

设计与
研究

水利工程设计与研究丛书

ZHONGXIAOXING SHUIZHA CHUXIAN JIAGU YANJIU YU CHULI CUOSHI

中小型水闸除险加固研究与处理措施

本书编委会 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利工程设计与研究丛书

中小型水闸除险加固研究与处理措施

本书编委会 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为《水利工程设计与研究丛书》之一，主要论述了中小型水闸存在的常见病险问题，探讨了如何进行中小型水库除险加固措施，介绍了中小型水库除险加固的研究、设计标准及处理措施，研究涉及到众多专业，提供了便于在设计中使用的公式、计算方法、技术资料。介绍了在水闸加固处理中采用的新技术、新方法、新材料、新工艺。

本书内容翔实，实用性强，并经工程实践证明，具有很高的参考价值。可供从事水利水电工程工作的规划设计、施工、运行、科研、教学等科技人员参考，也可作为大专院校师生的参考资料和工程案例读物。

图书在版编目（C I P）数据

中小型水闸除险加固研究与处理措施 / 《中小型水闸除险加固研究与处理措施》编委会编著. — 北京：中国水利水电出版社，2014.6

（水利工程设计与研究丛书）

ISBN 978-7-5170-2174-2

I. ①中… II. ①中… III. ①水闸—加固 IV. ①TV698.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第136921号

书 名	水利工程设计与研究丛书 中小型水闸除险加固研究与处理措施
作 者	本书编委会 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 17.75印张 420千字
版 次	2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	68.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

《中小型水闸除险加固研究与处理措施》

编写委员会

成笑路 王 因 周 皞 付思峰 王 春

石庆省 郑微微 陈友平 李旭辉 姜苏阳

前 言

水闸工程是国民经济和社会发展的基础设施，在防洪、防潮、排涝、供水、灌溉、发电、养殖、生态保护等方面发挥着重要的作用。我国现有的水闸大部分运行已达30~50年，建筑物接近使用年限，金属结构和机电设备早已超过使用年限。经长期运行，工程老化严重，其安全性及使用功能日益衰退。加上工程管理手段落后，许多水闸的管理经费不足，运行、观测设施简陋，给水闸日常管理工作带来很大困难，无法根本解决病险水闸安全运行问题。另外水体污染加快了水闸结构的老化过程，危及闸体结构安全。目前我国水闸存在的病险种类繁多，从水闸的作用及结构组成来说，主要可分为下列9种病险问题。①防洪标准偏低。防洪标准（挡潮标准）偏低，主要体现在宣泄洪水时，水闸过流能力不足或闸室顶高程不足，单宽流量超过下游河床土质的耐冲能力。②闸室和翼墙存在整体稳定问题。闸室及翼墙的抗滑、抗倾、抗浮安全系数以及基底应力不均匀系数不满足规范要求，沉降、不均匀沉陷超标，导致承载能力不足、基础破坏，影响整体稳定。③闸下消能防冲设施损坏。闸下消能防冲设施损毁严重，不适应设计过闸流量的要求，或闸下未设消能防冲设施，危及主体工程安全。④闸基和两岸渗流破坏。闸基和两岸产生管涌、流土、基础淘空等现象，发生渗透破坏。⑤建筑物结构老化损害严重。混凝土结构设计强度等级低，配筋量不足，碳化、开裂严重，浆砌石砂浆标号低，风化脱落，致使建筑物结构老化破损。⑥闸门锈蚀，启闭设施和电气设施老化。金属闸门和金属结构锈蚀，启闭设施和电气设施老化、失灵或超过安全使用年限，无法正常使用。⑦上下游淤积及闸室磨蚀严重。多泥沙河流上的部分水闸因选址欠佳或引水冲沙设施设计不当，引起水闸上下游河道严重淤积，影响泄水和引水，闸室结构磨蚀现象突出。⑧水闸抗震不满足规范要求。水闸抗震安全不满足规范要求，地震情况下地基可能发生震陷、液化问题，建筑物结构型式和构件不满足抗震要求。⑨管理设施问题。大多数病险水闸存在安全监测设施缺失、管理房年久失修或成为危房、防汛道路损坏、缺乏备用电源和通讯工具等问题，难以满足运行管理需求。

