

高等学校教学用书

铁路路基

第三册

Г. М. 沙湖年慈 著

人民铁道出版社



统一书号: 15043·894

定 价: 1.40 元

541

5/3938

T.3

高等学校教学用书

铁 路 路 基

第三册

Г. М. 沙湖年慈著

唐山铁道学院线路构造教研组 译

人民铁道出版社

一九五九年·北京

СВЕТЛО

苏联“铁路路基”一书是以苏联科学和技术的成就、以及设计和科学研究机关的经验为基础，有系统地阐述有关铁路路基设计和计算方面的各项问题。原书共五章，译本分为四册出版；第一册（第一章及第二章）及第二册（第三章）已出版，本书为第三册（第四章）叙述复杂情况下的路基。

本书经苏联交通部教育总局批准作为高等学校教学用书，亦适用于新线设计和营业线养护的工程技术人员参考之用。

铁 路 路 基

第 三 册

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

苏联 Г. М. ШАХУНЯНЦ 著

苏联国家铁路运输出版社（1953年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

МОСКВА 1953

唐山铁道学院线路构造教研组 译

人民铁道出版社出版

（北京市霞公府17号）

北京市书刊出版业营业许可证书字第010号

新华书店发行

北京西四印刷厂印

（北京市建国门外七圣庙）

书号1297 开本850×1168 1/32 印张11-8/16 字数304千

1959年3月第1版

1959年5月第1版第1次印刷

印数0,001—1,800册 定价（9）1.40元

目 录

第四章 复杂情况下的路基

§41. 高路堤及在斜坡上的路基.....	2
§42. 河滩路堤, 被淹没及冲刷的路堤。地表水渗入 路堤的影响.....	9
§43. 地震区路基.....	83
§44. 山区的路基.....	95
§45. 泥石急流地区及深沟形成地区的路基.....	186
§46. 在黄土区、盐碱区、喀斯特发展区和流沙地 带的路基.....	214
§47. 泥沼地带的路堤.....	259

第四章 复杂情况下的路基

§41. 高路堤及在斜坡上的路基

建造高路堤时应保证边坡及其基础的稳定性以及保证路堤本身及其基础土壤必要的密实度。稳定性的计算已述于§5中。

有关高路堤边坡的设计必须注意下列各点：

路堤高度增大时，为了保证路堤边坡足够的稳定性，路堤下部边坡陡度应放缓，这在§2中已经指出了。

土壤的内摩擦角及粘着力不大时，在路堤下部填筑马道是保证边坡必要稳定性较有效的方法。在个别的特别困难的情况下，可按路堤高度设置两个甚至三个马道。马道的高度和宽度需用大家所知道的边坡稳定计算来决定。这时，应当检查的是临界表面通过边坡转折点，通过马道、马道之下（以免边坡连同马道一齐滑下）以及马道之上（以免马道之上的边坡滑下）时的边坡的稳定，也应当检查马道本身边坡的稳定性（图439）。

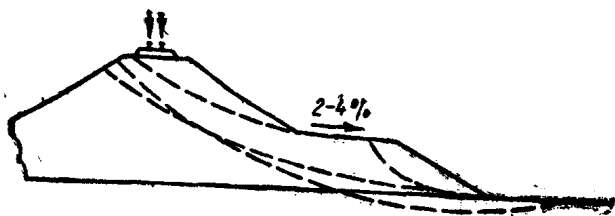


图 439

设计马道时，应在完成全部上述要求的同时，将马道设置在可能滑动表面的低洼部分（图440），在该处马道的重量将保证最大的磨阻力，这力在可能滑动面中是在最小或负的（应尽量这样作）切线分力的情况下产生的。根据这些最大利用马道重量的考虑，马道的边坡就应给以足够的陡度（往往就等于其上部边坡



图 440

的陡度，但浸水的馬道除外，因这里可能要求較平坦的边坡）。

在浸水路堤中，馬道的設置，除为了提高堤身边坡的稳定

性而外，还可有其独特的意义，如为了加强線路（浸水时水渗过堤身），减低地下水流渗过堤身时所引起的粉粒土壤被冲走的危险性，以及防止路基本身受到流动的淹沒水及冰块之类的直接作用。浸水路堤的构造特点詳述于§42中。

