

合同编号：ZDCG2025-155HT

志丹县政府采购项目

竞争性磋商

志丹县气象局暴雨强度公式制订服务采购项目合同

项目编号：ZDCG2025-069CS

甲 方：志丹县气象局

乙 方：陕西省气候中心

见 证 方：志丹县政府采购中心



合同编号：ZDCG2025-155HT

志丹县政府采购项目

竞争性磋商

志丹县气象局暴雨强度公式制订服务采购项目合同

项目编号：ZDCG2025-069CS

甲 方：志丹县气象局

乙 方：陕西省气候中心

见 证 方：志丹县政府采购中心



服务合同

甲方：志丹县气象局

乙方：陕西省气候中心

见证方：志丹县政府采购中心

见证方就甲方所需的服务，在志丹县财政局的监督下，按照政府采购程序组织竞争性磋商，确定乙方为志丹县气象局暴雨强度公式制订服务采购项目的成交服务商。依据《中华人民共和国政府采购法》、《中华人民共和国民法典》以及志丹县政府采购中心的竞争性磋商文件、成交通知书，经甲、乙双方协商，见证方确认，达成如下条款。

一、合同服务详细内容及要求（见附件）

二、合同价款

1、合同总价款为：肆拾万零玖仟元整（¥：409000.00元）。

2、合同总价包括：志丹县气象局暴雨强度公式制订服务采购项目相关费用。

3、合同总价一次性包死，不受其他变化因素的影响。

三、项目概况及要求：

1、项目名称：志丹县气象局暴雨强度公式制订服务采购项目

2、项目地点：志丹县

3、项目概况：为支撑区域暴雨灾害防御及城市排水防涝规划，志丹县启动县城暴雨强度公式制订工作。项目主要完成降水数据整编质控（含国家气象站、区域站长年代数据处理及灾情数据搜集）、暴雨强



度公式推算、雨型设计及报告编制，配套列支评审咨询及相关费用，将为气象防灾减灾和基础设施建设提供技术支撑。

4、服务要求

按照《室外排水设计标准》(GB50014- 2021)等有关标准，选择具有代表性的气象观测站，对资料质量控制，编制本地长、短历时暴雨强度公式，对公式进行精度检验和适用性分析，设计长、短历时暴雨雨型，最终形成技术报告。

四、编制时间：签定合同之日起 90 日内完成本项目的报告编制工作。

五、款项结算

依据延安市财政局关于《进一步落实政府采购支持中小企业相关政策的通知》(延财办采[2023]11 号)文件；延安市财政局关于《延安市优化政府采购营商环境具体措施》(延财办采[2023]15 号)文件执行：

1、资金来源：财政资金。

2、合同签订后，5 个工作日内支付合同总价的 40%，

2.1、乙方交付完整报告文本、相关图纸资料等，经评审并修改完成后支付合同总价的 60%。

3、支付方式：国库集中支付。

4、结算方式：乙方开具发票（按合同总价直开甲方），由甲方自行结算办理。

六、甲方责任

1、甲方应及时向乙方提供下列文件资料，并对其完整性、正确性、及时性负责。



1.1、提供本项目相关的基础资料。

1.2、提供项目工作范围的地形图。

1.3、提供规划工作范围已有的技术资料。

2、甲方变更委托编制项目、规模、条件或因提交的资料错误、或所需资料作较大修改，以致造成乙方工作需要较大返工时，双方需另行协商签订补充合同（或另订合同）、重新明确有关条款。

3、甲方违反合同第五条第二款，不能按时足额支付首笔合同款时，以实际到账日起计编制时间。

4、甲方在合同签订之日起2个工作日内，必须自行在陕西省政府采购网完成合同公示。

5、甲方在项目验收合格后，必须自行在陕西省政府采购网完成履约验收公示。

七、乙方责任

1、乙方应按国家技术规范、标准、规程和甲方的报告编制任务及技术要求进行项目规划，按本合同规定的时间提交质量合格的报告成果资料，并配合甲方完成报告的审查、批复工作。

2、乙方提交的编制成果需通过有关部门的审查，并无偿负责规划文本的修改和完善，直至规划文本的审查、批复。

3、报告编制过程中，根据项目的工作条件（或工作现场地形地貌、地质和水文地质条件）及技术规范要求，向甲方提出增减工作量或修改预案工作的意见，并办理正式变更手续。

4、乙方对编制文件出现的遗漏或错误负责修改或补充。乙方根据规划行政主管部门的审批意见对报告文件进行调整补充。因报告文件



不符合合同要求（而又非甲方提供的图纸资料原因所致）造成后果时，乙方应对因此造成的直接损失承担赔偿责任，并承担相应的法律责任（由于甲方提供的图纸资料原因产生的责任由甲方自己负责）。返工周期为10天，并向甲方提供成果。

5、在现场工作的乙方人员，应遵守甲方的有关资料保密义务。

八、规划成果

（1）成果文件的组成：《志丹县中心城区暴雨强度公式编制和雨型设计技术报告》纸质版和电子版。

（2）成果文件的深度：达到国家和地方现行有关技术标准与规范的要求。

（3）成果文件的份数要求：纸质版6份，电子版1份，若有需求可另行协商。

九、违约处理

1、甲方未按照合同约定提供必要的资料，影响工作进度或质量的，乙方不承担进度延后责任。

2、在合同签订后，甲方擅自解除合同的，甲方根据乙方已进行的实际工作量，支付费用。

3、乙方不能按照合同约定的要求（标准、时间）提交规划文件（因甲方原因或本合同另有约定除外）或规划人员不能胜任本预案编制任务时导致本合同无法继续履行时，甲方有权单方解除合同。

4、由于乙方原因，延误了本合同要求的提交时间，每延误一天，乙方应向甲方支付本合同项目总费用的1%的违约金，甲方有权从应付未付的费用中扣除。甲方未按本合同约定支付费用的，每延误一天，



