

關於压力涵洞水力計算的指示

苏联交通部設計总局技术經濟勘测設計处原著

参 考 資 料

鐵道部鐵道科學研究院

關於压力涵洞水力計算的指示

苏联交通部設計总局技术經濟勘测設計处原著

孙 振 东 译

铁道部铁道科学研究所

一九五七年·北京

關於压力涵洞水力計算的指示
УКАЗАНИЯ ПО ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ
РАСЧЕТУ НАПОРНЫХ ТРУБ
莫斯科 1951

目 录

設計总局序言	1
I、一般原理	2
A. 定义与分类	2
B. 压力涵洞的工作特点及其合理的应用范围	2
B. 压力涵洞的结构特点	3
Г. 採用压力涵洞时技术經濟上的根据	3
II、水力計算的一般指示	4
A. 水力計算的内容; 压力涵洞中水流的基本形式	4
B. 採用於压力涵洞水力計算中的方程式	5
B. 水力計算在实用上的簡化	6
Г. 一般最小最大水力原理在压力涵洞計算中的实际应用	6
Д. 繪制涵洞中自由水面曲綫的实用方法	6
E. 考虑蓄水作用的計算方法	7
III、水力計算的方法	8
A. 在已知流量的条件下压力涵洞工作的水力計算	8
淹没的压力的流动	8
不淹没的压力的流动	9
半压力的流动	10
B. 涵洞在压力之下工作时所發生的最大流速的計算	11
洞內流速	11
涵洞出口流速	12
IV、計算举例	13
附录:	22
1. 『指示』本文与計算例題的附圖, 圖 1—12	22
2. 表 I、压力涵洞进口与出口的局部損失系数	21
3. 圖解 1. 用於在半压力流动条件下的換算水头的計算	25
4. 圖解 2. 用於在半压力流动条件下的換算收縮深度的計算	26

設 計 總 局 序 言

当通过正常計算流量时，鉄路上的过水涵洞如採用受压力的形式，則涵洞造价就可以大为降低。

只有在若干一定的条件下才有採用压力涵洞的可能，同时压力涵洞的水力計算也有一系列的特点。

当压力涵洞有效的工作的条件存在时，使設計人員能够更广泛更合理地採用压力涵洞，这就是編訂本指示的目的。

本指示系技术經濟勘测設計处技术規程与科学方法 拟訂課（著者——Н·Н·切果达也夫）所編訂，設計总局建議把它作为設計时的參考文件。

設計总局 总工程师

И·Ф·霍沃斯提克

I 一般原理

A. 定义与分类

1. 如在涵洞的一段长度上水流充满全部横断面，就说这种涵洞是在受压力的情况（简言之——『受压力』）下工作。

如通过涵洞的水流只充满涵洞的一个进口横断面，而沿涵洞之长度所有其他横断面只有一部份充水，也就是说，在这些横断面上水流具有自由水面，则我们说这种涵洞是在受『半压力』的情况下工作。

在上述两种场合中，水流自由水面在涵洞的前边被折断，并且，一般地说，水流进入低於壅水自由水面水位的涵洞孔径之中。

2. 当流量增加到足够大时，任何结构形式的涵洞都要在受压力的情况下工作，但是只有事先设计好，并且适当的装备了的、可以保证在压力或半压力的情况下工作而不致发生危险的涵洞，才可以叫做压力涵洞。

有机会在受压力的情况下工作的涵洞，要根据公式进行水力核算；核算的方法与特别作为压力涵洞设计的计算相类似。

在第一种场合，要用实际的孔径；而在第二种场合，则假定一个近似的孔径、随后就要计算涵洞前面的壅水深度，以及涵洞里边与涵洞出口的最大流速。

对于第一种涵洞说，计算的结果可以揭示涵洞实际孔径及其加固工程是否足够；但对于第二种涵洞说，计算是为了正确地选择孔径的尺寸与加固工程的类型。两种场合不同之点就在于此。

