

DIFANG GONGCHENG  
DIZHI KANCHA YU PINGJIA

# 堤防工程

## 地质勘察与评价

■ 李广诚 司富安 杜忠信 等 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 堤防工程

## 地质勘察与评价

◎ 李广诚 司富安 杜忠信 等 编著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

堤防工程地质勘察与评价/李广诚等编著. —北京:  
中国水利水电出版社, 2003

ISBN 7-5084-1749-6

I. 堤... II. 李... III. ①堤防-地质勘探 ②堤防-  
工程地质-评价 IV. TV871

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 091958 号

书 名	堤防工程地质勘察与评价
作 者	李广诚 司富安 杜忠信 等编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales @ waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机) 68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 16 印张 385 千字 2 插页
版 次	2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3100 册
定 价	48.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 前 言

堤防，是治水的水利工程之一，是防洪体系的组成部分，是防洪的屏障。担负着防汛、抗洪的重要任务。堤防工程的堤身、堤基土体及穿堤建筑物的质量是堤防工程的生命，是确保防护区安全的关键。在中国历史上，曾多次出现过洪水及堤防溃决事件，滔滔的洪水造成哀鸿遍野、民不聊生的悲惨景象。

新中国成立以后，党和政府对堤防工程的建设投入了大量的人力物力，兴建和加固了一批堤防，提高了抗洪能力，保证了人民的正常生活和国民经济的发展。但遇特大洪水，仍会给人民生命财产带来严重损失。1998年，长江流域、松花江流域发生了特大洪水，在党中央、国务院领导下，广大军民团结奋战，夺取了抗洪斗争的全面胜利。1998年洪水过后，党中央、国务院高度重视堤防工程建设，加大了堤防工程建设的投入，堤防加高加固工程前期的勘测设计和施工全面系统展开。至2002年底，长江及其他流域的堤防工程建设已经初具规模。

堤防工程建设是否安全可靠和经济合理，工程地质条件是一个重要的影响因素。我国堤防工程虽经不断加固，但仍存在断面不足，填筑质量差，堤身隐患多，基础防渗差等问题。因此，对堤防工程的质量进行调查了解、对堤基进行勘察和分析评价，掌握堤防工程质量的现状、堤基地质条件与隐患，对堤防除险加固工程设计与施工安排，保证防洪防汛的安全是十分必要的。

堤防工程建设是一项既古老又年轻的工作。说其古老，是因为堤防工程建设已有几百甚至上千年的历史；说其年轻，是因为只有到了近数十年人们才开始对它的勘察、设计施工进行专门的研究，而且到目前为止还没有人对其进行过系统的总结。本书就是在前人大量工作的基础上，结合近年来对堤防工程的研究成果和大量的工程实践，对堤防工程地质勘察进行的系统总结。本书内容包括堤防概况、堤防的勘察方法、堤防一般工程地质条件、堤防的主要工程地质问题及其分析方法、堤防及堤基险情及隐患的处理措施、堤防施工、堤防的检测与监测技术等内容。本书的目的就是在工程技术人员勘察与施工的过程中，一书在手，能基本了解掌握堤防工程地质工作全过程。因

此，此书是实际工程中地质技术人员的一本较好的参考书，同时此书对大专院校学生和有关技术书人员也有指导和参考意义。

本书由水利部水利水电规划设计总院李广诚、司富安负责组织编写。各章节初稿起草人如下：李广诚：前言、第七章、第四章第七节；司富安：第一章第三节，第三章第一节，第四章第一、三、五、六节，第六章第三节，第九章；杜忠信：第一章、第三章第七节，第九章；马贵生：第二章第一～三节及第四节的一、二、四部分，第八章；谢承玉：第二章第四节第三部分和第五～八部分；赵旻：第二章第五、六节，第五章；马国彦：第三章第一节和第七节；白晓民：第三章第二～五节，第四章第七节；刘明寿：第四章第一、二节，第六章第五节；黄定强：第四章第六节；胡唐伯：第四章第三节，第六章第二节；陈云长：第四章第五节，第六章第三节；李宁新：第四章第四节，第六章第一、四节；王造根：第七章及附录；杨计申：第三章第六节。李广诚、司富安、杜忠信负责全书的统稿、修改和定稿工作，严福章完成目录的翻译工作并承担组稿和文字修改工作。在本书的编写过程中始终得到了湖南省水利厅原副厅长金德濂教授级高工的指导，他对本书的总体构架、内容确定、章节安排等提出了许多重要的修改意见。

