

福建省水利工程数字孪生基础设施
建设技术标准手册
(2025年版)

2025年2月

目 录

第一章 基本要求	1
一、范围	1
二、基本要求	1
第二章 水库工程	3
一、监测站点建设	3
二、建筑信息模型（BIM）建设	15
三、数据汇缴	16
四、平台系统建设	17
第三章 堤防工程	19
一、监测站点建设	19
二、建筑信息模型（BIM）建设	22
三、数据汇缴	23
四、平台系统建设	23
第四章 引调水工程	25
一、监测站点建设	25
二、建筑信息模型（BIM）建设	27
三、数据汇缴	28
四、平台系统	29
第五章 水闸工程	30
一、监测站点建设	30
二、建筑信息模型（BIM）建设	34
三、数据汇缴	35
四、平台系统建设	36
第六章 泵站工程	37
一、监测站点建设	37
二、建筑信息模型（BIM）建设	38
三、数据汇缴	39
四、平台系统建设	39
第七章 灌区工程	41

一、监测站点建设.....	41
二、数据汇缴.....	43
三、平台系统建设.....	44
第八章 测雨雷达工程.....	45
一、监测站点建设.....	45
二、数据汇缴.....	51
三、平台系统建设.....	52
附录A：水利工程信息化基础设施建设内容表.....	53
附录B：常用法律法规、标准规范和政策性文件.....	55
附录C：新建水位站一体式设计示意图.....	58

第一章 基本要求

一、范围

本手册包含了水利工程信息化基础设施建设的基本要求、监测站点建设、建筑信息模型（BIM）建设、数据汇缴、平台系统建设等内容。

二、基本要求

水利工程信息化基础设施建设包括监测站点建设、建筑信息模型（BIM）建设、数据汇缴建设、平台系统建设。其中平台系统建设应根据工程管理单位实际需要进行设计。

水利工程信息化基础设施建设根据工程类型可分为水库工程、堤防工程、引调水工程、水闸工程、泵站工程、灌区工程、测雨雷达工程等。

在水利工程数字孪生建设中需要监测的要素包括雨量、水位（潮位）、流量、安全监测、视频、水质、生态流量、墒情、工情等。

水利工程信息化基础设施建设中，建设内容的配置见附录A。

监测设备的参数、安装施工应符合 GB/T 28714、GB/T 50138、GB 50179、GB 50318、SL 21、SL 61、SL 219、SL/T 276、SL 337、SL 384、SL 365、SL/T 426、SL 622、SL 651、SZY 201 和 SZY 202 等相关行业技术标准的规定。

监测设备进行比测率定时应符合 GB/T 50138、GB 50179、SL 537、SL 58 等有关规范的要求；进行校准标定时，校准标定机构应具备相应资质。

监测设备应定期检查与维护，精密仪器按规定送检，达到使用年限的，应报废更新。

水利工程的水位、雨量、视频等监测数据应实现省、市、县共享，接入至省、市、县级相关平台中，以实现感知数据的统一管理和共享。

第二章 水库工程

一、监测站点建设

（一）雨量站建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，宜共享流域管理机构、地方水行政主管部门相关雨量站监测数据。应在 SL 21 和 SL 34 基础上，根据需要加密监测，库区未控集雨面积可按每 50 平方公里配置不少于 2 处雨量站，在坝区至少配置 1 处雨量站。可根据实际需求采用水位雨量视频一体化监测设施。雨量监测站宜汛期每小时、降水时段内每 5 分钟自动采集一组降雨量数据，包括时段降雨量和当日累计降雨量；遇暴雨等突发状况时应能按要求加密采集。

（第7.1.2.1条）

根据《水利部办公厅关于印发水利工程配套水文设施建设技术指南的通知》（办水文〔2023〕284号）规定，大型、重要中型水库控制流域内雨量站一般不少于 5 处，一般中型水库控制流域内雨量站一般不少于 3 处，小型水库坝址以上控制流域内应布设至少 1 处雨量站。

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，在水库控制的流域范围内，应加密布设降水量站。小型水库应至少布设 1 处降水量站。（第8.5条）

（二）水位站建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，在水库工程入库、出库控制断面，应自建水位自动监测站或共享流域管理机构、地方水行政主管部门水文站。

根据《水位观测标准》（GB/T 50138）规定，水库出口水位站应设在出流断面以上水流平稳处，堰闸水位站和湖泊、水库内的水位站宜选择在岸坡稳定、水位有代表性的地点。

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，在受变动回水影响的水库库尾、库区中段或湖泊出流段附近应布设水位站。

（1）坝前水位站

根据《水库水文泥沙观测规范》（SL 339—2006）规定，坝前水位站应设在坝前跌水线以上水面平稳、受风浪影响较小、便于观测处，坝前水尺宜兼作泄（引）水建筑物的上游水尺，坝前水位站一经选定，不应变迁。（第4.0.1条）

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，水位监测应符合GB/T 50138要求，应在坝前、坝后流态平稳区域各设至少1处水位自动监测站，可根据实际需求采用视频监控等方式配合校核数据。

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，在水库坝前应布设代表水位站。

（2）库区水位站

根据《水库水文泥沙观测规范》（SL 339—2006）规定，常年回水区除应观测坝前水位外，还应在水库最低运用水位与河床纵剖

面交点下游附近布设水位站，如常年回水区较长，可在两站之间适当增设水位站；变动回水区布站数，应能反映水库各级运用水位水面曲线的转折变化，宜设 3 个水位站，即上段、中段、下段各设一个，上段站宜设于正常蓄水位回水末端附近，下段站宜设于最低运行水位附近，如变动回水区河段较长，可适当加密水位站；水库主要支流入汇口处，应布设水位站；对于综合利用和有泥沙问题的大型水库，或大型水电站在运用上有特殊需要，库区水位站不应少于 8 个，其中库区回水末端至进库水文站间设 1 个，变动回水区不应少于 5 个（两头端点、主要城镇、重点淤积区、地形和糙率变化转折处、大支流入汇等处），常年回水区不应少于 2 个（常年回水区中上段交界处附近 1 个，下端即为坝前水位）；库区水位站应尽量与其他观测断面结合布置，其位置应选在岸边稳定、便于观测并避开对水位有局部影响的地方。（第 4.0.1 条）

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，有条件的工程可根据需要在库区设置水位自动监测站。

（三）出入库水文站建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，应对工程入、出库流量进行监测。宜共享流域管理机构、地方水行政主管部门相关水文站监测数据；可根据需要自行监测，建设必要的土建设施，在相应断面布置流量自动监测设备；可综合利用水文学方法进行计算补充。监测方案选择以满足测报精度需要为准，应符合 GB 50179 要

求。流量自动量测频次根据设备及量测环境合理确定，水位—流量关系曲线换算频次与水位监测一致。

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，大中型水库应设主要干支流入库、出库流量站。其他水库可根据需要布设流量站。作为区域代表站的水库流量站，所提供的洪水过程和实测流量过程、次洪水总量和月、年径流资料，应能具有或可还原成代表河道站的资料。被选作为区域代表站的入库流量站应设在水库库尾回水末端，坝前水位平面形态、水体重心等方面具有代表性，库面比小于等于 3.0% 或库形系数小于等于 10~15 的水库上。（第 5.1.4、5.3.5、5.3.6 条）

（1）进库水文站

根据《水库水文泥沙观测规范》（SL 339—2006）规定，重要水库或有泥沙问题的水库的进库水文站，应能控制进库水、沙总量的 80% 以上，其中水、沙量占入库总量 5% 以上的支流，亦应布设支流控制站；水、沙量占入库总量 3%~5% 的支流，可设立支流汛期控制站；水、沙量占入库总量 3% 以下的支流，可通过调查取得资料。一般水库的进库水文站，应能控制进库水、沙总量的 60% 以上，其中水、沙量占入库总量 10% 以上的支流，应设支流进库控制水文站。反调节水库区间入汇水、沙量大于入库总水、沙量的 10% 时，宜设进库水文站。大型水库区间入汇水、沙量大于入库总水、沙量的 10% 时，区间宜增设进库水文站。（第 3.0.1 条）

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，在工程入库、出库控

制断面，应自建水位自动监测站或共享流域管理机构、地方水行政主管部门水文站。

(2) 出库水文站

根据《水库水文泥沙观测规范》（SL 339—2006）规定，大型及特别重要的中型水库应设出库水文站，出库水文站应能基本控制出库的水、沙总量。库区引出水、沙量超过总出库量 5% 或年引水总量超过 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的河道、渠道，宜设站观测，影响较小的可进行调查。（第3.0.2条）

(四) 安全监测建设

(1) 土石坝

根据《土石坝安全监测技术规范》（SL 551—2012）规定，土石坝必设项目包括巡视检查（坝体、坝基、坝区、输泄水洞（管）、溢洪道、近坝库岸）、变形（坝体表面变形、坝体（基）内部变形、防渗体变形、界面及接（裂）缝变形、近坝岸坡变形、地下洞室围岩变形）、渗流（渗流量、坝基渗流压力、坝体渗流压力、绕坝渗流、近坝岸坡渗流、地下洞室渗流）、压力（应力）（孔隙水压力、土压力、混凝土应力应变）、环境量（上、下游水位，降水量、气温、库水温，坝前泥沙淤积及下游冲刷，冰压力）；一般项目（可根据需要选设）包括地震反应、水力学；

表面变形监测点宜采用断面形式布置，断面分为垂直坝轴线方向的监测横断面和平行坝轴线方向的监测纵断面。监测横断面应选在最大坝高或原河床处、合龙段、地形突变处、地质条件复杂处以及坝内埋管或可能异常处，一般不少于 3 个。监测纵断面一般不少于 4 个，在坝顶的上、下游两侧应布设 1~2 个；在上游坝坡正常蓄

水位以上应布设 1 个，正常蓄水位以下可根据需要设置临时监测断面；下游坝坡 1/2 坝高以上宜布设 1~3 个，1/2 坝高以下宜布设 1~2 个。对软基上的土石坝，还应在下游坝趾外侧增设 1~2 个。当为心墙坝时，应在坝顶心墙轴线布置监测纵断面。监测横断面间距，当坝轴线长度小于 300m 时，宜取 20m~50 m；坝轴线长度大于 300m 时，宜取 50m~100 m。应在纵横监测断面交点部位布设监测点，对 V 形河谷中的高坝和坝基地形变化陡峻坝段，靠近两岸部位的纵向测点应适当加密；坝体（基）内部变形监测断面应布置在最大坝高处、合龙段、地质及地形复杂段、结构及施工薄弱部位。可设 2~3 个监测横断面，每个横断面设置的垂线及测点数量由布置方式而定；防渗体变形监测包括混凝土面板变形、防渗墙挠度变形以及坝体心墙的水平位移及垂直位移。

