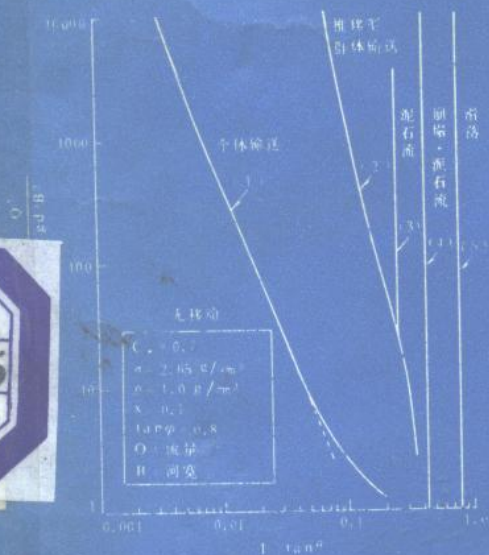
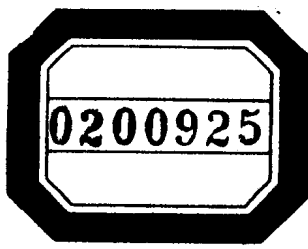


# 河流泥沙灾害及其防治

[日] 芦田和男·高桥保·道上正规 著  
冯金亭 焦恩泽 译



水利电力出版社



# 河流泥沙灾害及其防治

[日] 芦田和男 高桥保 道上正规 著

冯金亭 焦恩泽 译

水利电力出版社

ZWGR/30

## 内 容 简 介

本书系日本京都大学防灾研究所前任所长芦田和男教授及高桥保教授等人的专著。全书共分五章，分别阐述泥沙的产生、输移、沉积及其与人类活动的关系；泥沙运动各种形式和最新研究成果；泥石流的发生、运动和堆积的机理；以实例分析研究水库淤积数量、形态；按不同尺度对河床演变进行分类。后三章均提出预报计算方法。

本书可作为河流泥沙、河道整治、水库泥沙、泥石流等方面的专业人员、设计科研以及教学人员的参考书籍。

## 河流泥沙灾害及其防治

〔日〕芦田和男 高桥保 道上正规 著  
冯金亭 焦恩泽 译

水利电力出版社出版  
(北京三里河路6号)  
河南第一新华印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 10.5 印张 258 千字  
1987年4月第一版 1987年4月第一次印刷  
印数0001—3500册 定价3.10元  
书号15143·6335

## 译 序

日本京都大学教授芦田和男先生早年毕业于京都大学，一直从事泥沙水力学、河道规划及泥石流等研究工作，是日本泥沙界的知名学者。1982年~1984年间，芦田先生任京都大学防灾研究所所长，现在是国际泥沙中心顾问委员会顾问。1985年1月，应水利电力部黄河水利委员会的邀请，来黄委会水利科学研究所讲学，内容是泥沙输移、水库淤积及河床演变。讲学所依据的蓝本是他与高桥、道上先生的合著《河流泥沙灾害及其防治》。该书1983年7月出版，是日本近年来在泥沙研究领域里具有代表性的专著。

全本共分五章：第一章概括地论述了泥沙的产生——输送——沉积体系及其特性，产沙与人类活动的关系，日本近年来泥沙环境的变化及由此而产生的问题。第二章论述了泥沙的各种输送形式及其产生条件，推移质和悬移质的最新研究成果及输沙量的计算方法，同时提出了输沙量预报方法及注意事项。第三章从野外发生泥石流的现场记实入手，对泥石流的发生、流动、淤积机理进行了详细论述，并提出了防止泥石的工程措施及泥石流危险地带的预测方法。第四章根据实测资料介绍了水库的淤积过程和淤积形态，通过室内实验和水力学方法提出了计算公式，给出了预报水库淤积量的方法，并从理论上论述了水库的淤积机理、冲淤形态、计算方法，最后提出防淤清淤措施。第五章从流域水沙条件和边界条件的变化着手，详细论述了河床演变的规模、特性，用实测资料讨论了河床演变过程，给出了河床演变的基本方程式及其解法，最后又对桥墩周围的局部冲刷等进行了研究，提