B. 压力涵洞的工作特点及其合理的应用范围

3. 受压力涵洞与不受压力的建筑物（涵洞与桥梁）在水力工作中具有下列不同的特点：

- 1) 当通过流量增大时，压力涵洞前边的壅水会急剧增长；
- 2) 在同一流量的条件下，通过压力涵洞的水流会产生较大的流速。

4. 适于采用压力涵洞的条件是：

- 1) 路基很高，壅水增長時也可以保證不致於漫過它去，
- 2) 河床是不容易被冲刷的（多石的或岩石性質的），因而水流雖以極大的流速通過，在涵洞出口的地方也還容易佈設必要的防冲措施，
- 3) 流域上主要地是暴雨逕流，它的洪水通過時期比較短促，
- 4) 壓力涵洞之前地形條件優越，從而絕大部份洪水容易聚積起來，
- 5) 洪水時水流中不能有大量的漂浮物（冰，樹根等等）或泥石流所攜帶的泥漿與碎石，
- 6) 在冬季，水流不發生津水冰堆。

B. 壓力涵洞的結構特點

5. 當建造壓力涵洞時必須：

- 1) 排除沿涵洞漏水（路堤內涵洞上設防水層）及水滲入路堤的可能性：在涵洞洞首（沿牆外坡面鋪設防水層）；在每段接縫處（用接縫絕緣）；在涵洞本身（用堅固的鋼筋混凝土或混凝土，拱身絕緣）；
- 2) 加固涵洞出口以防流速水流的破壞作用；
- 3) 假使由於路堤的高度所限，涵洞前面的壅水不能超過一定的高度時，涵洞洞首要用好的流綫形式及『自裝』形式。

註：所謂“自裝”式就是：進口孔徑的上緣要割去並作成圓弧形狀，永遠保證水流進洞後變為受壓力的情形而不可能發生半壓力情況（圖6）。

Г. 採用壓力涵洞時技術經濟上的根據

6. 採用壓力涵洞在技術經濟方面要考慮：

- 1) 洞身竣工、洞首與洞尾竣工及進出口加固工程的竣工的體積的互相關系；
- 2) 路堤土方及其他土工建築物土方的體積的互相關系；
- 3) 在受壓力的情況下涵洞過水時，由於隣近田宅被淹沒所產生的損失；
- 4) 為了保證洪水得以通過受壓建築物的附加費用與增加的流量之比。
7. 關於什麼是受壓涵洞最有利的形式一個問題應該考慮下列各項：
 - 1) 當壅水的高度有受到限制的可能時，洞首應採用最好的流綫形；
 - 2) 當壅水的高度不受限制時，或者是根據運用的條件（檢查，清掃與修理）採用許可的最小的孔徑時，可以採用在水力方面不甚完善的但是最簡單最便宜的洞首形式；

3) 根据研究的结果, 当孔徑相同, 圆形或卵形横断面的压力涵洞与长方形者相比, 按平均說, 可得:

a) 圬工体积减少 20—25%;

6) 通过能力减少 7—10%;

в) 壅水高度增大 $0.1 \sqrt{\frac{Q_{pacu}}{V_{don}}}$

式中 Q_{pacu} ——計算流量;

V_{don} ——容許流速。

г) 涵洞內的流速增大 12—15%。

如此, 在流量相等时, 圆形的或卵形的压力涵洞, 通常总是比长方形者经济。

II 水力計算的一般指示

A. 水力計算的内容: 压力涵洞中水流的基本形式

8. 在进行压力涵洞的水力計算时, 应该进行檢驗:

1) 在設計技术条件中規定了: 当通过 300 年重现期的洪水时, 涵洞前面的壅水水位与涵洞前面壅水区域内的最低的路肩高程之間应该有最小不少於若干尺寸的安全距离(按現時中国铁路桥涵設計規程規定为 0.50 公尺——譯者); 这种設計技术条件的要求是否滿足了?

2) 涵洞洞身內的最大流速与出涵洞以后的出口处的最大流速不应该大於水流容許流速。水流容許流速是根据洞身的材料及出口加固工程的結構規定的。

此外, 水力計算应该能够判定水流的一般形式, 計算的范围是自涵洞前面的壅水、經過洞身、到涵洞出口以外与河槽中的正常水深相接的一段。

9. 可以确定, 在压力涵洞中的下列三种水流基本形式之一:

1) 当出口孔徑被淹沒时受压力的水流通过形式(圖 1);

2) 当出口孔徑不被淹沒时受压力的水流通过形式(圖 2);