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，土石坝变形监测项目包括坝体表面变形、坝体内部变形坝基变形、界面变形、脱空变形、混凝土面板变形等。土石坝渗流监测项目包括坝体与坝基渗透压力、绕坝渗流、渗流量及水质分析等。土石坝应力应变及温度监测项目包括坝体和坝基应力、界面应力、孔隙水压力、防渗墙和面板应力应变及温度等。

（2）混凝土坝

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，混凝土坝变形监测项目包括水平位移、垂直位移、倾斜基岩变形、接缝和裂缝开合度等。混凝土坝渗流监测项目包括扬压力、渗透压力、渗流量绕坝渗流、近坝岸坡地下水位和水质分析等。混凝

土坝应力应变监测项目包括混凝土应力应变、锚杆应力、锚索受力、钢筋应力、钢板应力和温度等。

1) 环境量监测

根据《混凝土坝安全监测技术标准》（GB/T 51416—2020）规定，环境量监测布置：枢纽区应布置上、下游水位测点，坝后无水时宜在坝趾布置地下水位监测孔代替下游水位测点；枢纽区宜布置气温和降水量监测点，测点应设置在坝址区开阔地带；高坝宜布置库水温监测点，下游水深较深的高拱坝宜布置下游水温监测点；库区可能出现阶段性结冰期的宜设置冰压力监测项目，并应同步监测气温与冰厚；泥沙对建筑物运行影响较大的工程宜设置坝前淤积监测项目，坝下游冲淤可能影响建筑物稳定和机组出力的宜设置下游冲淤监测项目（第4.3.1条）。

2) 变形监测

变形监测根据重力坝和拱坝进行区分。根据《混凝土坝安全监测技术标准》（GB/T 51416—2020）规定，重力坝变形监测布置：纵向监测断面宜沿坝轴线方向布置，高坝沿高程方向宜设在坝顶、坝基和坝体中间高程，低坝可仅设在坝顶。横向监测断面宜垂直于坝轴线方向布置，应选择地质条件或坝体结构复杂的坝段、最高坝段和其他有代表性的坝段；高坝的水平位移监测宜设置纵向和横向监测断面，低坝的水平位移监测可仅设置坝顶纵向监测断面，宜从垂线法、引张线法、真空激光准直法、视准线法、交会法等监测方法中选用；垂直位移测点监测宜与水平位移测点结合布置，宜从精密水准法、静力水准法或真空激光准直法等监测方法中选用；倾斜监测宜沿横向监测断面布置。高坝宜在基础廊道和坝顶布置测点，必

要时可在坝体中间高程的廊道布置测点，低坝可仅在坝顶布置测点，宜采用精密水准法或静力水准法等监测；高坝的坝踵及坝趾部位或坝基岸坡较陡或地质条件复杂的建基面应设置接缝变形监测，岸坡较陡的坝段宜同时布置侧向稳定测点；重力坝设有横缝、纵缝、诱导缝的可在缝面布置接缝变形测点；高坝的坝踵及坝趾部位或坝基地质条件复杂时宜布置坝基深部位移测点（第 4.3.4 条）。拱坝变形监测布置：拱向监测断面宜沿拱坝轴线方向布置，沿高程方向宜设在坝顶和拱向推力较大的高程。梁向监测断面垂直于拱坝轴线方向布置，应选择拱冠梁坝段、左右 1/4 拱坝段、地质条件或坝体结构复杂坝段以及其他有代表性的坝段；高坝的水平位移监测应设置坝体梁向和拱向监测断面及两岸拱座部位，低坝的水平位移监测宜设置坝体梁向监测断面及两岸拱座部位，宜采用垂线法或交会法监测；垂直位移监测宜与水平位移测点结合布置。高坝宜在基础廊道和坝顶布置测点，具备条件时还宜在坝体倒悬部位附近廊道布置测点，低坝可仅在坝顶布置测点，宜采用精密水准法或静力水准法监测；倾斜监测宜沿梁向监测断面布置，宜在基础廊道和坝顶布置测点，具备条件的高坝还宜在坝体倒悬部位附近廊道布置测点，宜采用静力水准法或精密水准法等监测；坝体横缝每个灌区中部应布置测缝计监测横缝灌浆前后的变形，梁向监测坝段的横缝距上下游坝面 2m~3m 处宜布置测缝计监测横缝灌浆后坝体的整体性；高坝的坝踵及坝趾部位或地质条件复杂的建基面应布置接缝变形测点；拱坝设有诱导缝，周边缝的宜在缝面布置接缝变形测点；高拱坝应设置坝体弦长变形监测项目，测点宜布置在坝顶、拱向推力较大高程的两拱端坝体部位，宜采用测距法监测；高坝的坝踵及坝趾

部位或坝地质条件复杂时应布置坝基深部位移监测点。坝基岩体应力较高部位宜布置卸荷变形测点；拱座地形单薄或孤峰突出或有地质缺陷的应在拱向推力较大部位布置深部位移监测点；高拱坝枢纽区岸坡卸荷发育的宜设置谷幅变形监测项目，测点宜布置在两岸同高程坝肩岩体上（第 4.3.7 条）。

3) 渗流监测

渗流监测根据重力坝和拱坝进行区分。根据《混凝土坝安全监测技术标准》（GB/T 51416—2020）规定，重力坝渗流监测布置：坝基扬压力监测应设置纵向和横向监测断面，扬压力横向监测断面宜与变形横向监测断面一致，在谷岸台地、灌浆帷幕转折等坝段应增加横向监测断面；上游帷幕后、下游帷幕前的各排水幕线上应布置坝基扬压力测点，其他部位根据需要布置；坝基存在多层承压水、薄弱地质结构或为软基、深覆盖层等情形时，宜布置深层渗透压力测点；高碾压混凝土重力坝宜在坝体混凝土层间设置渗透压力测点；绕坝渗流监测应在两岸帷幕后沿流线方向设置监测断面和测点，具有岸坡灌浆平硐的，其端部应布置渗压测点；渗流量监测应结合排水和集水设施分区布置测点，必要时可对单个排水孔、渗水点单独监测；水质分析宜在坝基排水孔、绕坝渗流孔、坝基坝肩渗水点等部位采样，应同时做库水、下游河道及山体地下水水质对比分析。拱坝渗流监测布置：坝基扬压力监测宜设置拱向和梁向监测断面，梁向扬压力监测断面宜与梁向变形监测断面一致，薄拱坝可不设置梁向扬压力监测断面；上游帷幕后、下游帷幕前的各排水幕线上应布置坝基扬压力测点，其他部位根据需要设置（第 4.3.5、4.3.8 条）。

4) 应力应变监测

应力应变监测根据重力坝和拱坝进行区分。根据《混凝土坝安全监测技术标准》（GB/T 51416—2020）规定，重力坝应力应变监测布置：高坝应设置应力应变监测项目，低坝可根据需要设置。坝体应力应变监测断面宜与变形横向监测断面一致；坝体应力应变监测应根据坝体应力计算成果布置，同一高程沿上下游方向不宜少于2个测点。宜采用平面应变计组，主应力方向明确的部位可布置单向或两向应变计，每组应变计组旁1.0m~1.5m处应布置无应力计；高坝应设置基应力应变监测项目测点宜布置在坝通和坝趾部位；坝基进行置换处理的宜在置换体与基础及置换体与坝体的接触面上设置应力应变监测项目；坝基采用锚杆、预应力锚索等加固措施的宜设置锚杆应力和锚索荷载监测项目；坝体内闸墩、坝体孔口、预应力大梁等部位应设置钢筋应力和锚索荷载监测项目。拱坝应力应变监测布置：坝体应力应变监测应设置拱向和梁向监测断面构成拱梁监测体系，宜与变形梁向和拱向监测断面一致；坝体应力应变监测应根据坝体应力计算成果布置，梁向监测断面的测点应结合拱向监测断面所在高程布置，每个拱向监测断面应在两拱端坝体内布置测点；坝体应力应变监测宜采用空间应变计组，应变计组的主平面宜分别平行于拱梁截面。厚拱坝或重力拱坝梁向监测断面的同一高程沿上、下游方向宜布置3~5个测点，薄拱坝梁向监测断面的同一高程宜在上、下游坝面附近各布置1个测点。每组应变计组旁1.0m~1.5m处应布置1支无应力计（第4.3.6、4.3.9条）。

5) 坝体、坝基温度监测布置

根据《混凝土坝安全监测技术标准》（GB/T 51416—2020）规定，坝体温度监测断面宜与坝体应力应变监测断面一致，可根据温控措施增设温度监测断面；坝体温度测点宜结合温度场的分布按网格状布置，在温度梯度较大的坝面或孔口附近宜适当加密，布置有能兼测温度的其他仪器处可不再布置温度计；高拱坝宜在距下游坝面混凝土 10m 范围内布置导温系数测点，测点间距宜由外至内由密至疏。南北向河谷的拱坝宜在两岸坝体表面布置温度测点；高坝宜设置坝基温度监测，测点宜布置在坝体温度监测断面的坝基钻孔内，最深测点应在坝体混凝土温度影响范围外（第4.3.10条）；封堵体与洞壁接缝、封堵体分缝处应布置接缝变形及渗透压力测点，布置有温控措施的封堵体宜设置温度监测（第4.3.11条）。

6) 消能建筑物渗流监测布置

根据《混凝土坝安全监测技术标准》（GB/T 51416—2020）规定，二道坝宜设置坝基扬压力纵向监测断面，测点宜布置在排水幕线上。水垫塘宜在底板基础廊道顺河流向布置 1~3 个扬压力监测断面，每个监测断面的测点不宜少于 2 个；二道坝和水垫塘底板宜分区布置渗流量测点（第4.3.12条）。

7) 枢纽区边坡及近坝库岸变形监测布置

根据《混凝土坝安全监测技术标准》（GB/T 51416—2020）规定，变形监测应以整体稳定性监测为主，兼顾局部稳定性。主监测断面宜结合勘探、稳定性分析成果沿主滑方向布置，每个主监测断面不宜少于 3 个变形测点；表面水平位移测点宜与垂直位移测点结合布置。水平位移宜采用交会法监测；垂直位移宜采用精密水准法监测，满足精度要求时也可采用三角高程法监测。具备条件时可采

用 GNSS 法监测水平位移和垂直位移；深部变形测点宜与地下水位及表面变形测点结合布置；边坡在施工或运行中出现危害性裂缝的应布置裂缝变形测点；边坡采用抗滑桩挡墙等抗滑支护结构的，可在顶部布置表面变形监测点，在内部或靠山体侧布置内部变形测点（第4.3.13条）。

