

鐵路防水林

Л. Г. 貝加姆 著

人民鐵道出版社

鐵 路 防 水 林

Л. Г. 貝加姆 著

孫 松 成 譯

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五七年·北京

洪水对铁路建筑物的威胁经常发生，而防洪的方法也不断改进，本书介绍苏联利用防水林调节水流来保护铁路路基的方法，在造价上既较经济，在效果上也有显著的成就；其主要内容叙述了防水林带的应用条件，防水林的水力计算，树种的采用和栽植方法，防水林的勘测和设计等问题。

本书可供铁路及公路方面设计和使用调节建筑物的工程技术人员作参考之用。

铁 路 防 水 林

ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ОТ ВРЕДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ВОДНЫХ ПОТОКОВ

苏联 Л.Г. БЕГАМ 著

苏联国家铁路运输出版社 (1954年莫斯科俄文版)

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ Москва 1954

孙 松 成 译

铁道科学研究院 合 校

沈 铁 鎔

责任编辑 王育泉

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府十七号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店发行

人民铁道出版社印刷厂印刷

(北京市建国门外七圣庙)

书号 748 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $4 \frac{1}{4}$ 字数 90 千字

1957 年 6 月第 1 版

1957 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

印数 980 册 定价 (10) 0.60 元

序 言

苏联的铁路綫很長，綫路越过很多的河流，跨过主要的江河，也跨过一些小河和干溝。

铁路建筑物受到水流的作用常常發生冲刷，有时甚至破坏，因而使铁路遭受很大的損失。

在铁路上，为了防止建筑物被水流冲刷，每年所耗費的資材竟达几千万盧布，而运送大量防止水害材料的开支，尚不計算在內。

在一定的地方条件下，建造防水林是防止水流冲刷铁路建筑物十分有效的方法。

防水林和一般常用的調节建筑物相比，最大的优点是防水林能使水流平緩的通过，从而避免可能發生很大的局部冲刷。

防水林是保护建筑物的十分經濟的方法，所以它和价值很高的普通調节建筑物及巩固設備不同，也可以用为預防的措施。

本書系据根全苏铁路建筑和設計科学研究所做理論上和实验研究以及其他系統进行栽植防水林的材料編成的。本書研究了使用防水林防止桥渡冲刷或其他損害的問題，分析了合理使用防水林的范围，列举了計算防水林帶和林区的原則，並且叙述了栽植防水林的方法。

設計防水林所需要的資料（确定小流域流量，溝谷加固問題等）另在專文詳加闡述，本書只作小范围的介紹，用以說明基本問題的过程。

本書特別注意使用防水林保護原有建築物的問題，也就是在這一類建築物附近都能廣泛地使用防水林。

利用防水林防止水流對鐵路建築物損害問題的進一步研究，可以研究一部分參考文獻，作為在實地條件下廣泛試驗應用的資料。

本書所指防水林的勘測、設計和栽植的規定，均有助於鐵路運輸上使用防水林範圍的擴大，並且對於有關工作人員，也是十分有益的。

院長 T·奧奴弗利也夫

目 录

序言	1
第一章 防水林的应用条件	1
第一节 植物对洪水形成和河床演变过程影响的概 論	1
第二节 植物对水流运动的阻力	7
第三节 防水林的应用范围	12
第四节 防水林的种 类	16
第二章 防水林的近似水力計算	31
第五节 人工防水林中計算流速的近似公式	31
第六节 导流林帶和导流林区大小的决定	51
第七节 使用防水林护坡的計算	56
第八节 防蚀林和防淤林的計算	58
第三章 树种和栽植	64
第九节 保护建筑物所用的树 种	64
第十节 树种的配置	76
第十一节 栽植的式样和方法	82
第十二节 栽植材料、土壤准备和护林	88
第四章 防水林的勘测和設計	93
第十三节 防水林的勘测和設計内 容	93
第十四节 桥梁附近导流林区的設計	103
第十五节 护坡防水林的設計	115
第十六节 防蚀林和防淤林的設計	119
附录	124

第一章 防水林的应用条件

第一节 植物对洪水形成和河床演变过程影响的概論

植物，尤其是树木，是影响逕流演变过程重要的因素。

树木能影响降雨量，土壤吸水速度，因而也影响到洪水持續時間和它的强度，並且也影响平水流量。

铁路建筑物（路基，桥梁，涵洞，排水設備等）受水流最严重的影响，多半是在洪水时期，也就是在水位最高和流速最大的时期。因此为了說明树林的作用，我們所研究的范围只限於它对洪水的作用。