本书的编辑出版得到了水利部水利水电规划设计总院有关领导的大力支持，也得到了水利部长江水利委员会综合勘测局、黄河水利委员会勘测设计研究院、珠江水利委员会勘测设计研究院、湖南省水利水电勘测设计院、湖北省水利水电勘测设计院、安徽省水利水电勘测设计院、黑龙江水利水电勘测设计院、水利部天津水利水电勘测设计院、广东省水利水电勘测设计研究院、江苏省水利勘测院、广西省水利水电勘测设计院等单位的大力支持，在此一并表示感谢。

一堤之固，千里之宁。堤防工程建设是功在当代，荫及子孙，造福人民的大事。我们编写的这本拙作，希望能为今后堤防工程的建设提供一点有益的帮助。

由于编者水平有限，时间紧迫，不当之处敬请读者批评、指正。

编者  
2003年10月

# 目 录

## 前 言

1 概论 .....	1
1.1 堤防工程特点 .....	1
1.2 堤防工程分类 .....	1
1.3 堤防工程建设的概况 .....	2
1.3.1 我国堤防工程建设 .....	2
1.3.2 国外堤防工程建设 .....	2
1.3.3 堤防工程勘察概况 .....	3
1.4 堤防工程设计 .....	3
1.4.1 堤防工程级别 .....	3
1.4.2 堤防工程的结构型式 .....	4
1.4.3 堤防工程设计的荷载及组合 .....	4
1.4.4 堤防工程设计所需的主要地质参数 .....	5
1.4.5 堤防稳定计算的主要内容 .....	6
2 堤防工程地质勘察 .....	7
2.1 堤防勘察对象与勘察阶段的划分 .....	7
2.1.1 堤防勘察对象 .....	7
2.1.2 堤防勘察阶段的划分 .....	7
2.2 堤防勘察要求 .....	7
2.3 堤防勘察内容 .....	9
2.4 堤防勘察方法及其布置的原则 .....	10
2.4.1 堤防勘察工作布置的原则 .....	10
2.4.2 地质测绘 .....	10
2.4.3 物探 .....	11
2.4.4 钻探 .....	11
2.4.5 坑槽探 .....	16
2.4.6 室内试验 .....	17
2.4.7 原位测试 .....	25
2.4.8 地下水动态长期观测 .....	29
2.5 堤防工程地质参数的选取 .....	29
2.5.1 试验数据的特性 .....	29

2.5.2	数据统计中常用的特征值	30
2.5.3	数据统计的原则及方法	30
2.5.4	地质建议值的选取	31
2.6	勘察成果资料整理	32
2.6.1	勘察成果的整理	32
2.6.2	原始资料的整理归档	34
3	堤防的一般工程地质条件	35
3.1	区域地质环境	35
3.2	堤防区地形地貌与地层岩性特征	35
3.2.1	堤内外地形地貌特征	35
3.2.2	地层岩性特征	36
3.3	堤防对地基的要求	38
3.3.1	地质结构	38
3.3.2	堤基抗渗性	39
3.3.3	堤内外地形条件	44
3.4	建筑材料	44
3.4.1	堤防建筑对建筑材料的要求	44
3.4.2	天然筑堤材料基本工程性质	48
3.5	堤身堆积体的特征	55
3.6	堤防填筑土体质量评定	56
3.6.1	堤防填筑土体质量分类要素	56
3.6.2	堤身工程质量分类建议标准	58
3.6.3	堤身土体质量分类标准的应用	60
3.6.4	堤身土体质量检查方法	61
3.7	堤防工程地质评价方法	61
3.7.1	堤基工程地质分类	62
3.7.2	堤基工程地质评价	64
4	堤防主要工程地质问题及分析方法	66
4.1	渗漏与渗透稳定问题	66
4.1.1	概述	66
4.1.2	渗透变形的类型及成因分析	66
4.1.3	堤防渗透变形的分析与评价	70
4.1.4	堤防渗透变形的分布规律及勘察要点	73
4.1.5	典型实例	74
4.2	振动液化	75
4.2.1	概述	75
4.2.2	振动液化的成因机制和影响因素	75
4.2.3	振动液化的判别与评价方法	76