8) 枢纽区边坡及近坝库岸渗流监测布置

根据《混凝土坝安全监测技术标准》（GB/T 51416—2020）规定，水文地质条件复杂或稳定性对地下水敏感且对混凝土坝安全有较大影响的滑坡体或高边坡，宜设置地下水位监测项目；边坡表面较近部位布置有压泄洪洞、引水洞的宜设置内水外渗监测项目；边坡布置有排水洞的宜分区设置渗流量监测项目（第4.3.14条）。

9) 枢纽区边坡及近坝库岸支护结构受力监测布置

根据《混凝土坝安全监测技术标准》（GB/T 51416—2020）规定，预应力锚索（杆）应设置锚索（杆）锚固荷载监测项目，监测锚索应采用无黏结预应力锚索；设置非预应力长锚杆的可设置锚杆应力监测项目；边坡布置有抗滑桩、抗剪洞与锚固洞的可设置钢筋应力、混凝土应力应变、界面压力等监测项目（第4.3.15条）。

（五）视频监控站建设

根据《水利视频监视系统技术规范》（SL 515—2013）规定，水库监视前端位置布设应满足大坝、大坝上游、大坝下游、溢（泄）洪道、泄洪闸、泄洪洞、水位尺。

（六）水质站建设

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，湖泊、水库水质无明显差异，采用网格法均匀布设，网格大小依据湖

泊、水库面积而定，精度应满足掌握整体水质的要求。设在湖泊、水库的重要供水水源取水口，以取水口处为圆心，按扇形法在 100~1000m 范围布设若干弧形监测断面或垂线。重要或较大河流、湖泊、水库的跨国境、省级行政区界处，重要水资源保护区及水生生态保护区、大中型引调水工程、重大活动保障水域；有需要的市、县级行政区界处应布设地表水水质站。（第11.2.2条）

（七）生态流量站建设

根据《水利水电工程生态流量计算与泄放设计规范》（SL/T 820—2023）规定，应在生态流量泄放设施出口处布设生态流量监测断面。

（八）其他站点建设

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，大型或重要湖泊、水库宜布设流场、波浪、风速风向等要素观测站点。大中型湖泊、水库应布设淤积测验断面。（第17.5条）

二、建筑信息模型（BIM）建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，宜充分利用已有 BIM 资源，或利用工程设计施工图纸等资料结合三维激光扫描等技术构建工程水工建（构）筑物、机电设备 BIM 模型。宜按照 T/CWHIDA 0007—2020 编码体系构建工程 BIM 模型，并进行编码。模型精度宜按对象划分为不同级别，对于工程土建、综合管网、机电设备等，应构建满足呈现和功能分析的含有数量、几何、外观、位置等信息的功能级模型单元，模型精细度等级应达到 T/CWHIDA 0006—2019 中要求的 LOD2.0 级别；对于闸门、发电机、水轮机等

关键机电设备，宜构建含有准确数量、几何、外观、位置及姿态等信息的构件级模型单元，模型精细度等级宜达到T/CWHIDA 0006—2019中要求的LOD3.0级别。有条件或应用要求高的单位，可适当提高模型精度。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，工程区地质构造和地层结构、主体工程建筑物、安全监测设施设备、机电辅助设备及一般金属结构设施设备，BIM模型精细度等级不低于LOD2.0。影响主体工程安全的坝区地质构造和地层结构，威胁人员和建筑物安全的边坡或滑坡体，水库泄水建筑物主要结构，水轮发电机组、水泵电动机组、变压器、机组进水阀等主要机电设备，拦污栅、闸门等主要金属结构，BIM模型精细度等级不低于LOD3.0。不参与空间分析及三维仿真分析的工程附属建筑物、建筑物附属结构、防护边坡、厂区、景观等，可以适当精度的三维实景模型替代BIM模型。

三、数据汇缴

水库工程的数据汇缴要求应符合表1的规定。

表1 水库工程数据汇缴表

工程类型		数据汇缴
水库工程	大型	水位、雨量、出库流量、大坝安全、视频等监测数据实现省、市、县共享；溢洪道闸门启闭状态实现数据直报。
	中型	
	小（1）型	水位、雨量、大坝安全、视频等监测数据实现省、市、县共享
	小（2）型	

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，应从工程与所在流域的空间包含与业务协同关系出发，实现水利部、流域管理机构、省级水行政主管部门、水利工程管理单位之间数字孪生平台的互联互通、数据共享、业务协同。应遵从统一的接口规范，通过数据交换、服务调用等方式实现与水利部及相关流域管理机构、省级水行政主管部门、工程管理单位数据底板、模型库、知识库共享。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，应与数字孪生流域、数字孪生水网充分协调，重点针对监测感知、数据底板、水利模型、水利知识开展共建共享，避免重复建设。应满足行业监管的信息共享要求，同时结合水利工程建设任务和工程自身特点，为所在流域的数字孪生平台提供必要的数据和模型算法服务。

四、平台系统建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，在数字孪生水利工程数据底板基础上，充分共享模型库、知识库成果，充分利用现有信息系统，在孪生引擎的驱动下，发挥数字孪生水利工程的数字映射、智能模拟、前瞻预演作用，以工程安全为核心目标，建设工程安全智能分析预警、防洪兴利智能调度、生产运营管理、巡查管护、综合决策支持等业务应用，并结合实际需求持续扩展和升级完善。应加强业务应用自身安全防护。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，大型及重要中型水库枢纽

工程应按照数字孪生技术路线建设工程信息系统。重要的中型水库枢纽工程主要包括承担防洪及供水任务的中型水库工程、在工程所在流域中发挥其他重要调控作用的中型水库。

第三章 堤防工程

一、监测站点建设

（一）水位站建设

根据《水利部办公厅关于印发水利工程配套水文设施建设技术指南的通知》（办水文〔2023〕284号）规定，堤防工程应沿程布设水位站，以能够控制河道水面线变化为原则，确定河段沿程水位站数量：一级堤防可按1站/10km布设，防洪重要河段可按1站/5km布设；二级及以下堤防工程可按1站/20km布设，防洪重要河段可按1站/10km布设。

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，对城镇居民区、工矿企业及重要基础设施等防护目标存在洪水灾害威胁的河流，以及暴雨洪水集中来源区、易发生内涝的城市建成区河流，应布设水位站，布站数量和位置应满足防洪、除涝的需要。

（二）安全监测站建设

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，堤防工程监测断面间距宜为300m~500m，每一代表性堤段布置的监测断面宜为1~4个，如地形地质条件无异常变化，断面间距可适当扩大。监测断面宜选择在老溃口、软弱堤基、浅层强透水带、承压水带以及有穿堤建筑物等特殊堤段。

根据《堤防工程安全监测技术规程》（SL/T 794—2020）规定，堤防工程监测项目可包括环境量、变形、渗流监测，其中临河水位（潮位）、堤顶沉降应列为常规监测项目。对土石接合部可增加土压力监测，对混凝土防洪墙等可增加应力应变监测。

（1）变形监测点位

根据《堤防工程安全监测技术规程》规定，堤顶沉降（垂直位移）沿堤轴线（纵向）测点间距宜为 1km，并宜与千米桩结合布置。监测断面上的位移测点，应布置在临河堤肩、背河堤肩，复式断面宜在台增设一个测点；对软弱地基上的堤防应在背河堤脚外布置 1~2 个测点。必要时可在防洪墙背河侧或在墙体内部埋设测斜管监测墙体不同高程的水平位移。

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，变形监测项目包括垂直位移和水平位移监测。堤身垂直位移、水平位移监测应以表面变形监测为主，1 级、2 级堤防重要部位可设内部变形监测项目。每个监测断面位移测点宜为 2~6 个，位移测点在渠顶及复式断面等位置设置有要求，堤身垂直位移采用精密水准法监测，水平位移可采用视准线法、三角网法等，内部变形可采用沉降仪、测斜仪等监测，堤身表面变形可利用里程碑或专门埋设的测量标点监测。（第 12.2.1~12.2.2 条）

（2）渗流监测点位

根据《堤防工程安全监测技术规程》规定，堤身浸润线和堤基渗透压力监测宜采用测压管或渗压计，应布置在临河堤肩以及背河堤肩、堤坡、坡脚不同高程，每个断面宜布置 3~5 个，测压管底部高程或渗压计埋设高程应低于非汛期地下水位。截渗墙背河侧宜埋设渗压计。对穿堤建筑物（管线）与堤防接合部位渗流监测应根据接合部特点确定。接触面渗流监测宜采用渗压计，并在穿堤建筑物防渗刺墙临河、背河侧各布置 1~2 个测点，背河坡面及坡脚位置各

布置 1 个测点。当穿堤建筑物宽度较大时，应沿建筑物轴线方向布置至少 1 个监测断面。（第6.5.5条）

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，渗流监测项目包括堤身浸润线、堤基渗透压力等，必要时配合进行渗流量、水质分析等监测。堤防渗流监测以测压管为主，也可埋设渗压计，与穿堤建筑物接触面的渗流监测断面布置在穿堤建筑两侧接触面位置，穿堤建筑物防渗刺墙上下游及坡面、坡脚位置布置测点，建筑宽度大时沿轴线方向布置监测断面。（第12.3.1~12.3.2条）

（3）土压力监测点位

根据《堤防工程安全监测技术规程》规定，土压力观测断面宜与孔隙水压力、变形观测断面相结合，土压力测点应与孔隙水压力测点成对，土压力、孔隙水压力、竖向位移、水平位移测点之间的距离不宜超过 1m。土压力观测断面上的测点可在不同高程布设 2~3 个。（第6.6.3条）

