

肖焕雄 著



施工导截流与围堰工程研究

SHIGONG DAOJIELIU YU
WEIYAN GONGCHENG
YANJIU



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

施工导截流与围堰工程研究

肖焕雄 著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书主要研究施工导流工程中的一些常见的、研究成果较少的关键问题,分四篇介绍,即施工导流、施工截流、施工围堰、施工水力学模型试验等内容。

施工导流方面,主要包括导流标准的合理确定,导流标准的风险决策,施工导流系统超标洪水风险率模型,施工导流系统超载洪水风险率模型,明渠、隧洞及底孔导流水力计算与分析等。

施工截流方面,主要包括平堵截流、立堵截流、双戗堤立堵截流、宽戗堤立堵截流、大块石串及混凝土四面体串截流、混合粒径的石块截流等的水力特性分析及计算研究。对截流时的分流建筑物泄水规律及深水截流规律进行了专题研究,并提出了对三峡工程三期截流的意见等。

施工围堰方面,主要包括不过水围堰及过水围堰风险率分析与计算,土石过水围堰度汛的堰面及堰坡保护措施(大块石、铅丝笼、混凝土平板、混凝土楔形板)分析与计算,以及考虑垫层减压效果后土石围堰下游坡混凝土保护板的稳定分析及计算等。

施工水力学模型试验方面,主要包括施工水力学模型试验特点,施工期水流特性分析,试验与原型的相似规律及换算分析,并分别具体论述了导流模型试验,截流模型试验,围堰模型试验等的难点及对策,还介绍了模型试验的经验教训等。

本书是一本系统论述导流工程的基本理论、计算方法、模型试验、工程实践等的论文专辑,全书主要内容是本书著者首次提出的成果,特别注意理论结合实际,着重于应用。

本书除作为水利水电院校研究生、高年级大学生参考教材外,还可供有关大专院校教师及从事水利水电工程设计、试验、施工等研究人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

施工导截流与围堰工程研究/肖焕雄著. —北京:中国电力出版社, 2002
ISBN 7-5083-0978-2

I.施... II.肖... III.①导流-文集②截流-文集③围堰-文集
IV.YV551-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第015819号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2002年5月第一版 2002年5月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 18.25印张 410千字
印数0001—2000册 定价36.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

肖焕雄教授简介

肖焕雄，男，武汉大学教授，著名施工导截流专家。1932 年出生于四川达县，1955 年毕业于武汉水利学院，1961 年 5 月获苏联科技副博士学位 (Ph.D.)，1981.8 ~ 1983.8 在美国 Cornell 大学任访问学者，1990 年由国务院审批为博士生导师，1991 年 7 月经国务院批准获政府特殊津贴。曾任三峡工程论证施工专家组专家、三峡重大科技攻关施工专家组专家、《中国水利百科全书》编委兼“施工分支”副主编、全国高校水利水电类专业教学指导委员会副主任委员、湖北清江水电开发总公司顾问、世界银行贷款江垭工程大坝安全评审专家、三峡工程开发总公司技委会特聘专家等等。现任：中国葛洲坝水利水电集团公司高级顾问、中国水利水电第十一工程局高级顾问、全国高校水电工程类专业教学指导委员会主任委员、中国国家电力公司科学技术委员会委员、中国工程建设企业管理现代化成果审定委员会成果审核专家、《中国水利百科全书》“施工分支”主编、教学指导委员会咨询。