3) 受半压力的水流通过形式(圖 3)。

上述三种基本形式, 如再細分, 可能有下列各种不同情况, 亦即:

1) 淹沒受压通过形式:

a) 出洞以后的水深可能比涵洞出口的全部高度还要高(圖 1, 曲綫 a);

6) 在一段距离內, 水流自涵洞流出的深度等於涵洞出口的全部高度(圖

1. 曲綫 6) ;

2) 不淹沒受压通过形式:

a) 下游尾水不影响洞内的水力情况 (圖 2, 曲綫 a) ;

6) 下游尾水影响洞内的水力情况 (圖 2, 曲綫 6) ;

3) 半压力水流通过形式:

a) 洞身之内發生水躍 (圖 3, 曲綫 a) ;

6) 在涵洞后边發生『临近』水躍 (圖 3, 曲綫 6) ;

b) 在涵洞后边發生『远离』水躍 (圖 3, 曲綫 b) 。

B. 採用於压力涵洞水力計算中的方程式。

11. 当分析压力涵洞的工作情况时, 要研究下列五个区段 (圖 4) :

1) 上游壅水——在涵洞洞首处的漩渦以前的水流壅水区段;

2) 进水区段——包括涵洞洞首及再前进到所謂『收縮』深度 h_c 的断面的一段。上述断面的位置在涵洞进口以内 $l_c = 2h_{0.1n}$ 处, 其中 $h_{0.1n}$ 为洞身的全部高度。

3) 洞身——由收縮深度 h_c 断面到洞尾的开端;

4) 出水区段——包括洞尾及涵洞后边的漩渦的一段;

5) 下游尾水——出水区段后边正常河槽中的水流,

12. 依照我們要研究的第 1) 节 (前一节) 中所述的不同的区段, 压力涵洞的水力計算將採用不同的方程式:

1) 涵洞的进水区段与出水区段要用水流比能平衡常量方程式計算。在这里要考慮洞首与洞尾內漩渦的损失及水流进入与流出时的漩渦的损失。这两个段上的水力摩阻损失可以不考慮;

2) 洞身, 当其长度相当大时, 要用水流比能常量方程式計算。这里要考慮摩阻损失;

3) 下游尾水按等速流方程式計算 (当水流底坡小於临界坡度时) 或按水流临界深度的方程式計算 (当水流底坡大於临界坡度时)。如在下游尾水中河槽受到阻碍 [壩及其他人工建筑物, 水流中天然的急劇收縮 (『水道』, 狹道) 及其他] 下游尾水的水面要考慮由上述阻碍物所产生的壅水作用, 也就是說要採用不均匀流方程式;

4) 在严重的、特別の場合中, 当有必要确定压力涵洞的壅水對於其他东西 (如田宅——譯者) 的影响时, 上游壅水的自由水面曲綫可根据不均匀流方

程式計算。

B. 水力計算在实用上的簡化

13. 要揭露压力涵洞的水流的可能通过形式，应该应用在水力学中阐述的众所周知的方法做不等速水流运动的研究。在本指示中，除了扼要地叙述这些方法外，还要援引几个实用简化计算方法，由这些方法计算所得的结果是够准确的。

为了简化计算，特作如下的假定：

1) 在涵洞之内，距出口 h_{cr} 的地点水流的深度达到临界深度 h_{cr} (圖 5)；

2) 在涵洞的出口断面处，由于水流扩散的关系，水深

$$h_{exit} = 0.75 h_{cr}; \quad (1)$$

3) 应用不等速水流运动方程式时，应该采取水深变为 $1.25 h_{cr}$ 的地点作为起点。可以认为这个地点的断面在出口的上游并与出口相距

$$l_{exit} = 2 h_{cr}.$$

Г. 一般最小最大水力原理在压力涵洞计算中的实际应用

14. 一般最小最大水力原理可以用来决定在实际上水流的通过形式究竟是怎样的。

应用这个原理去作压力涵洞的计算，就等於說，由

1) 压力涵洞后边水流中的断面，或由

2) 压力涵洞的出口断面，或由

3) 压力涵洞中进口处收缩水深的断面

开始计算，我们将得到不同的涵洞前的壅水水位。这时在压力涵洞之中，在採用計算流量的情况下，恰好那么一种水流通过形式会建立起来，这种形式将是与涵洞前面的水流的比能的最大值（也就是，水头 H 及水流动能 $\frac{V_0^2}{2g}$ ）相对应的。

