



T / C E C S × × × - 2 0 × ×

中国工程建设标准化协会标准

城镇供水长距离输水管（渠）道工程 技术规程

**Technical specification for long distance water transmission pipeline
engineering of urban water supply**

××××出版社
20××北京

中国工程建设标准化协会标准

城镇供水长距离输水管（渠）道工程 技术规程

Technical specification for long distance water transmission pipeline
engineering of urban water supply

T/CECS ×××-20××

主编单位：中国市政工程东北设计研究总院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20××年××月××日

××××出版社

20××北京

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2019 年第一批工程建设协会标准制定、修订计划>的通知》（建标协字[2019]12 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程共分为 10 章，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、输水工艺、输水线路、附属设施及管道附件、输水系统水锤防护、监测与智慧管控、施工及验收、运行和维护。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会城市给水排水专业委员会归口管理，由**中国市政工程东北设计研究总院有限公司**负责具体技术内容的解释。使用过程中如有意见或建议，请寄送中国市政工程东北设计研究总院有限公司（地址：吉林省长春市朝阳区工农大路 618 号，邮编：130021）。

主编单位：中国市政工程东北设计研究总院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1. 总则	1
2. 术语	2
3. 基本规定	4
4 输水工艺	5
4.1 设计流量	5
4.2 输水方式	6
4.3 水力计算	10
5 输水线路	12
5.1 一般规定	12
5.2 管道敷设	12
5.3 管材选择	14
6 附属设施及管道附件	18
6.1 一般规定	18
6.2 附属设施	18
6.2 附属设备	19
6.3 水力控制装置	20
6.4 设施连接	25
7 输水系统水锤防护	28
7.1 一般规定	28
7.2 水锤分析	29
7.3 水锤防护	33
8. 监测与智慧管控	36
8.1 一般规定	36
8.2 监测及通讯	36
8.3 自动化控制	38
8.4 智慧管理	39
9 施工及验收	41
9.1 一般规定	41

9.2 施工	41
9.3 验收	43
10 输水系统运行和维护.....	46
10.1 一般规定	46
10.2 有压重力输水管道运行要求.....	47
10.3 加压输水管道运行要求.....	48

Contents

1. GENERALS	1
2. TERM	2
3. BASIC REGULATIONS.....	4
4. WATER TRANSMISSION PROCESS.....	5
4.1 DESIGN FLOW RATE	5
4.2 WATER TRANSMISSION MODE	6
4.3 HYDRAULIC CALCULATION	10
5. WATER TRANSMISSION LINE.....	12
5.1 GENERAL PROVISIONS	12
5.2 PIPELINE LAYING.....	12
5.3 PIPE MATERIAL SELECTION	14
6 ACCESSORY FACILITIES AND PIPE ACCESSORIES	18
6.1 GENERAL PROVISIONS	18
6.2 ACCESSORY FACILITIES.....	18
6.2 ACCESSORY EQUIPMENT.....	19
6.3 HYDRAULIC CONTROL DEVICE.....	20
6.4 FACILITIES CONNECTION	25
7 WATER HAMMER PROTECTION OF THE WATER TRANSMISSION SYSTEM	28
7.1 GENERAL PROVISIONS	28
7.2 WATER HAMMER ANALYSIS	29
7.3 WATER HAMMER PROTECTION	33
8. MONITORING AND INTELLIGENT CONTROL.....	36
8.1 GENERAL PROVISIONS.....	36
8.2 MONITORING AND COMMUNICATION	36
8.3 AUTOMATIC CONTROL	38
8.4 INTELLIGENT MANAGEMENT	39
9 CONSTRUCTION AND ACCEPTANCE.....	41
9.1 GENERAL PROVISIONS.....	41
9.2 CONSTRUCTION	41
9.3 ACCEPTANCE	43

10 OPERATION AND MAINTENANCE OF WATER TRANSMISSION SYSTEM	46
10.1 GENERAL PROVISIONS	46
10.2 OPERATION REQUIREMENTS FOR PRESSURE GRAVITY WATER PIPELINE.....	47
10.3 OPERATION REQUIREMENTS FOR PRESSURIZED WATER PIPELINE.....	48

1. 总则

1.0.1 为规范长距离输水管（渠）道工程的设计、施工及运行管理，做到安全可靠、技术先进、经济合理，制定本规程。

【条文说明】本条款是对本标准制定的目的进行规定。

1.0.2 本规程适用于城镇和工矿企业输送原水、清水管（渠）道等长距离输水工程的设计、施工及运行管理。

【条文说明】对条款是对本标准制适用范围进行规定。再生水、海水淡化及不足 10km 但具有同样技术特点的输水管（渠）道也可参照本规程执行。

1.0.3 长距离输水管（渠）道工程设计、施工及验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】本条款规定了本标准与现行国家标准的关系。

2. 术语

2.0.1 长距离输水管（渠）道工程 long distance water transmission pipeline engineering

采用输送距离超过 10km 的管（渠）道输送原水、清水的建设工程。包括输水管（渠）道、加压泵站、管道穿越障碍物措施、附属设施和管道附件等内容。

2.0.2 管道附属设施 pipeline auxiliaries

为保护管道运行安全可靠、方便检修维护，需要设置的辅助性设施。包括调节水池、调压井（塔）、阀门井、仪表井、进气排气阀井、泄水井、管道支墩等。

2.0.3 管道附属设备 pipeline accessories

指检修阀、泄水阀、进排气阀、减压阀、止回阀、泄压阀、调流调压阀、减压控流阀、伸缩器、流量计、压力表等设备及计量仪表的统称。

2.0.4 管道配件 pipe fittings

弯管、三通、四通、异径接头、法兰等配件的统称。

2.0.5 压力输水 water transmission by pressure pipeline

有压重力输水和加压输水的统称。

2.0.6 明渠输水 water transmission by opening channel

利用地形高差，采用天然河流或不加盖的人工渠道输送原水的方式。

2.0.7 暗渠输水 water transmission by tunnel or covered channel

采用箱涵或加盖渠道输水的方式，包括无压重力输水、有压重力输水和加压输水三种方式。

2.0.8 无压重力输水 water transmission by gravity and non-pressure pipeline

利用地形高差，采用无外加动力、非满流管（渠）道输水的方式。

2.0.9 有压重力输水 water transmission by gravity and pressure pipeline

利用地形高差，采用无外加动力满流承压管（渠）道输水的方式。

2.0.10 加压输水 water transmission by pumping

利用水泵提供的压力能采用满流承压管（渠）道输水的方式。

2.0.11 水锤 surge or water hammer

压力管道中,由于流速剧烈变化而引起一系列压力急剧交替升降的水力冲击现象,又称水击。

2.0.11 叠压供水 additive pressure water supply

利用上级管道压力直接增压的供水方式。

2.0.12 最高稳态压力 maximum steady state pressure

指供水系统中所有稳定运行工况中的最大工作压力。

3. 基本规定

3.0.1 工程的设计应符合城镇建设总体规划和区域规划。

3.0.2 输水管线的路由选择应减少拆迁，少占农田，保护环境，易于维护。

3.0.3 应在确保安全可靠的条件下，优化设计方案，降低系统能耗，减少漏损，节约投资。

3.0.4 输水管线的建设应采用新技术、新材料和新设备。

3.0.5 水泵加压输水管道系统，应根据管道纵剖面布局、水泵参数以及管线上所设置的附属设备性能与参数，分析计算管道系统启停水泵及开关阀门产生水锤的可能性，并确定水锤的类型、大小、危险程度及防护措施等。

3.0.6 长距离输水管（渠）道的水锤防护措施应经过非稳定流分析计算，通过两种以上分析方法验证后确定。

【条文说明】3.0.6 长距离输水管道系统无论管径大小和压差高低，都有可能产生升降压幅度较大的瞬态水锤，危害供水安全。应进行瞬态水锤分析及验证，设置必要的水锤防护措施。

3.0.7 多级加压输水系统应在保证供水管道安全的前提下，充分利用管道余压。

3.0.8 输水管道的公称压力，应根据最大使用压力和水锤计算综合确定。

【条文说明】3.0.8 输水管道的最大使用压力应考虑采用不同设计工况和不同使用条件下的最大水压，压力输水管道的公称压力应根据最大使用压力和水锤计算综合确定，一般应为最大使用压力加0.2~0.4MPa安全余量，当选用非金属管材时，安全余量可根据经验适当放大。最大使用压力等于最高稳态压力，采用了水锤防护措施后的最高瞬态压力不应超过最高稳态压力的1.3~1.5倍。

3.0.9 给排水管道工程所用的原材料、半成品、成品等产品的品种、规格、性能必须符合国家有关标准的规定和设计要求；接触饮用水的产品必须符合有关卫生要求。严禁使用国家明令淘汰、禁用的产品。

3.0.10 进入管廊的输水管道，支撑形式、间距、固定方式应通过计算确定，并应符合现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332的规定。