从事水电工程施工教学与科研 47 年，主持并主攻三峡等巨型工程重大科技攻关项目及国家“七五”、“八五”、“九五”重大科技攻关项目，在“施工水力学”、“导流方案优化”、“水电工程施工风险率”、“导截流模型试验及模型率”等方面的研究成果，达国际先进或国际领先水平，解决较重大工程问题 10 余项。1978 年获全国科学大会科技奖 (国家级奖，“预裂爆破及扇形爆破”)、1978 年获湖北省科学大会科技奖 (省部级奖，“预裂爆破基本理论及其应用”)、1985 年获国家科技进步特等奖 (葛洲坝二、三江工程)、1989 年获国家教委科技进步一等奖 (“截流水力学研究”)、1996 年获电力工业部全国水电工程类专业优秀教材一等奖 (《施工水力学》)、1997 年获电力工业部科技进步二等奖 (施工水力学研究)、1997 年获贵州省建设厅科技进步一等奖 (“思林电站施工导流标准多目标风险决策研究”)、1998 年获国家电力公司科技进步一等奖 (“三峡大江截流施工关键技术研究及工程实践”)、2000 年获国家科技进步一等奖 (获奖主要单位：武汉水利电力大学，代表：肖焕雄。“三峡大江截流设计与施工关键技术研究及工程实践”)。国内外发表论文 106 篇 (2001 年 3 月底以前)，正式出版著作：1. 灌浆工 (1974 年，水利电力出版社)；2. 施工导流工程 (1985 年，水利电力出版社)；3. 施工水力学 (1992 年，水利电力出版社)；4. 施工导流标准与方案优选 (1996 年，湖北科技出版社)；5. 水利水电工程施工布置优化 (1997 年，科学出版社)；6. 工程建设融资及风险研究 (2000 年，中国计划出版社)；7. 中国水利百科全书中有关导流、截流、围堰等等 40 多个条目，并任施工卷主编。

自 1960 年起指导研究生 (我国 1980 年起实行学位制)，已毕业的硕士生 (含设学位前研究生) 47 人，博士生 40 人，现有在读博士生 17 人 (含合作指导)，硕士生 5 人。

编 辑 委 员 会

主 任：李红云

副主任：胡志根 孙志禹 韩采燕 唐晓阳

委 员：谢兴保 刘发全 谈顺涛 潘昭汉 杨志雄

杨 淳 熊盛立 刘克兴 陈先明 侍克斌

主 编：周宜红 贺昌海

副主编：谢兴保 刘发全

序

施工导流工程是水利水电工程建设中的全局性、战略性的关键问题，是对水利水电工程施工具有重要理论意义和现实价值的重大课题。施工导流工程作为水利水电工程施工中的一个子系统，可以将它细分为：施工导流、施工截流、施工围堰及施工水力学模型试验等有机联系的四部分。鉴于施工导流工程的重要性、复杂性、灵活性并牵涉到工程进度和施工安全、经济及风险较大的关键问题，所以国内、外研究这个课题的人员不少，但总结、上升到系统理论高度而又具有应用价值的成果尚不多见。工程实践迫切需要我们继续深入研究。

肖焕雄教授 1957 年留学苏联，在施工水力学奠基人依兹巴斯（S.V.ISBASH）教授及施工权威伯乐金（P.B.PoRokun）教授指导下，主攻施工水力学与施工导流工程，获原苏联技术科学副博士（Ph.D.）学位。回国后仍继续主攻施工导流工程，1961 年招收了我国第一个专攻施工水力学的研究生，接着又持续、广泛收集国内外水利水电工程的实际资料，到过国内外几十个大型水电工程工地调研咨询，并在担任博士生导师的同时继续进行艰苦的、连续的研究工作，几十年如一日辛勤的劳动，终于取得了一系列新成果，获省部级以上科技奖 10 多次（含国家科技进步特等奖一次）。本书就是他系统论述施工导流工程基本理论、计算方法、模型试验、工程实践等的论文专辑。

施工导流方面，本书紧紧抓住导流标准的合理确定及度汛风险两个难题，以风险决策为核心，创新提出施工导流系统超标及超载洪水风险率模型。超标洪水风险率模型中，研究了超标洪水间隔的概率分布及单位年超标洪水风险率等模型。在超载洪水风险率的模型中，又研究了来流量与重现期的关系及导流系统实际泄流能力的概率分布等问题。在施工导流标准风险决策中，首次提出了导流标准选择的最大单位风险度效益决策法及导流标准选择的最小期望损失决策法，以及导流标准的双目标（造价、进度）风险决策法等新内容，现已为一些大型水电工程施工导流设计所采纳。