註：实际上，为了确定那一种水面的形式与压力涵洞前边水流的最大比能相当，我们可以只将开始断面的比能与其以下断面所形成的水面的水流比能相比，这样就可以了。

Д. 繪制涵洞中自由水面曲綫的实用方法

15. 涵洞中自由水面曲綫的繪制实际上是根据众所周知的下列的一定落差

的不等速流方程式去做，

$$\Delta S = \Delta \eta \left(1 - \frac{1.1 Q^2 B_{cp}}{g \omega_{cp}^3} \right) \quad (2)$$

式中 $\Delta \eta = H_1 - H_2 = \eta_1 - \eta_2 + i_g \Delta S$ ——两个断面上水流表面高程之差；

H_1 及 H_2 ——长为 ΔS 的水流小区段的兩端的断面表面的高程；

η_1 及 η_2 ——同上断面的水流深度；

ΔS ——两个断面之间的距离；

$i_{mp, cp}$ ——水力摩擦損失的平均坡度，此坡度按照流量 Q 及与平均断面相应的方向由等速流公式决定之。在实用上，这个坡度按照求涵洞临界坡度的表去决定，要比較簡單些；

i_g ——涵洞底的坡度；

B_{cp} ——平均断面的水面上的水流寬度；

ω_{cp} ——平均过水断面的面积。

$\frac{1.1 Q^2 B_{cp}}{g \omega_{cp}^3}$ 的数值可以很簡單地借助於水力計算表用下列公式去决定；上

述水力計算表系 1943 年列宁格勒運輸設計局所編制(著者系 Чогодаев, Н. Н. 及 Гольдман, А. Г.) 並由全苏運輸設計局出版(定型設計目录中編号为 1981)；上述公式之形式如下：

$$\frac{1.1 Q^2 B_{cp}}{g \omega_{cp}^3} = \frac{1.1 Q^2}{L_o^5} \cdot \frac{1}{\left(\frac{Q}{\mu L_o^{2.5}} \right)_{cp}^2}$$

式中指标 $\left(\frac{Q}{\mu L_o^{2.5}} \right)_{cp}$ 按指标值 $\frac{\eta_{cp}}{L_o} = \frac{\eta_1 + \eta_2}{2 L_o}$ 由上述表中去求定，其中 L_o ——涵洞孔徑的特征尺寸。

压力涵洞的中部系屬頂上封閉的稜形渠道，也有时是向上收縮的断面。

当利用公式 (2) 繪制自由水面曲綫的时候，因为公式 (2) 自身對於任何明渠或封閉渠道都是一样，断面向上收縮對於自由水面的影响將在繪制的过程中自勁地被估計进去。

E. 考虑蓄水作用的計算方法

16. 当压力涵洞工作的时候，与水头增長的同时，涵洞前边要聚积很多的

水。所以，一般压力涵洞的计算总是考虑蓄水的。参阅1949年全苏运输设计局出版的『考虑蓄水作用的通过建筑物的流量计算方法的指示』（「Методические указания по расчету расходов в сооружениях с учетом аккумуляции」），这本书对这种计算讲的比较详细。

註：在个别的、很少的场合，蓄水的作用可能不产生显著的影响；在其他场合，不可采用此法，例如路綫跨越大底坡的特别窄狭的深溝形式的峡谷时，这首先就是屬於这种情况；又如稳定的長期間的氾濫性的水流，比如說純融雪或純水河性質的，就是第二類。

17. 考虑蓄水的計算工作需要涵洞通过能力的圖解，当繪制此种圖解时应利用压力涵洞水力計算的指示。

III 水力計算的方法

A. 在已知流量的条件下压力涵洞工作的水力計算

淹没的压力的流动

18. 在淹没的压力的流动情况下，涵洞可以具有任何的坡度；涵洞前后的水流处于緩流状态，而进口与出口的孔徑均被淹没（圖7）。

在这种情况下，要根据水流比能常量方程式进行計算：

$$y + \frac{\alpha_0 V_0^2}{2g} + \vartheta_1 = a + \vartheta_2 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + \zeta_{gx} \cdot \frac{\alpha Q^2}{2g\omega_{полн}^2} + \zeta_{g_{вх}} \cdot \frac{\alpha Q^2}{2g\omega_{полн}^2} + \frac{Q^2 S}{(\omega^2 C^2 R)_{полн}} \quad (3)$$