乙方有权要求甲方支付应付未付费用 1%的违约金。

十、验收

1、乙方提交的编制成果需符合国家规范要求，经甲方审核同意作为对服务的最终认可。

2、乙方在验收时需提供所有相关文本、图纸资料文件。

十一、其他事项

1、竞争性磋商文件、竞争性磋商响应文件、澄清表、成交通知书、合同附件均为合同不可分割的部分。

2、合同未尽事宜，由甲、乙双方协商，经见证方确认后，作为合同补充，与原合同具有同等法律效力。

3、对于因本合同履行而发生的争议，双方可协商解决，协商意见不一致的，甲乙双方均可向项目所在地人民法院提起诉讼。

4、本合同一式 6 份，甲方、乙方各执 2 份，见证方 1 份，财政局 1 份。本合同甲、乙、见证各方签字盖章后生效，合同执行完毕后，自动失效。

（以下空白）



甲方	乙方	见证方
<p>采购人名称 志丹县气象局 (盖章)</p> 	<p>成交服务商全称 陕西省气候中心 (盖章)</p> 	<p>志丹县政府采购中心 (盖章)</p> 
地址: 志丹县双拥街81号	地址: 西安市北关正街36号	地址: 志丹县城北街
邮编: 710015	邮编: 710015	邮编: 717500
<p>法定代表人: (签字并盖章)</p> <p>王景彩 6106020172579</p> 	<p>法定代表人: (签字并盖章)</p> <p>王景彩 王景彩</p> 	<p>法定代表人:</p> <p>王景彩</p>
被授权代表:	被授权代表: 王景彩	承办人: 王景彩
电话:	电话: 029-81619206	电话: 0911-6634021
传真:	传真:	传真:
	<p>开户银行: 交通银行股份有限公司 西安北城支行:</p>	
	帐号: 611301091018150025488	
签订日期: 2016年1月7日		



合同附件：



竞争性磋商澄清报价表

项目名称	志丹县气象局暴雨强度公式制订服务采购项目	项目编号	ZDCG2025-066CS
竞标单位	陕西省气候中心		
竞标单位 二次报价	大写：肆拾玖仟玖佰圆整。	小写：409000.00元	

竞标单位澄清内容：

法定代表人或授权代表（签字）：王娟

2025年12月16日

监标人：郝白



第一部分 磋商响应函

志丹县政府采购中心：

我单位收到贵中心 ZDCG2025-069CS 号磋商文件，经详细研究，我们决定参加该项目磋商活动。为此，我方郑重声明以下诸点，并负法律责任。

一、我们已详细阅读了磋商文件，完全理解并同意放弃提出含糊不清和误解问题的权力。

二、同意向贵方提供贵方可能要求的与本次磋商活动有关的任何证据资料。我们理解最低价不是成交的唯一条件，并尊重磋商小组的评审结果。

三、愿意按照磋商文件中的一切要求，暴雨强度公式制订服务，完成合同的责任和义务。

四、按磋商文件的规定，暴雨强度公式制订服务验收合格的磋商报价为：

人民币（大写）：肆拾叁万捌仟元整；¥438000.00 元。

五、我方提交的磋商文件正本一套、副本二套。

六、我方的磋商文件在开标后 90 天内有效，如成交，延至合同执行完毕时止。

七、所有关于此次磋商活动的函电，请按下列地址联系：

供应商：陕西省气候中心（公章）

地址：陕西省西安市北关正街 36 号

开户银行：交通银行西安城北支行

账号：611301091018150025488

电话：029-86236433 传真：029-81619209 邮编：710015

法定代表人或被授权人：（签字并盖章）




2025 年 12 月 16 日



第二部分 磋商报价表

单位：元（精确到小数点后两位）

项目名称	报价内容	暴雨强度公式制订服务费 A	优惠率 B	合计 C	交付期 D
志丹县气象局暴雨强度公式制订服务采购项目		438000.00	0.00	438000.00	合同签订后 90 日历日
合计（人民币）		大写：肆拾叁万捌仟元整		小写：438000.00 元	

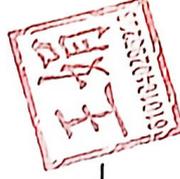
注：以下情况按废标处理。

- (1) A、B、C、D 栏未填写阿拉伯数字
- (2) “合计（人民币）大写”栏未填写报价金额。



供应商：陕西省气候中心（公章）

法定代表人或被授权人：（签字并盖章）



王娟



第五部分 磋商方案

5.1 项目背景

近年来，全球与我国气候均经历显著变化，增温趋势明显，对生态环境和社会经济发展带来了深远影响。我国极端天气气候事件频次增加、强度增强，特别是高温、强降雨等现象多发，导致气候风险水平持续升高。气象灾害日趋频繁且破坏性加大，造成的经济损失日益严重。在此背景下，城市特大暴雨事件危害尤为突出，对城市交通、防洪排涝等系统构成严峻考验，严重危及城市基础设施安全与居民日常生活，因此提升城市应对极端天气的防灾减灾能力已成为一项紧迫任务。

为加强城市内涝防治，国家相关部门陆续出台多项重要文件。2013年，国务院发布《关于加强城市基础设施建设的意见》（国发〔2013〕36号），明确提出要全面提升城市排水防涝与防洪减灾能力，计划用十年左右时间构建较为完善的城市排水防涝工程体系。随后，住建部会同中国气象局联合推动城市内涝预报预警与防治工作，要求各城市开展气候可行性论证，并对暴雨强度公式进行修订。2014年，两部门进一步发布《关于做好暴雨强度公式修订有关工作的通知》，强调加快构建跨部门协作机制，推进相关修订工作。2021年，国务院办公厅印发《关于加强城市内涝治理的实施意见》（国办发〔2021〕11号），设定了到2035年全面完善排水防涝工程体系、基本消除防治标准内城市内涝现象的目标。2022年，住建部、国家发展改革委及中国气象局办公室联合印发《关于进一步规范城市内涝防治信息发布等有关工作的通知》（建办城〔2022〕30号），再次强调应及时修（制）订暴雨强度公式，规范相关标准与信息发布。



暴雨强度公式是揭示降雨规律、支撑城市排水防涝工程设计的关键科学依据。本次开展志丹县暴雨强度公式编制工作，旨在贯彻落实国家关于防灾减灾救灾的系列部署，切实提升志丹县城区排水防涝能力，有效减轻城市洪涝灾害风险，保障城市安全与居民正常生活。

