / S' \quad (2)$$

显而易见, 式(1)为一高阶隐函数方程, 按现行的常规试算法完成求解, 使之同时满足附加条件 1.2, 所付出的计算量很大, 且异常繁冗。因此, 研究一种不必试算, 直接求解横断面尺寸的解析公式是很有必要的。

## 2 公式的推导

2.1 关于  $\theta = \theta(k, \theta)$  关系式的建立

隧洞横断面如图, 设水面以上余幅、总面积分别为  $W'$ 、 $S'$ , 过水面积为  $W$ , 则:



隧洞横断面图

$$W' = \frac{R^2}{2} (\theta - \sin\theta) \quad (0 < \theta < 2\pi) \quad (3)$$

$$W = S' - W' = \pi R^2 - \frac{R^2}{2} (\theta - \sin\theta) \quad (4)$$

$$S' = \pi R^2 \quad (5)$$

由式(2)、(3)、(4)、(5)应有下式成立:

$$k = \frac{\frac{R^2}{2} (\theta - \sin\theta)}{\pi R^2} \quad (6)$$

$$\text{化简得 } \theta = \sin\theta + 2k\pi \quad (7)$$

式中:  $\theta$  ——水面对应的中心角,  $\text{rad}$

2.2 关于洞横断面尺寸  $R$  的确定

断面几何关系和水力要素之间的关系:

$$X = 2\pi R - \theta R \quad (8)$$

$$W = R^2 \left( \pi - \frac{1}{2} (\theta - \sin\theta) \right) \quad (9)$$

$$Q = \frac{i^{\frac{1}{2}}}{n} \cdot \frac{(R^2 (\pi - \frac{1}{2} (\theta - \sin\theta)))^{5/3}}{R^{2/3} (2\pi - \theta)^{2/3}} \quad (10)$$

式(10)经运算、化简得

$$R = \left[ \frac{Q \cdot n (2\pi - \theta)^{2/3}}{i^{\frac{1}{2}} (\pi - \frac{1}{2} (\theta - \sin\theta))^{5/3}} \right]^{3/8} \quad (11)$$

将式(7)、(11)联立求解, 即:

$$R = \left[ \frac{Qn}{i^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{(2\pi - \theta)^{2/3}}{(\pi(1 - k))^{5/3}} \right]^{3/8} \quad (12)$$

则得到横断面尺寸  $\theta$ 、 $R$  设计的直接表达式。

### 2.3 讨论

(1) 式(12)由两个独立方程构成一个方程组,存在两个未知量,其解存在且唯一;若余幅参数  $k$ 、底坡  $i$ 、糙率  $n$ 、设计通过流量  $Q$  既定,则隧洞横断面设计尺寸(半径  $R$ 、水面所对中心角  $\theta$ )唯一确定。

(2) 式(12)中关于  $R$  求解的表达式系一显式函数、由解得(迭代、试算、或查表)  $\theta$  代入式(12)中,  $R$  可直接准确解出,无需试算。

### 3 实例:

某圆形无压输水隧洞,设计流量  $Q=9.0\text{m}^3/\text{s}$ ,  $i=1/800$ ,  $n=0.014$ ,余幅参数拟取  $k=0.015$ ,试确定横断面尺寸  $R$ ,并校核  $k$  值

解:查表,当  $k=0.015$ ,相应的  $\theta(k)=1.8915R$ ,由式(12)即有:

$$\begin{aligned} R &= \left[ \frac{Qn}{i^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{(2\pi - \theta)^{2/3}}{(\pi - \frac{1}{2}(\theta - \sin\theta))^{5/3}} \right]^{3/8} \\ &= \left[ \frac{9 \times 0.014}{\sqrt{1/800}} \cdot \frac{(2\pi - 1.8915)^{2/3}}{(\pi - \frac{1}{2}(1.8915 - \sin 1.8915))^{5/3}} \right]^{3/8} \\ &= (3.5638 - \frac{2.6818}{5.1398})^{3/8} \\ &= 1.2619(m) \\ W' &= \frac{R^2}{2} (\theta - \sin\theta) = \frac{1}{2} \times 1.2619^2 (1.8915 - \sin 1.8915) \\ &= 0.7504\text{m}^2 \\ S' &= \pi R^2 \\ &= \pi \times 1.2619^2 = 5.0026(\text{m}^2) \\ k &= W'/S' = 0.7504/5.0026 = 0.1500 \end{aligned}$$

### 主要参考文献

- [1] 华东水利学院主编. 隧洞——隧洞的横断面. 水电站建筑物. 水工设计手册. 水利电力出版社, 1989年5月第一版.
- [2] 水利电力部标准汇编. 水利水电工程 4. 水工

设计. 水利电力出版社出版, 1990年6月第一版.

- [3] 吴持恭主编. 水力学. 高等教育出版社出版, 1982年11月第2版.

+++++

### 水利部授予

#### 海委取水许可管理权限

水利部于1994年10月22日以水政资[1994]460号文向北京、天津、河北、山西、内蒙古、山东、河南省(自治区、直辖市)人民政府办公厅、水利厅(局),海河水利委员会发出了《关于授予海河水利委员会取水许可管理权限的通知》。

通知指出:为加强海河流域水资源的统一管理,促进水资源的合理开发利用、保护和节约用水、计划用水,根据《中华人民共和国水法》和国务院颁发的《取水许可制度实施办法》以及经国务院批准的《海河流域综合规划》等法规、文件,在征求和协调流域内各省、自治区、直辖市水行政主管部门意见的基础上,经研究决定,授予海河水利委员会在海河流域(含滦河流域、鲁北地区)实施取水许可管理的权限为:

1、实施全额管理的范围为:(1)海委所属的漳河上游管理局,漳卫南运河管理局,引滦工程管理局统一管理的河道、水库管理范围内的取水(包括在河道管理范围内取地下水)。(2)海河流域内跨省、自治区、直辖市行政区域的取水。(3)海河流域内由国务院批准的大型建设项目的取水(包括提取地下水)。

2、实施限额管理的范围及限额为:(1)滦河干流白城子至潘家口,限额量为工业及城镇生活日取水量  $2.0\text{万 m}^3$ 、农业灌溉取水口设计流量  $2.0\text{m}^3/\text{s}$ 。(2)滦河干流的济胜桥至小觉与浊漳河干流的河南村至候壁,限额量为工业及城镇生活日取水量  $1.5\text{万 m}^3$ 、农业灌溉取水口设计流量  $1.5\text{m}^3/\text{s}$ 。(3)蓟运河干流九王庄闸至入海口、支流洵河的平谷县城以下至九王庄闸与大清河北支拒马河的紫荆关至东茨村,限额量为工业及城镇生活日取水量  $1.0\text{万 m}^3$ 、农业灌溉取水口设计流量  $1.0\text{m}^3/\text{s}$ 。

3、对上述所列河段河流的其它河段和所列河段限额以下的取水,以及其它跨省(自治区、直辖市)或省际边界河道的取水,由地方水行政主管部门依照分级管理权限实施取水许可,海委对取水总量实行控制和监督管理。

刘守金