式中 y ——压力涵洞前边的壅水深度；

V_0 ——在壅水深度 y 的条件下，压力涵洞前边的水流平均速度（实际上， V_0 值甚小，常被略去）；

ϑ_1 ——压力涵洞进口之高程；

ϑ_2 ——压力涵洞出口之高程；

a ——涵洞出口外边的水流正常深度；

V_1 ——深度为 a 的水流正常流速；

ζ_{gx} 及 $\zeta_{g_{вх}}$ ——压力涵洞进口与出口处的局部损失系数，根据本指示附录之表1資料決定；

$\frac{Q^2 S}{(\omega^2 C^2 R)_{\text{но.лн}}}$ ——压力涵洞中的水力摩擦损失，涵洞长为 S ；

α, ω, C, R ——带有下标 но.лн 的——压力涵洞全部断面的水力因素：

ω ——面积， C ——等速运动公式的系数，又 R ——水力半径；

$\alpha_0 \alpha_1 \alpha$ ——流速在断面上分布的不匀性系数。

註：摩擦损失实际上是很小的。

当涵洞的长度 $S \leq 15h_{\text{но.лн}}$ ，此地 $h_{\text{но.лн}}$ 指涵洞的全高，摩擦可以不必考虑。

由公式 (3) 即可得到：

$$y + \frac{\alpha_0 V_0^2}{2g} = a + \frac{Q^2 S}{(\omega^2 C^2 R)_{\text{но.лн}}} + S i_g + (\zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{вхх}}) \frac{\alpha Q^2}{2g \omega_{\text{но.лн}}^2} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}, \quad (4)$$

式中 i_g ——涵洞的底坡（参阅例 1）

当洞首不是『自装』式时，根据这一个公式得到的计算结果不能认为是最后的。为了进行比较与作最后的决断，还须要进行半压力流动的計算。

不淹没的压力的流动

19. 当涵洞的底坡小于临界坡度并且行近水流处于缓流状态时，涵洞后边的水流将

- 1) 或者是不影响涵洞中的水力情况，
- 2) 或者是有一点影响，但不致引起出口孔径的全部淹没。

作为全部计算用的开始断面系出口的孔径。在第一种情况下临界水深 $h_{\text{кр}}$ 置于距离 $l_{\text{вхх}} = h_{\text{кр}}$ 处。在涵洞出口自身的断面（洞尾之尾）上，放上出口深度 $h_{\text{вхх}} = 0.75 h_{\text{кр}}$ 。

涵洞中自由水面曲线的绘制应自水深为 $1.25 h_{\text{кр}}$ 的断面开始，这个断面到出口之距离为 $l'_{\text{вхх}} = 2 h_{\text{кр}}$ 。

在第二种情况下， $h_{\text{вхх}}$ 要自正常水流深度 a 出发根据水流比能常量公式去决定，同时也要考虑到出口的局部损失。这样，也就是 $h_{\text{вхх}}$ 要按照下列方程式计算：

$$h_{\text{вхх}} + \frac{\alpha v_{\text{вхх}}^2}{2g} = a + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \zeta_{\text{вхх}} \frac{\alpha v_{\text{вхх}}^2}{2g} \quad (5)$$

式中 v_{gblx} ——出口断面的流速。

由公式 (5) 可以得到：

$$h_{gblx} + (1 - \zeta_{gblx}) \frac{\alpha v_{gblx}^2}{2g} = a + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \quad (6)$$

根据最后一个方程式去决定出口的水深要用逐次接近法（詳細步驟可參閱附录中的例 3）。

20. 由出口断面开始到充滿涵洞的断面，下降曲綫應該繪制出来，下降曲綫的長度 S_0 亦应决定（圖 8）。

21. 要决定压力涵洞前边的壅水深度，水流行近流速的动能考慮在內（也就是水流比能），可以用水流比能常量方程式，这个方程式可以按由压力涵洞前边的断面到涵洞內涵洞开始全部断面流动的断面之間的区段写出如下：

$$\begin{aligned} H + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g} + \vartheta_1 = h_{no.ah} + \vartheta_2 + \frac{\alpha Q^2}{2g\omega_{no.ah}^3} + \zeta_{gblx} \frac{\alpha Q^2}{2g\omega_{no.ah}^3} + \\ + \frac{Q^2(S - S_0)}{(\omega^2 C^2 R)_{no.ah}}, \end{aligned} \quad (7)$$