4.2.4	工程实例	81
4.3	沉降变形	82
4.3.1	堤基沉降变形基本原理	82
4.3.2	堤基的沉降量	84
4.3.3	固结度计算	87
4.4	堤基抗滑稳定	88
4.4.1	堤基抗滑稳定的影响因素	88
4.4.2	堤基抗滑稳定的分析评价	90
4.4.3	环境变化对堤基抗滑稳定的影响	94
4.4.4	工程实例	95
4.5	岸坡稳定	96
4.5.1	影响岸坡稳定的因素	96
4.5.2	岸坡土体稳定性计算	96
4.5.3	岸坡工程监测	98
4.5.4	防止岸坡失稳的措施	98
4.6	堤防工程与环境地质	99
4.6.1	概述	99
4.6.2	堤防工程环境地质问题及危害	99
4.6.3	堤防工程环境地质问题的成因机制和影响因素	100
4.6.4	堤防工程环境地质问题的分析方法	100
4.6.5	评价方法	101
4.6.6	减免堤防工程影响环境的对策	102
4.7	特殊土工程地质问题	102
4.7.1	湿陷性黄土	103
4.7.2	膨胀土	108
4.7.3	红粘土	113
4.7.4	软土	117
4.7.5	盐渍土	122
4.7.6	分散性土	124
4.7.7	填土	127
4.7.8	冻土	128
5	堤防工程其他建筑物的工程地质条件	133
5.1	穿堤建筑物工程	133
5.1.1	陆运交通闸	133
5.1.2	穿堤涵闸	134
5.2	城市防洪工程	139
5.2.1	土堤的工程地质条件	139
5.2.2	防洪墙的工程地质条件	139

5.3	分蓄洪区安全工程	141
5.3.1	安全工程的形式	141
5.3.2	安全工程的地质条件	141
6	堤防地基处理措施	143
6.1	堤基防渗及渗流控制措施	143
6.1.1	防渗	144
6.1.2	导渗与排渗	145
6.1.3	填塘固基与放淤固堤	146
6.2	软土堤基的加固措施	147
6.2.1	软土堤基加固处理的分类及原则	147
6.2.2	几种常用的软土堤基加固处理方法	148
6.3	护岸工程措施	152
6.3.1	护岸工程的分类及适用条件	152
6.3.2	护岸工程勘察与评价	154
6.3.3	防护工程设计的基本要求	155
6.3.4	几种常见的结构型式	155
6.4	堤基滑动变形的处理	156
6.4.1	挖除滑动体的主滑体并重新填筑	156
6.4.2	加固地基法	157
6.4.3	处理滑坡施工期的注意事项	158
6.5	汛期抢险工程措施	158
6.5.1	概述	158
6.5.2	大堤抢险技术	159
6.5.3	穿堤建筑物险情抢护	166
7	堤防加固工程施工	168
7.1	防渗工程施工	168
7.1.1	堤身灌浆	168
7.1.2	深层搅拌防渗墙的施工	172
7.1.3	置换法建造塑性混凝土防渗墙施工	175
7.1.4	高压喷射灌浆	183
7.2	护岸工程施工	187
7.2.1	护坡工程施工	187
7.2.2	护脚工程施工	191
7.3	施工地质	198
7.3.1	施工地质内容与基本要求	198
7.3.2	施工地质成果	199
8	堤防工程检测与监测	200
8.1	堤防工程检测	200