出了防治措施。

本书行文严谨、内容丰富，既有基础理论，又有实践经验。我们把它介绍给中国读者，若能对泥沙工作者研究河流泥沙灾害及其防治有所裨益的话，译者幸甚。

本书的翻译工作是在黄河水利委员会龙毓骞总工程师和李保如高级工程师的大力支持下完成的，李保如高级工程师还对全书的中文稿作了详细的审阅，提出不少宝贵意见，在此谨致谢意。

**冯金亭 焦恩泽**

1986年7月8日

## 写在《河流泥沙灾害及其防治》

### 中文版发行之际

《河流泥沙灾害及其防治》中文版在黄河水利委员会龙毓骞先生、焦恩泽先生的关怀下，今天终于同读者见面了，作为作者之一，我感到非常高兴。本书若能对中日两国的学术交流有所助益，将是我的极大荣幸。本书译者冯金亭先生在翻译过程中，对书中的疑点多次来信询问，以期信达，对此表示深切敬意。

中国和日本的产沙都很活跃，遭受泥沙之害古已有之。尤其是黄河，输沙量居世界第一，人民与洪水及干旱的斗争久已闻名。

确定防洪防沙的对策，是中日两国共同的重要课题。

泥沙灾害的形式多种多样，它关联着产沙与人类的活动。日本的很多河流以前由山地流出，携带大量泥沙，因而形成“悬河”，每逢大雨，溃堤泛滥之事时有发生。但是，近年来日本河流的泥沙环境发生了很大变化，灾害的形式也复杂多样。大部分河流修筑了水库，由于水库淤积降低了蓄水能力，上游河床抬高也造成灾害。水库淤积还使流向中、下游的沙量大幅度减少，加上经济高速发展时期砂石采挖量的增多，很多河流的河床大幅度下切，由此而引起的灾害也令人忧虑。同时，不少地方还发生了海岸侵蚀。

另一方面，在山区或山麓附近，山石崩毁和泥石流灾害也很显著，泥沙在溪流河道中的淤积及河床侵蚀造成的灾害亦不容忽视。还有，由于水库而引起的水质浑浊这一类新问题也引起了水源环境方面的重视。

保证人民的生命财产免受上述各种泥沙灾害的侵扰，是极其重要的问题。为此，最根本的是要准确掌握泥沙的产生、输送、

淤积的现状及其机理，只有这样才能预测各种现象的发生及由此而产生的变化，以采取科学的对策。

我们常年从事输沙、泥石流、水库淤积、河床演变等研究工作，其主导思想有三点：尽可能正确地掌握现象的真实情况，探讨左右现象的基本机理，进而把研究成果用于解决实际问题。

本书以这些研究成果为背景，系统列举河流的泥沙灾害，论述其发生机理和基本对策。这方面的研究工作国内外已经作了很多，本书是以我们的研究成果为中心写成的，有很多成果谈不上很先进，而且内容上似乎有些偏僻。

以下概略介绍一下本书的内容。

第一章叙述泥沙的产生、输送、沉积体系及其特性，泥沙输移与人类的关系，近年来日本泥沙环境的变化及由此而产生的问题。

第二章论述泥沙的各种输送形式及其产生的范围，推移质和悬移质的最新研究成果及相应的输沙量计算方法，还论述了输沙量的预报方法及注意事项。

第三章叙述泥石流发生时的情景，泥石流发生、流动、堆积的机理及防止泥石流的工程方法，预报泥石流危险地带的方法。

第四章叙述水库淤积的现状，淤积机理、淤积量及淤积形态的预报方法、减淤防淤措施。

第五章叙述河床演变的现状，一元演变预报方法与防止对策，以中规模河床形态为主的平面演变特性，桥墩周围局部冲刷的机理及防治方法。

如前所述，本书并非包罗全部泥沙问题，甚至可能对一些重要问题也未叙及。

黄河在洪水期形成颗粒细浓度高的水流，高含沙水流的特性、输沙机理、河床演变等都是极为重要的问题，中国对此做了大量的研究。在日本，由这种细颗粒组成的高含沙水流只限于火