大量病险水闸的存在，已成为防汛工作的心腹之患，只有尽快除险加固，才能保证水闸安全，保障防洪保护区人民生命财产安全，减免洪涝水害给国

民经济造成损失。

鉴于目前我国水闸的现状，引起了国家的高度重视。在2009年1月6日召开的全国水利工作会议上，第一件事情即为“病险水库除险加固工程：确保2010年年底完成6240座大中型和重点小型病险水库除险加固任务，因此，大中型病险水闸的除险加固工作将是水利行业今后一段时间内的一项重点工作。

《水闸安全鉴定规定》(SL 214—98)将水闸安全类别划分为4类，水闸除险加固的重点主要是三类、四类闸。影响病险水闸除险加固效果的关键因素是水闸安全鉴定结论的准确性和病险水闸除险加固设计方案对恢复水闸设计功能的可行性、有效性和经济性。

三义寨闸安全鉴定为四类闸，需拆除重建；韩墩闸安全鉴定为三类闸，需除险加固。因其功能、结构不同，以及建设年代不同，这两座水闸各有特点，其加固内容和加固方法宜各有特色。两个水闸除险加固的设计方法及处理措施研究，其主要内容包括：洪水标准、工程地质勘察、工程任务和规模、水闸加固处理措施、机电及金属结构、施工组织设计、占地处理及移民安置、水土保持设计、环境影响评价、设计概算等方面。

通过对两个不同类型的中小型病险水闸工程进行了几个方面内容的研究：一是根据新的水文资料，复核水闸规模；二是达标完建尚缺工程设施；三是维修加固已遭破坏工程设施。采取不同方法的除险加固措施设计与处理，通过新技术在大中型水闸除险加固中的应用，使得病险水闸加固工作加固与提高、加固与技术进一步相结合，广泛采用新技术、新方法、新材料、新工艺，力求体现先进性、科学性和经济性，力求在病险水闸治理的工程设计技术方面有所突破。为水闸除险加固改造的设计和施工提供有价值的参考，促进设计水平和工程质量的提高，高效、经济、安全、合理地开展水闸除险加固工作。

本书编制的目的在于适应水闸除险加固改造实践的需要，针对水闸除险加固工程的特点，介绍除险加固处理措施，为水闸除险加固改造的设计和施工提供有价值的参考，促进设计水平和工程质量的提高，高效、经济、安全、合理地开展水闸除险加固工作。

本书由成笑路编写了前言、第4章、第5章、第10章，王因编写了第11章～第15章、第25章，周皞编写了第16章、第19章、第27章，付思峰编写了第3章、第9章、第17章，王春编写了第7章、第20章、第21章、第26章，石庆省编写了第6章、第10章，郑微微编写了第1章、第2章、第18章，陈友平编写了内容提要、第8章，李旭辉编写了第22章～第24章，全书由姜苏阳统稿。

为总结探讨中小型水闸除险加固的经验，兹撰写本书，以期与同行进行技术交流。本书得到了多位专家的大力支持，在此表示衷心的感谢！由于本书涉及专业众多，撰写时间仓促，错误和不当之处，敬请同行专家和广大读者赐教指正。

作 者

2014年2月

目 录

前言	
1 三义寨引黄闸特色介绍	1
2 三义寨引黄闸洪水标准及河道冲淤研究	3
2.1 流域概况	3
2.2 气象	4
2.3 水文基本资料	5
2.4 洪水	5
2.5 径流、泥沙	10
2.6 河道冲淤	11
2.7 堤防工程设计水位	16
2.8 三义寨引黄闸设计水位	17
3 三义寨引黄闸工程地质勘察研究	20
3.1 工程区基本地质条件	21
3.2 工程地质评价	22
3.3 天然建筑材料	26
3.4 结论与建议	27
4 三义寨引黄闸工程任务和规模	29
4.1 工程建设的必要性	29
4.2 工程建设任务	32
4.3 工程规模	33
5 三义寨引黄闸改建工程布置及建筑物设计	34
5.1 设计依据	34
5.2 工程总体布置	35
5.3 主要建筑物设计	38
5.4 老闸拆除及引渠疏浚	51
5.5 两岸连接堤防设计	52
5.6 主要工程量	54
5.7 安全监测设计	55
6 三义寨引黄闸堤防加固工程处理措施	58
6.1 设计依据及基本资料	58
6.2 现状及险情	59
6.3 加固方案比较	60