在苏联極大多数河流上，洪水是由於融雪的结果，並且發生在春季。

在融雪时期进行比較观测的结果証明：在有林地区，雪的融化要比無林地区緩慢。融雪的持續時間和树木的种类及密度有关。林內融雪時間拖長的原因是因为日光輻射被树梢隔住和林中風速較小，因而推迟了春風和雪之間的热交流作用。

Б·Б·波辽果夫指出，在落叶松和灌木的防水林內，融雪推迟10天，在松木的防水林內——推迟18~20天，在樺木的防水林內——約推迟25天。

林中土壤具有很大的吸水能力，同时那里土壤結冻不利害和長时期融雪，能够大大減少地面逕流的作用。

这种情况說明在有林流域中，洪水的水量比無林流域少些（如其他条件均屬相同），但洪水持續時間是显著地大些。

因此，在有林流域洪水的水位过程曲线是平缓的，就是说它在洪峰时的流量比同样面积无林流域的洪峰流量小（圖 1）。

防水林对于最大流量的量的影响也很大。

Д. П. 沙哥洛夫斯基在计算春汛洪水最大流量时，用下列公式表示防水林的影响。

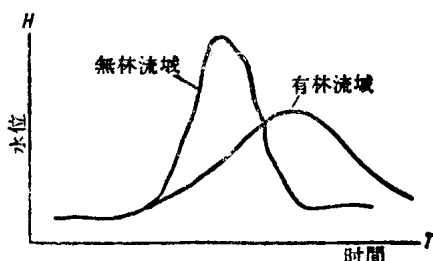


圖 1

$$\gamma = 1 - 0.6f \quad (1)$$

而 A. B. 奥吉也夫斯基的公式为

$$\gamma = 1 - 0.75f \quad (2)$$

式中 f ——把流域面积作为单位和林区面积的比。

由上式可知，如在全部流域面积上有防水林时，那末它的最大流量比无林时的流量减低 1.5~3 倍（60~75%）。

由于在有林流域洪水时期的增长，所以一年内逕流的分佈就显得均匀了。

比较实地资料可以说明：在苏联林区全年逕流中，春汛流量比在森林草原地区和草原地区减少 15~20%。

地上所见到的雪的分佈，以草原地区来说是不均匀的，因为有 50% 以上的雪是由平地吹落到溝谷或山梁地方，因而引起較快的和較短期的春汛逕流。

这些地区的护林带能促使雪在流域区较均匀地分佈，防止它被吹落到溝谷而拖长了洪水时间，因此护林带是减少春汛逕流流量的因素。

树林对于暴雨洪水的作用也很大

树木的复盖，由于树梢控制了雨量，并因为根系的关系提

高了土壤吸水能力，这就影响了暴雨洪水的形成。

許多著者在計算暴雨所形成洪水的最大流量时，用小於 1 的系数来考虑有树的因素。其中 A·B·奥吉也夫斯基系数为

$$\gamma = 1 - 0.5f, \quad (3)$$

就是認為有树能把暴雨洪水的最大流量減少一半，但是树林对不同重現期的洪水，它的影响可以是不同的。

植物對於流泥洪水起了很大的作用。除了像上述的它能減小液体的流量，而由於树木的影响更能減少地面的流速和水流的冲失作用。由此可見树木也能減少泥砂流量。

植物也影响河床的演变过程，这个过程使水流形态特点發生变化，例如以河流來說——宽度、深度、幹流和支流的平面形狀，都会有所改变。

河床演变过程是水流作用的結果，所謂水流作用是指水流在流域內冲刷土壤，冲刷河床，以及把水流中悬浮状态的冲积物移动和淤积。

河床演变过程的速度，首先決定於兩個因素，一方面是水流對於流域河岸和河底土壤的作用力，另一方面是土壤对水流的阻力。河床的稳定性就決定於這兩個因素的关系。

假如河岸栽植了許多有根植物，抵抗水流的冲刷作用增大，結果，提高了河床的稳定性。所以植物是決定減緩河床冲刷过程的因素。

在这个基础上，M·A·費里卡諾夫指出：苏联各个地区河床演变过程的速度，主要決定於河流和沿岸有無树木和灌木等植物。

但是植物除了推遲河床冲刷过程以外，也影响在冲刷作用下河槽可能的移动量。

在平原地区河流弯曲的地方，河岸的冲刷使得河槽的弯曲向下游有規律的移动(圖 2)。

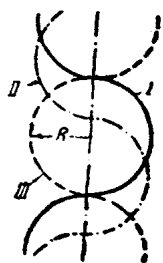


圖 2

显然，弯曲半径愈大，河槽移动范围也愈大，根据我们的研究，河槽弯曲半径和河流宽度成直线关系。

M·A·费里卡诺夫指出：在其他相同的水文条件时，如果种有植物会缩小平原河流的宽度，因而缩小它移动的范围。这个范围的大小能够断定河槽是否可能接近在它附近的铁路建筑物，因而可预先设法防止。