山区的泥石流等特殊情况，河道里一般是见不到的。因此，本书几乎没有论述这类问题。但是，现在我们已经对这一问题进行了研究，希望将来进行这方面的学术交流。

关于河床演变问题，本书只讨论了一维解析法，实际上很多场合要用二维解析法，特别是象黄河这样河面宽阔、河床调整非常强烈的场合，恐怕要用二维解析法。近年来随着电算技术的发展，这一类问题在技术上得到解决的可能性越来越大，我们现在也关注这方面的问题，希望将来进行这方面的学术交流。

如上所述，本书尚有很多有待今后解决的问题，可以说在河流泥沙灾害的机理及防治措施的研究方面，需要做的工作还很多。

本书作为学术交流，若能对中国的水利事业有一些帮助的话，乃是作者们的无上荣幸。

芦田和男

1986年9月5日



# 目 录

<b>第一章 产沙与人类的活动</b> .....	( 1 )
<b>第一节 概述</b> .....	( 1 )
<b>第二节 泥沙的产生——输移——沉积过程</b> .....	( 3 )
<b>第三节 泥沙产生、输移的特性</b> .....	( 3 )
1. 地区性 .....	( 4 )
2. 地形特性 .....	( 5 )
3. 时间分布特性 .....	( 5 )
4. 产沙源的分布特性 .....	( 5 )
5. 产生砂砾的混合特性 .....	( 6 )
<b>第四节 世界河流与日本河流的输沙量</b> .....	( 7 )
<b>第五节 泥沙的产生——输送——沉积与人类的关系</b> .....	( 7 )
1. 河流的产沙与文明的发展 .....	( 7 )
2. 地表径流侵蚀 .....	( 10 )
3. 地下水流侵蚀与溶解 .....	( 11 )
4. 崩塌与泥石流灾害 .....	( 12 )
5. 水库淤积 .....	( 15 )
6. 河道演变与灾害 .....	( 15 )
<b>第六节 河流的泥沙“收支”平衡问题</b> .....	( 20 )
<b>参考文献</b> .....	( 22 )
<b>第二章 输沙</b> .....	( 24 )
<b>第一节 泥沙砾石的产生、输移方式</b> .....	( 24 )
<b>第二节 推移质</b> .....	( 29 )

一、临界推移力	29
二、推移质输沙量公式	34
<b>第三节 悬移质</b>	38
一、悬浮临界摩阻流速	38
二、悬移质输沙量公式	43
<b>第四节 冲泻质</b>	54
一、冲泻质的粒径范围	55
二、冲泻质的产沙源	56
三、坡面侵蚀产生的冲泻质	57
<b>第五节 输沙量的预报方法和注意事项</b>	61
一、计算输沙量的断面选择	62
二、床沙粒径分布调查	62
三、河道纵横断面的调查与断面的模式比	65
四、冲泻质的现场测量	66
五、流域内产沙情况调	66
<b>参考文献</b>	67
<b>第三章 泥石流</b>	70
<b>第一节 泥石流的实况</b>	70
一、泥石流记实	70
二、观察得到的泥石流的一般性质	73
三、泥石流的定义	80
四、泥石流发生的主要因素	82
<b>第二节 泥石流的发生机理</b>	92
一、沟床淤积物的流动条件	92
二、泥石流的发生区域	93
三、泥石流的形成过程	103
<b>第三节 流动机理</b>	112
一、伪塑性流体模型和膨胀流体模型	112