（三）视频监控站建设

根据《水利视频智能监控系统信息采集技术要求》（DB35/T 2045—2021）规定，在堤防险工险段及附近水域、主要交叉建筑物、其它重要区段应建设视频监视。

根据《水利视频监视系统技术规范》（SL 515—2013），应根据堤防特点，合理选择监视前端位置，满足对堤顶、路面及附近水域的有效观察。

二、建筑信息模型（BIM）建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，宜充分利用已有 BIM 资源，或利用工程设计施工图纸等资料结合三维激光扫描等技术构建工程水工建（构）筑物、机电设备 BIM 模型。宜按照 T/CWHIDA 0007—2020 编码体系构建工程 BIM 模型，并进行编码。模型精度宜按对象划分为不同级别，对于工程土建、综合管网、机电设备等，应构建满足呈现和功能分析的含有数量、几何、外观、位置等信息的功能级模型单元，模型精细度等级应达到 T/CWHIDA 0006—2019 中要求的 LOD2.0 级别；对于闸门、发电机、水轮机等关键机电设备，宜构建含有准确数量、几何、外观、位置及姿态等信息的构件级模型单元，模型精细度等级宜达到 T/CWHIDA 0006—2019 中要求的 LOD3.0 级别。有条件或应用要求高的单位，可适当提高模型精度。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，工程区地质构造和地层结构、主体工程建筑物、安全监测设施设备、机电辅助设备及一般金属结构设施设备，BIM 模型精细度等级不低于 LOD2.0。影响主体工程安全的坝区地质构造和地层结构，威胁人员和建筑物安全的边坡或滑坡体，水库泄水建筑物主要结构，水轮发电机组、水泵电动机组、变压器、机组进水阀等主要机电设备，拦污栅、闸门等主要金属结构，BIM 模型精细度等级不低于 LOD3.0。不参与空间分析及三维仿真分析的工程附属建筑物、建筑物附属结构、防护边坡、厂区、景观等，可以适当精度的三维实景模型替代 BIM 模型。

三、数据汇缴

堤防工程的数据汇缴要求应符合表 2 的规定。

表 2 堤防工程数据汇缴表

工程类型		数据汇缴
堤防工程	3级及以上	水位、堤防安全、视频等监测数据实现省、市、县共享。
	3级以下	水位、视频等监测数据实现省、市、县共享。

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，应从工程与所在流域的空间包含与业务协同关系出发，实现水利部、流域管理机构、省级水行政主管部门、水利工程管理单位之间数字孪生平台的互联互通、数据共享、业务协同。应遵从统一的接口规范，通过数据交换、服务调用等方式实现与水利部及相关流域管理机构、省级水行政主管部门、工程管理单位数据底板、模型库、知识库共享。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，应与数字孪生流域、数字孪生水网充分协调，重点针对监测感知、数据底板、水利模型、水利知识开展共建共享，避免重复建设。应满足行业监管的信息共享要求，同时结合水利工程建设任务和工程自身特点，为所在流域的数字孪生平台提供必要的数据和模型算法服务。

四、平台系统建设

堤防工程平台系统建设应根据工程管理单位实际需要进行设计，符合表 3 的规定。

表 3 堤防工程平台系统建设表

工程类型		平台系统
堤防工程	3级及以上	“五江一溪”及主要支流、重点流域已开展数字孪生流域建设的，流域内的河湖堤防治理工程应为所在流域的数字孪生平台提供数据支撑。堤防工程范围涉及整个流域时，应按照数字孪生技术路线建设流域信息系统。
	3级以下	

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，在数字孪生水利工程数据底板基础上，充分共享模型库、知识库成果，充分利用现有信息系统，在孪生引擎的驱动下，发挥数字孪生水利工程的数字映射、智能模拟、前瞻预演作用，以工程安全为核心目标，建设工程安全智能分析预警、防洪兴利智能调度、生产运营管理、巡查管护、综合决策支持等业务应用，并结合实际需求持续扩展和升级完善。应加强业务应用自身安全防护。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，江河湖泊治理工程应以河湖流域为单元建设河流、湖泊综合信息管理系统。大江大河大湖及主要支流、重点流域已开展数字孪生流域建设的，流域内的河湖堤防治理工程应为所在流域的数字孪生平台提供数据支撑。河湖堤防治理工程范围涉及整个流域时，应按照数字孪生技术路线建设流域信息系统。

第四章 引调水工程

一、监测站点建设

（一）流量站建设

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，国家水网骨干工程输配水渠首、重要水事敏感区、规模以上取退水口、大中型堰闸工程、跨大江大河流域或跨省级行政区调水的输水渠道省界断面及交叉河道应布设流量站。（第5.1.4条）

（二）安全监测站建设

（1）渠道监测

安全监测项目包括变形、渗流等。根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，变形监测包括水平位移和垂直位移监测，宜按横断面布置，横断面位置和间距结合渠道级别等因素确定。填方渠道和挖方渠道变形监测测点布置数量、位置不同，表面水平位移和垂直位移监测可采用相应方法，渠道内部变形监测也有相应要求。渗流监测项目包括渠堤浸润线、渠堤与渠基渗透压力等，宜结合表面变形监测断面设置。浸润线可采用渗压计、测压管监测，测点数量不少于3个；层状透水渠基渗透压力监测点在各透水层中布置，有不利地质条件的渠段测点布置也有要求。

（第11.2.3条）

（2）渡槽监测

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，安全监测项目包括变形、接缝开合度、结构应力应变、预应力、地基反力、土压力等。变形监测包括水平位移、垂直位移、挠

度、接缝开合度等，水平位移和垂直位移测点布置在槽墩等位置，挠度监测在跨中、1/4跨、跨端布置测点，接缝开合度监测有相应方法；进出口段渗流监测测点布置在有代表性的转折处，监测断面和测点数量有要求，岸坡侧向绕流监测在岸墙和翼墙填土侧布置测点；应力应变及温度监测项目包括混凝土应力应变、锚杆应力、锚固力、钢筋应力、钢板应力和温度等，渡槽结构应力监测以钢筋应力监测为主，测点应变计布置根据应力状态确定，预应力渡槽宜布置锚索测力计。（第11.3节）

（3）倒虹吸（涵洞）监测

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，安全监测项目包括变形、接缝开合度、结构应力应变、预应力、地基反力、土压力等。变形监测包括垂直位移、水平位移、结构开合度等，垂直位移监测顺轴线方向选测线，以布置沉降标点为主，接缝开合度监测有相应方法；进出口段渗流监测按渡槽进出口段渗流监测要求执行；应力应变及温度监测项目包括混凝土应力应变、锚杆应力、锚索受力、钢筋应力、钢板应力和温度等，监测断面位置、数量和测点布置根据相关因素确定，结构应力监测以钢筋应力监测为主，预应力倒虹吸和涵洞宜布置锚索测力计。（第11.4节）

（4）输水管道监测

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，建筑物级别为1级、2级的输水管道，管径大于2m且工作压力大于0.5MPa的3级建筑物管道，采用新结构、新材料、新工艺、新设计理论和方法的管道等应进行安全监测。监测项目应考虑工程规

模、压力等级、管道材料、地基条件、运行条件等因素，从内水压力、管道应力、钢丝和钢筋应力（混凝土管）、外包混凝土应力、外水压力、土压力等项目中选取。（第11.5节）

（三）水质站建设

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，重要或较大河流、湖泊、水库的跨国境、省级行政区界处，重要水资源保护区及水生态保护区、大中型引调水工程、重大活动保障水域；有需要的市、县级行政区界处应布设地表水水质站。（第11.2.2条）

（四）视频监控站建设

根据《水利视频监控系统信息采集技术要求》（DB35/T 2045—2021）规定，视频采集点包括：包括取水口、水闸（按照水闸工程相关规定执行）、泵站（按照泵站工程相关规定执行）、信息机房、控制室、会商室等管理区域、管理区域出入口、各管理站交接渠（沟）段（断面）位置等等。

二、建筑信息模型（BIM）建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，宜充分利用已有 BIM 资源，或利用工程设计施工图纸等资料结合三维激光扫描等技术构建工程水工建（构）筑物、机电设备 BIM 模型。宜按照 T/CWHIDA 0007—2020 编码体系构建工程 BIM 模型，并进行编码。模型精度宜按对象划分为不同级别，对于工程土建、综合管网、机电设备等，应构建满足呈现和功能分析的含有数量、几何、外观、位置等信息的功能级模型单元，模型精细度等级应达到 T/CWHIDA 0006—2019 中要求的 LOD2.0 级别；对于闸门、发电机、水轮机等关键机电设

备，宜构建含有准确数量、几何、外观、位置及姿态等信息的构件级模型单元，模型精细度等级宜达到T/CWHIDA 0006—2019中要求的 LOD3.0 级别。有条件或应用要求高的单位，可适当提高模型精度。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，工程区地质构造和地层结构、主体工程建筑物、安全监测设施设备、机电辅助设备及一般金属结构设施设备，BIM 模型精细度等级不低于 LOD2.0。影响主体工程安全的坝区地质构造和地层结构，威胁人员和建筑物安全的边坡或滑坡体，水库泄水建筑物主要结构，水轮发电机组、水泵电动机组、变压器、机组进水阀等主要机电设备，拦污栅、闸门等主要金属结构，BIM 模型精细度等级不低于 LOD3.0。不参与空间分析及三维仿真分析的工程附属建筑物、建筑物附属结构、防护边坡、厂区、景观等，可以适当精度的三维实景模型替代 BIM 模型。

三、数据汇缴

引调水工程的数据汇缴要求应符合表 4 的规定。

表 4 引调水工程数据汇缴表

工程类型		数据汇缴
引调水工程	大中型	流量、水位、视频、水质等监测数据实现省、市、县共享。

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，应从工程与所在流域的空间包含与业务协同关系出发，实现水利部、流域管理机构、省级水行政主管部门、水利工程管理单位之间数字孪生平台的互联互

通、数据共享、业务协同。应遵从统一的接口规范，通过数据交换、服务调用等方式实现与水利部及相关流域管理机构、省级水行政主管部门、工程管理单位数据底板、模型库、知识库共享。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，应与数字孪生流域、数字孪生水网充分协调，重点针对监测感知、数据底板、水利模型、水利知识开展共建共享，避免重复建设。应满足行业监管的信息共享要求，同时结合水利工程建设任务和工程自身特点，为所在流域的数字孪生平台提供必要的数据和模型算法服务。

四、平台系统

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，在数字孪生水利工程数据底板基础上，充分共享模型库、知识库成果，充分利用现有信息系统，在孪生引擎的驱动下，发挥数字孪生水利工程的数字映射、智能模拟、前瞻预演作用，以工程安全为核心目标，建设工程安全智能分析预警、防洪兴利智能调度、生产运营管理、巡查管护、综合决策支持等业务应用，并结合实际需求持续扩展和升级完善。应加强业务应用自身安全防护。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，大型和重要中型引调水工程应按照数字孪生技术路线建设工程信息系统。重要的中型引调水工程主要包括承担城镇或工业供水任务的调水工程。

第五章 水闸工程

一、监测站点建设

（一）水位站建设

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，大中型堰闸工程水位站应独立布设，且应以满足水灾害防治、水资源管理、水生态保护、水环境治理等需求为原则，可在堰闸上（前）、下（后）分别布设。（第6.4.1条）