路堤下部边坡的放緩以及格外地加設馬道，也說明其在保証基底、抵抗土壤挤起方面的巨大作用。上述問題对淤泥性及柔軟的粘性土壤來說意义更大。

在計算边坡稳定性时，檢查边坡沿路堤基底以下的可能滑动面有滑动的可能性，同时也就是檢查基底土壤挤起的可能性。

对挤起的专门檢查，在假設可能移动表面（不論是由坍塌稜体形成的或是由挤起稜体形成的）为平面（图441）时，不外乎为某个垂直截面 I-I 繪制由路堤一侧加在該截面上的压力 E_a 的分布图及由截面的相反一侧的土壤抗力 E_o 的分布图。

然后将 E_a 图置于 E_o 图上。如到处都是 $E_o \geq E_a$ ，挤起就不会发生。如重合的两图在个别段落上 $E_a < E_o$ ，那就需要在抵抗稜体的一侧进行必要的撒土。撒土的尺寸与位置的決定与§37中所述者类同。

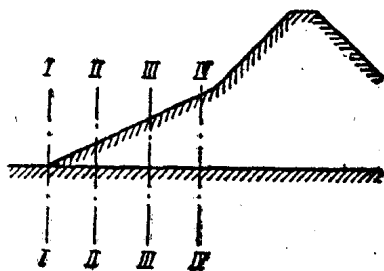


图 441

研究了若干垂直截面 I-I，II-II，III-III，IV-IV 等以后，就找出了最不利的（計算的）截面，据此再考虑必要的附加的设备。

有必要时，就在必要的附加设备设计以后，重新计算边坡的稳定性。这种设备往往是增大边坡的稳定性的。

在假设坍塌稜体及挤起稜体的可能移动面为互相对应的圆柱体的表面，而不是平面（图442）时，则只是 E_a 及 E_o 的确定方法有所改变；至于以后的计算仍和以前一样（和移动面为平面时一样）。

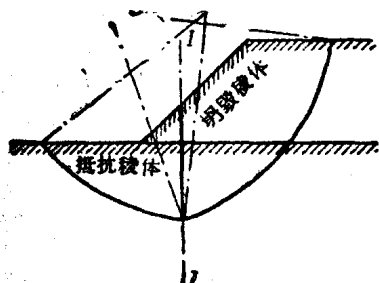


图 442

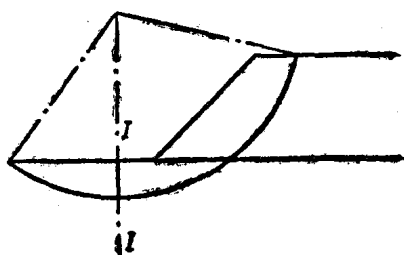


图 443

假如坍塌稜体与抵抗稜体的可能移动面为同一半径的单圆柱体的表面（图443），则用普通的边坡稳定系数的计算就足够了，这个边坡是具有通过基底土壤的简单圆柱形的可能移动表面的。

如果最可能的移动表面（不论是坍塌稜体的或是抵抗稜体的）系由路堤基底的地质构造所决定，那就很明显，所有对土壤挤起的基底稳定的全部研究都应根据这些表面来进行。

有时，基底对土壤挤起的稳定性，是把全部由路堤（连同路堤上面的荷载）所引起的力的反作用看作加于基底上的相应的垂直荷载来推算的。不过，这种计算方法的缺点在于没有算到堤身与基底接触面中的剪应力，也没有算到在基底中及堤身中形成移动面时存在于堤身之内的磨阻力与粘着力。

在这些计算中，堤身与基底中土壤的不均性的计算，应按照第二章及第三章中所述来进行。

从所有上述的计算方法中应采用最接近于符合边坡真实工作情况的计算草图，并采用其中给出最不利结果的计算方法。

1. 堤身及基底土壤必要密实度的计算应按§7所述进行。

堤身土壤所需要的密实度，必要时可利用人工压实来保证。

假如基底土壤的密实度在某一深度以内不够的话，则有許多原則上不同的处理方法，这些方法不外乎設法将土壤密实度提高到計算值，或者降低基底土壤的湿度，使土壤所具的特性上升到需要的程度〔必要的湿度降低值可利用压缩曲线（§4）所指出的計算特性的图表决定之〕，或者减小土壤上的最大压力，使它在基底土壤的天然密实度下达到容許的程度，或者用各种加固土壤的方法来提高基底的性能，或者是上述諸法联合使用。