施工截流方面，本书首次提出了抛投混合粒径块石截流的稳定计算，大块石串及混凝土四面体串截流的稳定计算，戽堤截流宽度效应，双戽堤截流的控制水力条件，截流时的分流建筑物泄水规律，深水截流规律等一系列新问题的研究成果，经国内外多次联网检索及部级鉴定，认为这些成果总体上已达国际领先水平，并已多次应用于各大型截流工程之中。

施工围堰方面，本书对不过水围堰及过水围堰重大问题都进行了全面论述，特别针对围堰度汛以及土石过水围堰的过水保护难题作了较详细的分析，并给出了具体计算方法。值得提出的是，国内外现有一些研究土石围堰过水保护的文章，重点都局限于保护措施方面的研讨，而忽略了各类保护措施下的垫层研究。本书提出了考虑垫层设计及其减压效果

后的各类保护措施的稳定计算内容，具有明显的理论和实际价值，经济效益也十分显著，对垫层设计有重要参考意义。

施工水力学模型试验方面，国内外至今尚未见到专门研讨施工水力学模型试验论文发表。模型与原型的相似性问题以及试验成果的应用，一直是设计和施工方面关注的问题。例如，截流戗堤的试验边坡是 1:1.2，是否河道现场截流戗堤边坡也是 1:1.2 呢？如果不是，又该怎样换算呢？其他如戗堤边坡的水下休止角、截流流失量，抛投强度，戗堤的渗漏……等等，都应该怎样将试验值换算成原型呢？应该说这些基本问题并没有解决，模型试验成果的引用，有时多少令人担忧。本书从施工水力学模型试验的特点及施工水流特性出发，系统论述了施工水力学模型的试验与原型的基本相似规律，并具体研讨了导流、截流、围堰等模型试验的关键问题及它们的难点与解决对策，特别宝贵的是，书中论述的模型试验的一些经验、教训很值得有关试验研究人员借鉴。

纵观全书，理论与实际结合，创新性与实用性结合，理论分析与计算方法结合，数学模型与模型试验结合，对水利水电施工导截流与围堰工程的设计、施工、试验等研究工作均具有一定指导意义和应用价值，是为序。

郑守仁

2002.2.6

目 录

肖焕雄教授简介

序

第一部分

施工导流

一、施工导流标准研究成果短评	3
二、ON STANDARD OF RIVER DIVERSION DURING CONSTRUCTION	7
三、施工导流系统超标洪水风险率模型研究	14
四、施工导流系统超载洪水风险率模型研究	34
五、施工导流标准风险决策研究	47
六、明渠、隧洞及底孔导流有关问题研究	64
七、国外施工导流评述及几个有关问题的探讨	73

第二部分

施工截流

八、对于三峡工程三期截流的一些意见	83
九、截流时分流建筑物的泄水规律研究	87
十、平堵截流水力学问题研究	93
十一、立堵截流水力学问题研究	101
十二、立堵截流抛石粒径计算研究	114
十三、江河截流中混合粒径石料群体 抛投稳定性研究	122
十四、RESEARCH ON STABILITY OF Mixing GROUP RIPRAP FOR RIVER CLOSURE	132

十五、立堵截流混凝土四面体的绕流系数研究.....	138
十六、立堵进占截流中抛投混凝土四面体串及大块石串的稳定性的研究.....	147
十七、双戗堤立堵截流的水力控制条件研究.....	157
十八、宽戗堤立堵截流的水力特性研究.....	164
十九、三峡工程深水截流探讨.....	168

第三部分

施工围堰

二十、不过水围堰超标准洪水风险率计算.....	179
二十一、过水围堰初期导流费用风险计算模型研究.....	186
二十二、Calculation of Water Depth on the Top of Overflow Cofferdam and The Lifting Pressure Underneath The Concrete Slabs on Downstream slop.....	193
二十三、STABILITY OF PROTECTION GABIONS ON THE DOWNSTREAM SLOPE OF OVERFLOW ROCKFILL COFFERDAMS.....	204
二十四、STUDY ON THE STABILITY OF PROTECTION CONCRETE WEDGE-SHAPED BLOCKS ON THE SLOPE OF OVERFLOW ROCKFILL COFFERDAMS.....	218
二十五、过水堆石围堰下游边坡护坡块石的稳定性研究.....	226
二十六、过水围堰下游边坡混凝土护坡板的稳定性分析.....	236
二十七、考虑垫层减压效果后过水土石坝（围堰） 下游坡混凝土护板的稳定分析.....	249