式中 ϑ_2 ——全部充滿水流的断面之洞底高程。

由方程式 (7) 可以得到：

$$\begin{aligned} H + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g} = h_{no.ah} + (1 + \zeta_{gblx}) \frac{\alpha Q^2}{2g\omega_{no.ah}^3} + (S - S_0) i_g + \\ + \frac{Q^2(S - S_0)}{(\omega^2 C^2 R)_{no.ah}}. \end{aligned} \quad (8)$$

半压力的流动

22. 当涵洞具有大於或小於临界的坡度（在后一种場合洞首須为非『自装式』的），行近涵洞的水流处于緩流状态，而涵洞后边的水流也不影响涵洞出口部份的水力情况时——在这种情况下就形成『半压力』的流动情况。

23. 在第 22 节所述的場合中，入口孔徑就是計算开端所需要的出發断面，入口孔徑的水流类似于擋板下的流出。在这种情况下，收縮水深 h_c 置於距离 $l_{gk} = 2h_{no.ah}$ 处（圖 9）。

24. 压力涵洞前边的比能，在这种情况下，可根据这本『指示』的附录中

的圖解 1 去求。根據計算出來的指標 $\sqrt{1+\xi_{gx}} \frac{\sqrt{\alpha_c Q}}{K h_{10AH}^{2.5}}$ ，可以自圖解 1 上

找到比值 $\frac{1 + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g}}{h_{10AH}}$ 。已經知道 h_{10AH} ，就很容易求得 $1 + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g}$ ；數值 $K = \frac{h_{10AH}}{L_0}$ ，也就是涵洞入口處的全部高度與涵洞孔徑的特征水平尺寸 L_0 之比值。（參閱例 4 與 5）。系數 $\alpha_c = 1$ 。

25. 要求涵洞中的收縮水深 h_c 須要利用這本『指示』中所附的圖解 2。根據比值 $\frac{h_{10AH}}{1 + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g}}$ ，自圖解 2 可以找出 $\frac{h_c}{h_{10AH}}$ 之比值，已知 h_{10AH} ，不難求出 h_c 。

B. 涵洞在壓力之下工作時所發生的最大流速的計算

洞 內 流 速

26. 在淹沒及受壓力的流動情況下，洞內的最大流速可以用涵洞的全部斷面積去除流量得之。

27. 在不淹沒而受壓力的流動情況下：

1) 如下游水流不影響涵洞內的水力情況，涵洞內的最大流速決定於最小深度的斷面，這種最小深度形成於涵洞的出口 ($0.75 h_{cp}$)。

註：在以上指出的涵洞的出口處，在洞尾範圍之內或者是再遠一些，流速也可能更高。

2) 如下游水流影響到了涵洞內的水力情況，最大流速將在最小深度 h_{gbx} 的斷面上。

28. 在半壓力的水流運動情形下，要精確解決問題必須自收縮深度的斷面起繪制水面自由曲綫。然而在設計時，根據最小深度的斷面去決定最大流速已經足夠，這種最小深度：

1) 當涵洞短 ($S \leq 15 h_{10AH}$) 時，取其等於收縮斷面的深度 h_c ；

2) 當涵洞長 ($S > 15 h_{10AH}$) 並且它的底坡大於臨界坡度時，取其等於在既定流量及實際底坡條件下的等速水流的深度，但當涵洞底坡小於臨界坡度時，取其等於收縮斷面的深度。