不过在实践中只有排除基底土壤的水份或者减小基底土壤上的最大压力（重新設計縱断面，減低路堤高度）两种方法得到普遍采用。在柔軟基地上的不高的路堤，也是为了减小最大压力起見才采用片岩作堤，其計算述于§47中。

如在§7中說过，要求一个正常工作的路堤，在它建造完毕以后在它内部所发生的变形是彈性的变形。

不过，在路堤建筑的过程中，可以容許在堤体及其基底中发生压实的剩余变形，如果它在路堤建筑完成时已經逐漸趋于完全消灭而以后也不致引起不正确的工作的話。在容許所說的变形时，应保证使这种变形在实际上已經表現得如此强烈，以便到路堤建筑終了时已完全消灭，并且在堤身（这当堤身分层填筑时有其意义）及其基底变形时沒有一处会有积水和其他有害的現象。因此需要决定預期变形的数值及外形（輪廓）并采取避免积水的方法等等。

根据上述，技术科学院士M.A.別尔西牙諾夫的建議值得注意——在必要时給路堤基底以凸出的（隆起的）外形，以保证水从基底上流开。

在斜坡上建筑路基时应当考虑到，这可能使斜坡原有的存在条件有所改变。

因此，对于在建筑路基之前原来坚固的斜坡，需要在建筑路基之后以計算来檢查其稳定性并在必要时采取专门的措施。

建造路基在不稳定的斜坡上时，必須采取措施来使它稳定，

并考虑到在它上面建造路基的影响（防止土滑的措施述于第五章中）。

所有可能从斜坡上方流向路基的地表水都应当加以堵截，或用縱向水沟（在路堤时），或用天沟（在路堑时）。当不容許設置这类水沟时可沿斜坡設置补充性的水沟網于斜坡上方較高之处。

当斜坡上土壤渗水严重因而使土壤連同路基有移动危險时，必須采取防止渗水的措施，方法是整平斜坡，使每处都不会形成积水并使水沿最短的方向流入相应的沟內。

斜坡的表面同时应用草皮或其他方法来加固，使水渗入土壤的可能性达到最小的程度。

在这些情况下，同样应采取措施以防水的渗入沟墙及沟底（沟水渗透的計算述于第三章中）。

排除地表水的措施和防止它渗入土壤的措施，在采用上由斜坡上方起应遵循一定的順序。在斜坡的下方（对路基言），这些措施应在下列情况下加以采用，那就是当土体从这一方面来说是充当着天然的支撑（这个支撑抵制着位于高处的土体与路基使其不致发生移动）及其显著的增湿可以导致抗力的一般削弱与基地土体中的平衡丧失的时候。

如果在路堤基底中有地下水流动土层，其方向对路堤成一角度，而且垂直于路堤，則当該土层受到显著压缩时可减小地下水的流水断面及其渗水的性能（图444）。这样，在路堤的旁边就会形成地下水堵塞的現象，其上方的水位也会提高，这就会导致土壤的附加增湿以及土壤对变形的抗力的减小。如果基地土层是傾斜的（对水平綫言），則所說的現象，除导致沉落与沉陷而外，还可能導致稳定性的破坏和基地（連同路堤）部份土壤的滑下。