平原河流河床的演变过程很慢，对于铁路建筑物的危害性也比较小，因为能够及时采取保护这些建筑物的措施。山地河流河床演变过程比较快，有时候是突然的，所以对铁路建筑物的危害性比较大。由于这些问题，植物对于山地河床演变过程的影响就具有很大的现实意义。

临近山地河流的特点是比較寬而多石，河槽兩旁常常是

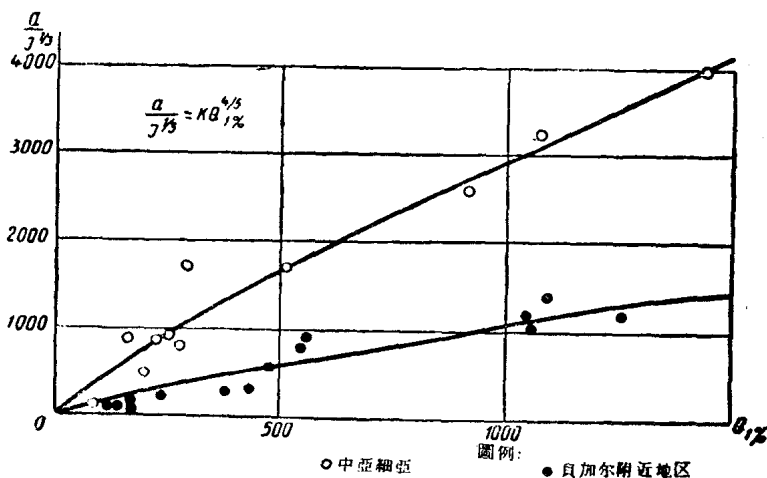


圖 3

不高的，在河岸中間水流很急的流过，忽而靠近河槽这边，忽而又靠近河槽的另一边。

我們在1948年进行的研究工作找出：临近山地河流寬度变迁范围的經驗公式为

$$\alpha = K Q_{1\%}^{1/5} I^{1/3}, \quad (4)$$

式中 $Q_{1\%}$ ——1%保証率的流量；

I ——水面坡度；

K ——考虑形态因素的系数，它首先考虑复盖植物。

在圖3上表明中亞細亞和貝加尔附近地区的两个地区河流关系曲綫（公式4）。第一种情况，沿岸的河灘是空曠的並且部分复盖了草皮，而第二种情况，完全复盖了树木。由圖上看出，在同样的水文条件下（流量和坡度），有树木可以减少山地河流寬度变迁的范围。

由於溝谷和支流流出的侵蝕产物，在河床演变过程中有很大的作用。这种产物被水流帶出，形成淺灘、沙嘴、心灘而改变河流，並能改变河槽的形狀和形成支流等。

溝谷的冲移物会有大塊石头，河水的水流不能挟移它，常常是河床稳定改变的原因。

溝谷的冲移物停积在桥涵建筑物附近，能减少水流的通过能力，在建筑物維修上也花费很大。

侵蝕过程的發展，在一定程度上可以从泥砂流量的量上来判断。

Б·Б·波遼果夫对泥砂平均逕流用下列公式表示

$$R = \alpha M \sqrt{I} \cdot 10^{-4} \text{吨/年} \quad (5)$$

式中 α ——地理物理参数，考虑土壤、开垦、植物等因素；

M ——年平均逕流；

I ——平均水面坡度。

對於侵蝕作用影響最大的是斜坡、河灘和它隣近地區上的植物。植物的影響用係數 α 表示，比較了無林和多林地方 α 的大小，證明：有植物可以減少泥砂流量 $3/4 \sim 4/5$ 。

由於水流冲刷、波浪作用和流冰等結果而造成的河岸損壞，是大量淤積物進入河內並引起淤淺的主要原因之一。

在無林地區的河岸受到融化水和雨水的作用時，它的破壞是很劇烈的，這些融化水和雨水能形成溝溪，並且在寬度和深度上發展很快。

在自然界可以經常看到：植物保護河岸是十分有效的。

在林区經常遇見的高河岸，可以證明：植物的根部可以提高河岸的穩定性。

加固了的河岸，由於它本身沒有毀壞和阻止了河流附近土層的侵蝕產物進入河道內，因而在河槽中的泥砂就大大減少。進入河內的淤積物淤積在附近淺水處，影響了河流的航行。

Г·С·巴希基洛夫觀察到：在暴雨時期河谷和河岸附近侵蝕利害地帶的淺灘，淤淺得極為厲害。

土壤顆粒為水流挾移是由於在河底形成漩渦而產生上舉力作用的後果。如果其他條件相等，當洪水很大，水位增長很烈時，上舉力也越大。因此在这种洪水時，土壤顆粒的搬移發生較厲害，這樣，河床演變過程也進行得較快。