5.1.1 特大洪灾引发城市防灾减灾思考

(1) “8·9” 志丹暴雨

2024年8月8日20时至9日凌晨5时志丹县遭遇了区域性大暴雨和局地特大暴雨，全县平均降雨量达到124.8毫米，最大降雨量突破历史极值，达到179.1毫米。本次强降雨引发县城部分地段严重内涝，持续强降雨导致县城很多车辆被山洪冲到街道，5000余名群众被困。当地交通、通信、电力等设施受损。

(2) 郑州“7·20”特大暴雨灾害

河南郑州“7·20”特大暴雨灾害是气候变化向全社会再次提出警告。国务院河南郑州“7·20”特大暴雨灾害调查报告指出，~~主城区降雨远超排涝能力~~，居民小区公共设施受淹严重。《郑州都市区排水(雨水)防涝综合规划》提出，2030年达到50年一遇的国家排涝标准(24小时降量199毫米)，~~此次极端暴雨远超郑州市现有排涝能力和规划排涝标准~~，郑州市主城区目前有38个排涝分区，只有1个达到了规划排涝标准，部分分区实际应对降雨能力不足5年一遇(24小时降水量127毫米)，即使达到规划排涝标准也不能满足当天降雨排涝需要，20日郑州城区24小时面平均雨量是排涝分区规划设防标准的16倍至25倍。16时至18时京广快速路隧道附近小时降雨量127毫米，为隧道排水泵站设计标准的3倍。10条内河多处出现漫溢，下游与贾鲁河衔接段存在卡口，壅水顶托影响城区排涝；主城区20日午后普遍严重积水，路面最大水深近2.6米，导致全市超过一半(2067



个)的小区地下空间和重要公共设施受淹,多个区域断电断水断网,道路交通断行。主城区因灾死亡失踪129人(占郑州市33.9%),水淹溺亡为主因,分散在居民小区、地下室、街道、地铁、桥涵、隧道等多处,时间基本集中在20时左右。

调查报告还查明:停车场挡水围墙质量不合格。停车场围墙按当时地面地形“百年一遇内涝水深0.24米”设计,经调查组专家验算“百年一遇”应为0.5米。建设单位未经充分论证,用施工临时围挡替代停车场西段新建围墙,长度占四成多,几乎没有挡水功能;施工期间,又违反工程基本建设程序,对工程建设质量把关不严,围墙未按图做基础。

大量研究表明,在不同经济社会情景下,到2100年,全球城市面积约为2000年(约60万 km^2)的1.8~5.9倍。2030年,亚洲人口规模千万以上的超大型城市预计将由1990年的5座增加到27座。超大型城市极端暴雨事件一般具有明显的局地性、突发性,造成的洪涝灾害损失通常更为严重,是防灾减灾工作的重点。

随着海绵城市、智慧城市、韧性城市等理念的提出,国内外学者也展开相关研究。德国科隆地区建设了可拆卸防洪墙,发布了可供市民在线实时查看洪水风险的暴雨灾害地图;日本东京修建了由地下管道、竖井及调压水槽组成的东京首都圈外围排水系统,建立了综合政府公助、社会共助和家庭自助的防灾减灾体系;北京市作为超大型城市,自2012年“7·21”特大暴雨后,加快了城市防洪排涝建设,持续推进内涝风险评估、排水设施改造、防汛指挥调度等方面工作。

5.1.2 志丹县气候现状

志丹县隶属于陕西省延安市,位于陕西北部黄土高原丘陵沟壑区,东部和安塞区相接,西北部与吴起县、靖边县相连,东南部和甘泉县、富县毗邻,西南部与甘肃省合水县、华池县交界。介于东经 $108^{\circ}11'56''$ — $109^{\circ}3'48''$,北纬



36° 21' 23" —37° 11' 47" 之间，总面积 3781 平方千米。截至 2025 年 5 月，志丹县辖 1 个街道、7 个镇。志丹县地处陕北黄土高原丘陵沟壑区。洛、周、杏三条河流由西北向东南纵贯全县。地势依河川流向由西北向东南倾斜。海拔 1093—1741 米。西部顺宁镇的郭大梁海拔 1741 米，是全县最高点；西南部永宁镇的马老庄洛河出境处河床海拔 1093 米，是全县最低处，相对高差 648 米。

志丹县属温带大陆性季风气候区，四季变化明显，但分配不均，冬季长达 189 天，夏季只有 9 天。年平均日照时间为 2332 小时，年平均气温 8.1℃，年均降水量 474.2 毫米，年均无霜期 142 天。

志丹县尚没有本地的暴雨强度公式。近十多年来，在全球和区域气候变化以及城市快速发展的共同作用下，志丹县高强度降水特征发生了变化。另一方面，志丹县城建设对城市的综合承灾能力提出了更高的要求，为科学、合理地制定志丹县总体规划、排水专业规划和排水工程设计，有必要利用最新的降水资料编制志丹县暴雨强度公式。



5.2 实施计划及技术方案

本项目将系统收集并整理志丹县代表性气象站点的长期降水观测资料，对建站以来的逐分钟降水量记录进行数字化处理与全面整编，并实施严格的数据质量控制。在此基础上，提取 5 分钟至 1440 分钟共 16 个标准降雨历时的降水序列，用于暴雨强度公式的推算与相关图表的编制。

技术方案主要包括：计算志丹县在 2、3、5、10、20、50、100 年重现期下降雨强度与降雨历时的对应关系，建立重现期暴雨强度公式；绘制不同重现期、不同历时下降雨强度的关系图表；对推导的暴雨强度公式进行适用性分析与验证；确定并分析当地暴雨降雨雨型，评估其适用性。