8.1.1	土堤堤身填筑质量检测 .....	200
8.1.2	防洪墙质量检测 .....	201
8.1.3	堤基防渗墙质量检测 .....	201
8.1.4	护岸工程质量检测 .....	202
8.2	堤防工程监测 .....	202
8.2.1	防渗墙防渗效果监测 .....	202
8.2.2	环境水文地质监测 .....	203
9	堤防工程勘察研究与发展 .....	205
9.1	地质勘察的经验教训 .....	205
9.2	物探技术在堤防工程勘察中的应用研究 .....	205
9.2.1	堤防探测的物探任务和地球物理特征 .....	205
9.2.2	物探工作的有利和不利因素 .....	206
9.2.3	物探在堤防勘察中的几点认识 .....	206
9.3	堤防工程地质勘察今后应研究的问题 .....	208
9.3.1	提高地质勘察的科技含量 .....	208
9.3.2	突出重点, 解决几个关键问题 .....	208
9.3.3	岩土物理力学性质的随机特征研究 .....	209
9.3.4	工程地质勘察成果的信息集成 .....	209
9.3.5	水文地质有关问题的研究 .....	210
附录	长江流域堤防勘察技术要求 .....	211
A.	长江中下游重要堤防工程地质勘察技术要求 .....	211
B.	长江中下游重要堤防钻探技术要求 .....	218
C.	长江中下游重要堤防工程地质勘察大纲 .....	226
D.	长江中下游重要堤防土工试验技术要求 .....	231
E.	长江中下游堤防堤基地质结构分类与堤防工程地质分段 .....	239
	参考文献及资料 .....	241

# Engineering Geological Investigation And Assessment For Levee Projects

## Contents

Preface	
<b>1 General</b>	<b>1</b>
1.1 Characteristics of levees	1
1.2 Classification of levees	1
1.3 A brief introduction to levee construction	2
1.3.1 Levee construction in China	2
1.3.2 Levee construction in other countries	2
1.3.3 Geological investigation for levee project	3
1.4 Design of levee project	3
1.4.1 Gradation of levees	3
1.4.2 Structure types of levees	4
1.4.3 Loads and their combination in design of levees	4
1.4.4 Major geological parameters needed in design of levees	5
1.4.5 Major contents in stability analysis of levees	6
<b>2 Engineering geological investigation for levees</b>	<b>7</b>
2.1 Objects of levee investigation and classification of investigation phases	7
2.1.1 Objects of levee investigation	7
2.1.2 Classification of investigation phases	7
2.2 Requirements for levee investigation	7
2.3 Contents of levee investigation	9
2.4 Methods of levee investigation and principles for planning of investigation works	10
2.4.1 Principles for planning of investigation works	10
2.4.2 Geological mapping	10
2.4.3 Geophysical prospecting	11
2.4.4 Boring exploration	11
2.4.5 Pit and trench exploration	16
2.4.6 Lab test	17
2.4.7 In - situ test	25

2.4.8	Long - term observation of groundwater .....	29
2.5	Selection of geological parameters for levee engineering .....	29
2.5.1	Characteristics of test data .....	29
2.5.2	Characteristic values commonly used in data statistics .....	30
2.5.3	Principles and methods for data statistics .....	30
2.5.4	Selection of proposed geological parameters .....	31
2.6	Processing and analysis of investigation results .....	32
2.6.1	Processing and analysis of investigation results .....	32
2.6.2	Filing of original investigation results .....	34
<b>3</b>	<b>General engineering geological conditions of levees .....</b>	<b>35</b>
3.1	Regional geological settings .....	35
3.2	Topography and stratification in the area of levees .....	35
3.2.1	Topography on both sides of the levees .....	35
3.2.2	Stratigraphy and lithology .....	36
3.3	Requirements of levees on foundation conditions .....	38
3.3.1	Geological structures of the levee foundations .....	38
3.3.2	Impermeability of foundation layers .....	39
3.3.3	Topographic conditions on both sides of the levees .....	44
3.4	Building materials .....	44
3.4.1	Requirements of levee structures for building materials .....	44
3.4.2	Basic engineering properties of natural building materials .....	48
3.5	Features of levee bodies .....	55
3.6	Quality evaluation of the placed soils of levee bodies .....	56
3.6.1	Essentials for quality classification of the placed soils of levee bodies .....	56
3.6.2	Proposed standards for quality classification of levee bodies .....	58
3.6.3	Application of quality standards of the placed soils of levee bodies .....	60
3.6.4	Methods for quality examination of the placed soils of levee bodies .....	61
3.7	Methods for engineering geological assessment on the levee engineering .....	61
3.7.1	Engineering geological classification of the levee foundations .....	62
3.7.2	Engineering geological evaluation on the levee foundations .....	64
<b>4</b>	<b>Principal engineering geological problems of levees and analytical methods .....</b>	<b>66</b>
4.1	Seepage and seepage stability .....	66
4.1.1	introduction .....	66
4.1.2	Types of seepage deformation and genetical analysis .....	66
4.1.3	Analysis and assessment of seepage deformation of levee engineering .....	70
4.1.4	Distribution features of seepage deformation and main points for investigation of this problem .....	73
4.1.5	Typical cases .....	74