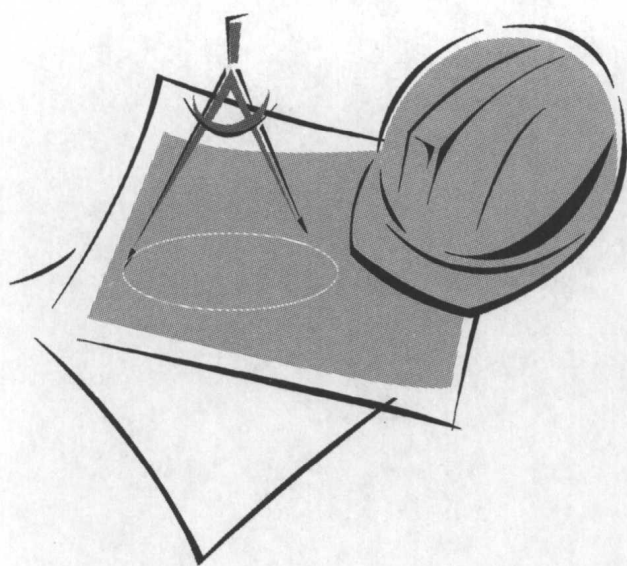
第四部分

导流工程模型试验

二十八、施工水力学模型试验研究.....	263
后 记.....	280

第一部分

施 工 导 流



一、施工导流标准研究成果短评

国内外大多数国家以往主要是查规范或由经验来确定施工导流标准，直接能用于设计的科研成果很少。我国 1983 年元月开始筹备制订“水利水电工程施工组织设计规范”，对施工导流标准开展了系统的研究工作，其成果已纳入规范 SDH338-89^[1]。在理论上，武汉水利电力大学肖焕雄教授首先于 1987 年发表了系统论述施工导流标准的科研成果^[2]，主张在施工导流标准中应用“风险率”指标并对导流建筑物泄水能力风险率的估计提供了计算方法。接着有不少研究导流标准的文章发表^[3, 4]，这些对推动施工导流工程的实际工作及理论研究，均起了较大的推动作用。

1 风险率

风险设计的概念早在 1936 年，美国制定的 Flood Control Act 中就提出过设计过程中要考虑失事后果。但直到 60 年代，经济风险的概念才被直接考虑。系统的风险是指系统在规定的时间内与规定的条件下不能完成规定功能的概率。对于与洪水有关的大坝、围堰、堤防、桥涵等来说，影响其安全的不确定因素很多，但对施工导流系统进行设计洪水选择而言，最主要的影响因素是水文不确定性、水力不确定性、系统的使用年限长短和施工条件而带来的不确定性等等。现有风险率的研究也大多针对这些因素的不确定性而建立了各类风险模型。

1964 年，Harold D.Pritchetts 把风险水力设计概念引入公路桥涵设计中。随后的研究成果把风险设计引入到各个方面。在导流工程中，1967 年，D.C.Midgley 将风险分析引入围堰高程的确定。1970 年，Ben-Chie Yen 基于古典概率方法导出 L 年内遭遇超标洪水的风险率模型为：

$$R = 1 - (1 - P)^L \quad (1-1)$$

式中 L ——系统使用年限；

P ——设计洪水频率（%）；

R ——风险率（%）。

美国《确定洪水频率指南》中提出采用二项式表达风险率：

$$S(I) = (L/I) \cdot P^I (1 - P)^{L-I} \quad (1-2)$$

式中 I ——出现超标洪水的年数；

$S(I)$ —— L 年内遭遇 I 次洪水的概率（%）。

式（1-1）和式（1-2）是目前广泛被采用的风险率模型。1973 年，L.Rundgren 提出了设计洪水中的可接受风险的概念。1977 年，E.F.Wood 分析了堤防防洪可靠性问题等等。