6.4	淤区断面的确定	62
6.5	工程布置	62
6.6	工程设计	63
6.7	堤防加固工程量	69
6.8	稳定计算分析	71
7	三义寨引黄闸电气与金属结构	74
7.1	电气工程	74
7.2	金属结构	76
7.3	引黄涵闸远程监控系统	78
7.4	消防设计	86
8	三义寨引黄闸施工组织设计	88
8.1	施工条件	88
8.2	施工导流及度汛措施	89
8.3	料场选择及开采	92
8.4	主体工程施工	93
8.5	施工交通运输	104
8.6	施工工厂设施	104
8.7	施工总布置	105
8.8	施工总进度	106
8.9	主要技术供应	107
9	三义寨引黄闸占地处理及移民安置评价	109
9.1	占地实物调查	109
9.2	移民安置总体规划	114
9.3	农村移民生产措施规划	119
9.4	农村工商企业迁建	122
9.5	文化、教育、卫生、服务设施迁建规划	124
9.6	专业项目复建规划	125
9.7	投资概算	126
10	三义寨引黄闸水土保持评价	132
10.1	设计依据	132
10.2	项目概况	132
10.3	水土流失预测	133
10.4	水土流失防治总则	136
10.5	水土保持措施典型设计	138
10.6	水土保持监测	141
10.7	水土保持投资概算	143
10.8	实施保证措施	147
11	三义寨引黄闸环境保护评价	148
11.1	综述	148

11.2	环境保护设计	152
11.3	环境管理规划	155
11.4	环境保护投资概算	158
12	三义寨引黄闸工程管理设计	161
12.1	管理机构	161
12.2	工程管理区及保护区范围	161
12.3	工程观测	161
12.4	交通及通信设施	162
12.5	其他维护管理设施	162
12.7	工程管理运用	162
13	三义寨引黄闸节能设计	163
13.1	工程概况	163
13.2	设计依据和设计原则	163
13.3	工程节能设计	164
13.4	工程节能措施	165
13.5	综合评价	165
14	三义寨引黄闸设计概算	166
14.1	编制原则和依据	166
14.2	基础价格	166
14.3	建筑工程取费标准	167
14.4	概算编制	167
14.5	预备费	168
14.6	移民占地、环境保护、水土保持部分	169
14.7	概算投资	169
14.8	概算表格	169
15	韩墩闸特色分析	176
15.1	工程概况	176
15.2	设计施工情况	176
15.3	水闸运行情况	177
15.4	安全鉴定结论	178
15.5	核查结论	178
15.6	勘测设计任务	178
16	韩墩闸洪水标准研究	180
16.1	流域概况	180
16.2	气象	180
16.3	水文基本资料	181
16.4	洪水	181
16.5	径流泥沙	186

16.6	河道冲淤	187
16.7	设计水位	187
17	韩墩闸工程地质勘察研究	190
17.1	区域构造与地震	190
17.2	闸址工程地质条件	190
17.3	主要工程地质问题	192
17.4	结论与建议	193
18	韩墩闸工程任务及规模	194
18.1	工程建设的必要性	194
18.2	工程建设任务	194
18.3	工程规模	195
19	韩墩闸除险加固处理措施研究	197
19.1	设计依据及基本资料	197
19.2	水闸渗流稳定计算复核	198
19.3	地基沉降分析	200
19.4	水闸加固工程	207
19.5	启闭机排架及便桥加固	212
19.6	启闭机房重建	216
19.7	主要工程量表	217
19.8	水闸除险加固后运用情况分析	219
20	韩墩闸电气与金属结构	220
20.1	电气	220
20.2	金属结构	228
20.3	消防设计	230
21	韩墩闸施工组织设计	232
21.1	施工条件	232
21.2	施工导流及度汛	233
21.3	主体工程施工	234
21.4	施工交通运输	237
21.5	施工工厂设施	238
21.6	施工总布置	238
21.7	施工总进度	239
21.8	主要技术供应	240
22	韩墩闸工程占压及移民安置规划	241
22.1	实物调查	241
22.2	移民安置规划	241
22.3	投资概算	241
23	韩墩闸环境保护评价	244