4 输水工艺

4.1 设计流量

4.1.1 从水源至城镇净水厂的长距离原水输水管（渠）道的设计流量，应按净水厂最高日平均时供水量加管（渠）的漏失水量和净水厂自用水量确定。从净水厂向配水管网输送清水的长距离输水管道设计流量，应按最高日最高时用水条件下，净水厂送水量确定。具有消防给水功能的输水管（渠）道，应包括消防用水补充流量或消防流量。

【条文说明】4.1.1 长距离输水管（渠）道的沿程漏水量可能占总设计流量的比重较大，故应纳入设计水量，尤其是无压渠道的漏失水量更不应忽略，对于明渠还应考虑蒸发水量。由于以往各地输水管道工程因距离长短不一、管材不同，计算中采用的漏失水量不同，例如，有的输水管道工程漏失率采用3%，有的工程漏失率则采用低于或高于3%，目前缺乏广泛的实测数据可供分析参考。因此，设计时应按输水量、距离、采用的管材和水源情况等因素，合理确定漏失水量。如无同类工程实测资料可采用2%~5%。与管网直接相连的有压输水管道，供水量计算中已包含了管网漏失水量，故其设计流量无需另计漏失水量。从净水厂至配水管网的输水管，其设计流量可分两种情况考虑：当单水源且管网无调节构筑物时，应取最高日最大时用水量为设计流量；当多水源或有调节构筑物时，应按最高日最大时条件下输水管连接的净水厂所负担的供水量计算。具有消防功能的输水管道，在技术经济比较或计算经济管径时可暂时不考虑消防水量，但在输水管管径选定后应加入消防水量进行输水能力校核。当消防工况输水压力不够时，应采取包括放大输水管管径在内的各种有效措施。

4.1.2 输水管（渠）道不宜少于两条，当多水源供水或有调节水池或其他安全措施时，也可修建一条输水管（渠）道。

【条文说明】4.1.2 为保证输水安全，输水管一般宜设两条。当一条输水管道发生事故时，另一条输水管道仍能正常运行，不会造成整个输水系统瘫痪。单条输水管的调节水池，应按其最低输水保证率要求及检修时间确定调节容积。

4.1.3 输水管（渠）道的连通管断面和根数，应按输水管（渠）道任何一段发生故障时仍能通过事故流量计算确定，连通管根数可按式4.1.3计算。

$$\alpha = \sqrt{\frac{m+1}{m+4}} \quad (4.1.3)$$

式中： α ——某水源供水量的最低保证率

m ——连通管道的条数

【条文说明】4.1.3 单水源或多水源中重要水源的两条并行输水管，为了保证事故输水量，还应设两条以上的连通管，等分连通管条数可按事故时供水系统对该水源供水最低保证率的要求近似计算。

4.1.4 城镇供水的事事故水量不应低于设计水量的70%；工业企业的事事故流量应按有关工艺要求确定。

【条文说明】4.1.4 输水管事故供水量，一般按城镇事故供水量要求，取设计供水量的70%，当情况特殊时，按实际要求确定供水保证率。

4.1.5 当采用明渠输送原水时，应有可靠的水质保护和减少水量流失的措施。

【条文说明】4.1.5 明渠输水易产生水量流失和受到水质污染。水量流失包括漏失、蒸发、未预见的和人为因素等。水质污染的因素也很多，如果无切实可行的防护措施，将影响安全供水。

4.2 输水方式

4.2.1 输水方式包括无压重力输水、有压重力输水、加压输水、重力和加压组合输水等，应通过技术经济比较后确定。

【条文说明】4.2.1 输水方式的选择应充分考虑系统的节能，按管道的动压形式可分为无压重力输水、有压重力输水、无压与有压结合方式输水。其中：无压重力输水包括明渠、暗渠以及非满管的管道输水；有压重力输水为可利用首末端压差满管流的管道输水；加压输水为水泵提供压能的管道输水；重力和加压组合输水为既有压差可利用，又需水泵提供压能的满管流管道输水。

4.2.2 输水方式的选择，应符合以下要求：

- 1 有良好的卫生防护条件，输水过程中保证所输送的水不受污染；
- 2 输水量稳定可靠；
- 3 运行安全可靠，调度及维护管理方便。

【条文说明】4.2.2 应以保证输水水质和水量安全为主要条件选择输水方式，同时

兼顾运行调度管理方便以及投资多少等技术经济因素，通过多方案比较确定。鉴于长距离输水难以控制水量的流失和水质保护，一般优先选择管道或暗渠输水方式。

4.2.3 当高差足够、地形适宜且输送原水水量较大时，可采用无压暗渠输水方式。

【条文说明】4.2.3 输水线路的选择应尽量避免人类生活及生产活动造成水质污染，且应有卫生防护措施，应计算输水过程中渗漏等水量损失。

4.2.4 在城镇供水工程中，不应采用明渠输送清水。

【条文说明】4.2.4 由于水量渗漏、蒸发及水质污染难以控制，城镇供水中不应采用明渠输水。

4.2.5 当高差足够、距离较长，在地形适宜时可采用无压重力输水方式。并符合下列规定：

1 无压重力管（渠）道应具备检修和通气功能。必要时还应设置消能或水位控制措施。

2 当采用管径或当量直径小于 700mm 的圆形断面时，检查井间距不宜大于 200m；当管径或当量直径大于 700mm 时，不宜大于 400m。

3 通气井或兼有通气作用的检查井，其井盖应考虑通气的可靠性，不应采用普通不透气井盖；

4 无压暗渠输水方式的流量调节应通过管渠首端控制，流量调节响应时间按下式计算：

$$t = \sum_{i=1}^n L_i / V_i \quad (4.2.4)$$

式中：t ——流量调节响应时间，即水流到达时间（s）；

L_i ——计算段管渠长度，（m）；

V_i ——计算段管渠内水流平均流速（m/s）；

n——计算管渠分段数。

【条文说明】4.2.5 无压暗渠的构造形式有普通明渠加盖板、箱涵或圆管三种，其运行特点是非满流无压输水。应根据流量调节响应时间和用水情况，合理设置相应的调节构筑物或其他措施。因输水暗渠的密封条件一般低于有压管道，故其漏水量不容忽视，漏水量计算应参考同类管渠的经验进行。无压暗渠的流量调节通常在

渠首进行，因流速变化范围较小，主要取决于输水距离，输水距离越长流量调节越困难，输水量变化越大流量调节也越困难，所需的调节水池容积也越大。故使用暗渠方式输水必须注意输水量及其变化规律，并根据输水距离和输水量大小的变化规律设置所需的调节水池。为了保证安全，输水暗渠还应在末端和经过河流或有放水条件的地方设置退水口或超越管等。无压暗渠所设的通气孔或通气井盖，最好加装防护网，以防止人为污染物通过通气孔进入暗渠。检修口应采用带法兰密闭井盖。

4.2.6 在一般情况下，当有足够的可利用输水地形高差时，宜优先选择有压重力输水方式。并符合下列规定：

- 1 选择重力输水时，应充分利用地形高差，使输送设计流量时所采用的管径最小，以求得最佳经济效益；
- 2 重力输水管最大流速不宜大于 3m/s ；
- 3 当重力输水管道进口端水位变化较大时，应加装调流调压设施；
- 4 当重力输水管道在较低流量运行工况下产生较大富余水头时，应加装减压消能设施。

【条文说明】4.2.6 输水起末端的水力高度差为有压重力输水的可利用水头。在确定输水设计流量后，可利用水头越大，输水管管径可越小，投资越少。当然，输水管流速越大，流量调节时可能引起的水锤升降压幅度也越大。

为防止管道发生破坏性水锤事故，一般要求输水管流速不大于 3m/s 。当管材强度较弱，或地质、地形条件复杂时，还应经过水锤计算适当降低输水流速，以利管道安全运行。

当水头富裕时，也可以通过增大流速即缩小管径的以沿程损失的方式消耗部分富裕水头，但最大流速不应超过 4m/s ；而且必须采取有效措施控制其长距离管段下游侧阀门的关阀所引起的水锤升降压幅度。

有压重力输水在以下三种情况下需消减富余能量：当可利用水头过大，管中流速超过 3m/s 或超过经水锤计算所确定的最大流速时；起端(如水库等)水位变幅较大时；低于设计流量运行，输水管下游管道因压力增加较多，不利于安全输水时。这三种情况较适宜的消能装置为减压恒压阀。第一、三种情况减压装置常设在输水管的中下游；第二种情况常设在输水管中上游；第一、三种情况设置的减压阀对输水

管还具有较好的水锤防护和减少漏失水量的功能。

当有压重力输水管输送清水与城市配水管网相连时，应注意其输水工况受管网工况影响：晚间输水量减小，压力升高，需减压、消能；最大用水量时，当水厂调节池容量不够时，管道将会被拉空，需控流。因此，在输水管与管网交接处有时设置既能消能又能控流的装置。