以上这些研究者并未提出较完整的、有实用价值的模型来。直到 1983 年, Hanlin Lee 和 L.Mays 利用条件概率开发了一种改进型的、反映水文与水力不确定性和系统使用年限的较全面的风险率模型。1984 年, P. Boccotti, R.Rosso 直接讨论洪水间隔时间的概率分布; 又提出了一种泄水风险模型。我国青年学者徐宗学以随机点过程理论为依据, 于 1988 年也提出了洪水风险率 CSPPC 模型等等^[5]。

纵观已有的风险率计算模型, 可大致分为以下三类进行讨论。

(1) 只考虑水文不确定性及系统的使用寿命, 而把系统的泄洪能力看作和设计泄洪能力一致确定值的风险率模型。此类模型目前应用最广泛的是式 (1-1) 和式 (1-2) 所示的模型。

(2) 考虑水文和水力不确定因素, 但没有考虑系统的使用年限长短。这种计算风险率的方法是把实际洪峰流量 Q_L 当作荷载, 泄洪能力 Q_r 当作抗力。把 Q_L 、 Q_r 均作为随机变量, 概率密度函数分别为 $f_l(Q_L)$, $f_r(Q_r)$, 风险率模型采用结构可靠度工程中常用的失效概率公式:

$$R = P(Q_L > Q_r) = \int_0^{\infty} \int_{Q_L}^{\infty} f_r(Q_r) f_l(Q_L) dQ_L dQ_r \quad (1-3)$$

式 (1-3) 计算的风险实际上是单位时间内的系统风险。

(3) 综合考虑水文、水力不确定性及系统使用年限的风险率模型, 这类模型能较全面地反映系统的风险, 但目前这方面的研究成果不多, Lee 和 Mays 利用条件概率提出的模型为:

$$R = \frac{\int_{L_T}^{\infty} f_r(r') \{1 - \exp[-L(1 - F_l(r'))]\} dr'}{1 - F_r(L_T)} \quad (1-4)$$

式中 L ——系统的使用年限;

$f_r(\cdot)$ ——系统泄洪能力的概率密度函数;

$F_l(\cdot)$ ——年最大洪水的概率分布函数;

$F_r(\cdot)$ ——系统泄洪能力概率分布函数;

r' ——系统泄洪能力;

L_T ——设计洪水。

式 (1-4) 的推导是在条件 $L' > L_T$, $r' > L_T$ 且安全系数 $S_F = \frac{r}{L_T}$ 的情况下推出的。 L' 为

实际来流量, F 为平均泄洪能力。在推导过程中, 认为只有大于设计洪水的洪水才属于荷载, 并且抗力大于设计洪水。

现有的风险率计算模型, 第一类模型计算简单方便, 虽没有考虑实际泄洪能力与设计泄水能力的偏差, 但仍不失为工程设计所采用的模型。这类模型的推导过程中都把洪水频率作为常值, 把每年发生洪水的概率都认为是相同的。其实很显然, 距已发生的最近一次超标洪水时间越长, 在今后几年内发生下次超标洪水的可能性将会越大。考虑到这一点, 这类模型值得进一步研究。

第二类模型没有反映系统使用寿命对风险率的影响, 这是很大的不足。

第三类模型考虑因素较全面,但其前提条件存在不合理现象。系统的风险大小是由系统实际具有的泄洪能力与实际来的洪水大小对比所决定。而系统的实际泄洪能力,由于诸水力因素与设计不可能完全一致,甚至相差很大,设计采用的计算或试验模型也不一定能完全反映实际泄流情况,因此系统的实际泄洪能力与设计泄洪能力有时会相差较大,这是可以理解的。当实际泄洪能力小于设计泄洪能力时,实际洪水即使小于设计洪水,同样也存在发生漫顶及系统失效的可能。因此式(1-4)的前提条件只在大于设计洪水作为荷载的范围内讨论风险,并不能完全反映系统的真实风险。