23.1	设计依据	244
23.2	环境保护设计	246
23.3	环境管理	248
23.4	环境监测	249
23.5	环境保护投资概算	249
23.6	存在问题和建议	252
24	韩墩闸水土保持评价	253
24.1	项目概况	253
24.2	水土流失预测	254
24.3	水土流失防治总则	256
24.4	水土保持措施设计	257
24.5	水土保持管理	258
24.6	水土保持监测	258
24.7	水土保持投资概算	259
24.8	实施保证措施	261
25	韩墩闸节能设计	262
25.1	工程概况	262
25.2	设计依据和设计原则	262
25.3	工程节能设计	263
25.4	工程节能措施	264
25.5	综合评价	264
26	韩墩闸工程管理设计	265
26.1	管理机构	265
26.2	工程管理范围及保护范围	265
26.3	交通通信设施	265
26.4	工程监测与养护	265
27	韩墩闸设计概算	267
27.1	编制原则和依据	267
27.2	基础价格	267
27.3	建筑工程取费标准	267
27.4	概算编制	268
27.5	预备费	269
27.6	移民占地、环境保护、水土保持部分	269
27.7	概算投资	269

1 三义寨引黄闸特色介绍

三义寨引黄闸安全鉴定为四类闸，需拆除重建。拆除重建水闸需要进行下列方面的工作：洪水标准及河道冲淤研究、工程地质勘察研究、工程任务和规模确定、工程布置及主要建筑物设计、电气与金属结构、施工组织设计、占地处理及移民安置评价、水土保持评价、环境保护评价、工程管理设计、节能设计、设计概算等方面；除险加固闸除上述内容外，还包括水闸混凝土表面缺陷处理、闸身裂缝修复、止水加固处理、观测设施修复等内容。

兰考河段属典型的游荡性河段，河势宽、浅、散、乱、游荡多变，素有“豆腐腰”之称。大洪水时主流居中，落水时主流位置变化无常，时常造成河道工程出现重大险情。近年来黄河下游来水偏枯，泥沙集中淤积在主槽内，“槽高滩低堤根注”的险恶局面逐年加剧，临黄大堤存在顺堤行洪威胁。

三义寨引黄闸位于兰考县境内黄河右岸大堤上，相应大堤桩号 130+000 处。该闸于 1958 年建成，为大型开敞式水闸，属 1 级水工建筑物。闸室为钢筋混凝土结构，安装弧形钢闸门，共分三联 6 孔，每 2 孔为一联，每孔净宽 12m，闸总宽 84.6m。闸底板长 21.5m，闸前防冲槽长 11m，其后设有 59.5m 长的防渗黏土铺盖；下游消力池长 16m，浆砌石海漫长 40m，干砌石海漫长 35m，防冲槽长 15m。引黄闸设计正常引水流量 $520\text{m}^3/\text{s}$ ，设计效益为：灌溉豫东、鲁西南的开封、商丘、菏泽 2 省 3 市 20 个县农田 1980 万亩，放淤改造盐碱沙荒地 15.6 万亩。

由于三义寨引黄闸在多年运用过程中，闸身强烈振动，导致闸墩、闸底板、机架桥大梁裂缝，特别是闸底板严重裂缝，遂于 1974 年和 1990 年进行了两次改建：第一次改建主要是改中联两孔弧形钢闸门为 4 孔平板钢闸门，闸门宽 4.8m，高 4.5m，两边联闸底板加高 2.5m，中联闸底板加高 2.0m，设计流量 $300\text{m}^3/\text{s}$ ；第二次改建主要是保留中联 4 孔平板钢闸门，拆除边联 4 孔弧形闸门，在原叠梁闸门槽处修建钢筋混凝土挡水墙。二次改建后的设计流量为 $141\text{m}^3/\text{s}$ ，担负着开封、商丘 2 市 10 县的农业用水任务。

三义寨引黄闸建成至今已有 50 多年，在长期使用后出现的诸多问题，如闸身强烈振动和不均匀沉陷，导致闸墩、闸底板、机架桥大梁、交通桥严重裂缝；钢闸门板锈蚀、漏水，没有导向装置和行走轮不转动等问题将会造成闸的抗洪能力降低；闸前、闸后渠道的严重淤积，导致引水效益下降；闸的运行能力、防洪能力的降低，对该闸今后的防汛也产生一定的威胁。