当压差、流量很大，有利用水能发电条件，且当地缺乏供电能力的情况下，可以考虑利用水能发电，如管道式水力发电机，既可以供给管道沿线自控用电，也可以考虑反馈城市电网。

4.2.7 当没有可利用的输水地形高差时，可选用水泵加压输水方式。并满足下列要求：

1 当水泵加压总扬程不大于 90m，且输水距离不大于 50km 时，宜采用单级加压方式；

2 当水泵加压总扬程大于 90m 时，应通过技术经济综合比较，选择加压级数。

【条文说明】4.2.7 当加压输水所需水泵扬程较高时，往往需要多级加压。增加水泵加压级数，可降低管道承压等级，提高输水安全可靠，降低工程投资。多级加压包括叠压输送及非叠压输送，非叠压管道的衔接处，通常设置级间水池；但应注意各级间的水力匹配，提高经济效益。

4.2.8 在可利用输水地形高差较小时，可选用重力和加压组合输水方式。并符合下列规定：

1 当采用组合输水方式时，应设置流量调节设施，以实现两种输水方式之间的水力衔接。

2 对有压输水管道，应根据管径大小设置适当数量的检修孔。

【条文说明】4.2.8 单级重力和加压组合输水是指当可利用的输水高差不足时，如仅利用高差输水可能会使输水管管径过大，不经济。因此，采用不仅利用地形高差，而且用水泵加压的输水方式。多级重力和加压联合输水，往往是因地形复杂，高低起伏很大，输水管路由两个以上单独的重力输水和压力输水部分构成。采用多级重力流和加压组合输水方式时，应注意上、下级之间的水力匹配，应设置必要的流量调节设施，避免出现水力失调。压力输水管道检修孔可结合排气井协同设置，间距

宜为0.8km~1km。检修前应确保操作环境安全。

4.2.9 当采用承压隧洞或涵洞输水方式时，应设置可靠的进排气设施。

【条文说明】**4.2.9** 如果承压输水隧洞或涵洞排气不畅，气囊在洞内聚集并长期存在，不但造成水阻增大，还容易产生压力振荡，甚至可能造成洞涵局部坍塌。常用的排气方法是打竖直的通气孔，其数量原则上应等同于无压暗渠、有压重力或加压输水管道上排气阀安装的数量要求。但在很多情况下因成本高，难以实现。因此，应采用可靠的进排气措施，解决可能存在的气囊危害。

4.3 水力计算

4.3.1 输水管的管径应根据技术经济比较确定，重力输水管（渠）道断面应根据输水量、输水距离、地形高差、管（渠）道材料计算确定。

【条文说明】**4.3.1** 长距离输水管（渠）的管径和断面尺寸对工程造价和安全运行都有很大影响，在选择时应进行技术经济比较。有压管道可用经济管径公式计算，或采用界限流量法。重力输水管道可采用经济水头损失的方法计算经济管径。除上述计算外，还应结合管道运行管理方面的经验和要求，以及安全调度等综合因素确定管径。

4.3.2 管（渠）道的水头损失应按现行国家标准《室外给水设计标准》GB 50013的规定计算。

【条文说明】**4.3.2** 不同管材的输水管（渠）道水头损失，应按现行国家标准《室外给水设计标准》GB50013规定的公式计算。

4.3.3 应核算压力输水管道的各种运行工况，并采取适当措施避免富余水头过大或在局部凸起点管道内出现负压。

【条文说明】**4.3.3** 长距离输水管（渠）道的总水头损失较大，考虑到建设难度，规划的供水年限往往较长。投产初期输水流量可能较小，用水泵加压输水的管道，此时的水压线低于设计工况。当管道地形较复杂时，应特别注意校核计算，保证运行中管道任何节点都不出现负压。因一旦出现负压就可能造成水质污染；水流产生气体释放，并可能引发气蚀、断流或管道长期积气而影响运行安全。当输水管末端为较陡的下坡时，低流量运行工况宜采取增加阻力的措施，以保证管路不出现负压

管段以及满流与非满流交替运行的不良工况。

5 输水线路

5.1 一般规定

5.1.1 应根据输水方式、地形、工程地质、交通运输等条件，经多方案比较后确定输水线路。

5.1.2 输水线路的选择应遵循以下原则：

- 1 应少占农田、林地，避开环境敏感区，当路由受限需要通过环境敏感区时，应征得其主管部门同意并采取保护措施；
- 2 应避开军事禁区、飞机场、铁路编组站及汽车客运站、海（河）港码头、厂矿企业等区域；
- 3 除为管道工程专门修建的隧道、桥梁外，不应在铁路或公路的隧道内及桥梁上敷设输水管道。从公路、铁路的桥梁下交叉穿越时，应确保基础的安全稳定；
- 4 不宜与公路、铁路、河流反复交叉穿越；需要交叉时，其穿越点宜选在路堤或河堤的直线段，穿越宜避开高填方区、路堑、路两侧为同坡向的陡坡地段。
- 5 与公路、铁路并行的管道路由宜在其用地界以外，如不满足要求时，应征得道路管理部门的同意；
- 6 宜避开高压直流换流站接地极、变电站等强干扰区域；
- 7 应避开滑坡、崩塌、塌陷、沼泽、海滩、沙滩、河谷、泥石流、洪水严重侵蚀等地质灾害地段，宜避开矿山采空区及全新世活动断层。当受到条件限制必须通过上述区域时，应选择危害程度较小的位置通过，并采取相应的防护措施。
- 8 不应穿过毒物污染区和腐蚀性地区，如必须穿越时，应采取可靠的防护措施。

【条文说明】5.1.2 规定了输水管（渠）道线路选择的原则。

5.2 管道敷设

5.2.1 输水管道的埋设深度，应根据冰冻情况、外部荷载、管材强度和与其他管道交叉等因素确定。

【条文说明】5.2.1输水管一般应埋设在冰冻线以下。当浅埋时应进行抗外部荷载计算，抗冰冻热力计算，同时应考虑管道附件如排气阀等安装高度问题。一般不应使阀门井高出路面。

5.2.2 在土壤承载力较高，且地下水位很低时，输水管道可直埋在管沟中的天然地基上。在流砂、沼泽等土壤松软地区，应对输水管道进行基础处理，当采用混凝土基础时，强度等级不应低于C15。

【条文说明】5.2.2输水管道铺设于流沙、沼泽地或地下水位线高于管底地段时，应做稳固性基础，其型式应因地制宜，可参考同类工程的成熟经验，以及现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332规定的原则确定。

5.2.3 在岩石或半岩石地基上，管底应铺垫厚度100~200mm的砂垫层，且在铺管前整平压实。

【条文说明】5.2.3本条是关于管道敷设于岩石等硬基础地段上的管基处理要求。岩石及砾石区的管沟，沟底比土壤区管沟超挖不应小于0.2m，并用细土或砂将超挖部分压实垫平后方可下管。管沟回填时，应先用细土回填至管顶以上0.3m，方可用原开挖土回填并压实。管沟回填土在不影响土地复耕或水土保持的情况下宜高出地面0.3m。

5.2.4 明敷管道应设置调节管道伸缩的设施，并根据需要采取防冻保温及防措施。

【条文说明】5.2.4明敷管路采用钢管较多，其热胀冷缩量较大，工程上多采用伸缩节进行补偿调节。但在实际中伸缩节被拉脱的现象时有发生，故应该注意其伸缩量的计算和型式的选择。夏季综合管廊敷设给水、再生水管道的舱室内部温度一般较周边大气温度低，运行时管道外壁极易发生结露现象，入廊管线及其附属设施长期在结露环境下易发生腐蚀现象；严寒地区冬季，严寒地区综合管廊曾出现因冷空气入侵导致管线冻害，因此应增设防止冻害及结露设施。

5.2.5 输水管道与建构筑物、铁路和其他管道的最小净距，应符合现行国家标准《城市工程管线综合规划规范》GB 50289的规定。当两条输水管并行时，应满足附属设施安装距离及相关要求。

【条文说明】5.2.5本条款是关于输水管与各种建构筑物、铁路和其他管道等的间距的规定，应符合现行国家标准《城市工程管线综合规划规范》GB 50289的规定。当两条压力输水管并行时，在满足安装距离的同时，还应考虑它们之间有一定防冲刷间距。

5.2.6 输水管道设在地下水位线以下时，应按管道放空进行抗浮验算。

【条文说明】5.2.6因事故检修时需放空管道，故输水管道抗浮校核应按空管计算。

5.2.7 穿越铁路或二级及以上公路时，应采用顶进套管、顶进箱涵或水平定向钻穿越方式。

【条文说明】5.2.7 规定了对管道穿越铁路或二级及以上公路时的要求。穿越铁路或二级及以上公路时，应采用顶进套管、顶进箱涵或水平定向钻穿越方式，并满足路基稳定性的要求。套管尺寸及施工工法应符合相关管理部门规定。对三级及三级以下公路穿越，可采用挖沟法埋设。