根据《水位观测标准》（GB/T 50138）规定，闸水位站的上游基本水尺断面应设在堰闸上游水流平稳处，与闸的距离不宜小于最大水头的3~5倍；下游基本水尺断面应设在闸下游水流平稳处，距消能设备末端的距离不宜小于消能设备总长的3~5倍。

（二）安全监测建设

（1）变形监测

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，变形监测项目包括水平位移、垂直位移、接缝开合度等。垂直位移测点宜布置在闸墩、岸墙、翼墙顶面的两端和中部，施工期和竣工后测点设置有不同要求；水平位移测点宜布置在可构成视准线的垂直位移测点处；接缝开合度可简易监测，地质条件复杂时可采用测缝计，测点数量和布置根据实际需要确定。（第10.2.1~10.2.4条）

（2）渗流监测

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，基底渗透压力监测断面根据地质条件、水闸结构型式、闸基轮

廓线形状等因素确定，1级~3级水闸监测断面数量有要求。基底渗透压力可通过埋设渗压计或测压管监测，测点布置在地下轮廓线有代表性的部位，每个断面上测点数量不少于3个。侧向绕流监测：侧向绕流监测在岸墙、翼墙填土侧布置测点，每个断面上测点不少于3个。（第10.3.1~10.3.3条）

根据《水闸安全监测技术规范》（SL 768—2018）规定，闸基扬压力监测应根据水闸结构型式、工程规模、闸基轮廓线、地质条件、渗流控制措施等进行布置，以测出闸基扬压力分布及其变化为原则。垂直水流向和顺水流向断面结合布置，宜设垂直水流向监测断面1~2个，顺水流向监测断面不少于闸孔数1/3且不少于2个，中间闸室段布置1个。垂直水流向监测断面布置在灌浆帷幕、齿墙、板桩（或截水槽、截水墙）等渗流控制设施前后及排水幕、地下轮廓线有代表性转折处，每个闸室段至少设1个测点，重点监测部位测点加密。承受双向水头水闸，垂直水流向、顺水流向监测断面应合理选择双向布置形式。闸基有影响闸室稳定浅层软弱带时应增设测点，一个钻孔设一个测点，浅层软弱带多于一层时渗压计或测压管分层布设，做好软弱带处导水管外围止水，防止下层潜水向上层渗透，渗压计集水砂砾段或测压管进水管段埋设在软弱带以下0.5m~1.0m基岩内，为便于观测将测压管管口延伸至闸墩顶部。侧向绕渗监测点根据闸址地形、枢纽布置、渗流控制措施及侧向绕渗区域地质条件布置，在岸墙、翼墙填土侧及其结合部布设测点，可沿不同高程布设测点，顺水流向测点数不少于3个，运行水头较高、两侧土质渗透性较好水闸测点加密。（第6.2.1~6.2.2条）

（3）应力应变监测

根据《水利水电工程安全监测设计规范》（SL 725—2016）规定，水闸结构应力监测以钢筋应力监测为主，辅以混凝土应力应变监测；大型水闸存在相关问题时，可沿单块整体结构顺水流和垂直水流方向设置监测断面进行地基反力和土压力监测。（第10.4.1~10.4.3条）

根据《水闸安全监测技术规范》（SL 768—2018）规定，建筑在软基上大型水闸或采用新型结构水闸，根据闸型、结构特点、应力状况及施工顺序，在受力复杂、应力集中和结构薄弱部位合理布设钢筋计、应变计以及无应力计，监测不同工作条件下结构应力应变和钢筋应力分布变化规律。应力和应变测点布置根据结构应力计算成果，在闸门支撑附近垂直水流向布置监测断面，在断面中下部、底部及应力集中区少而精布置钢筋计、应变计，以钢筋应力监测为主，辅以混凝土应力、应变监测。钢筋计布置在主受力构件受力方向，应与受力钢筋焊接于同一轴线，混凝土应变计数量和方向根据应力状态而定，主应力方向明确部位可布置单向或双向应变计，每一应变计（组）旁1.0m~1.5m处可布置一只无应力计，无应力计与相应应变计（组）距结构面距离相同，温度梯度较大时无应力计轴线宜与等温面正交，对布置预应力锚杆或锚索闸墩，可适当布置预应力锚杆测力计或预应力锚索测力计。对于建筑在地质条件较差、土压力和边荷载影响程度高水闸，宜在水闸基底布设土压力计，以监测水闸底板地基反力作用。地基反力监测应选取有代表性部位，宜沿闸室整体结构顺水流方向和垂直水流方向各至少设置一个监测断面，测点沿水闸与地基接触面布置，地基反力监测宜与扬压力监测结合布置。对于翼墙背后有较高填土水闸，宜在翼墙和背

后填土结合面上布置土压力计，以监测翼墙背后填土压力情况。翼墙土压力监测应选择典型部位，在翼墙和墙后填土结合面中下部，沿高度方向选取有代表性部位布置。对于建筑在软基上并采用桩基加固大型水闸，可布置压应力计或钢筋计，监测桩基受力情况。监测测点宜沿桩底至桩顶分层布置，以监测混凝土桩不同高程压应力分布。（第7.2.1~7.2.4条）

（4）温度监测布置

对于结构块体尺寸较大水闸，可根据混凝土结构特点、施工方法及温控需要，布设适宜数量温度计。水闸温度测点根据温度场特点布置，宜在闸墩和底板内比较厚实部位分层布置，在温度梯度较大部位测点可适当加密，在能兼测温度其他仪器处，不宜再布置温度计。（第7.2.5条）

（三）视频监控站建设

根据《水利视频监控系统信息采集技术要求》（DB/35T 2045—2021）规定，视频采集点包括闸站全景、闸站出入口、闸站周界、启闭机房出入口、闸门本体、上下游水域及堤防、水位尺、启闭机房、发电机房、控制室、配电室、拦污和清污设施等。

根据《水利视频监视系统技术规范》（SL 515—2013），应根据闸站特点，合理选择监视前端位置，满足对闸站建筑主体、闸门、上（下）游水域及堤防、水位尺等监视对象的有效观察（第6.1.1 b条）

（四）流量站建设

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，大中型堰闸工程应布设流量站，闸流量大于等于 100m³/s 的堰闸工程为大中型堰闸工程。（第5.1.4条）

二、建筑信息模型（BIM）建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，宜充分利用已有 BIM 资源，或利用工程设计施工图纸等资料结合三维激光扫描等技术构建工程水工建（构）筑物、机电设备 BIM 模型。宜按照 T/CWHIDA 0007—2020 编码体系构建工程 BIM 模型，并进行编码。模型精度宜按对象划分为不同级别，对于工程土建、综合管网、机电设备等，应构建满足呈现和功能分析的含有数量、几何、外观、位置等信息的功能级模型单元，模型精细度等级应达到 T/CWHIDA 0006—2019 中要求的 LOD2.0 级别；对于闸门、发电机、水轮机等关键机电设备，宜构建含有准确数量、几何、外观、位置及姿态等信息的构件级模型单元，模型精细度等级宜达到 T/CWHIDA 0006—2019 中要求的 LOD3.0 级别。有条件或应用要求高的单位，可适当提高模型精度。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，工程区地质构造和地层结构、主体工程建筑物、安全监测设施设备、机电辅助设备及一般金属结构设施设备，BIM 模型精细度等级不低于 LOD2.0。影响主体工程安全的坝区地质构造和地层结构，威胁人员和建筑物安全的边坡或滑坡体，水库泄水建筑物主要结构，水轮发电机组、水泵电动机组、变压器、机组进水阀等主要机电设备，拦污栅、闸门等主要

金属结构，BIM 模型精细度等级不低于 LOD3.0。不参与空间分析及三维仿真分析的工程附属建筑物、建筑物附属结构、防护边坡、厂区、景观等，可以适当精度的三维实景模型替代 BIM 模型。

三、数据汇缴

水闸工程的数据汇缴要求应符合表 5 的规定。

表 5 水闸工程数据汇缴表

工程类型		数据汇缴
水闸工程	大型	水位、雨量、流量、水闸安全、视频等监测数据实现省、市、县共享；闸门启闭状态实现数据直报。
	中型	

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，应从工程与所在流域的空间包含与业务协同关系出发，实现水利部、流域管理机构、省级水行政主管部门、水利工程管理单位之间数字孪生平台的互联互通、数据共享、业务协同。应遵从统一的接口规范，通过数据交换、服务调用等方式实现与水利部及相关流域管理机构、省级水行政主管部门、工程管理单位数据底板、模型库、知识库共享。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，应与数字孪生流域、数字孪生水网充分协调，重点针对监测感知、数据底板、水利模型、水利知识开展共建共享，避免重复建设。应满足行业监管的信息共享要求，同时结合水利工程建设任务和工程自身特点，为所在流域的数字孪生平台提供必要的数据和模型算法服务。

四、平台系统建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，在数字孪生水利工程数据底板基础上，充分共享模型库、知识库成果，充分利用现有信息系统，在孪生引擎的驱动下，发挥数字孪生水利工程的数字映射、智能模拟、前瞻预演作用，以工程安全为核心目标，建设工程安全智能分析预警、防洪兴利智能调度、生产运营管理、巡查管护、综合决策支持等业务应用，并结合实际需求持续扩展和升级完善。应加强业务应用自身安全防护。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，大型水闸及其附属通航建筑物应按照数字孪生技术路线建设工程信息系统。参与河湖数字孪生流域或蓄滞洪区调度仿真分析的中型水闸，应纳入数字孪生流域建设。

第六章 泵站工程

一、监测站点建设

（一）流量站建设

根据《泵站设计标准》（GB 50265—2022）要求，对进出水管道系统无稳定差压可供利用的抽水装置，当管道较长时，可在出水管道上装置钢板焊接的文丘里管测定流量，并合理选择流量测量仪表，也可采用超声波法测定流量。（第14.0.5条）

（二）安全监测建设

根据《泵站设计标准》（GB 50265—2022）要求，监测项目应根据工程等别、地基条件、工程运用及设计要求确定，应设置变形、渗流、水位等监测项目，并宜设应力应变、泥沙等监测项目，必要时还可设置振动、温度、噪声、裂缝、伸缩缝和冰凌、水质等监测项目管道较长、场地地形起伏较大的出水管道宜设置压力监测项目。（第14.0.1条）

（三）视频监控站建设

根据《水利视频监控系统信息采集技术要求》（DB35/T 2045—2021）规定，视频采集点包括泵站全景、泵站出入口、主/副厂房大门口、进水闸门、出水闸门、上下游水域、堤防、拦污和清污设施、进水池、出水池、水位尺、主厂房、发电机房、控制室、高低压配电室等。