上面我們已經指出：植物能夠緩和洪水，拖長洪水的時間，從而也能減少水位的突然上漲。

所以，無論是由於侵蝕造成的土壤顆粒流入河內或是因為洪水波變形而減小沖移的速度，植物是減小河床演變速度的因素。

植物对河床演变过程的影响，促使我們採取防水林的办法，使这个河床演变过程服从於国民經济利益。例如H·H·茹哥夫斯基教授建議：为了保証航行，可以在河灘上全部栽植防水林来減少水流的通过能力，因而加深了河床的深度。此外，在河槽局部扩大地段栽植灌木叢可以在平时显露的淺灘，特別是淤填在根部範圍內的局部岸灘上淤积。Г·А·巴罗齐奇近年来在維亞特卡河上很成功的使用了后一种防水林。

在水路运输上，为了避免河床改道，巩固通航河流的河岸，也广泛地採用防水林。

第二节 植物对水流运动的阻力

在河灘和河槽上的植物对水流的阻力很大。在水流断面的任何部分只要条件有利都可以栽植植物，它的种类主要是決定於淹水的持續時間和周期。對於水流阻力說来，在水流断面範圍內的植物可以分为二类：树木（乔木和灌木的）和水生植物。

树木在生長时期對於水流的阻力是沒有变化或变化不大。就是說，树梢在淹水水位以上的树木，它的阻力在生長时期並無变化，至於有很多树枝的稠密灌木，因为長了叶子，阻力有些变化。

水生植物在生長时期阻力很大，除生長时期以外，当仅剩下植物根基时，实际上就沒有阻力了。

植物的阻力用謝吉（Шези）公式中的粗糙系数計算。系数 c 按滿宁（Маннинг）公式計算，流速为

$$v = \frac{1}{n} H_{cp}^{2/3} I^{1/2} \quad (6)$$

式中 n = 粗糙系数；

H_{cp} = 平均水深;

I = 水面坡度。

對於植物阻力数量上的考核，可以在同样的 H_{cp} 和 I 数值时，以在断面处实地观测的有植物流速和無植物流速比較求出。

M·Φ·斯里巴奈利用广泛的实际材料，把天然水流的粗糙系数作了系統的归納。以后 E·B·包尔达哥夫又利用 M·Φ·斯里巴奈和別人的材料，提出了天然水流粗糙系数的等級表，該表列在附录 1 內。

这个表內的粗糙系数是按很多形态的特征分类的，對於河灘來說，是按复盖植物面积的百分数分类。

E·B·包尔达哥夫为各种程度不同的有林河灘定出它粗糙系数的数值和在这种条件下流速的相对值（表 1）。

表 1

河 灘 特 征	$\frac{1}{n}$	在 $H_{cp} = 4$ 公尺时流速的相对值
未長树叢的河灘（最有利条件）...	20	1.00
25%的面积上生有树叢的河灘.....	15	0.52
50%的面积上生有树叢的河灘.....	12	0.41
75%的面积上生有树叢的河灘.....	10	0.34
100%的面积上生有树叢的河灘..... (最不利条件)	5	0.17

比較了無林和完全植树的河灘地段的流速，說明：在深度和水面坡度相同的条件下，稠密的天然树叢，完全盖滿了河灘，能比原来的流速減低 $\frac{5}{6}$ 。

對於長在河槽中的水生植物，在生長时期的观测，証明了植物的阻力是很大的，以致在生長地段形成很大的壅水，根据 B·B·波辽果夫的資料，在烏克蘭若干河流上，这样的壅水量在河槽內达到 125~155 公分，在生有树叢地段，粗糙

系数达到0.098~0.107。

河槽叢生树木必須要有繁殖水生植物的良好条件，这些条件是水流作用所創造的。这种作用的完成阶段是河槽在平面上的發展很大並使深度掏深，結果是河槽內流速減低到合於水生植物生長的必要条件。

根据E·B·包尔达哥夫的分类（如果不考虑植物），这样河槽的粗糙系数可以採取約0.025。把上述生長树叢的河槽地段的粗糙系数与后者的粗糙系数作比較，証明：水生植物的阻力，在同样深度和坡度时，大約能降低流速 $\frac{3}{4}$ 。