4.2	Shock liquefaction	75
4.2.1	Introduction	75
4.2.2	Mechanism of shock liquefaction and relevant influencing factors	75
4.2.3	Method for identification and evaluation of liquefiable soils	76
4.2.4	Engineering cases	81
4.3	Settlement deformation	82
4.3.1	Settlement principles of levee foundations	82
4.3.2	Settlement calculation of levee foundations	84
4.3.3	Calculation of percent consolidation	87
4.4	Anti - sliding stability of levee foundations	88
4.4.1	Major factors influencing anti - sliding stability of levee foundations	88
4.4.2	Analysis of anti - sliding stability of levee foundations	90
4.4.3	Impacts of environmental variation on stability of levee foundations	94
4.4.4	Engineering cases	95
4.5	Stability of bank slopes	96
4.5.1	Factors influencing the stability of bank slopes	96
4.5.2	Stability analysis of bank slopes	96
4.5.3	Engineering monitoring of the bank slopes	98
4.5.4	Measures for prevention of instability of bank slopes	98
4.6	Environmental geological problems of levee engineering	99
4.6.1	Introduction	99
4.6.2	Environmental geological problems of levee engineering and resulted hazards	99
4.6.3	Genetic mechanism of the environmental geological problems of levee engineering and relevant influencing factors	100
4.6.4	Methods for analyzing the environmental geological problems of levee engineering	100
4.6.5	Assessment methods	101
4.6.6	Mitigatory measures for environmental impacts of levee engineering	102
4.7	Engineering geological problems of special soils	102
4.7.1	Collapsible loess	103
4.7.2	Swelling soil	108
4.7.3	Red clay	113
4.7.4	Soft soil	117
4.7.5	Salinized soil	122
4.7.6	Dispersed soil	124
4.7.7	Earth - fill	127
4.7.8	Frozen soil	128
<b>5</b>	<b>Engineering geological conditions of other levee structures</b>	<b>133</b>
5.1	Levee - crossing structures	133

5.1.1	Transportation gates .....	133
5.1.2	Levee - crossing culverts and gates .....	134
5.2	Flood control engineering in cities .....	139
5.2.1	Engineering geological conditions for earth levees in cities .....	139
5.2.2	Engineering geological conditions for flood control concrete walls in cities .....	139
5.3	Safety engineering in flood diversion basin .....	141
5.3.1	Types of safety engineering .....	141
5.3.2	Geological conditions for safety engineering .....	141
<b>6</b>	<b>Treatment measures for levee foundation .....</b>	<b>143</b>
6.1	Seepage control measures for levee foundation .....	143
6.1.1	Anti - seepage .....	144
6.1.2	Drainage .....	145
6.1.3	Pond filling by earth along both sides of levees .....	146
6.2	Strengthening measures for soft ground .....	147
6.2.1	Classification and principles for strengthening treatment of soft ground .....	147
6.2.2	Strengthening measures for several common soft grounds .....	148
6.3	Protection measures for bank slopes .....	152
6.3.1	Classifications of protection engineering and their applicable conditions .....	152
6.3.2	Geological investigations for bank slope engineering .....	154
6.3.3	Basic requirements for protection design of bank slope engineering .....	155
6.3.4	Several common structural types for protection of bank slope engineering .....	155
6.4	Treatment of sliding deformation of levee foundations .....	156
6.4.1	Excavation of the active sliding mass and backfilling .....	156
6.4.2	Ground strengthening .....	157
6.4.3	Precautions in treatment of slides .....	158
6.5	Emergency measures during flood season .....	158
6.5.1	Introduction .....	158
6.5.2	Techniques for dealing with the emergency problems of levees .....	159
6.5.3	Dealing with the emergency problems of levee - crossing structures .....	166
<b>7</b>	<b>Construction of levee strengthening engineering .....</b>	<b>168</b>
7.1	Construction of seepage control engineering .....	168
7.1.1	Grouting of levee bodies .....	168
7.1.2	Construction of deep mixing walls .....	172
7.1.3	Construction of plastic concrete walls .....	175
7.1.4	High - jet grouting .....	183
7.2	Construction of protection engineering of bank slopes .....	187
7.2.1	Protection engineering of bank slopes .....	187
7.2.2	Protection engineering of slope bases .....	191