为了避免这些，并在类似的情况下，建造縱向渗沟于路堤的上方以截住和排洩地下水是合理的（图445）。

在斜坡上开挖路堑而露出透水土层时，这土层在边坡上可有两种作用：

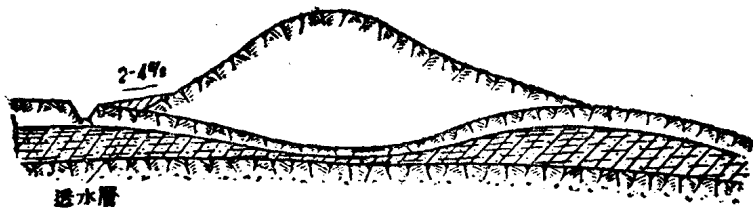


图 444

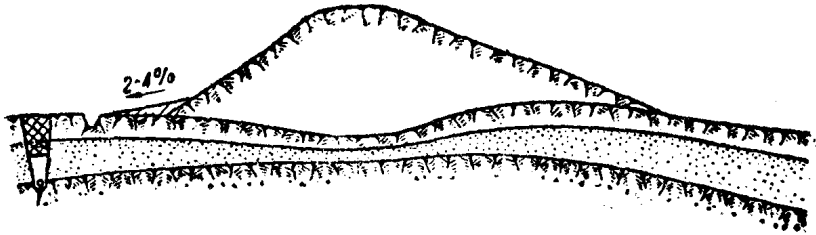


图 445

a)造成边坡表层的滑落，这和边坡因出水而造成的增湿及边坡表面土壤颗粒被带出的现象有关；当水量大的时候（例如，在泉源出口处）可能有冲刷边坡表面的作用；

6)往往造成大块土方沿滑动表面滑动，这个表面往往就是倾斜的（向路基面方向倾落），位于透水土层之下的土壤的表面（图446）。

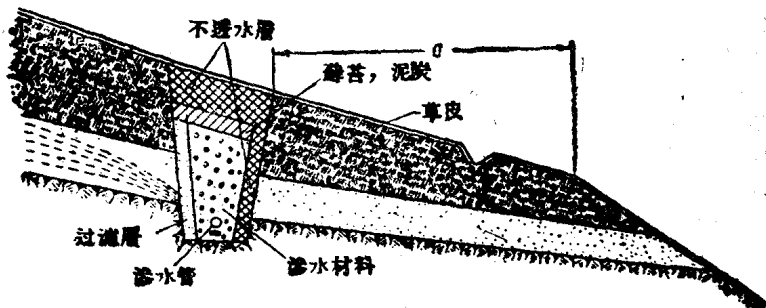


图 446

在这两种情况中，预防变形的办法就是利用渗沟来截住和排洩地下水。

在第一种情况中，这些渗沟沿边坡来設置（图 447）就可以。边坡上个别地点有地下水出口时（这和位于透水土层下的土壤的波浪式的外形以及波浪下降处的水的出口有关），在水的出口处建造边坡渗沟，并将它与相应的表面或地下（如有的話）洩水沟渠（位于路基面旁者）接通就可以。

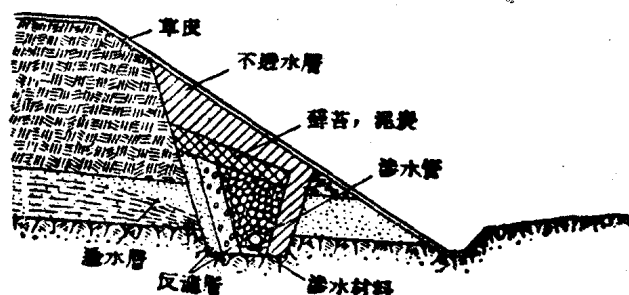


图 447

有时建筑汇水井（附有相应的出水口）以代替边坡渗沟。

在第二种情况中，縱向渗沟应离开路堑边坡頂边这样一个距离 a (图446)，以便在設置渗沟以后，由渗沟到路基面之間的放干了水的土体足够成为天然的支撑，以撑住渗沟以上土体的垮动。

在所有情况中，特别是第一种情况中，应当全面地采取措施，例如設置反滤层，以防止土粒被帶入渗沟中去。

当用路堤来填斜坡的斜面、山谷的边緣等等，而在这些表面上有地下水流出时，应在填筑路堤之前，在其基底中地下水出口之处設置横向的截水渗沟（图448）。为避免地下水流入路堤体起見，这是必要的，否則会引起路堤的变形。