根据《水利视频监视系统技术规范》（SL 515—2013），应根据泵站特点，合理选择监视前端位置，满足对泵站建筑主体、水泵

机组、前池水域及堤防、水位尺等监视对象的有效观察（第6.1.1 c条）

二、建筑信息模型（BIM）建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，宜充分利用已有 BIM 资源，或利用工程设计施工图纸等资料结合三维激光扫描等技术构建工程水工建（构）筑物、机电设备 BIM 模型。宜按照 T/CWHIDA 0007—2020 编码体系构建工程 BIM 模型，并进行编码。模型精度宜按对象划分为不同级别，对于工程土建、综合管网、机电设备等，应构建满足呈现和功能分析的含有数量、几何、外观、位置等信息的功能级模型单元，模型精细度等级应达到 T/CWHIDA 0006—2019 中要求的 LOD2.0 级别；对于闸门、发电机、水轮机等关键机电设备，宜构建含有准确数量、几何、外观、位置及姿态等信息的构件级模型单元，模型精细度等级宜达到 T/CWHIDA 0006—2019 中要求的 LOD3.0 级别。有条件或应用要求高的单位，可适当提高模型精度。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，工程区地质构造和地层结构、主体工程建筑物、安全监测设施设备、机电辅助设备及一般金属结构设施设备，BIM 模型精细度等级不低于 LOD2.0。影响主体工程安全的坝区地质构造和地层结构，威胁人员和建筑物安全的边坡或滑坡体，水库泄水建筑物主要结构，水轮发电机组、水泵电动机组、变压器、机组进水阀等主要机电设备，拦污栅、闸门等主要金属结构，BIM 模型精细度等级不低于 LOD3.0。不参与空间分析

及三维仿真分析的工程附属建筑物、建筑物附属结构、防护边坡、厂区、景观等，可以适当精度的三维实景模型替代 BIM 模型。

三、数据汇缴

泵站工程的数据汇缴要求应符合表 6 的规定。

表 6 泵站工程数据汇缴表

工程类型		数据汇缴
泵站工程	大型	水位、流量、泵站安全、视频等监测数据实现省、市、县共享；泵站工情状态实现数据直报。
	中型	

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，应从工程与所在流域的空间包含与业务协同关系出发，实现水利部、流域管理机构、省级水行政主管部门、水利工程管理单位之间数字孪生平台的互联互通、数据共享、业务协同。应遵从统一的接口规范，通过数据交换、服务调用等方式实现与水利部及相关流域管理机构、省级水行政主管部门、工程管理单位数据底板、模型库、知识库共享。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，应与数字孪生流域、数字孪生水网充分协调，重点针对监测感知、数据底板、水利模型、水利知识开展共建共享，避免重复建设。应满足行业监管的信息共享要求，同时结合水利工程建设任务和工程自身特点，为所在流域的数字孪生平台提供必要的数据和模型算法服务。

四、平台系统建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，在数字孪生水利工程

数据底板基础上，充分共享模型库、知识库成果，充分利用现有信息系统，在孪生引擎的驱动下，发挥数字孪生水利工程的数字映射、智能模拟、前瞻预演作用，以工程安全为核心目标，建设工程安全智能分析预警、防洪兴利智能调度、生产运营管理、巡查管护、综合决策支持等业务应用，并结合实际需求持续扩展和升级完善。应加强业务应用自身安全防护。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，大型及重要中型泵站工程应按照数字孪生技术路线建设工程信息系统。重要的中型泵站工程主要包括长期运行的供水泵站、河湖沿岸重要的排涝泵站、蓄滞洪区主要的排涝泵站等。

第七章 灌区工程

一、监测站点建设

（一）水位站建设

根据《灌溉渠道系统量水规范》（GB 21303—2017）规定，应根据灌区规模、渠系布局以及管理任务布设量水站网。量水站网布局应满足水量调配、用水管理要求。量水测站宜设在渠系建筑物和水量交接处。量水测站布设应遵循“由上到下”和“先粗后细”，逐步缩小监测单元；交通、通讯便利；渠道顺直、渠基稳固、断面规则，便于布置测流断面和安装量水设备；水流平顺，不受闸门启闭和渠系建筑物壅水影响；枢纽工程处设置测站时宜与枢纽工程管理部门相结合；测流断面布置应便于节约用水管理等原则。应设置渠首测站，测站位置宜在渠段顺直、水流平稳处设置，也可与引水闸结合设置。干渠、支渠各级渠道应在分水闸下游或闸后设分水测站，位置宜设置在渠段顺直、水流平稳处。具有退水功能的灌溉渠道系统末端、退水闸及排水沟渠应设量水测站，观测退水量。为观测、收集专门资料（如渠道或管道的输水损失、糙率、含沙量、渠道水利用系数等），需要设置测站时，可在满足需求条件的位置增设专用测站。测站应设专门标志，宜将测站位置标示在灌区渠系平面图上。（第4.1.1~4.1.4，4.2.1~4.2.5条）。

（二）流量站建设

根据《水文站网规划技术导则》（SL/T 34—2023）规定，大型灌区引退水口应布设流量站。（第5.3.12条）

（三）视频监控站建设

根据《水利视频监控系统信息采集技术要求》（DB35/T 2045—2021）规定，视频采集点包括：包括水闸（按照水闸工程相关规定执行）、泵站（按照泵站工程相关规定执行）、灌区水库型水源地、信息机房、控制室、会商室等管理区域、管理区域出入口、灌区各管理站交接渠（沟）段（断面）位置、取水井、渡槽、倒吸虹、隧洞、涵洞等区域等。

（四）水质监测站建设

根据《水利部办公厅关于开展数字孪生灌区先行先试工作的通知》（办农水函〔2022〕1163号）要求，根据灌区管理需求，可在取（引）水口、地下水取水口、排（退）水口、用水管理分界点等开展水质监测。（第3.1.2.5条）

（五）墒情站建设

根据《水利部办公厅关于开展数字孪生灌区先行先试工作的通知》（办农水函〔2022〕1163号）要求，土壤墒情监测站配置应符合SL364的规定，稻田还应配备水位传感器监测水层深度。根据灌区实际需求，可采用卫星遥感、无人机监测等方式开展种植结构、作物需耗水、灌溉面积、作物长势与产量以及墒情等信息监测。（第3.1.4.2~3.1.4.3条）

（六）工程安全监测

根据《水利部办公厅关于开展数字孪生灌区先行先试工作的通知》（办农水函〔2022〕1163号）要求，工程安全信息宜监测水库大坝、水闸、渡槽、渠道及渠系建筑物（重点监测高边坡、高填方段）、堤防工程等的变形、渗流、应力应变等。监测点位、布置、

频次等应符合SL551、SL601、SL725、SL766、SL768等的规定。

（第3.1.3.4条）

（七）工情监测

根据《水利部办公厅关于开展数字孪生灌区先行先试工作的通知》（办农水函〔2022〕1163号）要求，工程运行信息宜监测闸（阀）门开度、荷载、过流量、启闭时间，泵站运行工况，泵站流量、实时负荷、启停时间等。（第3.1.3.3条）

二、数据汇缴

灌区工程的数据汇缴要求应符合表7的规定。

表7 灌区工程数据汇缴表

工程类型		数据汇缴
灌区工程	大型灌区	水位、流量、渠系建筑物安全、视频等监测数据实现省、市、县共享；闸门、电灌站工情状态实现数据直报。
	中型灌区	

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，应从工程与所在流域的空间包含与业务协同关系出发，实现水利部、流域管理机构、省级水行政主管部门、水利工程管理单位之间数字孪生平台的互联互通、数据共享、业务协同。应遵从统一的接口规范，通过数据交换、服务调用等方式实现与水利部及相关流域管理机构、省级水行政主管部门、工程管理单位数据底板、模型库、知识库共享。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，应与数字孪生流域、数字孪生水网充分协调，重点针对监测感知、数据底板、水利模型、水

利知识开展共建共享，避免重复建设。应满足行业监管的信息共享要求，同时结合水利工程建设任务和工程自身特点，为所在流域的数字孪生平台提供必要的数据和模型算法服务。

三、平台系统建设

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，在数字孪生水利工程数据底板基础上，充分共享模型库、知识库成果，充分利用现有信息系统，在孪生引擎的驱动下，发挥数字孪生水利工程的数字映射、智能模拟、前瞻预演作用，以工程安全为核心目标，建设工程安全智能分析预警、防洪兴利智能调度、生产运营管理、巡查管护、综合决策支持等业务应用，并结合实际需求持续扩展和升级完善。应加强业务应用自身安全防护。

根据《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）要求，大型灌区的输配水工程部分参照调水工程的适用标准开展数字孪生工程建设。

根据《水利部办公厅关于开展数字孪生灌区先行先试工作的通知》（办农水函〔2022〕1163号）要求，灌区业务应用平台建设供需水感知与预报决策、水资源配置与供用水调度、水旱灾害防御、工程管理、量水与水费计收、水公共服务及灌区一张图等主要业务模块。灌区根据管理需求，可建设数字沙盘应用模块，可开发水资源配置与供用水调度、水旱灾害防御等智能业务模块等。（第5.1.1~5.1.2条）

第八章 测雨雷达工程

一、监测站点建设

（一）雷达设备选型

根据《水利测雨雷达系统建设与应用技术要求（试行）》（办信息〔2022〕337号），为保证全国水利测雨雷达系统建设与应用质量，提高水利部门致灾暴雨监测预报能力，满足水利防汛工作对高精度致灾临近暴雨监测预警业务需要，按照成熟先进、实用可靠原则，全国水利测雨雷达系统建设与应用应执行统一的装备标准。

水利测雨雷达设备包括双极化天线、伺服单元、收发单元、标定单元、信号处理单元、运行监控单元，分为相控阵型和机械型两个型号，均采用X波段、全固态、全相参的双极化体制。

双极化天线，用于辐射微波能量和接收目标后向散射的微波功率；伺服单元，支持雷达实现方位和俯仰连续观测扫描；收发单元采用全固态体制，完成发射信号功率放大、接收信号低噪声放大等功能；标定单元，通过机内或外接专用测试平台、仪表等实现系统主要参数指标的自动测试及标定功能；信号处理单元：具有双极化信号的处理和IQ质量控制能力，并生成雷达基数据产品；运行监控单元，具备本地、远程监视和遥控雷达的能力。

水利行业各单位采购的水利测雨雷达装备应参加水利部组织的中试检测，即每台测雨雷达装备必须在水利部指定的检测机构参加中试检测，且检测合格后才能部署安装。水利部将每年公开发布中试检测结果，组织中试结果的年度和季度复查。