二、流速分布及平均流速 .....	( 117 )
三、泥石流头部的纵剖面形状 .....	( 126 )
四、后续部分对淤积层的侵蚀 .....	( 127 )
五、巨石向泥石流头部集中的机理 .....	( 130 )
六、巨石的输送 .....	( 135 )
七、泥石流的不稳定性 .....	( 139 )
八、推移状群体流动 .....	( 141 )
<b>第四节 淤积机理 .....</b>	<b>( 142 )</b>
一、泥石流头部到达距离 .....	( 142 )
二、淤积比降 .....	( 145 )
三、在等宽流路下的淤积过程 .....	( 146 )
四、泥石流冲积扇地带的形成过程 .....	( 153 )
五、渗透淤积 .....	( 159 )
<b>第五节 泥石流对策 .....</b>	<b>( 161 )</b>
一、泥石流对策的种类 .....	( 161 )
二、谷坊工程 .....	( 163 )
三、防砂坝 .....	( 164 )
四、导流工程 .....	( 172 )
五、危险地带的划定与避难 .....	( 177 )
<b>参考文献 .....</b>	<b>( 184 )</b>
<b>第四章 水库淤积 .....</b>	<b>( 189 )</b>
<b>第一节 水库淤积的实况 .....</b>	<b>( 189 )</b>
一、日本的水库淤积问题 .....	( 190 )
二、中国的水库淤积问题 .....	( 193 )
三、淤积形态与淤沙颗粒级配 .....	( 196 )
<b>第二节 水库淤积量预报 .....</b>	<b>( 207 )</b>
一、决定淤积量的因素 .....	( 207 )
二、用淤积模数预报淤积量 .....	( 208 )

三、用水力学方法预报淤积量 .....	( 211 )
<b>第三节 水库淤积机理 .....</b>	<b>( 213 )</b>
一、推移质淤积机理 .....	( 215 )
二、推移质、悬移质(冲泻质)混合情况下的淤积机理 .....	( 218 )
<b>第四节 水库淤积形态预报 .....</b>	<b>( 229 )</b>
一、水库淤积形态的预报方法 .....	( 229 )
二、悬移质泥沙的河床演变 .....	( 230 )
三、淤积形态预报模式 .....	( 233 )
四、淤积形态计算实例 .....	( 237 )
<b>第五节 防止、减少水库淤积的方法 .....</b>	<b>( 241 )</b>
一、拦沙坝与挖掘并用 .....	( 241 )
二、水库淤积的疏浚与挖掘 .....	( 243 )
三、涡流排沙管道 .....	( 243 )
四、排沙闸、排沙管道排沙 .....	( 247 )
<b>参考文献 .....</b>	<b>( 252 )</b>
<b>第五章 河床演变 .....</b>	<b>( 255 )</b>
<b>第一节 河床演变的概况 .....</b>	<b>( 255 )</b>
一、河床演变概述 .....	( 255 )
二、河床演变的规模 .....	( 256 )
三、主要河流的河床演变实况 .....	( 261 )
<b>第二节 大规模河床演变 .....</b>	<b>( 264 )</b>
一、基本方程式 .....	( 264 )
二、河床演变的特性 .....	( 267 )
三、河床演变的计算方法 .....	( 270 )
四、河床演变的计算实例 .....	( 274 )
五、扩散方程解法 .....	( 276 )
六、河床下降的防止 .....	( 282 )

七、有悬移泥沙的河床演变 .....	( 287 )
第三节 河道的平面形态与河床演变 .....	( 291 )
一、平均性河床演变与局部性河床演变 .....	( 291 )
二、中尺度河床形态的形成条件与形态分类 .....	( 295 )
三、河床演变的统计规律 .....	( 297 )
第四节 桥墩周围的局部冲刷 .....	( 305 )
一、局部冲刷现象 .....	( 305 )
二、最大稳定冲刷深度 .....	( 307 )
三、冲刷的进行过程 .....	( 312 )
四、局部冲刷的防范措施 .....	( 315 )
参考文献 .....	( 318 )