项目最终将形成完整的技术报告,提交所有计算成果、分析图表及相关结论,为志丹县排水防涝工程规划与设计提供科学依据。

5.2.1 编制依据

本项目依据以下技术规范和规定进行编制。

- (1) 《中华人民共和国气象法》(2016年11月7日修正版)
- (2) 《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》(气象出版社,2014年4月)
- (3) 《长历时暴雨雨型及重现期雨量计算技术指南》(中国气象局预报与网络司,2024年10月)
- (4) 《室外排水设计标准》(GB50014-2021)
- (5) 《数值修约规则与极限数值的表示和判定》(GB/T 8170-2008)
- (6) 《地面气象观测规范 降水量》(GB/T 35228-2017)
- (7) 《气候可行性论证规范 气象观测资料加工处理》(QX/T 457-2018)
- (8) 《气象观测资料质量控制 地面》(QX/T 118-2020)
- (9) 《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL44-2006)
- (10) 《城市排水工程规划规范》(GB 50318-2017)
- (11) 《城乡排水工程项目规范》(GB 55027-2022)

5.2.2 编制方法

暴雨强度公式的编制严格遵循国家相关规范与技术导则。具体依据包括《室外排水设计规范》(GB50014-2021)附录A中规定的年最大值法及《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》。



在编制过程中，我们将依据规范要求，采用皮尔逊-III型分布曲线、耿贝尔分布曲线及指数分布曲线进行拟合试验，并运用高斯牛顿法、最小二乘法等数学方法进行参数优化，从而选取拟合效果最佳的概率分布函数，确保暴雨强度公式的科学性与准确性。

对于暴雨雨型的确定，短历时暴雨雨型将采用《技术导则》推荐的芝加哥法进行分析；长历时暴雨雨型则采用同频率分析法进行确定，以全面反映不同历时暴雨的时空分布特征，为城市排水防涝工程设计提供可靠依据。

5.2.3 技术路线

本项目制定以下技术路线（图 5.1），以完成整体工作任务。





图 5.1 暴雨强度公式及暴雨雨型编制技术路线图

5.2.4 站点选择

根据本项目实际需求，综合考虑城市规模、降雨特征、地形地貌、河流水系等因素，进行志丹县降水特征研究，选择具有代表性的国家基准气象站的降雨资料作为暴雨强度公式编制的基础资料。

5.2.5 建立样本

原始降雨资料采用逐分钟自动记录的基础数据，主要包括以自记纸形式记录的逐分钟降雨资料 and 现代自动气象站自动记录的逐分钟降雨资料。按照气象数据



审核规范，对原始资料进行数据质量检查、审核。

对以自记纸形式保存的历史降雨自记记录资料，使用中国气象局组织编制的“降雨自记纸彩色扫描数字化处理系统”进行数字化处理。该系统通过计算机扫描、图像处理、数据处理，将气象站降雨自记纸图像进行数字化转换，成为逐分钟降雨量，并进行降水资料的质量控制、资料延长、资料融合、插补订正等。经过人工审核或修正后，最终形成可靠的降雨资料数据序列。

5.2.6 选取时段

按照《室外排水设计标准》（GB50014—2021，2021年版）的要求，暴雨公式编制采用 5min、10min、15min、20min、30min、45min、60min、90min、120min、150min、180min、240min、360min、540min、720min、1440min 共 16 个降雨历时。短历时暴雨雨型确定采用 30 min、60 min、90 min、120 min、150 min、180 min 共 6 个历时，长历时暴雨雨型确定采用 1440min 历时。

统计样本选取，采用逐分钟滑动统计法，选取各降雨历时雨量逐年最大值的降雨场次，记录选定降雨场次过程开始时间及逐分钟降雨量，作为各降雨历时的有效降雨资料样本。同一场次降雨过程中，同一种历时降雨不可以交叉，不受日、月界的限制（但不跨年）。

选取降雨资料样本中各降雨历时雨量的逐年最大值，作为暴雨强度公式编制的有效暴雨资料样本。选取降雨资料样本中各降雨历时雨量的逐年最大值的降雨场次，记录选定降雨场次过程开始时间及逐分钟降雨量，作为芝加哥法雨型统计的有效暴雨资料样本。

5.2.7 频率计算和分布曲线

(1) 频率和重现期计算



暴雨资料样本按照降序排列，样本经验频率按以下公式计算：

$$p=m/(n+1)$$

其中， p 为经验频率， m 为排序数， n 为样本容量，即样本总数。

重现期与经验频率按照以下公式换算：

$$P=1/p$$

其中， P 为重现期， p 为经验频率（%）。

年最大值法计算降雨重现期宜按 2 年、3 年、5 年、10 年、20 年、30 年、50 年、100 年等 8 个重现期计算。精度检验重点为重现期 2-20 年区间。

(2) 频率分布曲线拟合

根据选取的统计样本，采用理论频率曲线进行趋势性拟合调整。暴雨强度公式统计中，常用的理论频率曲线有皮尔逊-III型分布曲线、指数分布曲线、经验频率曲线等，选用何种分布曲线关键是看分布曲线对原始数据的拟合程度，误差越小、精度越高的分布越有代表性，拟合精度以绝对均方误差作为判断标准。经验频率曲线由于精度不高，实际工作中一般较少采用，当精度要求较高时，国家规范推荐采用皮尔逊-III型分布曲线和指数分布曲线。根据确定的频率曲线，得出重现期、降雨强度和降雨历时三者的关系，即 P 、 i 、 t 的关系值。

① 皮尔逊III型曲线是一条一端有限一端无限的不对称单峰、正偏曲线，数学上常称伽玛分布，其概率密度函数为：

$$f(x) = \frac{\beta^a}{\Gamma(a)} (x - a_0)^{a-1} e^{-\beta(x-a_0)} \quad (5.1)$$

式中： $\Gamma(a)$ 为 a 的伽玛函数； a 、 β 、 a_0 分别为皮尔逊III型分布的形状、尺度和位置未知参数， $a > 0$ ， $\beta > 0$ 。



显然，三个参数确定以后，该密度函数随之可以确定。可以推论，这三个参数与总体三个参数 \bar{x} 、 C_v 、 C_s 具有如下关系：

$$a = \frac{4}{C_s^2}$$

$$\beta = \frac{2}{\bar{x} C_v C_s}$$

$$a_0 = \bar{x} \left(1 - \frac{2C_v}{C_s} \right)$$

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}$$

$$C_s = \frac{1}{n \cdot \sigma^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 = \frac{1}{n \cdot C_v^3} \sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3$$