另外，根据《中华人民共和国无线电管理条例》和《工业和信息化部行政许可实施办法》，水利测雨雷达设备需具有无线电设备型号核准证，方可在市场上销售及应用。

(二) 应用软件要求

水利测雨雷达应用软件包括单部雷达应用软件、组网雷达应用软件、业务应用服务软件。

(1) 单部雷达应用软件

单部雷达应用软件应包括雷达基数据生成模块和质控处理模块。

雷达基数据生成模块，生成包含雷达观测基本信息、各变量观测信息的雷达基数据，并符合雷达基数据格式标准。质控处理模块，对雷达监测数据中的非气象回波进行电磁干扰剔除、距离折叠处理、衰减订正以及波束遮挡处理等。

(2) 组网雷达应用软件

组网雷达应用软件应包括雷达协同观测模块、组网拼图模块和反演产品处理模块。

雷达协同观测模块，调整雷达观测时间差异，保证雷达协同观测，根据雷达高度差异，确定拼图高度。组网拼图模块，对反射率因子、差分反射率因子、差分传播相位率、相关系数等观测变量进行组网拼图。反演产品处理模块，处理生成三维风场产品、混合反射率因子产品、垂直累积液态水含量产品、粒子相态分类等产品。

(3) 业务应用服务软件

应用服务软件需要提供精细的降雨监测、预报和预警产品，支持水利智能化业务预警服务，应包括精细化格点雨量监测产品及临

近预报产品应用模块、精细小流域（区域）面雨量监测及临近预报应用模块、乡镇级致灾暴雨告警/预警应用服务模块、产品展示服务模块等。

（三）雷达附属配套建设

雷达附属配套设备包括铁塔、方舱、供电设备、UPS 或发电机、防雷设施以及光纤专线网络、数据备份等。

（1）雷达铁塔

雷达铁塔提供一个安全、稳定、可靠的安装平台。雷达铁塔的安全设计应符合 QX/T 588-2020 要求，使用年限不低于 20 年，铁塔自身的高度宜低于 30m，能够抵抗 17 级强阵风，满足 GB50017-2017 抗震设计规范要求，塔身挂“中国水利”的标识。除此之外，还应满足：

铁塔塔顶平台在满足雷达运行要求基础上，方形不宜大于 5m×5m，多边形平台外接圆直径不宜大于 4.5m。

雷达铁塔结构设计在以风荷载为主的荷载标准组合作用下,控制精度应满足 QX/T 588-2020 中的要求。

雷达铁塔的防腐蚀性应满足：钢构件加工完毕应当进行防腐蚀处理，防腐蚀处理应当优先采用热镀锌方法。建设在海滨地区或大气腐蚀性地区的测雨雷达铁塔，应当采用热镀锌和非金属涂层结合的复合涂层防腐。直接埋入土中的钢构件应当镀锌并做沥青防腐处理。

塔顶部设置基座平台，安装维护平台，塔内设置步行梯。

应配备安全警示标识：铁塔外围设置安全警示牌，包括但不限于禁止标志（如禁止靠近、禁止入内、禁止跨越、禁止攀登、禁止

触摸、禁止跳下等），警告标志（如注意安全、当心触电、当心电缆、当心落物等），指令标志（如必须戴安全帽等）。位于机场净空保护区、航路下方的雷达铁塔应当设置航空障碍灯。

（2）方舱

方舱是用于放置测雨雷达室内设备的可供运载的厢式工作间，一般位于测雨雷达铁塔内或塔外地面安置，方舱应安置在离地 3m 以上高度。

方舱内应配备 UPS 系统，在电力中断的情况下保证不少于 24 小时电力稳定，UPS 应采用在线式不间断电源，确保供电稳定性。

方舱内配备环境温湿度仪器，具备数据记录和报警功能。另外，方舱内还应配备暖通空调系统，并满足以下要求：

a) 具备自动恒温控制功能，根据舱内温度变化自动调节制冷或制热功率，以确保在各种环境温度下，方舱内的温度维持在合适的范围（通常为 $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ ）；

b) 具备除湿功能，保持舱内相对湿度在合理范围（通常在 $30\% \sim 75\%$ ）；

c) 通风设备的进出风口应当考虑防尘、防雨、防风和防虫等措施。

（3）供电设施

本着经济实用原则，应优先配市电，就近从电网电源处引接，带稳压电源，电压范围： $\text{AC } 220 \pm 10\% \text{V}$ ，或 $\text{AC } 380 \pm 10\% \text{V}$ 。

在无市电引接或引电距离超过 3km 的条件下，可用农电。

（4）通信设备

通讯设备包括一般通讯和应急通讯两种。

一般通讯应采用有线网络，每个雷达站点应配备两条专用有线网络，采用一主一备模式；相控阵雷达传输带宽不小于 40Mbps，机械雷达传输带宽不小于 10Mbps，监控链路传输带宽不小于 10Mbps；塔上雷达至塔下方舱之间传输链路需配备 24 芯 ADSS 光缆，接入点分别配置 24 芯三通接续盒 1 个、余缆架 2 个(含测雨雷达监测站 1 个)，光配 1 个，接线盒熔纤后链路整体光衰小于 3db；雷达站点数据传输核心设备应采用三层千兆交换机，接口数量不少于 24 个 10/100/1000BASE-T 以太网端口、4 个千兆 SFP 及 1 个 Console 接口，包转发速率不低于 108/126Mpps，支持 OSPF、RIPv2、VRRP 等协议，具备双电源模块；站点核心双链路配置应采用动态协议进行组网，支持自动切换和远程手动切换两种模式，并且链路切换速率应小于 100ms。

应急通讯宜采用卫星通讯，也可采用微波通信。

(5) 防雷设备

防雷设备除符合 GB 50057-2010 要求。

防雷等级划分应当根据雷达站所在地雷击大地年平均密度修正值来确定。在高土壤电阻率地区，土壤电阻率不大于 $1000\Omega\cdot m$ 时，接地电阻值宜不大于 4Ω ；当土壤电阻率大于 $1000\Omega\cdot m$ 时，宜在雷达塔基础外增设环形人工接地体，并应使用不小于 $50mm\times 5mm$ 的热镀锌扁钢或直径不小于 16mm 的热镀锌圆钢与雷达塔基础的主钢筋连接，连接点不少于 4 处，且均匀分布，共用接地装置的接地电阻值宜不大于 5Ω 。

每个测雨雷达应安装避雷针，并满足 T/GAMDPM 013 — 2023 要求。竖向避雷针应避开雷达的主要探测方位，当采用 1 根竖向避

雷针无法全向保护雷达时，应增加水平方向辅助避雷针；避雷针在天线最低扫描角度以上部位应使用高强度玻璃钢管，其尺寸规格及强度应满足安装地最大风速、最大覆冰要求和不对雷达工作产生影响；雷达直击雷保护范围设计应按第二类防雷进行设计，滚球半径为 45m；避雷针与雷达边沿的垂直投影的水平距离应不小于 3m；雷达铁塔顶部平台安装的避雷针应采用截面积应不小于 50mm 的多股铜缆作引下线与地网连通，引下线应沿铁塔外侧钢管柱内敷设或套金属管沿塔身外侧敷设至塔脚，引下线应满足与铁塔的绝缘要求。

防雷接地应与雷达系统同步设计、同步施工和同时投产使用。

（6）视频监控设施

雷达站及周围情况需进行7×24小时监视。在雷达站塔底和塔顶应分别布设全向昼夜监控摄像机，配备网络传输设备，将监控视频通过专线实时传送到水利部信息中心的汇集平台和用户端的监控终端。

另外，雷达站点应配备电源状态监测装置，实时监测雷达站的电力供应状态；方舱内应配备 UPS 电源监测装置，监测 UPS 电源的电池电量、放电时间、充电状态和切换状态。

（四）部署条件

根据《水利测雨雷达系统建设与应用技术要求（试行）》（办信息〔2022〕337号），水利测雨雷达设备组网部署应满足以下条件（7.1）：

（1）组网方式

为了充分发挥水利测雨雷达监测预警能力，要求根据监测流域面积确定雷达组网方式（三角式、四方式、菱形式等），组网观测雷达数应 ≥ 3 台；各雷达站间距应遵循30~60km距离范围进行选址布设。

（2）站址条件

拟选站址四周应无高大建筑物、山体、高大树木等遮挡且地质条件比较稳定的地方，宜优先考虑水利部门已有的测站；同时保证X波段水利测雨雷达工作时不与周边依法布设的其他设备产生同频干扰。

（3）交通条件

雷达站宜选址在交通道路通达的地方，便于施工、运输以及安装，同时便于日后设备的运维保障工作。

二、数据汇缴

测雨雷达工程的数据汇缴要求应符合表8的规定。

表8 测雨雷达工程数据汇缴表

工程类型	数据汇缴
测雨雷达工程	雷达原始基数据（反射率因子、差分反射率因子、径向速度、谱宽、相关系数、差分传播相位和差分传播相位率等监测变量）实现省、市、县共享。

按照数字孪生流域建设有关要求，各流域管理机构、各省级水行政管理部门建设的水利测雨雷达基数据应实时上传至水利部；水利部负责全国水利测雨雷达基数据质量控制和质量评估，定期公布质量评估结果，负责质控后基数据和应用产品数据统一共享管理。

根据《水利测雨雷达系统建设与应用技术要求（试行）》（办信息〔2022〕337号），水利行业各单位所建设的水利测雨雷达收集的数据，应按照数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生水利工程中数据底板的要求进行数据共享。

根据水利部关于印发《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》的通知（水信息〔2022〕148号）要求，应从工程与所在流域的空间包含与业务协同关系出发，实现水利部、流域管理机构、省级水行政主管部门、水利工程管理单位之间数字孪生平台的互联互通、数据共享、业务协同。应遵从统一的接口规范，通过数据交换、服务调用等方式实现与水利部及相关流域管理机构、省级水行政主管部门、工程管理单位数据底板、模型库、知识库共享。

三、平台系统建设

系统控制、运算和处理中心站是整个测雨雷达网的中枢，应基于分布式软件系统定制化匹配硬件平台，将软硬件性能充分匹配优化。

测雨雷达网系统控制运算处理中心站应具备极强的高并发分布式海量数据处理能力，支持雷达数据的加密、压缩、连接传入的断点续传、数据恢复与缓存功能；支持海量数据的高速快速存储能力，最大限度地保障数据的安全性、可靠性与稳定性，提供可靠的数据流处理服务；同时支持分布式软硬件平台的分布式扩展。