注：根据上述建議的方法所求得的最大流速比由以前採用的計算所決定的流速高25%。因而涵洞內的容許流速亦須比以前所採用的提高25%。

涵洞出口流速

28.* 当涵洞出口的水深大於涵洞后边水流的正常水深时，应根据下列簡化方式进行最大流速的計算：

1) 旋渦区段的長度 l_0 由下列公式計算（圖10）：

$$l_0 = m \frac{B_2 - B_1}{2}, \quad (9)$$

式中 B_1 ——洞內水流水面的寬度（孔徑）又 B_2 ——出洞以后的水流水面的寬度（河槽寬度）；

m ——系数，自下表选取：

$\frac{v_{gblx}}{v_1}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
m	2.1	2.5	3.0	3.7	4.5	5.5	6.6	8.0	9.5	11	23	42	66	100

2) 由出口到最大流速断面的距离 x 由下列公式計算：

$$x = \frac{B_1(h_1 - a)l_0}{h_1(B_2 - B_1)} \quad (10)$$

式中 a ——涵洞后边的水流深度（正常的或者是变化的）。

3) 出口以前的最大流速（ $\max v$ ）可根据本流速与出口流速（ v_{gblx} ）的比值 $\frac{\max v}{v_{gblx}}$ 求出，这个比值已列入下表。选取这个比值时应根据预先算出的指标

$$\frac{x(h_1 - a)}{l_0 \cdot h_1}$$

$\frac{x(h_1 - a)}{l_0 \cdot h_1}$	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.55
$\frac{\max v}{v_{gblx}}$	1.00	1.03	1.06	1.10	1.14	1.19	1.25	1.31	1.39	1.48	1.60	1.75	1.75

4) v_{gblx} , $\max v$ 及 v_1 之間的流速可以認為是按直綫分佈的。（參閱例6）。

29. 当半压力涵洞的出口被尾水淹沒时，涵洞后边流速分佈的計算应照下

x) v_{gblx} ——涵洞出口的流速；

v_1 ——正常水深 a 的水流的流速。

* 原文有两个28——編者註

列方式进行:

1) 决定接近涵洞出口的水深 $h_{no\partial x}$ 。如为短涵洞 ($S \leq 15h_{no\partial H}$) 可取其等於收缩断面的水深 h_c ; 如为长涵洞 ($S > 15h_{no\partial H}$) 可取其等於等速流的水深, 等速流的水深根据已知的流量及涵洞底坡计算之。

2) 根据公式

$$h'_{no\partial x} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{kp}}{h_{no\partial x}} \right)^3} - 1 \right] h_{no\partial x} \quad (11)$$

决定接近水深 $h_{no\partial x}$ 的共轭水深 $h'_{no\partial x}$ 。

3) 根据第19条所列公式 (6) 决定出口断面的水深 $h_{g\partial x}$ 。

4) 涵洞出口是否被水躍所淹没, 比较 $h_{g\partial x}$ 及 $h'_{no\partial x}$ 的大小即可决定:

当 $h_{g\partial x} > h_{no\partial x}$ 时, 水躍淹没涵洞的出口; 当 $h_{g\partial x} < h'_{no\partial x}$ 时, 水躍为远驱式, 因而涵洞出口不被淹没。

30. 当出口不被尾水所淹没时, 取涵洞后边的最大流速等於涵洞里边出口处的流速。

当出口被尾水所淹没时, 以流速 $v_{g\partial x}$ 从涵洞出口断面射出来的水流将扩散为水垫, 流速由 $v_{g\partial x}$ 降低为 v_1 ——正常水深时的水流流速。

上述流速变化可以认为是直线变化。

扩散段的长度可取为:

$$l_{расмex} = m \left(\frac{B_2 - B_1}{2} \right) \left(\frac{1}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{h_{no\partial x}}{h_{g\partial x}} \right), \quad (12)$$

式中 m , B_1 及 B_2 之意义与公式 (9) 所用者同;

$h_{no\partial x}$ 及 $h_{g\partial x}$ ——分别为接近与出口水深, 上边第29节 1) 及 2) 中已经提到。(参阅例 7)。

运输技术经济勘测设计处处长

M. Ф. 葛拉科夫

技术规程与科学方法拟订课课长

A. Ф. 西米尼亚科

IV 计算举例

例1. 已知矩形压力涵洞, 进口与出口均被淹没, 孔径 $B=1.0$ 公尺, 高度 $h_{no\partial H}=1.0$ 公尺, 底坡 $i_g=0.005$; 通过流量 $Q=3.5$ 立方公尺/秒; 淹没出口