5.2.8 长距离输水管道穿越河道时应根据河面宽度及流量确定采用大开挖或顶管的施工方法。

【条文说明】5.2.8管道在穿越季节性河流时，可选择在旱季进行施工，采用大开挖方式，当覆土层不足以克服管浮力时，应采取稳管措施，施工时不允许管沟内积水。非季节性且流量较大的河流，应采用顶管的方法施工。且管顶覆土应满足抗浮要求。

5.2.9 输水管道进入管廊时，管道支撑的形式、间距、固定方式应通过计算确定，并应符合现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定。

【条文说明】5.2.9本条款是对输水管道进入管廊的支撑和固定计算的规定。

5.3 管材选择

5.3.1 长距离输水管管材应选择安全可靠、经济合理的管材，宜采用球墨铸铁管、钢管、塑料管或复合管材。

【条文说明】5.3.1长距离输水管管材选择时需考虑的因素很多，应在保证输水安全条件下选择经济合理的管材。根据目前预应力钢套筒混凝土管、预应力钢筋混凝土管运行中存在问题较多，应慎重选用，本规程不再提及。目前常用的复合管材包括：连续纤维增强聚乙烯复合管及钢塑复合管等；塑料管包括：PE、PVC等给水管。

输水管管材的选择，应考虑下列因素：

- (1) 输水管道重要程度；
- (2) 管道根数及长度；
- (3) 运行方式、有无调节设施；
- (4) 管道直径；
- (5) 正常工作压力及非稳定流极限压力；
- (6) 外部荷载；
- (7) 供货、运输、工期、安装条件等；
- (8) 管道沿线地质条件，地形起伏程度；
- (9) 管材机械、水力等特性；
- (10) 管道使用寿命；
- (11) 管道安全可靠。

在一般情况下，强度越高的管材价格越高，强度较低的管材价格也低。既不浪费，又能保证安全，因此，要求决策建立在相应的技术分析和实践经验的基础上。输水线路复杂时，还应参考水锤计算结果，必要时，应组织专题论证。

5.3.2 长距离输水管管材应满足使用强度和年限、较好的水力条件、接口密封性能好、施工方便和综合造价合理等技术要求。

【条文说明】5.3.2 本条款是对输水管所用管材的规定。规定管材应满足下列要求：

- (1) 综合价格合理，耐腐蚀，使用年限长；
- (2) 有足够强度，可以承受各种工况下的内外荷载；
- (3) 水密性好，压力试验渗漏量符合要求；
- (4) 管内壁光滑，水阻小；
- (5) 接口连接可靠，施工方便；

(6) 作为生活饮用水的输水管道应符合现行国家标准《生活饮用输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219的规定。

5.3.3 当地质条件较好，使用压力在1.0MPa以下时，应符合如下要求：

1 输水管道不大于DN1600时，可选择使用球墨铸铁管、钢管、塑料管或复合管材；

2 输水管道大于DN1600时，可选择使用球墨铸铁管、钢管等管材。当经水锤分析计算确有可靠的安全保障时，大口径输水管道也可选用塑料管及复合管材。

【条文说明】5.3.3本条款是针对地质条件较好、使用压力较低时管材选择的规定。

5.3.4 地质条件较差、使用压力1.0MPa以上时，或单条重要的大口径输水管道时，应选择钢管或球墨铸铁管。当经水锤分析计算确有可靠的安全保障时，也可选用复合管材。

【条文说明】5.3.4本条款是针对地质条件较差、使用压力较高时管材选择的规定。单条重要的大口径输水管线，或地质条件较差、使用压力较高（1.0MPa以上）时，土壤及输送介质具有腐蚀性时时，使用钢管、球墨铸铁管、连续纤维增强聚乙烯复合管较为安全可靠。

5.3.5 输水管道穿越河流、铁路、高速公路等时宜选择钢管或球墨铸铁管。

【条文说明】5.3.5本条款是针对管道穿越河流、铁路、高速公路时管材的规定。

5.3.6 当地形、地质条件或工作压力变化大时，宜通过技术经济比较选择组合管材。

【条文说明】5.3.6为满足工期要求和适应使用压力、地质条件的变化，可通过比较选择组合管材。管材选择对输水管安全运行影响很大，保证输水管不发生爆管事故的主要途径之一就是选择高强度管材。理论分析表明，不采取防护措施时输水管道水锤升压最高可达2.0~4.0MPa，因此，仅靠增加管道强度也不能保证万无一失，应结合水锤分析采取防护措施，才能保证输水管道工程安全可靠、经济合理。

5.3.7 当输水管使用金属管材时，应考虑防腐措施，并符合下列规定：

1 内防腐可采用水泥沙浆衬里、环氧树脂、内衬PE等方法。

2 当钢管敷设在腐蚀性土壤中，电气化铁路附近或其它有杂散电流存在的地区时，应考虑发生电蚀的可能，应采取阴极保护措施。

3 生活饮用水管道的内防腐材料应符合现行国家标准《生活饮用输配水装置及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219的规定。

【条文说明】5.3.7 采用钢管、球墨铸铁管时应进行内外防腐处理。内防腐采用水泥砂浆衬里技术比较成熟，造价较低，钢管施工应按照现行协会标准《埋地给水钢管道水泥砂浆衬里施工及检测规程》T/CECS 10 的有关规定执行，球墨铸铁管采用水泥砂浆内衬时应按照现行国家标准《球墨铸铁管和管件水泥砂浆内衬规程》GB/T17457 的有关规定执行。当钢管敷设在腐蚀性土壤中，电气化铁路附近或其它有杂散电流存在的地区时，应考虑发生电蚀的可能，应采取阴极保护措施，如最小保护电流值较高时，宜采用外加电流法。在条件允许时，敷设在其他区域中的钢管也可增设阴极保护措施。

5.3.8 有压输水管所用管材的公称压力等级应按最不利工况确定，在要求不高或管道强度富余量较大时，公称压力宜与管道水压试验的实验压力相匹配，试验压力符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268的规定。

5.3.9 超大管径输水管公称压力的选择，应根据稳定和非稳定流计算结果分析比较后确定。

6 附属设施及管道附件

6.1 一般规定

6.1.1 应根据管道稳定运行流量和压力控制需要，及水锤防护要求确定管道附属设施类型、运行参数及安装位置。

【条文说明】6.1.1 本条款是对管道附属设施应用原则的规定。

6.1.2 管道附属设施应安全可靠、结构合理、维护管理方便。且满足水力控制条件要求及水锤防护的功能。

【条文说明】6.1.2 本条款是对管道附属设施功能要求的规定。

6.1.3 寒冷地区的附属设施应采取必要的防冻措施。

【条文说明】6.1.3 采取防冻措施，避免寒冷地区构筑物本身和管道附件受冻胀危害。根据气温等条件，井类一般采用双层防冻井盖等措施。

6.1.4 在重要地方如大型地下停车场、地铁入口等管道应采取有效措施防止产生的二次灾害。

【条文说明】6.1.4 在重要场所应采取防止二次灾害的措施。

6.2 附属设施

6.2.1 埋地输水管道上的各种阀门应安装在阀门井内。阀门井应满足操作检修要求。

【条文说明】6.2.1 为方便维护检修，埋地输水管道上的各种阀门一般设在井内。应按照现行国家标准《室外给水工程设计标准》GB 50013 的要求设置各种阀门。

6.2.2 调节水池、调压井（塔）、阀门井等构筑物在地下水位线以下部分应防水，并进行抗浮验算。

【条文说明】6.2.2 底部在地下水位线以下的构筑物，应采取防水、抗浮措施。

6.2.3 排气阀井应满足进排气阀在不同运行工况下的进、排气要求。

【条文说明】6.2.3 本条款是对排气阀井通风的规定。当公称直径较大时，进排气阀井盖应通过计算或实验确定，井盖的自然间隙应满足管道各种不同工况下的进、排气要求，如不满足，宜采用具有通气功能的井盖或增设进、排气管等措施。寒冷地区所采用的保温井盖也应符合以上要求。

6.2.4 在输水管弯管、三通、异径管、分支管、阀门、自由端、伸缩节等处应根据

管道使用条件及管材性质，经分析计算后确定支墩形式及尺寸。

【条文说明】6.2.4 为避免管件受力发生变形等问题，应在相关部位设置支墩，为防止承插管及伸缩节、自由端脱节的问题，设置的支墩应经计算确定其形式和尺寸，个别重要部位还应经非稳定流计算校核。

6.2.5 需要多级加压的输水管线系统，各级之间宜设置中间水池，其容积应根据工艺要求通过工况分析和水力计算确定，且不应小于泵站内最大一台水泵 15min 的设计水量，宜采用变频泵调节流量。