附录A：水利工程信息化基础设施建设内容表

水利工程信息化基础设施建设内容见下表。

工程类型		雨量	水位（潮位）	流量	安全监测	视频	水质	生态流量	墒情	工情	工程BIM	数据汇缴	平台系统
水库	大型	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●
	中型	●	●	●	●	●	○	●	▲	●	●	●	●
	小（1）型	●	●	▲	○	●	○	○	▲	○	○	●	○
	小（2）型	●	●	▲	○	●	○	○	▲	▲	○	●	○
堤防工程	3级及以上	▲	●	○	●	●	▲	▲	▲	▲	●	●	○
	3级以下	▲	●	○	○	●	▲	▲	▲	▲	○	●	○
引调水工程	大中型	▲	●	●	●	●	●	▲	▲	●	●	●	●
水闸工程	大型	●	●	○	●	●	○	○	▲	●	●	●	○
	中型	●	●	○	○	●	○	○	▲	●	●	●	○
泵站工程	大型	▲	●	●	●	●	○	▲	▲	●	●	●	○
	中型	▲	●	●	○	●	○	▲	▲	●	●	●	○
灌区工程	大型灌区	▲	●	○	○	●	○	▲	○	●	○	●	●

工程类型		雨量	水位（潮位）	流量	安全监测	视频	水质	生态流量	墒情	工情	工程BIM	数据汇缴	平台系统
	中型灌区	▲	●	○	○	●	○	▲	○	●	○	●	○
测雨雷达工程		●	○	○	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	●	●
注：●为基本配置，指正常情况下应采用；○为推荐配置，指条件许可时首先应采用；▲为可选配置，指可根据工程实际情况选做。													

附录B：常用法律法规、标准规范和政策性文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

1. 《灌溉渠道系统量水规范》（GB/T 21303）
2. 《取水计量技术导则》（GB/T 28714）
3. 《水文基本术语和符号标准》（GB/T 50095）
4. 《水位观测规范》（GB/T 50138）
5. 《河流流量测验规范》（GB 50179）
6. 《城市排水工程规划规范》（GB 50318）
7. 《降水量观测规范》（SL 21）
8. 《水文站网规划技术导则》（SL/T 34）
9. 《水文自动测报系统技术规范》（SL 61）
10. 《水环境监测规范》（SL 219）
11. 《水文基础设施建设及技术装备标准》（SL/T 276）
12. 《声学多普勒流量测验规范》（SL 337）
13. 《土壤墒情监测规范》（SL 364）
14. 《水资源水量监测技术导则》（SL 365）
15. 《水位观测平台技术标准》（SL 384）
16. 《水量计量设备基本技术条件》（SL/T 426）
17. 《水利视频监视系统技术规范》（SL 515）
18. 《土石坝安全监测技术规范》（SL 551）
19. 《混凝土坝安全监测技术规范》（SL 601）

20. 《水利水电工程自动化设计规范》（SL 612）
21. 《水文缆道设计规范》（SL 622）
22. 《水文监测数据通信规约》（SL 651）
23. 《水利水电工程安全监测技术规范》（SL 725）
24. 《水工隧洞安全监测技术规范》（SL 764）
25. 《水闸安全监测技术规范》（SL 768）
26. 《堤防工程安全监测技术规程》（SL/T 794）
27. 《水利水电工程生态流量计算与泄放设计规范》（SL/T 820）
28. 《水资源监测要素》（SZY 201）
29. 《水资源监测站建设技术导则》（SZY 202）
30. 《数字孪生水利工程建设技术导则（试行）》（水信息〔2022〕148号）
31. 《“十四五”智慧水利建设规划》（水信息〔2021〕323号）
32. 《数字孪生流域数据底板地理空间数据规范（试行）》（办信息〔2022〕325号）
33. 《水利业务“四预”功能基本技术要求（试行）》（水信息〔2022〕149号）
34. 《水利部办公厅关于开展数字孪生灌区先行先试工作的通知》（办农水函〔2022〕1163号）
35. 《水利业务网建设技术指南》（办信息〔2022〕130号）
36. 《水利部办公厅关于加强重大水利工程数字孪生项目设计的通知》（办规计〔2022〕323号）

37. 《水利部关于推进水利工程建设数字孪生的指导意见》
(水建设〔2024〕93号)

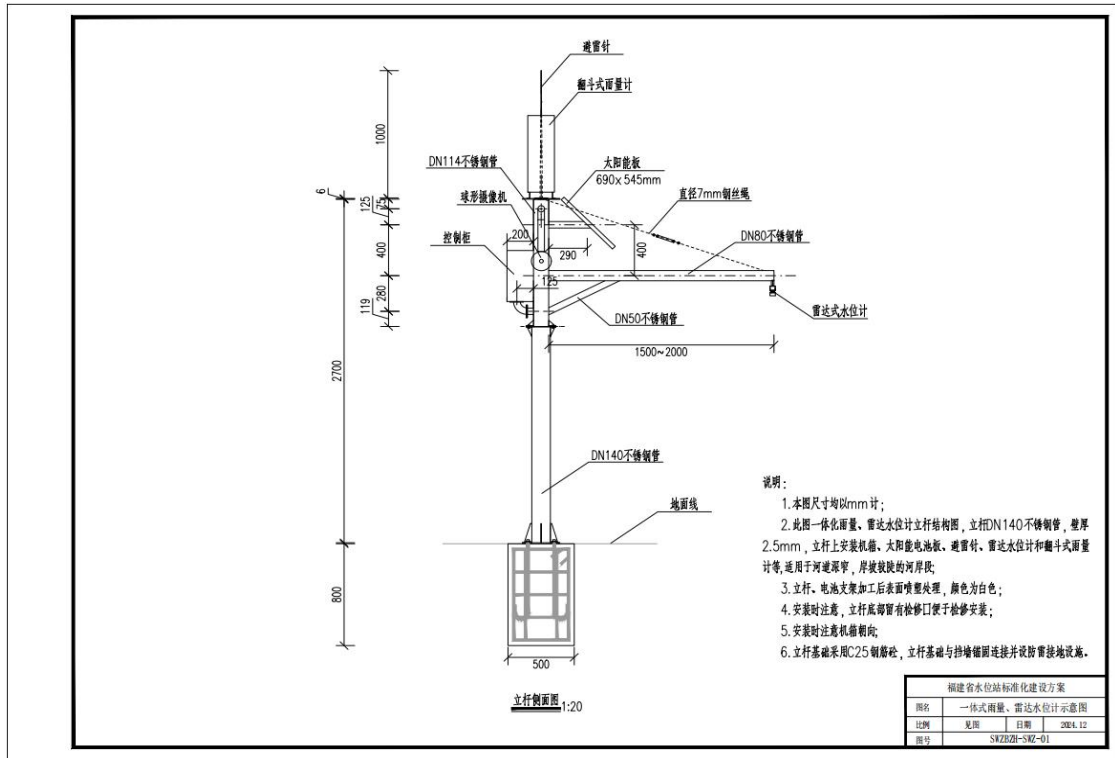
38. 《水利部办公厅关于进一步加强重大水利工程雨水情监测
预报“三道防线”、安全监测、数字孪生设计工作的通知》(办规计
〔2024〕181号)

39. 《福建省水利厅关于加强我省水利工程数字孪生项目设计
工作的通知》(闽水函〔2023〕315号)

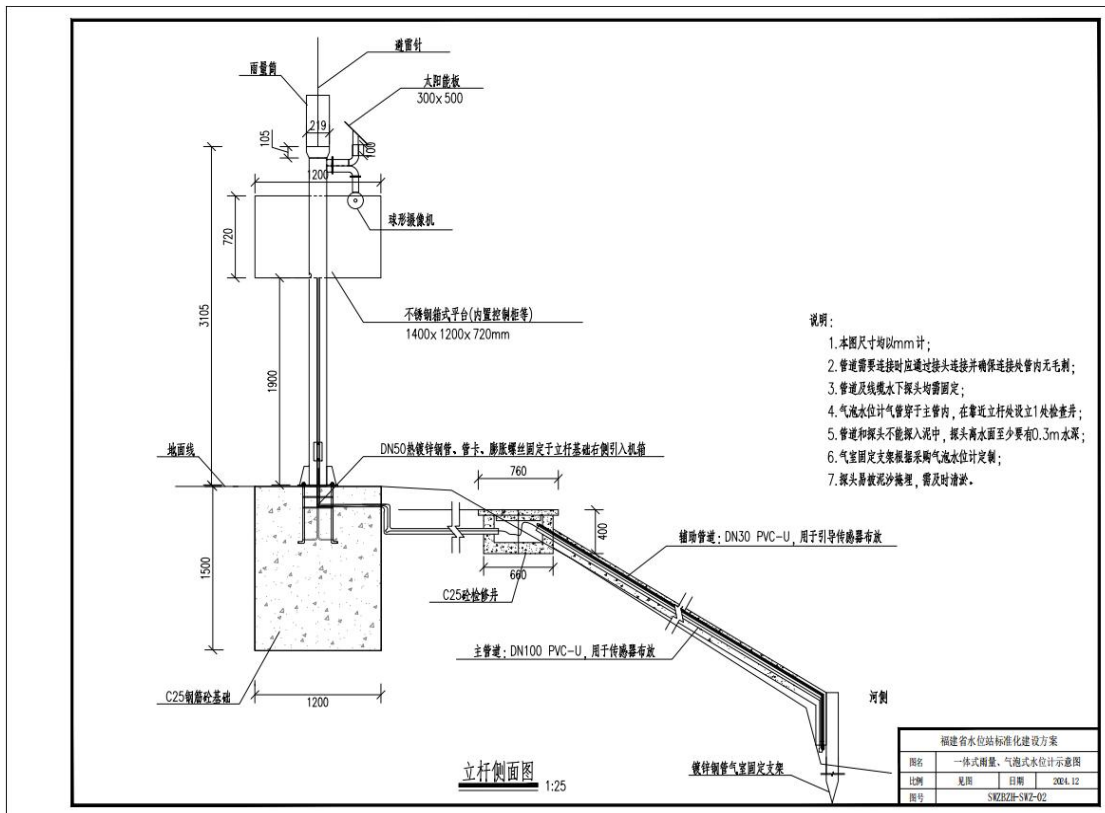
40. 《福建省水利厅关于运用BIM技术推进数字孪生水利工程
建设的指导意见》(闽水函〔2023〕544号)

41. 《水利测雨雷达系统建设与应用技术要求(试行)》(办
信息〔2022〕337号)

附录C：新建水位站一体式设计示意图



附图1-1 新建水位站一体式设计示意图（雷达水位计）



附图1-2 新建水位站一体式设计示意图（气泡水位计）