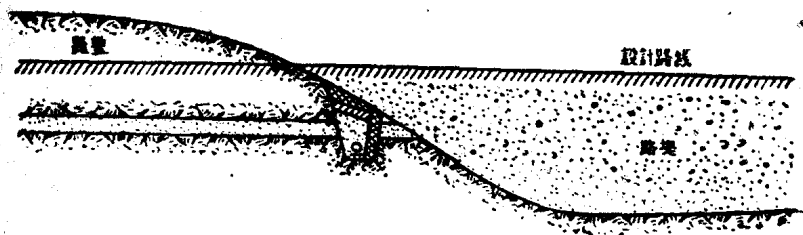


图 448

随斜坡坡面陡度的大小，用适当方法来进行基地的改造，必要时还要建造支持路堤稳定的建筑物，有如§2中所述者。

§42. 河滩路堤，被淹没及冲刷的路堤。地表水渗入路堤的影响

河滩路堤状态的变化特点要求在路堤的构造、设计与计算上进行特别的研究。在全部循环中河滩路堤状态的变化分四个阶段（图449）：

第一阶段——普通阶段，在这一阶段中河滩路堤状态的变化与非浸水路堤的没有区别；

第二阶段——河滩上出现河水并且上涨的阶段，这时河滩上的水渗入堤体；

第三阶段——这时形成水流，自上游透过路堤流到下游；

第四阶段——这时河滩水位下降，水从路堤向外渗出。

不是任何一个河滩路堤都会发生全部阶段。比如，用实际上不渗水土壤填筑的路堤，在春水通过期间上下游水位不同的情况下，将仅仅处于因水位不同而产生的水平力的附加作用下（图450）。通常这个压力之差尚无必要在路堤设计中作任何附加的修正。



图 450

在春水通过时期短的情况下，第三阶段，即形成由上游通过堤身流向下流的阶段，可能不发生。

春汛时期很长，但路堤土壤所具的渗透系数不大时也可能有同样的情况。在其他相同的情况下，路堤的尺寸，特别是在水流从上游到下游可能渗透途径上的路堤宽度是很有关系的。

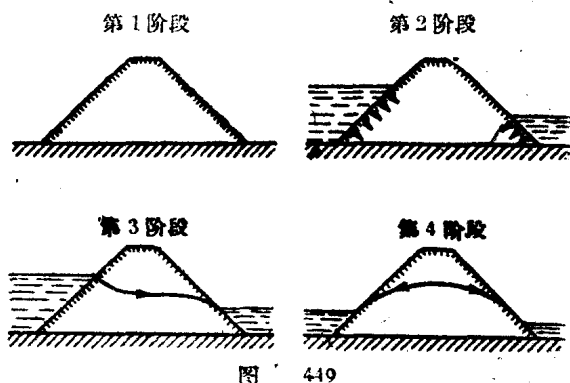


图 449

我們来研究一下，在各个特性阶段中路堤工作的特点。

在第二阶段中，渗入堤身的水的动水压力，是增大路堤的稳定性的，因为这种力量是由路堤边坡趋向核心的。不过，这时一般由于土壤的饱和而使土壤的单位粘着力和內摩擦角大为减低。此外，在土壤的淹没部分要发生水的浮力作用，这样就使路堤下部土壤的单位容重大大减低，这一部分一般說来是充当着副堤的角色的。

实际上，如果土壤在某种湿度 w 下的单位容重 γ （其孔隙系数为 ε ，比重为 Δ ）等于

$$\gamma = \frac{\Delta}{1 + \varepsilon} (1 + w), \quad (895)$$

則在水的浮力作用下，土壤的单位容重将等于

$$\gamma_0 = \frac{\Delta - 1}{1 + \varepsilon}. \quad (896)$$

所以在第二阶段中，兩側边坡土方的总的稳定性就要下降。

在第三阶段中，动水压力指向下游边坡，成为降低下游边坡稳定性的附加因素。

在第四阶段中，水位下降，水自路堤体内渗出时的动水压力指向上游及下游边坡，对路堤工作造成了最不利的条件。这是路堤稳定性最小的时期，因为在第四阶段开始时路堤含水最多，而动水压力又是向外的。河水上昇愈慢，退水愈快，則其对路堤稳定因素的不利影响亦愈大。

如果路堤在某一深度下經常淹没于水中，則第三阶段就成为基本阶段。对最低水位而言，水位升高时，路基又淹没一个增补高度。在这个高度的范围内，水漲时所发生的现象就是第二阶段的现象，然后是第三阶段（在新的水位上），再后水位下落为第四阶段，然后回到第三阶段，但仍为原来水位。因此，当被淹没的路堤为渗水时，就經常在发生着由上游到下游的渗透水流。