【条文说明】6.2.5 当高差很大或距离很长，采用多级加压的泵站间的水池贮水主要用于水泵启动、试泵和泵站间流量匹配，加压泵多为三用一备，故一台大泵 15min 水量大于整个泵站 5min 水量，也可满足一般流量匹配要求。应注意管系上、下游各级间的流量匹配，宜采用变频泵调节流量。从经济角度考虑，可将级间水池设置为单向调压塔形式，既可以保留部分吸水池功能，又可以利用上一级末端调节阀的富裕水头，还兼具部分水锤防护功能。

6.2.6 重力流输水管线需要分段减压时，可采用减压水池或减压设备，也可采用两种方法联合工作，并应满足以下要求：

1 采用多级减压水池时，水池容积应根据工艺要求通过工况分析和水力计算确定，但不应小于 5min 的最大设计水量；

2 采用减压设备时，不宜连续超过 2 级串联。

【条文说明】6.2.6 重力输水管道中间的水池，主要用于分段降压和调节，保证正常运行和流量调节时匹配上下游流量。容积越大，越不容易产生溢流和拉空现象。取 5min 设计水量作为水池容积，是考虑最大不平衡流量为 20% 时允许调节时间约 0.5h，一般可满足运行要求。

多级串联减压时，各减压设备之间会相互影响，级数越多，影响越复杂，故串联的级数应有所限制，常用减压设备包括减压阀、调流调压阀等。

6.2.7 重力输水管和压力输水管之间的连接水池，按输水管工况分析计算确定水池调节容积。

【条文说明】6.2.7 对重力输水管和压力输水管之间的连接水池调节容积的规定。

6.2 附属设备

6.2.1 输水管道检修阀门的设置应符合以下要求：

- 1 根据管路复杂情况，每 5~10km 应设置检修阀门；
- 2 穿越大型河道、铁路、公路（高速或干线）处应设置检修阀；
- 3 在安装止回阀、减压阀、调流调压阀、泄压阀、进排气阀等处，应设置检修阀。

【条文说明】6.2.1 输水管沿线的检修阀门，用于事故时分段放水检修。检修阀门的间距、管材强度、事故预期概率以及事故排水难易等情况确定，每 5~10km 宜设置一处。已往输水管的检修阀门设置间距差别很大，有的几十公里设一处，有的 1km 左右设一处。设置过密，虽方便检修时放水，减少放水量，但增加投资；设置过少，检修时放水太难，放水量大。故建议根据输水管沿线的天然或人工河道等放水条件，每 5~10km 设一处检修阀。

6.2.2 输水管道泄水阀直径应经过水力计算确定，可取输水管直径的 $1/5 \sim 1/4$ 。当管道内静水压力很高时，泄水阀直径应根据静压力和泄水时间经过水力计算确定。检修和泄水阀门应具有良好的密封性能，在工作压力范围内关闭状态下，泄漏量应

为零，且有良好的可靠性。

【条文说明】6.2.2 输水管泄水阀设置的位置和数量，应按两个检修阀之间所限定检修段的地形和放水条件确定。泄水阀直径一般为主管道直径的 $1/5 \sim 1/4$ ，这是目前工程通常的做法，应用情况良好。当两检修阀距离远，管道坡度又大时，下游泄水阀可能放水过快，易产生安全隐患，这种情况应经水力计算选定阀门规格。检修阀和泄水阀一般为手动阀门，应选用密封性能良好的阀门，应做到很多次开关后仍能密封良好无泄漏，尤其是泄水阀，其泄漏量必须为零。在运行或试运行兼具调节流量功能的泄水阀，通常选用闸阀或偏心半球阀等。

6.2.3 在输水管安装各类阀门处，宜安装伸缩器（或柔性管接头）。为防止管道地基非均匀沉降和温差应力危害管道，亦应考虑安装伸缩器。

【条文说明】6.2.3 用于输水管道的伸缩器（或称柔性管接头）种类很多，构造差别也很大。应选用在管道出现负压时能避免颗粒状杂质或泥土等进入密封部位的产品。伸缩器应具有满足要求的可变角度和伸缩量，并具有良好的密封性能。在柔性接口管道上阀门侧的伸缩器应采用传力型或防拉脱型。

6.3 水力控制装置

6.3.1 为防止水泵反转和管线放空，水泵出口处应安装止回阀。当水泵出口总扬程不大于 0.2 MPa，且管道不易发生直接水锤时，可选用普通止回阀；当水泵扬程大于 0.2 MPa 时，宜使用缓闭止回阀。

【条文说明】6.3.1 为防止水泵过度反转及管线放空，水泵出口处应安装泵后止回阀。断电停泵后，泵后止回阀应自动关阀，且应不产生自身关阀水锤叠加在停泵水锤之上并使其更加恶化。宜根据水泵机组的惯性时间常数与管线系统的水柱惯性时间常数及其相互之间的关系，确定止回阀的类型，当水泵扬程较高，且输水系统复杂易产生严重水锤时，应根据水锤计算确定阀门工作参数。

6.3.2 超压泄压阀应设在泵站出水总管起端、重力流输水管道末端的控制阀及减压阀的下游。压力较高的较长管道中间是否需要设置超压泄压阀，需经分析计算后确定。超压泄压阀的公称直径宜为主管道直径的 $1/5 \sim 1/3$ ，或经水力计算确定。超压泄压阀的泄压值宜采用 $1.2 \sim 1.3$ 倍最高稳态压力，且不宜小于最高稳态压力加 $0.15 \sim 0.20$ MPa。

【条文说明】6.3.2 超压泄压阀通常为先导式结构，宜作为正水锤的后保护辅助措施。应仅在确保无水柱分离型断流水锤管道上使用，如果管道排气不畅，存在压力波动可能产生含气性断流水锤，不应用超压泄压阀进行防护。

超压泄压阀作为输水管系升压水锤防护的后保护措施，要求水击泄放阀具有对高速水击波的快速响应速度，应安装在水锤升压幅度最大或瞬态压力最高或超压幅度最大的节点附近，距离越近越好。超压泄压阀的公称直径宜为其所保护管道直径的 $1/3 \sim 1/5$ ，或经水力计算确定。超压泄压阀的泄压设定值应根据输水管的最大使用压力及管材强度，经水力计算确定。

6.3.3 水锤消除罐一般设置在加压泵站的出口、负水锤的源头附近、出现瞬态负压的管线中途节点处，容积的大小应根据压力管道水锤计算结果确定。

【条文说明】6.3.3 水锤消除罐包括气压型、水压型等形式，其容积大小、预充压力（初始水气比）及连接管尺寸与阻抗等参数应根据压力管道水锤计算结果确定。水锤消除罐进行水锤防护，一般体积较大，维护管理困难，在一定气体密封调节容积确定后很难在所有工况下都有较好的水锤防护作用。因此，较重要大、中型长距

离管道，不宜采用水锤消除罐进行水锤防护。

6.3.4 当重力输水干管总作用水头超过 0.4MPa 时宜设置减压设施。

【条文说明】6.3.4 重力输水管总作用水头超过 0.4MPa 时，应根据管道水锤防护需要及管道防漏、小流量运行时的消能等因素考虑是否设置减压设施。若采用减压阀，应确保在允许范围内阀芯不出现振颤现象。安装在输送原水管道上的减压阀，应有防堵塞措施。

6.3.5 减压调流阀的设置应遵循以下规定：

- 1 重力流管线的减压调流阀的位置选择应优先设置在管线末端；
- 2 应避开减压调流阀的调节盲区；
- 3 需要两级减压调流时，应确保中间减压调流阀的固有流量-压力-开度特性与上、下游管线的水力特性相匹配；
- 4 需要多级减压调流时，宜在每隔 2~3 级减压调流阀的中间设置减压池；
- 5 减压调流阀应具有防水锤特性，当水源水位变化范围较大，宜在重力流管线始端设置以减压功能为主的减压调流阀，而在管线末端或分支管线末端设置以调流功能为主的减压调流阀。

【条文说明】6.3.5 本条款是对减压调流阀的设置位置及特性的规定。

6.3.6 因爆管可能产生重大安全事故及经济损失时，应经论证后确定在管道上安装爆管紧急切断阀的必要性。

【条文说明】6.3.6 本条款是从节水和防灾角度考虑，在重要地区（如：地铁口、大型变配电站等重要场所）一旦发生爆管情况，应设置能自动关闭的紧急切断阀，防止爆管后产生二次灾害。紧急切断阀的选型和管理应避免自身关阀及误动作带来的管道运行风险。

6.3.7 输水管（渠）道隆起点上应设进排气阀；在坡度小于 1‰的管段，宜每隔 0.5~1.0km 设置进排气阀。进排气阀的设置位置，并经水锤防护计算校核后确定。在寒冷地区，应采取保温措施保护进气排气阀。选用的进排气阀应符合下列规定：