2 设计流量选择的决策评价指标

随机性决策问题的基本特点是后果的不确定性和后果的效用^[3]。

对于每个随机性决策问题都包含有两个方面,即选择的方案或采取的行动(简称决策)和决策的环境状态(简称状态)。在导流设计流量的选择问题上,决策就是选择多大的导流设计流量,状态是实际将发生多大的洪水及实际导流能力的大小。状态不能由决策者控制,而且事先决策者也无法对其进行准确预测,因此状态是不确定的。由于状态的不确定性,故不论决策者采取什么行动,都可能产生各种不同的后果。后果的这种不确定性是随机性决策问题的主要特征之一。

随机性决策问题的另一特点是需要确定各种后果的效用。效用是后果价值的量化。由于在不确定情况下,无论决策者采取什么决策,都会遇到事先不能完全预料的后果,因此要承担一定的风险。在进行定量决策分析之前,必须根据决策的条件状况,确定所有后果的效用,然后利用某种决策准则选择最佳决策。

决策评价指标或者说目标属性的确定是决策的基础。评价指标的选择直接关系到决策成果的优劣。因此,在进行施工导流流量选择决策时,如何确定决策的目标属性和采用什么样的决策准则,将是导流设计流量选择是否合理的重要前提条件。

水力结构的风险分析方法一直沿用的决策目标为使确定型投资费用和期望损失费用之和最小,或年投资成本和年期望损失费用之和最小。二者本质上是一样的。用式子表示成总费用为:

$$\min \quad TEC = CS(P) + E(D) \quad (1-5)$$

式中 TEC ——总费用;

$CS(P)$ ——设计流量频率为 P 时的投资费用;

$E(D)$ ——期望损失费用。

表示成年费用为:

$$\min \quad TAEC = CS(P) \cdot CRT + E(AD) \quad (1-6)$$

式中 $TAEC$ ——年总费用;

CRT ——投资回收系数;

$E(AD)$ ——年期望损失费用。

但是,式(1-6)中,把确定型投资费用和期望损失费用之和最小作为决策评价指标是值得商讨的。因为风险期望损失费用,只反映了超标洪水的发生对造价的威胁强度,并不一定是真实的损失。把这样一种只反映威胁强度的期望值和确定的投资费用简单相加,以其最小作为决策目标,实质上是认为决策者的风险态度是中立的,这样所作决策的后果是:当超标洪水不发生时,总费用只是确定型费用;当超标洪水发生时,则总费用是确定型投资费用和真实损失费用之和。因此不考虑具体决策条件,而简单地采用对风险态度中立进行决策值得讨论。把上述的总费用最小作为决策目标有可能弱化确定型费用的优化,有必要探讨更为合理的决策指标。

3 过水围堰设计流量选择

过水围堰的特点是挡水又泄水,过水时最危险的流量不一定发生在最大洪水期,因此,其标准应按挡水和过水两种情况分别拟定。

挡水流量标准,主要根据施工进度安排,满足基坑工期要求为准。过水流量选择,一般根据实测资料分析法或频率法确定。

对过水围堰设计流量的选择,国内外发表的成果均很少。我国以往习惯采用的过水围堰挡水标准变化范围一般是挡水时段的3~20年一遇的洪水。原苏联一般采用10~20年重现期洪水,而有些西方国家采用4年以下重现期洪水,主要视河流水文特性及基坑的工期要求而定。

由于施工期间的洪水情况是不确定的,因此产生的后果也将是不确定的,故过水围堰挡水流量的选择问题仍是风险决策问题,决策的关键仍是目标评价指标的确定。频率法过于灵活,受主观因素影响很大。实测资料分析法仅以年平均过水次数为依据,不能全面地反映风险与经济、安全的关系。传统的风险分析方法的评价指标是以投资费用和期望损失费用之和最小,这也不完全合理。因此,对过水围堰挡水流量选择方法的研究,具有理论和应用意义。



1. 施工组织设计规范 SDJ-338-89. 水利电力出版社, 1990.
2. 肖焕雄. 论施工导游标准. 水力发电学报. 1987 年第 3 期.
3. 肖焕雄. 施工导流标准的多目标风险决策. 水利学报, 1990 年第 11 期.
4. 肖焕雄, 韩采燕. 江河防洪系统年超标洪水风险率模型研究. 自然灾害学报, 1993 年第 1 期.
5. 徐宗学. 洪水风险率模型研究. 水利学报, 1988 年第 9 期.