依据《水闸安全鉴定规定》(SL 214—98) 以及《黄河下游水闸安全鉴定规定》(黄建管〔2002〕9 号) 的要求，根据河南开封三义寨引黄闸工程现状调查分析、现状检测成果分析及复核稳定计算成果分析，认为该闸运用指标无法达到设计标准，存在严重的安全问

题，不能满足正常使用要求，评定为四类闸。

三义寨引黄渠首闸位于国务院明确的黄河重点固守堤段，承担着黄河大洪水的压力，其安全运用与否，事关黄河防洪安全大局，鉴于该闸为四类闸，按照《水闸安全鉴定规定》(SL 214—98)，同意报废重建。

三义寨引黄闸两侧弯道段的堤防（三义寨闸渠堤）是右岸郑州至兰考三义寨重点确保段唯一没有进行堤防加固的堤段。堤防深入临河侧渠堤桩号为 0+000（对应黄河大堤桩号 129+300）~3+480（对应黄河大堤桩号 130+831），其中三义寨引黄闸上游侧渠堤范围为 0+000~1+475，渠堤长 1475m，下游侧渠堤范围为 1+560~3+480，渠堤长 1920m。需要根据三义寨引黄闸改建的工程布置确定渠堤堤防加固的范围。

2 三义寨引黄闸洪水标准及河道冲淤研究

2.1 流域概况

黄河是我国第二条大河，位于东经 $96^{\circ}\sim 119^{\circ}$ ，北纬 $32^{\circ}\sim 42^{\circ}$ 之间，西起青藏高原的巴颜喀拉山，东临渤海，北抵阴山，南至秦岭，流域面积 75.2 万 km^2 （包括内流区为 79.5 万 km^2 ）。黄河发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓的约古宗列盆地，流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东九省（自治区），在山东垦利县注入渤海。干流全长 5464km 。流域地势大体是西高东低，约可分为三个阶梯，西部在青藏高原东侧，海拔在 3000.00m 以上，中部属黄土高原，海拔为 $1000.00\sim 2000.00\text{m}$ ，东部属华北平原，海拔在 100.00m 以下。自河源至内蒙古托克托县的河口镇为上游，河口镇至河南郑州桃花峪为中游，桃花峪至入海口为下游。

黄河上游兰州以上河段，河长 2119km ，流域面积 222551km^2 。该河段植被较好，河源区多湖泊、沼泽，对洪水的调蓄作用较大。兰州至河口镇河段，流域面积 163415km^2 ，河长 1352.6km ，河道大部分穿行于宁蒙河套地区，河床宽阔，纵坡平缓，两岸为干旱半干旱黄土丘陵及沙漠地区，洪水行经此河段有较大的削减。

中游河口镇至龙门河段（以下简称龙河间），河长 725.1km ，流域面积 111591km^2 ，河道穿行于山、陕峡谷之间。流域内黄土区占 68% ，植被较差，沟壑纵横，支流众多，呈羽毛状汇入黄河。

龙门至三门峡河段（以下简称龙三间），流域面积 190864km^2 ，其中黄土区占 59% ，其间有泾、渭、北洛河和汾河汇入。干流河长 242.1km ，其中龙门至潼关河段长 125.8km ，河道宽度 10km 左右，对来自龙门以上的陡峻洪峰一般可削减 $20\%\sim 30\%$ 。

三门峡至小浪底河段（以下简称三小间），河长 130km ，为峡谷河段，比降为 1% 左右，流域面积 5734km^2 ，流域内为土石山区，小支流众多，流域面积大于 100km^2 的有 16 条，北岸支流分布较多，面积较大，河道较长，且比降较大；南岸支流较少，面积较小，河道较短，且比降较小。两岸支流大体上呈羽毛状汇入黄河。

小浪底至花园口河段（以下简称小花间），河长 128km ，自孟津以下河道出峡谷，宽 $3000\sim 9000\text{m}$ ，有较大的滞洪削峰作用。区间面积 35881km^2 ，有伊洛河与沁河两大支流汇入。