- 1 进排气阀的公称尺寸宜取主管道直径的 1/8—1/5，或经计算确定。进排气阀有效吸气孔径，不应小于公称尺寸的 100%；在空管充水及水气相间下排气时，其有效排气孔径应为进排气阀公称尺寸的 1/3~1/6，微量排气孔径宜取公称尺寸的

1/50~1/30 或主管道直径的 1/200~1/300;

2 进排气阀必须具有在输水管道内多段水柱气柱相间或存在多个不连续气囊情况下,连续排出管道内任何一段气体的功能;

3 进排气阀应满足以下性能要求: 在不小于 0.1MPa 的恒压条件下,交替向进气排气阀阀体内充水充气,排气阀中、小排气口均做到充气开启适量排气,充水关闭不漏水,反复动作 3 次以上为合格;

4 当管道压力较大,或工况复杂对水锤防护要求较高时,应采用具有防水锤缓冲功能的进排气阀或大小进排气阀组合使用。

【条文说明】6.3.7 进排气阀(以下简称排气阀)造价占输水管道工程的比例很小,但对输水管道安全运行至关重要。

1 排气不畅可能产生如下问题:爆管,造成严重事故;水阻大增,输水能力降低;管道压力波动甚至震荡,接口松动,漏水量增大;管道使用寿命降低,维护管理量增加。根据国外相关技术资料 and 国内近年来的工程实践经验,输水管道上排气阀的布置方式为在管道坡度小于 1‰时,每隔 0.5~1.0km 设一处,一般情况下约 1.0km 设一处,每个排气阀都设在该管段的最高点,当管道起伏较多时,可根据其起伏高度分析是否需要增加,必要时进行相应的水力计算。关于通气阀的安装间隔距离,可供参考的国外同行经验是:美国水协 AWWA M51 推荐 1/4~1/2 英里≈402~805m,且不管顺坡、逆坡或水平,也未顾及坡度大小;德国 DVWG 推荐 300~600m。

输水管上所用排气阀的规格与主管道直径的关系,在实际供水工程上有很大差别,以前有关文献建议排气阀的公称直径采用主管道直径的 1 / 12、1 / 10,但实际应用的一般比较大,如山西某工程主管道直径 DN3000,排气阀一处安装 2 台直径 DN300;某电厂输水管,主管道直径 DN1000,排气阀一处安装 DN200 和 DN80 各一台;内蒙某工程主管道直径 DN2000,排气阀选用直径 DN300;某引水管直径 DN1600、DN1400,排气阀选用直径 DN200;某市输水管道直径 DN1200,排气阀选用 DN150、DN100 两种。总结近年来排气阀实际使用规格,公称直径大多为主管道直径的 1 / 8~1 / 4 之间,故根据实际应用及相应理论,推荐兼有注气、排气两种功能的排气阀公称直径宜取主管道直径的 1 / 8~1 / 5,仅考虑排气功能的取 1 / 12~;根据国内外相关理论和有关文献,较平坦的有压输水管道在充水和运行期间可能有 6 种水气相间

的形态，即层状流、波状流、段塞流、气团流、泡沫流和环状流。工程实践证明，不能保证在管道内任何水流状态下都高速排气，在大多数工况下只能微量排气，是造成有压供水管道排气难及存气多的根源，也给输水工程造成了大量的爆管事故和巨大的经济损失。因此，符合有压供水管排气要求的排气阀，必须具有在管道水气相间的任何压力和状态下，只要阀体内充满气体，就可以打开中、小排气口，适量的排出管道内存气；但若不是中孔口而是大孔口，则必须在高速排气的末期具有可靠的自动缓闭功能，保证管道排净气体后在主管道中产生水柱弥合流速小于 0.3m/s ，或升压值小于 0.3MPa 。除此之外，通气阀的吸气功能及其针对瞬态负压的响应特性以及微排功能，也要满足相关的技术要求。选择排气阀应首先按有关规程和标准提出排气阀的技术要求，必要时，可经专门论证或进行实测检验，以确保确实满足所提出的技术要求。

2 即在比较稳定压力条件下，通气阀内充满气体时，中、小排气口均开启排气，充满水时均关闭而不漏水，出现负压时可向输水管道注气；但是，在瞬态水柱弥合过程或大容积有压气囊高压且高速排气过程中，排气孔口应该自动切换为能够抑制弥合水锤的较小的排气孔口；即高压差或瞬态压差下的大流量排气孔口既需要不怕吹堵，又必须限制孔径和排气量，其孔径应限制在空气阀公称通径 DN （即吸气孔径）的 $1/3 \sim 1/10$ 左右；不然会产生空气阀大孔口关阀水锤即瞬态水柱弥合水锤。

4 排气阀的安装方式一般可每处只装一台，经水锤分析计算后，认为特别重要的位置宜双阀并联或安装大小排气阀各一台，其中较小直径的排气阀装于管顶，而较大的排气阀装在管道中心线 $30^\circ \sim 50^\circ$ 角的侧面，也可以只安装一台防水锤缓冲功能的排气阀。

6.3.8 当水池需要自动控制水位时，应设置具有缓闭功能的流量控制阀。当工况需要时，该阀还应具有自动平衡水池的上、下游水量及缓闭功能。

【条文说明】6.3.8 当管道有支管相连接的水池时，池内安装的具有缓闭功能的流量控制阀，从而保证在任何工况下既不溢流，也不拉空，且当有意外振荡压力时，迅速释放超高压，保证安全。在分成多段的有压输水管道中，在各段连接处设有开敞式水池。同时为保证连接水池上、下游流量匹配，应调节进出水量。为防止快速开关造成破坏性水锤升压，应优先采用具有缓闭功能的流量控制阀。

6.3.9 当输水管道沿线地形等条件允许时，可在沿线设置调压塔（池），削减可能产生的水锤压力，平抑压力波动。

【条文说明】6.3.9 采用既补水又溢流方式的高位调压塔（池）是消除有压流输水管道内水锤压力的有效方法，但需要在输水管线附近有合适的高地或山坡可利用。高位调压塔（池）的溢流水位，可按照该处最大输水量对应的压力、允许的水锤压力升值等因素确定。

单向调压塔是以补水方式消除管道负压与水柱拉断，从而抬高负水锤低谷值，平抑压力波动。在管道距离较长，起伏较多时，非计算工况水锤及正水锤也可能发生，因此，较重要的大、中型长距离管道不宜仅使用单向调压塔进行水锤防护；宜增设正水锤防护措施。

双向调压塔在管道出现瞬态低压或负压时向管道注水以防止水柱中断，在管道出现过高压时，可直接迅速放水泄压，是一种对正负压水锤都有效的防护设施。目前，有普通双向调压塔和箱式双向调压塔两种类型，在压力较低和经济、环境条件允许时，可在沿线合适位置设置一个或多个普通双向调压塔，或箱式双向调压塔。

6.4 设施连接

6.4.1 当输水管（渠）道末端连接多个高度不等的蓄水池时，应进行水力计算，并在水池进水管上安装减压控流阀，以保证多用户的水力平衡条件。

【条文说明】6.4.1 主管道末端或中部中段某处连接用户水池时，水量平衡计算及控制甚为重要，做不好时，可能造成有的用户水池上不去水，有的大量溢流不止的问题，且有的水池阀门快速启闭，还会造成管道或分支管爆管事故，故可在进水管上安装水力自动的减压控流阀，以保证多支管水池的水力平衡条件。

6.4.2 当重力输水管末端直接与城市管网或众多用户相连时，宜根据计算结果设置减压调流装置，避免输水量较小时管网静压过高。

【条文说明】6.4.2 重力流清水输水管直接与城市管网连接，输水管的设计水压线是按管网最高日最大时工况确定的，配水流量低时的管网水压可能接近最大静压值，从而造成城市管网因压力过高发生爆管事故和漏失水量增大。在输水管与管网连接点处设置减压装置，使管网起端与输水管连接处在任何工况下均保持协调的水力衔接。

接（一般等于当日当时所需要的流量及其相应的压力），有利于保证城市管网安全运行和降低漏失水量。

6.4.3 有压重力输水管和加压输水管道中途设有较大出水量的支管时，应在连接处支管线起端位置设置持压装置；当连接处供应充足且压力大于支管线用户需要时，宜在支管线上设置减压装置。

【条文说明】6.4.3 若中途支管线出水量较大，且容易影响主管线下游供水量时，应在支管线末端设置减压调流阀；必要时再在支管线起端也设置持压阀。

末端水池或支管线末端水池池前的流量控制阀或水位控制阀容易产生关阀水锤，建议采用具有等百分比特性的减压调流阀或具有缓闭结构的水位控制阀。

6.4.4 当输水管道中间有多级调节水池时，应设置保证上、下游流量配合和调节的水位流量控制调节装置。多级加压泵站应按最大设计输水流量和调节规律选择水泵，并应计算在非设计流量工况运行时，各泵站之间的流量差，必要时设置相应流量控制装置，平衡上、下游流量。