其中： C_v 为变差系数， C_s 为偏态系数

计算中，一般要求出指定概率 P 所相应的随机变量取值 x_p ，也就是通过对密度曲线进行积分，即

$$P = p(x \geq x_p) = \frac{\beta^a}{\Gamma(a)} \int_{x_p}^{\infty} (x - a_0)^{a-1} e^{-\beta(x-a_0)} dx$$

求出等于及大于 x_p 的累积概率 P 值。直接由上式计算 P 值非常麻烦，实际做法是通过变量转换，变换成下面的积分形式

$$P(\Phi \geq \Phi_p) = \int_{\Phi_p}^{\infty} f(\Phi \cdot C_s) d\Phi$$

式中被积函数只含有一个待定参数 C_s ，其它两个参数 \bar{x} 、 C_v 都包含在

$a = \frac{\sigma(y)}{\sigma(x)}$ 中。 $\Phi = \frac{x - \bar{x}}{x C_v}$ 是标准化变量，称为离均系数。 Φ 的均值为 0，标准



差为 1。因此，只需要假定一个 C_s 值，便可从上式通过积分求出 P 与 Φ 之间的关系。对于若干个给定的 C_s 值， Φ 和 P 的对应数值表，已先后由美国福斯特和苏联雷布京制作出来，皮尔逊 III 型概率曲线的离均系数 Φ 值表。由 Φ 就可以求出相应概率 P 的 x 值：

$$x = \bar{x}(1 + C_v \Phi)$$

② 指数分布曲线拟合公式：

$$X = a \times \lg Te + b \quad (5.2)$$

式中 X 表示一定历时的降雨强度； a 表示离散程度的参数， b 表示分布曲线的下线； Te 表示重现期。参数 a 、 b 用最小二乘法求得：

$$a = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \times \lg Te_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg Te_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\lg Te_i)^2 - \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg Te_i\right)^2}$$

$$b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - a \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg Te_i$$

参数 a 、 b 确定后，根据上述指数分布公式，可以计算出不同重现期的暴雨强度。

③ 耿贝尔（极值 I 型）分布函数：

$$F(x) = \exp(-\exp(-a(x-u))) \quad (a > 0, -\infty < u < \infty) \quad (5.3)$$

公式中 a 为分布的尺度参数， u 为分布的位置参数。重现期为 R （概率为 $1/R$ ）时：

$$X_R = u - \frac{1}{a} \left[\ln \left(\frac{R}{R-1} \right) \right]$$



耿贝尔法是一种直接与经验概率相结合的参数估计方法。假定数据有序序列：

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$$

则经验分布函数为：

$$F^*(x_i) = \frac{i}{n+1} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

取如下序列： $y_i = -\ln(-\ln(F^*(x_i))) \quad i = 1, 2, \dots, n$

可得：
$$a = \frac{\sigma(y)}{\sigma(x)}$$

$$u = E(x) - \frac{E(y)}{a}$$

5.2.8 公式拟合

暴雨强度公式的表达形式为：

$$q = \frac{167A_1(1+cLgP)}{(t+b)^n} \quad (5.4)$$

式中 A_1 、 b 、 n 为待求的参数， q 为暴雨强度， t 为降雨历时。

将其两边取对数得：

$$\ln q = \ln 167A_1 + \ln(1+cLgP) - n \ln(t+b)$$

令 $y = \ln q$, $b_0 = \ln 167A_1$, $x_1 = \ln(1+cLgP)$, $b_2 = \ln(t+b)$, 即得

$$y = b_0 + x_1 + b_2 x_2$$

已知 q 、 P 、 t 值，应用数值逼近法和最小二乘法解此二元线性回归方程，可求得 b_0 、 b_2 ，从而可求得 A_1 、 n 。

由于式 (5.4) 中的 b 也是未知数，在此推荐采用“数值逼近法”来处理：先给定一个 b 值，采用最小二乘法进行计算，得出相应的 A_1 、 n 以及 q' （拟合值），同时求出公式的平均绝对均方差：



$$\bar{\sigma} = \frac{1}{m_0} \sum_{i=1}^{m_0} \left(\sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (q_{ij} - q'_i)^2} \right)$$

式中 m 为 11 个历时，m₀ 为 8 个重现期。

不断调整 b 值，直至使其平均绝对均方差值达到最小，对应的一组参数 A1、b、n，即为最佳拟合参数。

为了简便、快速、准确地推算出暴雨公式中的参数值，本项目利用暴雨强度计算系统（图 5.2）进行，暴雨强度公式计算系统按功能分为暴雨数据采集、暴雨数据选样、理论频率曲线拟合及误差分析、暴雨公式参数估计及误差分析、结果输出等 5 大模块和计算步骤。本项目利用“暴雨强度计算系统”，该系统已通过中国气象局、住建部联合组织的技术验收，可直接进行资料处理、暴雨强度公式拟合、结果输出和精度检验等，该系统的工作流程见图 5.3。