通过上游边坡渗入路堤，再由下游边坡渗出的水流，根据 H. H. 巴夫洛夫斯基院士，可以区分为下列三个基本部分（图451）：

我們来研究如何繪制水流降落曲綫的第二部分的問題。以 O 点为座标原点，使縱軸通过降落曲綫在下游边坡上的交点，并以路堤的水平基底作为橫軸。座标原点 O 距离下游边坡坡脚的水平距离为 b_2 ；这时

$$b_2 = m_2(a_0 + h_0) \quad (900)$$

路堤单位长度上的滲流流量 q 将等于

$$q = \omega v = y k \frac{dy}{ds} \circ$$

将变数分开在式子的两边，并在 $a_0 + h_0$ 到 y 及 0 到 s 的范围内求积分，即得

$$q = \frac{k}{2} \cdot \frac{[y^2 - (a_0 + h_0)^2]}{s} \circ$$

这里 s —— 抛物綫形的降落曲綫的生长长度。为了近似計算而設 $s \approx x$ ，則得繪制抛物綫形的降落曲綫方程式：

$$x = \frac{k}{2q} [y^2 - (a_0 + h_0)^2] \circ \quad (901)$$

流量 q 决定于下列条件，即当 $x = A - b_2 = A - (a_0 + h_0)m_2$ 时， $y = H$ 。因此，

$$q = \frac{k}{2} \cdot \frac{[H^2 - (a_0 + h_0)^2]}{[A - (a_0 + h_0)m_2]} \circ \quad (902)$$

这样，按公式 (902) 算出^① q 以后，就不难繪出第二部分的凸形降落曲綫。

現在要研究如何繪制滲流曲綫凹形部分 MN 的問題。因为上游的边坡輪廓是一等压（等势）綫，而大家知道，流綫是垂直于等势綫（表面）的，所以在 M 点上曲綫 MN 的切綫也在这一点上垂直于边坡綫。画出在 M 点的边坡垂直綫（图 453），延长該綫，使与第二部分凸形抛物綫的降落曲綫相交，即得点 N_1 。显然，曲綫 MN 的实际切点 N 距 M 点較 N_1 点距 M 点为远。这些条件可供近似繪制曲綫 MN 时作为基础。由 M 点并在 M 点上垂直于边坡

① 在上面的計算中尚未顧到在土壤毛细飽和区流动的水流（在降落曲綫以上）。

綫引一圓順的凹形曲綫，使它沿切綫和凸形拋物綫的水流曲綫的第二部分相切接于 N_1 之右（按图 453 而言）的 N 点。巴夫洛夫斯基院士认为对路堤可以假設， N 的位置是在通过堤頂邊緣的垂直綫上（图 454）。

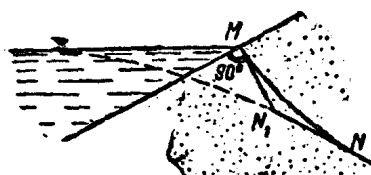


图 453

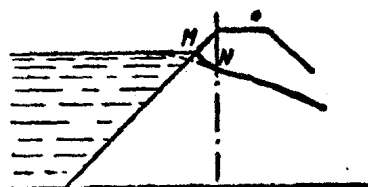


图 454

以上是在基底不透水的情况下研究了水流透过堤身。

当水流可能透过基底时，通过堤身及基底的全部流量 q 可以透过堤身水量 q_1 与透过基底水量 q_2 两者之和确定之，就是假定：

$$q = q_1 + q_2 \quad (908)$$

这时， q_1 可近似地按公式（902）計算，同时把基底视为不透水的情况来繪制渗流曲綫。

流量 q_2 可近似地按下列方法确定之（图 455）。

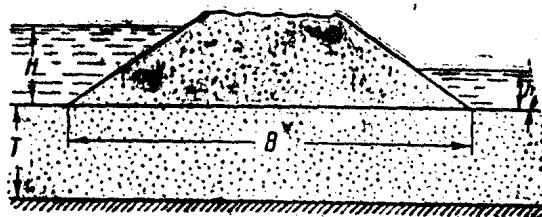


图 455

令基底土壤的渗透系数为 k_0 。假定渗透是在水压 $(H - h_0)$ 影响之下并通过含水层的全部厚度进行的，則就可写出下列公式：

$$q_2 = \omega v = T k_0 \cdot I_{cp} \quad \circ$$

在通过基底的水的渗透全程上，水力坡度的平均值 I_{cp} 可以看作在渗綫全长上的水压 $(H - h_0)$ 的降落。渗綫的这个长度稍