【条文说明】6.4.4 当重力流管线压差很大，中间需要的串联减压级数达到 2 级甚至多级，应在级间设置减压水池（相当于水力隔离水池）。两个水池之间最多可以包含 3 个减压调流阀，3 个减压调流阀的固有特性必须与其上、下游的管路的水力特性相匹配，尤其是对中间的减压调流阀的水力匹配性和调节精度的要求更高，应依据精度较高的水力计算结果指导中间减压调流阀的特殊结构的设计，并且留有足够的调节裕量；两个减压水池作为长距离高压差管线的水力隔离措施，其间的减压级数不宜超过 3 级；水池容积也应该满足足够导致水力隔断并且满足上、下级管线水力调节不失衡。（若在水池池前再设置水位控制阀，则要充分考虑其对管线中间的减压调流阀的流量调节的干扰作用）。

6.4.5 当集中流量从主管线分出，分支管线末端应设置具有缓闭功能的流量调节阀。

【条文说明】6.4.5 当集中流量从主管线分出时，流量和压力产生波动，为减少由此带来的水锤风险，设置具有缓闭功能的流量调节阀。

6.4.6 当重力输水管从城市管网直接取水时，连接处宜加装减压稳压阀或其他自动

稳压装置。

【条文说明】6.4.6 由于城市配水管网的水压波动很大，往往夜间需水量小、水压高，白天需水量大、水压低。当重力输水管以城市配水管网作为水源时，连接处安装减压稳压装置有利于保证输水管的运行安全，并可能降低输水管的压力等级。

6.4.7 当上游是无压重力输水渠道，下游是压力输水管道时，应在管渠衔接处设置调蓄水池或水库，其调节容积不应小于无压渠道流量调节响应时间所产生的上、下游流量差。

【条文说明】6.4.7 无压重力输水渠道的流量调节，通常只能在渠首进行，而在渠尾产生调节效果的滞后时间，等于水的流达时间。有压管道流量调节的响应时间为管道长度除以水锤波速，响应时间很短。当上游为无压输水渠道，下游为有压输水管道时，必须在连接处设置具有一定容积的调节水池。例如，当下游的有压输水管道需要加大流量，下游有压管道可在几至几十秒内完成流量调节，同时通知渠首开大限流阀门，当加大的水量到达渠尾调节池时，池中已经多流出的水量等于所增加的流量与上游流达时间之积，故该调节池容积不应小于所增加的流量与流达时间之积，即上、下游流量之差。

6.4.8 输水管道两级或多级泵站串联加压供水时，宜设置隔离水池。

【条文说明】6.4.8 当两级甚至多级泵站串联时，其运行过程中可能出现水力不匹配的工况；一段管线上所发生的水锤，可能会穿透到另一段管线上去。设置隔离水池可避免水锤穿透及可能的恶劣工况叠加对管道造成破坏。

7 输水系统水锤防护

7.1 一般规定

7.1.1 水锤防护措施设计应保证输水管道最大水锤压力不超过 1.3~1.5 倍的最大工作压力，且输水系统任何部位不应出现水柱断裂。加压输水管路，事故停泵后水泵反转速度不应大于额定转速的 1.2 倍，超过额定转速的持续的时间不应超过 2min。

【条文说明】7.1.1 本条为保证输水管道、水泵设备的设计经济合理、安全运行，并依据现行国家标准《泵站设计规范》GB/T 50265 确定的水锤防护措施应达到的防护效果，最大水锤压力值限制在水泵额定工作压力的 1.3 倍-1.5 倍，主要考虑两方面因素：一是输水系统的经济性；二是采取适当的防护措施，最大水锤压力完全可以限制在此范围内。

事故停泵后水泵反转速度和历时还需要满足水泵厂家推荐的允许反转速度和反转历时要求。本条规定的反转速度不超过额定转速的 1.2 倍，是根据电动机的有关技术标准制定的。事实上，只要水锤防护设施（如两阶段关闭蝶阀）选择得当，完全有可能将反转速度限制在很小的范围，甚至不发生反转。从机组的结构特点看，机组反转属于不正常的运行方式，容易造成某些部件的损坏，所以希望反转速度愈小愈好，但也应避免出现长时间的低速旋转。

7.1.2 输水管道的水锤分析和水锤防护应满足以下规定：

- 1 DN600 以下无分支的输水管道，可参考同类工程或根据一般理论和经验等进行，有分支、复杂及高压等输水管道应经过非稳定流分析计算后，确定水锤防护措施；
- 2 DN600（含）~DN1600 输水管道的水锤分析和防护，应采用水锤分析软件计算确定水锤防护措施；
- 3 DN1600 及以上及复杂、特长距离输水管道的水锤分析和水锤防护，除专门分析计算外，还应进行验证计算，确定水锤防护措施。

【条文说明】7.1.2 本条款是对设计输水管道的水锤分析和水锤防护要求的规定。

1 根据实际调查，直径不大于 DN600 的简单输水管道产生破坏性水锤的概率及其危害程度较大型管道小，且输水长度一般不大，故水锤防护要求较低，可经分析并参考同类型工程做出水锤防护措施。是否需进行非稳定流计算，可根据发生破坏性水锤的可能性大小以及工程的重要性程度确定。对小口径的管道但分支较多、高差较

大、管廊中敷设、既有重力流又有提升的混合管线系统及高压力输水管道，应经过非稳定流分析计算。

2 直径 DN600~DN1600 的输水管道，产生破坏性水锤时，往往危害较大，修复困难。工程实践表明，不进行水锤分析计算容易产生事故，影响安全供水。仅凭经验采取的防护措施，常有不当之处，起不到应有的水锤防护作用，故应经专门计算分析确定其防护措施并预测防护效果。由于实际应用的水锤防护技术和措施有很大差异，经济合理地选择水锤防护方案和措施并非易事，难度较大的水锤分析计算，建议由专业水力分析机构操作，可与设计单位的计算互相验证，以保证计算的准确性及防护措施的有效性。

3 直径大于 DN1600 的大型输水管道，应特别重视水锤防护问题。应经过专门的非稳定流分析计算，确定水锤防护方案和预测防护效果。最好由两个以上单位进行分析计算，经专题论证确定最优水锤防护方案。

7.1.3 输水管道两级泵站叠压供水时，宜设置水锤消除罐或调压塔。

【条文说明】7.1.3 当两级泵站的运行工况不一致情况下，设置水锤消除罐或调压塔可避免水锤及负压产生对管道造成破坏。

7.1.4 管道系统水锤计算应将优化后的稳态水力条件作为瞬态水锤计算分析的基础。

【条文说明】7.1.4 稳态水力计算加压管道系统应给出最佳的水泵参数和优化得到的管路设计；重力流管道系统应给出最佳的减压调流方案。

7.2 水锤分析

7.2.1 输水管道应按断电停泵、启泵、关阀、开阀、正常运行及流量调节等工况进行水锤分析。

【条文说明】7.2.1 在以往的输水管线设计中水锤分析往往不够全面，大多数只进行了停泵水锤分析。事实上，输水系统不仅在停泵时产生破坏性水锤，在正常启泵、正常停泵、正常切换水泵、关键阀门开启和关闭、流量调节、水泵变频以及水泵变频+阀门调节联合等工况时也有产生较大水锤的可能性。启泵和水泵切换产生的水锤破坏是以往输水管道爆管事故的主要原因，因此，完整的水锤分析应该包括停泵、

启泵、开阀、关阀、运行和流量调节各阶段的分析计算，并采取相应的防护措施。这样才能确保输水管道的安全运行。

7.2.2 停泵水锤分析应包含以下内容：

- 1 未采取防护措施时，应分析突然停泵引起的最大降压、最大水锤升压，以及水泵最大反转速可能引起的危害及发生断流和弥合水锤时的升压危害和消减方案；
- 2 采取必要的防护措施后，应分析输水管道各重点部位的最大水锤压力、管道系统最低瞬态压力及水泵最大反转速度是否满足 7.1.1 条的要求。

【条文说明】7.2.2 停泵水锤分析应采用计算机软件计算，对不同工况进行停泵瞬态水锤分析，并参照相似的工程经验确定防护方案。采取必要的防护措施后，可按下列式进行核算：

$$2\Delta H + H_0 \leq 1.5H_K$$

式中： ΔH —停泵时该处的水锤升压；

H_0 —该处的正常工作压力；

H_K —该处管道的公称压力。

7.2.3 启泵水锤分析的内容应包括：管道初次充水、突然停泵后再次启动水泵，以及事故检修或正常停水后再次逐台启动水泵的水锤分析。

【条文说明】7.2.3 启泵水锤主要在三种情况下出现，1) 新建输水管初次空管充水、2) 检修或其他原因停运后再次启动、3) 正常或突然停泵后再次启动，这三种情况下管系的初始状态通常是含气型空管状态或半空管状态。若启泵充水速度大且压力高，将出现水柱冲击管内大气囊导致压力升高的现象；或管系快速排气导致水柱弥合（排气阀大孔口大流量排气末期的关阀水锤）。因此，启泵水锤分析应结合输水管道系统及泵站具体情况，结合管路上排气装置的排气性能，管道系统的含气量等参数，预测产生启泵水锤的可能性及其压力极限，提出合理的防护措施等。在有条件的情况下，宜进行空管充水仿真模拟。