7.3	Construction geology .....	198
7.3.1	Contents of and requirements for construction geology .....	198
7.3.2	Results of construction geology .....	199
<b>8</b>	<b>Examination and monitoring of levees .....</b>	<b>200</b>
8.1	Examination of levees .....	200
8.1.1	Examination of filling quality of levee bodies .....	200
8.1.2	Quality inspection of flood control concrete walls .....	201
8.1.3	Quality inspection of seepage control walls .....	201
8.1.4	Quality inspection of slope protection engineering .....	202
8.2	Monitoring of levees .....	202
8.2.1	Seepage monitoring of seepage control walls .....	202
8.2.2	Monitoring of environmental hydrogeology .....	203
<b>9</b>	<b>Research and development in engineering investigation for levees .....</b>	<b>205</b>
9.1	Experiences and lessons in geological investigation .....	205
9.2	Application research of geophysical prospecting techniques to the engineering investigation for levees .....	205
9.2.1	Objectives of geophysical prospecting in levee investigation .....	205
9.2.2	Favorable and unfavorable factors in geophysical prospecting .....	206
9.2.3	Experiences in geophysical prospecting for levees .....	206
9.3	Issues to be addressed in geological investigation for levees .....	208
9.3.1	Application of high - tech in geological investigation for levees .....	208
9.3.2	Several key issues that should be solved .....	208
9.3.3	Study on the random characteristics of the geotechnical properties of soils .....	209
9.3.4	Information integration of geological investigation results .....	209
9.3.5	Study on relevant hydrogeological problems .....	210
<b>Appendix : Technical regulations on Yangtze levee investigation .....</b>		<b>211</b>
A	Technical regulations on engineering geological investigations for the key levees in the middle and lower reaches of the Yangtze River .....	211
B	Technical regulations on drilling exploration for the key levees in the middle and lower reaches of the Yangtze River .....	218
C	Outlines for engineering geological investigations for the key levees in the middle and lower reaches of the Yangtze River .....	226
D	Technical regulations on geotechnical tests for the key levees in the middle and lower reaches of the Yangtze River .....	231
E	Geological structure classification of levee foundations and geological segmentation for the key levees in the middle and lower reaches of the Yangtze River .....	239
<b>References .....</b>		<b>241</b>

# 1 概 论

## 1.1 堤防工程特点

堤防是为防止洪水（或风暴潮）侵袭，沿江、河、湖、海、水库以及分蓄洪区周边修建的挡水建筑物，是人们为了保护农田、工厂和自身的生存与发展，而逐步兴建与扩展的水利工程，是防洪工程体系的重要组成部分。

堤防工程具有以下特点：

- (1) 季节性或周期性发挥作用。在汛期洪水达到一定程度以后，或风暴来临时才挡水，有时一年一次或数次，有时则数年才发挥作用。挡水时间较短，仅数天至数十天。
- (2) 堤防的高度一般不大，多在数米至十余米。
- (3) 为长条形或带状建筑物，常跨越阶地、漫滩、古河道、冲沟等多个地貌单元。
- (4) 地基多为第四系松散沉积物，其物质组成、分布及厚度变化大，地质条件较复杂。少数为基岩，地质条件较简单。
- (5) 已建堤防多为历次培修而成，堤身填筑土组成及密实程度不甚均一。
- (6) 各类穿堤建筑物较多。

堤防的作用显著。我国很多重要城市和 3000 多万  $\text{hm}^2$  农田都在江河的中下游，需要依靠堤防保护。据统计，堤防保护面积虽不到全国总面积的 10%，但所保护的耕地占 30% 以上，保护的人口占 50% 以上，保护区内的农业产值约占全国产值的 60%，工业产值占全国产值的 70% 以上，因此一旦大江大河发生特大洪水，引起改道性的溃堤决口，后果将不堪设想。虽然我国各大江河已初步建成了防洪体系，具有一定的抗洪能力，但 1998 年特大洪水，仍受到严重损失，受淹面积  $6610\text{km}^2$ ，受灾人口 2.3 亿人，直接经济损失 2600 多亿元。