图 5.2 暴雨强度计算系统



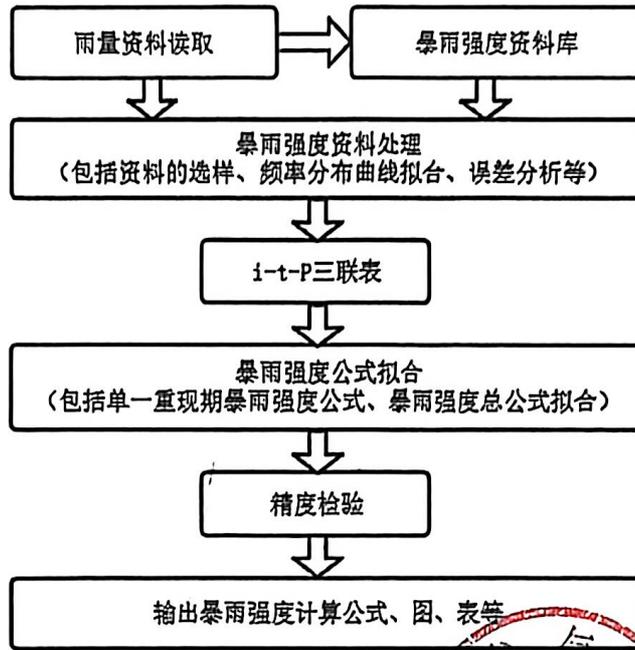


图 5.3 暴雨强度计算系统工作流程图

5.2.9 暴雨强度公式推荐

为确保计算结果的准确性，需要对暴雨强度计算结果进行精度检验，计算出重现期 2~20 年的暴雨强度，并将算得的暴雨强度理论值和实测值的平均绝对均方误差和平均相对均方误差，与《室外排水设计规范》（GB50014-2021，2021 版）规定的精度对照。规范规定：计算重现期在 2~20 年时，在一般强度的地方，平均绝对方差不宜大于 0.05mm/min。在较大强度的地方，平均相对方差不宜大于 5%。计算公式如下：

$$X_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R'_i - R_i}{t_i} \right)^2} \quad (5.5)$$

$$U_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R'_i - R_i}{R_i} \right)^2} \times 100\% \quad (5.6)$$

式中： X_m 为平均绝对均方差； U_m 为平均相对均方差； R'_i 为暴雨强度公式理论降雨量； R_i 为拟合曲线确定的降雨量； t_i 为降雨历时； n 为样本数。



经过拟合精度检验，分析不同年代暴雨强度公式的代表性，最终推荐确定新的暴雨强度公式。

5.2.10 暴雨雨型确定以及适用性分析

暴雨雨型依据《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》进行计算及编制，采用暂推荐的芝加哥法确定短历时暴雨雨型。短历时暴雨雨型确定的降雨历时采用30 min、60 min、90 min、120 min、150 min、180 min共6个历时。

将各降雨历时的逐年最大降雨过程样本，以5分钟为间隔进行分段，统计降雨过程的雨峰位置系数。

$$r_i = t_i/T_i \quad (5.7)$$

式中， r_i 为雨峰位置系数， t_i 为降雨峰值时刻， T_i 为降雨历时。

先将历时相同的逐年最大降雨样本的雨峰位置系数进行算术平均，再将各历时的雨峰位置系数按照各历时的长度进行加权平均，求出综合雨峰位置系数 r 。

根据综合雨峰位置系数 r ，设计暴雨重现期（ P ）、设计降雨历时（ t ），代入根据暴雨强度公式导出的芝加哥法雨型公式，计算出雨峰前后瞬时降雨强度及各个时段内的平均降雨强度，最终确定出对应一定重现期及降雨历时的芝加哥法雨型。

长历时暴雨雨型分析采用超定量法对暴雨雨型分析降雨样本进行初选，分别统计出资料年限内每年的降雨事件，综合考虑降雨量和小时最强雨量，在规定长历时（1440min）内选取暴雨总降雨量最大、降雨强度也大的20场及以上代表性典型暴雨为长历时降雨分析样本。本项目将使用同频率分析法来分析推求志丹县重现期2、3、5、10、20、30、50、100a 历时24h的“最不利”设计暴雨雨型。“最不利”设计雨型即极端暴雨形态的设计雨型。

对暴雨强度公式进行适用性分析，选取典型暴雨场次进行雨量过程分配特征



分析，充分考虑自然条件、暴雨及洪水特性等进行验证性应用研究，分析评估暴雨强度公式适用性，提出相应适应性指标或方法。形成暴雨强度公式适用于周边区域时主要系数的缩放方法，使暴雨强度公式结果能够客观反映当地地形水文以及气象因素对设计雨量的影响。

5.2.11 雨型设计

本项目采用指南推荐的芝加哥法设计短历时雨型、同频率法设计长历时雨型。

1. 短历时暴雨雨型的确定采用芝加哥法

芝加哥法雨型是以暴雨强度总公式为基础，主要包括统计综合雨峰位置系数和芝加哥降雨过程雨型确定。首先将各降雨历时的逐年最大降雨过程样本，以5min为间隔进行分段，统计降雨过程的雨峰位置系数（ r ）。然后根据综合雨峰位置系数，设计暴雨重现期（ P ）、设计降雨历时（ t ）代入根据暴雨强度公式导出的芝加哥法雨型公式，确定出对应一定重现期及降雨历时的雨型。

2. 长历时暴雨雨型的确定采用同频率法

同频率分析方法，又称“长包短”，该方法主要用于洪水、暴雨的时程分配，特点是在同一重现期水平下，按照出现次数最多的情况确定时间序位，以均值确定各时段雨量的比例。

5.2.12 报告编制

严格执行以上所有技术路线和步骤，整理计算志丹县城区重现期暴雨强度公式，统计绘制图表，分析给出不同重现期、不同历时的降水强度，进行降水强度公式适用性分析，确定暴雨降雨雨型，编制完成《志丹县城区暴雨强度公式和暴雨雨型技术报告》，并提交成果。

5.3 项目团队



项目成立技术专班，技术团队成员有正研级高级工程师1名，副高级工程师1名，工程师3名，均具备扎实的气象专业知识，丰富的气象服务工作经验，近些年来开展了大量的专业气象服务技术及方法研究工作，所承担项目均顺利通过专家论证并交付用户使用，能够保证本项目的顺利完成。详见下表。

拟投入本项目人员汇总表

姓名	年龄	职务	资格/职称	在本行业从业工作年限	主要工作业绩和经历	当前分工
王景红	57	主任	正研级高工	30年	技术把关：延安、志丹、彬州、黄陵暴雨公式等10余个项目	项目总把关、技术审核
何晓媛	51	/	高级工程师	25年	项目负责人，主持延安、彬州、志丹、黄陵暴雨公式等6个项目	项目总负责
张侠	41	副科长	高级工程师	12年	技术负责人，主持延安、彬州、志丹暴雨公式等10余个项目	技术负责人，暴雨强度公式推算、适用性分析
张丽君	27	/	工程师	4年	技术骨干，参与彬州、志丹暴雨公式等5个项目	长历时暴雨型分析
毛明策	47	/	高级工程师	20年	技术骨干，参与彬州、黄陵暴雨公式等8个项目	暴雨强度公式推算
陈建文	58	/	高级工程师	30年	技术骨干，参与彬州、黄陵暴雨公式等8个项目	报告编制
王娟	39	/	工程师	10年	技术骨干，参与延安、彬州、黄陵暴雨公式等8个项目	短历时强降雨型分析
杨柳	33	/	工程师（博士）	3年	技术骨干，参与彬州、黄陵暴雨公式等8个项目	暴雨强度公式对比