(施工导流标准与方案优选, 1998 年, 湖北科学技术出版社)

二、ON STANDARD OF RIVER DIVERSION DURING CONSTRUCTION

1 INTRODUCTION

1.1 Method of Analysis of Observed Data

This is a simple way to determine design discharge with certain reliability while the surveyed data are enough. There are two problems which should be taken into consideration: How many years of hydrologic observation data are enough, and whether we must adopt the maximum value in n years of data. For the first problem, generally in China, 50-year records may be satisfactory. In 1971, Mr. Victorov P. pointed out that no less than a 40-year data can be used to determine the design discharge of diversion works. At the same year, Mr. R. F. Ott presented that less than a 20-year cannot be used in hydrologic frequency analysis. Accurate hydrologic frequency analysis depends on characteristics of the river, the value of coefficient of variation C_v and the accuracy for engineering task, etc.

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + \Lambda + Q_N}{N}, \quad N=n\text{-year record, theory value } N \rightarrow \infty$$

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad n=n\text{-year record, practical value } n \rightarrow \infty$$

$$Q = Q_0 \pm \sigma_N, \quad \sigma_N = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma_a = \pm \frac{C_v}{\sqrt{n}} \times 100\%, \quad n = \frac{10^4 \cdot C_v^2}{(\sigma_a\%)^2}$$

$$\sigma = \text{variance}; \quad C_v = \sigma / Q_0, \quad \text{coef. of variance}$$

If $C_v = 0.5 \sim 0.6$, $\sigma_a = \pm 5\%$, therefore $n = 100 \sim 144$ years. If $C_v = 0.35$, $\sigma_a = \pm 5\%$, then $n = 49$ years.

As for whether we need take the maximum value in n -year record, this depends. It is not as if the maximum discharge makes the highest level of water head. Accordingly, it is necessary to know the peak of the design flood and the total volume of water incurred in the peak of the time-flow curve. Sometimes one should still estimate the effect of the order in the arrangement of the maximum discharge.

1.2 Method of Hydrologic Frequency

Construction design floods for cofferdams calculated from any equation usually approximate flows with return periods in the range of (10~100) years. In the U. S. S. R., general conditions (20~100) years; in the U. S. A., Bureau of Reclamation (10~50) years. Army Engineer Corps (10~20) years; in Japan, the return period for earth / rockfill cofferdams in the range of (25~50) years and (3~5) years for concrete buildings; in China the return period for earth / rockfill cofferdams in the range (10~20) years and (5~10) years for concrete buildings.

The method of hydrologic frequency seems not to show how to choose the standard from the different service life of diversion cofferdams, and the safety together with economics of the cofferdam is not suggested.

1.3 Analysis Method of Economical Discharges

Based on different design discharges to calculate the different fixed and damaged construction cost and duration in each year, and from a lot of practical projects, we have found the frequencies of the economical discharges generally around 4~5%, or the return periods in the range of 20~25 years.

There are still some difficulties in calculating risk failure construction cost. At the present time no satisfactory method seems to have been given.

2 RISK STANDARD OF RIVER DIVERSION

2.1 Construction Flood Risk Analysis

For a time invariant hydrologic system, the probability of occurrence of an event, X , greater than the design flood Q , during the entire period of n years under consideration is $P(X > Q)$. If the return period is T , then the probability of variable X equal to or greater than the variant Q in each year is

$$P(X \geq 0) = 1/T, \quad P(X \leq Q) = 1 - 1/T$$

If there are i years (totally Z times) within n years in which the real flood is greater than the design flood, the probable safety can be gotten from the following:

$$S = C_n^i P^i (1 - P)^{n-i} = 1 - R \quad R = \text{probable risk}$$

When $n > 10$, $T < 15$, then

$$S = \sum_{i=0}^{\infty} e^{-\lambda} \cdot \frac{\lambda^i}{i!} = 1 - R, \quad \lambda = \frac{n}{T}$$