在大部分河流上，为了保护建筑物免受水流冲刷，只有树木是具有实际的效用，因为春汛洪水时期是在水生植物成長以前开始，在夏天或初秋漲水的河上，可以利用水生植物保护建筑物。

在文献中曾有过：利用水生植物使水流所携帶的泥砂在现有的横向柴棚建筑物之間加速淤积的成功經驗。

为了这个目的，曾利用了很快就能生長和繁殖的植物。使用 *Elodea Canadensis* 尤其收到很大的效果，它的成活率很大，而且栽植方法非常簡單。

表1中所列流速的相对值說明植物乃是影响河槽和河灘間流量分配的重要因素。

因此，桥梁孔徑和导流堤的尺寸，也就是用河槽和河灘流量对比关系所决定的尺寸，是与河灘上有無植物和它的密度成正比的。

有河灘的桥梁处桥孔跨过河槽和部分河灘，計算桥梁孔徑时，假定通过河灘部分桥孔 L_n 的流量是由修筑路堤后的河灘上而来，孔內平均計算流速为 v_p 。

通过孔徑 L_n 地段的流量，应等於全部河灘的流量

$$L_n H_n v_p = Q_n + L_n H_n v_n,$$

式中 H_n = 在河灘处桥孔內的水深，採用平时水深；
 v_n = 河灘上的平时流速。

由上式得出

$$L_n = \frac{Q_n}{H_n (v_p - v_n)}。$$

植物的产生和增加它的密度能减少流速 v_n 和河灘上流量 Q_n ，因而 L_n 也减少。自然，同时会使水流匯集到河槽中，从而加深了河床。

按阻力本身来说，小河流的断面普通是均匀的，在这种河流上建筑物的孔徑与流量分配性質無關，仅仅决定於它的計算数量。

上面已指出，在水流流域內的植物是减少洪峯流量的因素，因而这样的植物，不仅能减少大型过水建筑物的孔徑，而且也减少小型过水建筑物的孔徑。

另一方面，將如第三节的叙述，植物减少流速，同时影响建筑物的正常工作情况。

桥梁附近导流堤的大小是和 Q_n 及河灘流速公式的系数 C 成正比例，因此在河灘上的植物，减少 Q_n 和 C ，也减少桥梁导流堤的尺寸，因此，河灘植树應該是改善尺寸不够的导流堤作用的有效方法。

在某一河段上有了植物，增加了該河段的阻力，不仅引起了流量的再分配，並且改变了流向。仅仅是原有流量的一小部分將會流过主要林帶，而其余的一部分，被植物挤到隣近地段，不得不繞行而流。

在桥渡处所做实地水文觀測，証明了天然林区的导流作用。E·B·包尔达哥夫和 E·H·洛也尔举出了一个桥渡的例子，因为天然植物林区的分佈已起了导流作用，就不再需要修导流堤了。

这样，植物可以当作改变水流方向的手段，因此必須在合适的地方栽种植物。植物对河流所起的作用，决定於林区的大小、形状和密度。

树林（乔木和灌木的）是透水建筑物，可是在鉄路上常常使用实体建筑物。这种建筑物阻碍了水流的行动，在头部，有时在尾部造成强大的横流和漩渦，常常使建筑物遭到破坏。

透水建筑物仅仅挤压了一部分水流，很少改变河流的平时状态。水流的迂迴是平静的，而横流和漩渦是被流过建筑物的横向水流排挤而离开建筑物。

除了调节能力以外，植树能保护土壤。植物根部伸入土壤犹如把土壤内加筋一样，可以提高对冲刷的抵抗能力。

种草护坡的办法就是根据这种性质来应用的。但是种草和其他加固设备一样，引不起边坡上水流很大的变化。

各种树种中，特别是灌木比其他加固方式都有利。除了根部能保护土壤以外，地面上灌木的成长显著地能增加粗糙系数，並减小边坡上的流速。

流速小到某一程度也会引起水流挟移的泥砂淤积。由於淤积了泥砂，水深逐渐减小，流速因为和水深是相关的，所以也相应的减小。

因此，积极影响水流的灌木是非常有效的加固方式。

同时，植物是風浪的障碍物；当水中有植物时，波浪就消失，在植物保护下的建筑物就不受波浪打击的破坏作用。

植物这种性质是有巨大的意义的，尤其是在風浪和船只通过所形成的波浪是积极破坏河岸的因素时特别有效；水流很小，河道很宽而能产生强力波浪的地区，河岸破坏也最明显。