5.4 进度安排及成果交付计划



我单位承诺：如果中标，承担此项工作，我单位将组织业务技术骨干，成立项目专班，保证按时按质完成工作任务，保证所提交的成果的内容深度和质量满足国家、地方的相关技术规范、标准，以及相关行政主管部门对本工作的要求。

本项目的工作时间节点安排如下：

时间节点	工作内容	工作成果	备注
签订合同后 21 日内	开展前期调研和数据准备，完成参证气象站“三性”分析，完成近 30 年降水分钟资料整理与控制，收集地形地貌、下垫面资料信息；核查数据完整性、准确性，补充缺失数据，完成数据标准化处理等	形成历史数据集	从合同签订起，随时提交
第 22 日——77 日	基于气象学等理论（如 P-III 型分布、芝加哥雨型等），开展建模及初步计算，完成暴雨强度公式编制，验证公式精度，进行适用性分析，确定长、短不同历时的暴雨雨型，验证完成统计结果	统计完成各种图、表，并计算暴雨强度公式参数，给出不同历时雨型特征	甲方需要的中间成果。



<p>第 78 日——84 日</p>	<p>整理公式、文本、图表、 计算结果、说明、精度验证、适用范围说明等结论， 编制形成初步成果报告， 组织内部专家审核，根据 内审专家意见修改报告成果。</p>	<p>完成报告评审 稿</p>	
<p>第 85 日——90 日</p>	<p>组织行业专家（气象、水利等领域）评审会；根据 评审意见修改完善报告， 最终交付成果文件</p>	<p>提交最终报告 成果</p> 	



5.5 重难点分析及解决方案

暴雨强度公式和暴雨雨型的编制是一项非常复杂，技术要求很高的工作，是指导城市排水防涝工程设计和相关设施建设的重要基础。其中存在一些技术的难点和重点，包括但不限于：

(1) 基础数据的获取和质量保证

为了建立暴雨强度公式，需要大量的逐分钟的降雨数据。然而，这些数据的获取可能受限于观测设备的精度、数据的可靠性以及数据的空间和时间分辨率等因素。因此，确保基础数据的获取和数据质量是项目开展的一个重点。

解决方案：项目组对以自记纸形式保存的历史降雨自记记录资料，使用中国气象局组织编制的“降雨自记纸彩色扫描数字化处理系统”进行数字化处理。通过计算机扫描、图像处理、数据处理，将气象站降雨自记纸图像进行数字化转换成为逐分钟降雨量，以保证数据的获取。并将利用志丹县现有的国家气象站和周边的区域气象站等多地多站的降水观测数据，按照气象数据审核规范，对原始资料进行数据质量检查、审核，完成降水资料的质量控制、资料延长、资料融合、插补订正等。并组织进行人工审核和修正，最终形成质量可靠的降雨资料数据序列。

(2) 暴雨强度公式参数的确定

暴雨强度公式为已知关系式的超定非线性方程，公式中有 A_1 、 C 、 b 、 n 等 4 个参数，常规方法很难求解，此为项目难点所在。

解决方案：暴雨强度公式参数的确定，需要对不同方法进行试算和相互验证，对各种方法测算的结果与原有公式和实际工程计算结果进行比选和校核，以得出切实可行的公式参数和公式的适用范围。本项目拟采用最小二乘法、高斯牛顿法



等多种方法对公式进行参数估算，考虑城市的降雨特征，通过各种线型对所选城市的暴雨样本进行拟合比较，选择合适的数学模型来描述暴雨强度与其他气象变量，筛选出符合当地实际情况的频率分布线型，最终确定出城市暴雨强度公式的型式和参数。

5.6 应急预案

为确保志丹县暴雨强度公式编制项目在实施过程中能够有效应对各类突发状况，保障项目高质量、按计划顺利推进，特结合项目服务、售后及安全保障承诺，制定本应急预案。

5.6.1 应急响应机制

项目组将成立以技术负责人为核心的应急响应小组，明确成员职责，确保在突发状况发生后 24 小时内快速启动应急响应程序。建立项目值班制度，值班人员保持全天候通信畅通，负责实时接收、核实并上报各类突发问题，确保信息传递高效、准确。

5.6.2 突发状况应对措施

(一) 数据异常应对

若出现降雨数据缺失、错误或采集设备故障导致数据中断，应急小组将立即核查原因。对于历史数据缺失，立即协调调用周边气象站点数据进行插值补全，并同步启动人工数据复核与补充流程。确保在最短时间内完成数据校验与整合，保障基础数据的完整性与可靠性。

(二) 技术问题应对

若暴雨强度公式在参数计算、分布拟合等关键环节出现偏差或未达到预期效果，应急小组将组织相关技术专家在 24 小时内进行紧急会商，分析问题根源。如因



法适用性问题，将在 24 小时内启用备用算法重新计算；如因模型假设与本地实际情况不符，则在 72 小时内依据志丹县实际降雨特征调整模型结构，重新进行计算与验证，直至结果满足技术标准。

（三）人员与协作应对

如项目关键技术成员因故无法履职，应急小组将于 24 小时内启动人员替代预案，从后备专家库中调派同领域技术人员接替，并在 24 小时内完成工作交接，确保项目连续推进。若与协作单位出现沟通或数据共享障碍，应急小组负责人将立即介入协调，并在必要时报请上级主管部门协助，确保四十八小时内恢复顺畅协作。