下游花园口至入海口，河长 768km ，河道高悬于地面之上，为举世闻名的地上“悬河”，全靠大堤束水行洪。上段流经河南境内，河道宽阔，一般堤距 10km 左右，河道槽蓄作用较大。下段流经山东境内，河道狭窄，堤距 $1\sim 3\text{km}$ 。该区流域面积 22407km^2 ，有金堤河和大汶河两支较大支流汇入。

目前黄河干流上已建的大型水利工程有龙羊峡、刘家峡、三门峡、小浪底水库等，其中龙羊峡水库设计总库容 247 亿 m³，对黄河上游的洪水有较大的调节作用。小浪底水库设计总库容 126.5 亿 m³，是黄河下游防洪工程体系的骨干工程之一。

2.2 气象

工程区的气象特征选择开封气象站 1961~1990 年资料统计分析，该地区多年平均气温 14.1℃，最高气温 42.9℃（1966 年 7 月 19 日），最低气温 -16℃（1971 年 12 月 27 日）。多年平均地温 16.1℃，最高地温 69.7℃（1986 年 6 月 28 日），最低地温 -20.4℃（1990 年 1 月 31 日）。多年平均降水量 619.3mm。多年平均蒸发量 1937mm。最大风速达 20m/s 以上，最大风速的风向多为北风或北偏东风。对工程最不利的风向是北风，据 1961~1990 年资料统计，北风最大风速均值为 12.6m/s。开封气象站 1961~1990 年开封气象站气象资料统计见表 2.2-1。

表 2.2-1 开封气象站气象资料统计表

项 目	单 位	资料年份	月 份												全年	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
气 温	平均气温	℃	1961~1990	-0.3	1.9	7.8	14.9	20.9	25.6	27.0	26.0	20.8	15.0	7.8	1.5	14.1
	平均最高	℃	1951~1980	4.8	7.6	13.8	21.1	27.3	32.3	32.1	30.9	26.7	21.3	13.7	6.9	19.9
	平均最低	℃	1951~1980	-4.6	-2.5	2.4	8.9	14.5	19.7	22.9	22.0	16.1	9.7	3.0	-2.8	9.1
	极端最高	℃	1961~1990	19.2	23.3	31.0	35.4	38.7	42.5	42.9	38.5	36.7	32.5	25.8	22.2	42.9
	极端最低	℃	1961~1990	-15.0	-14.2	-8.5	-1.6	5.0	11.3	15.2	13.5	5.0	-1.0	-9.1	-16.0	-16.0
平均相对湿度	%	1961~1990	62	63	63	63	63	63	79	80	77	74	70	65	68	
地 温	平均地温	℃	1961~1990	0	2.9	9.5	17.4	24.6	29.8	30.4	29.4	23.4	16.2	8.0	1.5	16.1
	平均最高	℃	1958~1980	11.3	16.5	25.1	33.2	43.2	29.9	45.7	45.1	38.5	30.9	20.7	12.9	31.1
	平均最低	℃	1954~1980	-6.4	-4.0	0.5	7.2	12.9	18.4	22.4	21.5	15.3	7.9	0.6	-4.9	7.6
	极端最高	℃	1961~1990	27.1	41.0	45.8	60.8	64.0	69.7	67.5	65.0	59.4	51.8	39.3	27.1	69.7
	极端最低	℃	1961~1990	-20.4	-17.8	-11.9	-6.3	1.5	8.1	14.3	12.2	3.4	-4.3	-11.9	-19.7	-20.4
最大冻土深度	cm	1964~1980	26	20	11								8	23	26	
平均降水量	mm	1961~1990	7.5	11.2	23.9	41.1	50.1	72.0	151.4	109.7	80.8	40.6	22.4	8.8	619.3	
≥0.1mm 天数	天	1961~1990	2.6	4.2	5.5	7.7	6.6	7.6	12.1	9.6	9.0	7.1	4.5	2.8	79.3	
≥5mm 天数	天	1951~1980	0.4	0.6	1.6	2.6	2.2	3.0	5.8	4.9	3.1	2.2	1.8	0.6	28.8	
蒸发量	mm	1961~1990	61.4	81.2	147.1	206.9	269.2	311.3	227.7	194.4	154.4	126.6	88.0	68.3	1937	
最大风速	m/s	1961~1990	18.0	20.0	16.0	17.3	14.7	18.0	15.0	18.7	15.0	20.0	16.0	17.0	20.0	
最大风速的风		1961~1990	NNE	NNE	2G	NNE	2G	N	ESE	NW	SSW	NNE	W	2G	NNE	
最多风向		1961~1990	NNE	NNE	NNE	NNE	SSW	S	S	NNE	NNE c	NNE c	NNE	NNE	NNE	
频率	%	1961~1990	17	16	14	13	13	12	11	15	13, 17	12, 15	15	15	13	