# 第一章 产沙与人类的活动

## 第一节 概 述

自然界的产沙，从自然地理的角度来看，只不过是侵蚀循环的一个过程之一。人类依靠由它所形成的土地而生存，同时也深受其影响，影响的程度和形式因产沙的方式、规模及社会条件又各不相同。从历史上看，它具有很大的区域特性。自从人类出现以来，为了提高自身的生活水平，扩大生活空间，不断地对大自然进行各种方式的开发，这种开发活动又促进了产沙，给人类的生活带来影响。另一方面，人类为了防止、减轻由于产沙而引起的灾害，修建了安全防灾工程。由上述可知，产沙与人类的活动，如图1-1所示，形成了一个循环体系。在这一体系中，产沙一旦超越了人类的防灾工程所具有的防御能力，就会给人类的生命财产带来一些威胁和影响，可称之为泥沙灾害。因此，泥沙灾害的形式是由自然现象和人类的活动所共同决定的。

我国的泥沙环境，近年来发生了很大变化。从前，我国的河流大都由山区流出，携带大量的泥沙，因而形成“地上河”。每逢大雨，河岸堤防溃决，冲毁淹没了房屋和田园，造成严重的灾害。同时，由于泥沙的沉积，阻

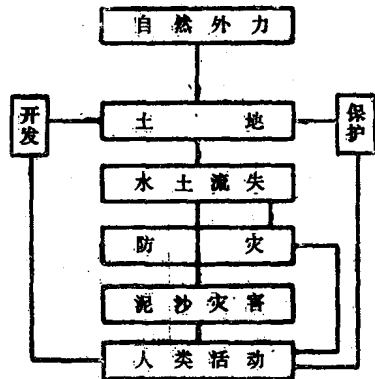


图1-1 产沙与人类活动

碍了河流航运船只的通行，研究解决这些问题的对策，亦成为重要问题。由此看来，采取防沙措施，减少产沙量，乃是治水之本。

但是，现在的情况与从前大不相同。大多数流域都修建了很多水库，由于水库淤积，使流入河道的泥沙量大幅度减少。现在，我国的水库淤沙量总共约10亿 $m^3$ ，一年的淤积量平均约5~6千万 $m^3$ ，相当于山区流出沙量的 $1/2\sim 1/3$ ，由此可以看出，水库对减少流入河道的沙量起了很大作用。另外，由于防沙工程的兴建发展，也使产沙量有所减少。全国防沙坝的淤积量究竟有多少，目前尚无准确的资料，据说高15米以上的防沙坝约800个左右。假定平均淤积量为10万 $m^3$ ，则800个防沙坝的总淤积量就有8000万 $m^3$ ，加上其它防沙措施，推算总共有1亿 $m^3$ 。另外，防沙工程除具有贮存泥沙的功能以外，还有抑制泥沙产生的功能，所以防沙工程也具有减少产沙的作用。除上述原因促成的产沙量减少之外，在河流及沿海海岸，由于经济的高速度发展而大量采挖砂石，造成很多河流的河床大幅度下降，也有不少地方引起海岸侵蚀。因此，控制由山区流入河道中、下游及河口的沙量，防止由此而引起的自然灾害这一社会性的活动正在逐渐减少或发生质的变化。但是，与此相反，却发生了诸如水库淤积及河床下切等由于泥沙的不平衡而引起的灾害，预报这种灾害并采取相应的对策，已成为当前重要的课题。

另一方面，由于火山区或山麓周围的开发，旅游风景区的开发及公路网的修建，在这些地区也引起了泥沙灾害。灾害地区人口的增加，经济的发展以及通过或接近危险地带的机会增多，也使得山石崩落和泥石流灾害日趋显著，防止这种灾害的对策亦成为重要问题。与此同时，防止溪流河道淤积及水流对河道侵蚀所造成的灾害，在山区显得至关重要。此外，由于水库而引起水质长期浑浊之类的新问题在水源环境方面也引起了人们的关注。