堤防工程建设的任务还十分繁重。据统计，目前全国 570 个城市中有防洪任务的 472 个，防洪标准普遍不高，其中防洪标准达到或超过 100 年一遇标准的只有北京、上海、哈尔滨、长春等少数城市；达到 50 年一遇标准的仅 93 个城市，约占 1/5；达到 20 年一遇标准的 248 个城市，约占 1/2；还有 1/5 的城市低于 10 年一遇标准。现有堤防比较普遍地存在堤身填筑质量不高、堤基渗透变形、沉降变形和岸坡稳定等工程地质问题，需要治理。

## 1.2 堤防工程分类

堤防工程一般按堤防所处的位置和堤防的填筑材料分类。

按堤防所处的位置堤防工程可分为：

(1) 江堤或河堤：沿江或河岸修建的堤防，有的称圩堤或垸堤。远离江、河岸边的堤防可称遥堤。

(2) 湖堤：沿湖边修建的堤防，有的亦称垸堤。

(3) 海堤：沿海滨修建的堤防，有的亦称海塘。

(4) 防护堤：沿水库周边防护区修建的堤防。

(5) 围堤或隔堤：沿分蓄洪区周边修建的堤和分蓄洪区内的堤防。

(6) 城市防洪堤：沿城市周边修建的堤防。

按堤防的填筑材料堤防工程可分为：

(1) 土堤：由均质或非均质粘性土筑成。

(2) 卵砾石堤：由卵砾石筑成，迎水面用浆砌石或混凝土板防渗。

(3) 砌石堤：由较规则的条石砌成。

(4) 混凝土堤；由混凝土或钢筋混凝土筑成。

(5) 土石混合堤：由卵砾石、碎石填筑，迎水面采用混凝土板或浆砌石或土工膜防渗。

### 1.3 堤防工程建设的概况

#### 1.3.1 我国堤防工程建设

我国堤防工程建设历史悠久，是随着人口增长和经济发展而逐步修建起来的。

早在战国时期，山东黄河两岸人民就筑堤遏水，至东汉，黄河大堤已全线形成。

长江堤防建设始于城堤修筑。据考证，湖北黄陂商代盘龙城建于 3500 年以前，城北一面临盘龙湖，一面临河，筑城堤是为防水御敌。《中国水利史》称：“堤防之设，始于楚相孙叔敖”，距今约 2500 余年的楚国纪南城，位于湖北省江陵县西北约 15km，城址离长江 5km 左右，城堤起着防御洪水的作用。洞庭湖堤不晚于南北朝。鄱阳湖堤也不迟于唐代。太湖早在商代就兴建有堤防，海塘以及排水沟渠。江浙海塘自东汉开始兴建。长江上游堤防始建于唐天宝二年，成都县令主持修建成都南宫源渠堤，堤长 50km。公元 835 年，东川节度使主持修建涪江防洪堤。

此后，唐、宋直至民国多以加固堤防、兴建涵闸及护岸工程为主。

新中国成立后，党和政府十分重视防洪工作，在积极安排防洪体系工程建设的同时，加强了堤防工程建设，1954 年洪水后，逐年有计划地安排了各流域的堤防建设。至 20 世纪 80 年代全国已修建加固堤防达 20 多万 km，其中重点堤防 5.61 万 km。至 2000 年，主要江、河流域堤防长度见表 1-1。

#### 1.3.2 国外堤防工程建设

自古以来，世界各国就有沿河两岸修堤

表 1-1 主要流域或河段堤防长度表

流域或河段	堤防长度 (km)
长 江	34000，其中，中下游干流堤防：3893
黄河下游	1452 其中：左岸：812，右岸：640
淮 河	50000，其中主要堤防 15000
松花江	3178，其中干流堤防 2883
珠 江	西江围堤：130，东江围堤：244，北江大堤：63，北江围堤 344，三角洲河网围堤众多
黑龙江	干堤 595
太 湖	环湖大堤 297