注 c 表示静风；G 表示个。

2.3 水文基本资料

黄河自 1919 年就开始设站观测。新中国成立前测站较少，新中国成立后，在干流各河段及较大支流上都设有水文观测站，雨量站更是遍及全流域，基本上能控制黄河各河段的水情和雨情。与黄河下游防洪工程建设有关的水文测站有黄河干流的花园口（秦厂）、小浪底、三门峡（潼关），伊洛河的东湾（嵩县）、陆浑、龙门镇、长水（故县）、宜阳、白马寺（洛阳）、黑石关，沁河的山路平、五龙口、小董（武陟），大汶河的戴村坝等，以上各站均为黄河干支流的一等水文站，测验精度较高，其实测水文资料均经过黄河水利委员会和各省有关单位的系统整编和多次复核审查，其精度可以满足黄河下游及大汶河设计洪水分析计算的要求。

从历次资料复核和审查情况看，认为新中国成立前特别是抗日战争期间水文资料的观测精度较差，新中国成立后水文资料的观测精度较高。

2.4 洪水

2.4.1 洪水特性

黄河下游开封市河段洪水主要由中游地区暴雨形成，洪水发生时间为 6~10 月。黄河中游的洪水，分别来自河龙间、龙三间和三花间这三个地区。各区洪水特性分述如下。

(1) 河龙间和龙三间。河龙间属于干旱或半干旱地区，暴雨强度大（点暴雨一般可达 400~600mm/d，最大点暴雨达 1400mm/d），历时较短（一般不超过 20h，持续性降雨可达 1~2d），日暴雨 50mm 以上的笼罩面积达 20000~30000km²，最大可达 50000~60000km²。一次洪水历时，主峰过程为 1d，持续历时一般可达 3~5d，形成了峰高量小的尖瘦型洪水过程。区间发生的较大洪水，洪峰流量可达 11000~15000m³/s，实测区间最大为 18500m³/s（1967 年），日平均最大含沙量可达 800~900kg/m³。该区间是黄河粗泥沙的主要来源区。

龙三间的暴雨特性与河龙间相似，但由于受到秦岭的影响，暴雨发生的频次较多，历时较长，一般为 5~10d，秋季连阴雨的可长达 18d 之久（1981 年 9 月）。日降雨强度为 100mm 左右，中强降雨历时约 5d，大于 50mm 雨区范围达 70000km²。该区间所发生的洪水为矮胖型，洪峰流量为 7000~10000m³/s。该区间除泾河支流马莲河外，为黄河细泥沙的主要来源区，渭河华县站的日平均最大含沙量为 400~600kg/m³。

以上两个区间洪水常常相遭遇，如 1933 年和 1843 年洪水。这类洪水主要是由西南东北向切变线带低涡天气系统产生的暴雨所形成，其特点是洪峰高、洪量大，含沙量也大，对黄河下游防洪威胁严重。下游防洪中把这类洪水简称为“上大洪水”。

(2) 三花间。三花间属于湿润或半湿润地区，暴雨强度大，最大点雨量达 734.3mm/d（1982 年 7 月），一般为 400~500mm/d，日暴雨面积为 20000~30000km²。一次暴雨的历时一般为 2~3d，最长历时达 5d。该区间所发生的洪水，多为峰高量大的单峰型洪水过程，历时为 5d（1958 年洪水）；也发生过多峰型洪水过程，历时可达 10~12d（1954 年洪水）。区间洪水的洪峰流量一般为 10000m³/s 左右，实测区间最大洪峰流量为 15780m³/s，洪水期的含沙量不大，伊洛河黑石关站日平均最大含沙量为 80~90kg/m³。三花间的较大