本书就上述河流的各种泥沙灾害及防治问题加以论述。本章主要阐述泥沙的产生——输移——沉积过程及其特性，它与人类活动的关系，我国河流泥沙的流失与补充的实际情况。对于产沙量及输沙量的预报方法，各种泥沙灾害及其防治问题将在后面的章节中叙述。

## 第二节 泥沙的产生——输移——沉积过程

图1—2表示与产沙有关的各种因素和侵蚀——输移——沉积的过程。箭头指示的方向是各个因素间的转移方向。例如，图中显示了侵蚀是由降雨的直接作用和降雨转换成地表水的共同作用产生的，也表示出被侵蚀的砂砾以悬移及推移的形式输移，沉积在河道、水库、湖海之中，这又形成新的侵蚀源。

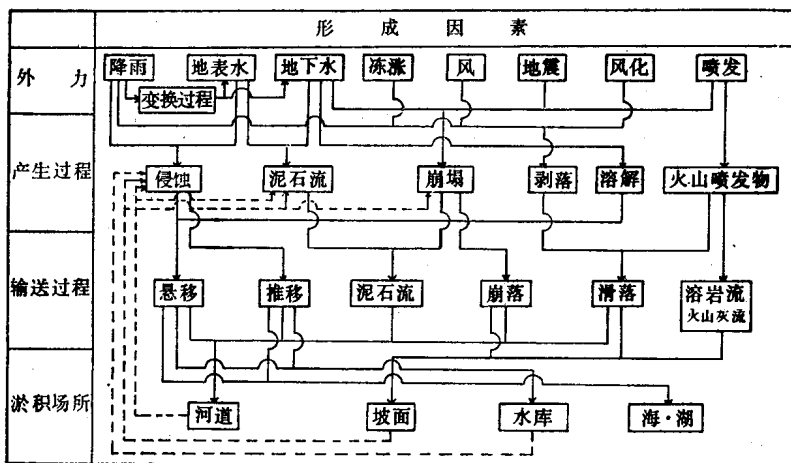


图1-2 产沙系统图



上述各个因素所发生的地点在时间和空间上并不是固定不变的。例如，即使是同一地点，在某一时刻产生侵蚀，而在另外一个时刻则产生沉积，而有时地表侵蚀和地下水侵蚀同时发生，沉积的泥沙又是新的侵蚀场地。

泥沙的产生与输移现象，从地质学的观点来看，形成了一个循环周期：隆起、风化、侵蚀、输送、沉积、固结。其中隆起和固结过程，是相当漫长的，人类的生命与之相比，可以忽略不计。而对人类影响最大的是侵蚀、输送、沉积现象。各个因素具有什么影响将在第五节中论述。

### 第三节 泥沙产生、输移的特性

#### 1. 地区性

产沙现象在不同的地区，差异甚大。现在地球上火山活动及地壳变动最为频繁的地区是从阿尔卑斯延伸到喜马拉雅的阿尔卑斯——喜马拉雅造山地带，贯通新几内亚、爪哇、苏门答腊、文莱、菲律宾、台湾、日本、堪察加、阿拉斯加、洛基山脉、内华达山脉、安第斯山脉的所谓环太平洋地带。在这一环形地带，地形陡峻，产沙现象极为活跃。

另外，气候条件的不同也是产沙具有地区特性的原因。与侵蚀有关的主要因素，在低、中纬度地带是由台风和龙卷风形成的暴雨；而在高纬度地带则是由于冰川溶解的作用。

如果再仔细研究，即使在某一地区之中也有非常活泼的地方和比较稳定的地方。在日本，产沙活跃地区分布在火山周围和沿构造线地带，泥石流危害多发地带和水库淤积严重的地方也多集中在这些地区。在日本西南部的火山性特殊土壤地区，农田的土壤侵蚀是一个十分重要的问题。