（四）安全与保密应对

一旦发生数据泄露、网络入侵等安全事件，项目安全管理团队将立即隔离受影响系统，并于 24 小时内启动数据加密、备份恢复等应急程序，防止事态扩大。同时，在 24 小时内按规定向相关主管部门报告，积极配合调查与处置，并在四十八小时内完成系统加固与安全防护升级，全面保障项目数据与信息安全。

5.6.3 应急期间服务保障

在整个应急处理过程中，我方将严格遵守各项服务与售后承诺。针对委托方提出的应急进展问询、数据支持等需求，确保二十四小时内予以明确答复；对于复杂问题的处理进展与结果，将在七十二小时内提供详细书面说明，并持续跟进至问题彻底解决。

本应急预案基本覆盖项目实施阶段可能面临的主要风险，力求做到响应迅速、处置有效。如贵方对方案内容有任何调整建议，敬请随时提出，我方将积极配合完善。

5.7 合理化建议



为积极响应国家关于防灾减灾的工作部署，进一步提高志丹县城市排水防涝能力，结合本项目实际，我方提出如下优化建议，以期提升成果的科学性、适用性与可持续性：

（一）开展新编公式的适用性论证

基于原始降雨资料特征分析，结合新编暴雨强度公式，系统评估其适用范围。充分考量当地地形地貌、气候条件等关键因素，确保公式具备充分的科学性与合理性，为城市排水管网规划设计提供可靠依据。

（二）加强数据时效性与精细化处理

优先整合志丹县及周边区域近 30 年分钟级降水观测数据，利用“降雨自记纸彩色扫描数字化处理系统”对历史纸质记录进行完整数字化转换，保障数据序列的连续性。引入地理信息系统（GIS）开展降雨空间特征分析，精准识别区域降水差异，真实反映本地降雨规律。

（三）推动多专业协同与技术融合

组建涵盖气象、水文、市政工程等多学科专家的联合技术团队，通过定期研讨，结合志丹县自然地理特征与城市规划发展方向，对暴雨强度公式及雨型分析成果进行综合论证，确保技术方案科学合理、贴合实际发展需求。

（四）建立成果动态更新与长效维护机制

建议在项目验收后成立暴雨强度公式持续维护工作组，定期收集新增降雨资料，结合城市发展变化与气候演变趋势，对公式进行及时复核与优化更新，保障其长期适用性与技术先进性。



5.8 质量保障措施及承诺

为确保项目实施质量并严格履行相关承诺，我单位建立了多层次的质量管控体系，明确责任分工，加强过程监督，切实保障项目成果的可靠性、科学性与实用性。具体措施如下：

（一）建立分级质量责任制与协同工作机制

项目技术负责人全面统筹项目进度与整体质量；主要技术人员按分工对各自承担的技术环节质量负责。项目团队既职责清晰，又注重协作攻关、优势互补，形成合力共同推进项目。每周定期召开项目进度检查与技术交流会，跟踪计划执行情况，及时发现并解决实施中的技术问题。通过合理分工、定期督查，确保各环节工作质量，最终保障项目成果的高水准。

（二）保障基础气象数据合理真实

在志丹县降水特征研究中，将综合城市规模、降雨特性、地形地貌及河流水系等因素，选取具有代表性的志丹县国家基准气象站的降雨资料作为编制暴雨强度公式的基础数据。严格依据《地面气象观测资料质量控制》（QX/T 118-2010）等规范，对该站逐分钟降雨原始记录进行质量检查与审核，确保所用数据的合理性与真实性。

（三）确保技术方法规范科学

采用皮尔逊-III型、耿贝尔分布及指数型分布等多种概率分布函数，对各历时降水进行拟合试验。结合本地暴雨样本特征，比选拟合效果较优的分布函数，确保概率分析符合当地降水规律。同时，遵照《室外排水设计规范》（GB50014-2021）要求，对暴雨强度计算结果进行精度检验，保证计算方法的规范性与结果的准确性。



（四）保障报告内容完整实用

项目技术负责人将预先拟定报告技术大纲，经项目专班与技术首席审议后确定章节框架。全体技术人员依据既定章节分工编写，确保报告内容系统完整，并气象专业技术层面提供充分支撑，提升成果的实用性与参考价值。

5.9 服务方案

为确保本项目严格按照既定计划顺利实施，我单位将全面制定并落实专项实施方案，建立覆盖全过程的质量控制体系，并提供持续可靠的后续技术支持。具体措施如下：

（1）设立专职项目组，确保进度有效落实

我单位将统筹调配各类资源，采取多种有效措施，全力保障项目按期推进。我们将抽调业务技术骨干组成专职项目组，确保工作任务高质量、按时完成。在项目执行过程中，将沿用我单位成熟的项目管理模式，以项目负责人为核心，配备具有同类项目经验的技术人员，保障团队人员数量与专业能力，及时把握并快速响应项目进展中的各类问题。项目组将编制详细的工作进度计划，明确各阶段时间节点与具体任务；每日进行自查，每周汇总分析工作完成情况，对照进度计划进行核查，确保项目有序推进、各项进度要求严格落实。

（2）成立领导小组，严控关键技术质量

由单位法人牵头，技术首席及相关业务部门负责人共同组成专项工作领导小组。领导小组每周召开项目推进会，跟踪监督工作进展与完成情况，重点把控关键技术节点的质量，检查任务完成率及技术细节。针对实施过程中出现的技术难题，领导小组将集体研讨并提出可操作性解决方案，确保技术工作高标准完成。

（3）组织技术团队参与评审，保障项目顺利验收



为确保项目成果顺利通过验收，我方将在外部评审前组织开展内部自检与预评审，由内部专家进行质量把关与审核。在正式评审会议中，我单位将安排技术负责人及质量控制核心成员全程参与，积极配合并回应评审专家的各项质询。

(4) 后续服务保障

项目验收后，我方将持续提供成果解释与应用支持服务，及时响应使用过程中的技术疑问。接到咨询后，我们承诺在24小时内作出响应，48小时内提供初步解决方案；针对复杂问题（如公式适用范围争议等）将在48小时内派遣技术人员赴现场勘查，并于72小时内提交书面分析报告。