7.2.4 关阀水锤分析的内容应包括：

-
- 1 在最大、最小和设计流量下，按常规关闭管道末端阀门产生的最大水锤升压、最大降压及其危害的分析；
 - 2 在各种流量下末端阀门最佳关闭程序的计算分析，产生水锤和断流弥合水锤升压、降压及其危害的分析；
 - 3 管道较大支管阀门关闭对主输水管道可能产生的压力波动及危害；
 - 4 分析管道末端控制阀的构造形式和技术要求。

【条文说明】7.2.4 输水管道关阀水锤分析应包括按常规人为关闭管道末端检修阀门和水位控制阀自动关闭两种工况。前者分析中应根据检修阀形式，确定合理的关阀程序。后者根据水位控制阀形式和水池容积大小，进行关阀水锤分析，确定水位控制阀性能参数和技术要求。

输水管线关阀水锤分析包括多种工况：末端调节阀的关阀水锤、末端检修阀的关阀水锤、中途调节阀的关阀水锤、中途检修阀的关阀水锤、分支管线关阀水锤、多个阀门同时关阀水锤、多个阀门间隔延时关阀水锤等多种工况。调节阀除了适应管线稳态水力调节（减压调流）功能外，还应该具备开、关阀门瞬态期间水锤结果最优化的结构特点，这是降低开、关阀门水锤升、降压幅度的内在素质要求，而延长开、关阀门历时则是降低其升、降压幅度的外在条件；开关类检修阀所产生的水锤升降压幅度要大于优化后的调节阀开、关阀水锤升降压幅度。手动型阀门的开、关阀门应遵守二八原则，即关阀期间应先快后慢：在前 20~25%时段内快关 80~75%行程，在后 80~75%时段内缓闭 20~25%行程；开阀期间应先慢后快：在前 80~75%时段内慢开 20~25%行程，后 20~25%时段内，快开 80~75%行程。具有等百分比固有特性的调节阀相对而言，其开、关阀门所产生的水锤升降压幅度相对较小，部分程度上允许线性开、关阀门。电动型阀门的开、关阀门历时，宜按照口径大小，参考电动执行器及其变速装置的常用操作速度，进行开、关阀门水锤分析。管线越长，关阀水锤升压幅度越大，关阀历时也应该适当延长。末端水池池前的水位控制阀关阀水锤，宜按照类似于具有开关类阀门特性的历时较短的关阀进行水锤分析。

7.2.5 开阀水锤分析的内容应包括：

- 1 突然开阀管道压力降低对管道的危害分析；
- 2 突然开阀是否可能引起管道断流弥合水锤的分析；

3 根据阀门结构特点确定最佳开阀程序。

【条文说明】7.2.5 管道开阀分析的重点是计算开启末端阀门可能产生的降压波，是否可能引起管道某些部位产生水柱中断，以及断流水锤升压的大小，若突然或快速开阀引起阀前管段高凸节点出现水柱拉断并引发断流弥合水锤，则再次试算并提出阀门缓开程序以及阀门结构特点的改善意见，并探索最佳防护措施。

7.2.6 正常运行水锤分析的内容应包括：

- 1 水泵输水的压力管道气体释放量的分析；
- 2 管道存气对输水量影响的分析；
- 3 管道气囊运动引起的压力波动对管道强度危害的分析；
- 4 管道气囊突然聚积发生气堵造成破坏性水锤的分析。

【条文说明】7.2.6、输水管正常运行及调节期间产生的破坏性水锤，最可能是含气型断流水锤。当管道内长期存气不能及时排出时，会产生持续不断的压力振荡，一定量的气体发生突然聚积，迅速截断管道过水断面，极易发生水柱中断，产生断流弥合水锤。理论分析表明，断流水锤产生的压力升高可达几兆帕，足以破坏一般输水管道。根据有关理论，饱和水中气体含量为水体积的 2%，有很多因素可能引起输水管道内存气，由水泵加压的输水管道，水泵叶轮内的负压区内会产生气体释放。

- 1 分析估算输水管线系统内正常运行期间的可能析出的空气含量。
- 2 针对可能的通气要求，设置合适的通气阀，包括通气阀形式、通气阀孔口尺寸、通气阀布置距离或推荐的安装位置。
- 3 设法让管内空气就地聚集并予以就地及时排除，而不让其随意四处流动或随意游荡。宜在管线以适当间隔多处适当位置设置局部凸起，推荐设置异径 T 型三通作为通气阀的集气颈和安装颈，让管内空气就地、就近聚集，并就地设置合适功能和孔口尺寸的通气阀。
- 4 应通过对管道内气体释放聚集和气囊运动是否造成破坏性水锤升压的分析，采取迅速、及时、平稳地排出管道内存气的措施。

7.2.7 流量调节水锤分析应包括以下内容：

- 1 调节流量引起的压力波动是否导致水柱中断和气囊聚积及危害的分析；

-
- 2 气囊运动和水柱中断对支管压力波动和影响的分析；
 - 3 确定合理的流量调节程序。

【条文说明】7.2.7 本条款是对流量调节水锤分析内容的规定。

- 1 调节阀调节水锤分析应包括：开度增大引起的降压波或开度减小升压波被异号反射又同号反射加强的降压波可能导致节点负压，并可能导致管线进气或液水体汽化，从而引发跟空气相关的负压水锤或弥合水锤。
- 2 设置沿线通气阀之后，调节阀调节水锤导致的负压与通气阀相互作用水锤分析。

7.3 水锤防护

7.3.1 输水管道水锤防护设计应结合水锤计算分析，并按照下列要求进行：

- 1 各种可行的水锤防护措施及其防护效果计算分析；
- 2 水锤防护方案的技术经济比较；
- 3 最优方案的详细计算结果及其可靠性分析；
- 4 确定水锤防护的实施方案，明确防护装置的名称、类型、数量、安装位置；
- 5 提出防护装置的技术要求；
- 6 提出输水管道启动、停车、运行操作要求。

【条文说明】7.3.1 输水管道系统水锤防护措施应完整可靠，并且与工程的重要性等级与可靠性要求相一致，包括预防性措施和可能的后保护措施，不仅要进行停泵水锤防护，还应对其他各种类型水锤如启泵、运行、开关阀门等引起的水锤都做到认真的分析和良好的防护。水锤分析计算的目的是给出安全可靠、经济合理的水锤防护方案，计算结果的准确与否取决于各种边界条件和模型的正确程度，管线摩阻、管段管径、节点高程、节点流量、管路上各种阀门和管件的水力参数等水力要素是构成管系水力模型的基本元素准确掌握各种阀门和管件的动态水力性能以及各种水锤防护设备的瞬态响应特性，是提高水力模型的建模质量和水锤分析计算精度的基础，也是水锤防护取得良好效果的基本保证。各种水锤防护设备的工作参数的调整都应通过水锤计算确定，据此提出切合实际的技术要求，保证输水系统安全运行。

7.3.2 停泵水锤防护应包括下列主要内容：

- 1 确定用于停泵水锤防护的止回阀及调压塔、水锤消除罐、超压泄压阀及进排气阀等防护设备的类型及其运行调度方案；

-
- 2 确定输水管道升压超过承压强度部位的防护措施；
 - 3 确定输水管道出现负压部位的防护措施。
 - 4 确定多级加压上下游泵站的联合调度方式及其水锤防护措施。

【条文说明】7.3.2 关于停泵水锤防护措施的规定。

1 防止停泵水锤常用方法是在水泵出口处安装快慢二阶段关闭的缓闭止回阀。为获得最佳的防护效果，其工作参数即快慢二阶段关闭的角度和时间应通过水锤计算，经多方案比较后确定。当仅采用缓闭止回阀防护效果不够可靠时，还可加装超压释放装置进行辅助防护。超压释放装置安装的位置及其规格也应通过计算确定。在有条件的输送原水的输水管道中，也可设单、双向调压塔作为水锤防护措施。单向调压塔通过向管道内注水消减真空，不向管道内注气，避免了管道气水两相流动造成压力波动的危险。防断流水锤效果好，但其工程投资大，运行管理难，还可能造成水质污染，故实际中应用较少。在输送清水的管道中不宜使用调压塔，而应使用注排气阀消除管道真空。经过水锤计算采用性能良好的注排气阀，通过快速注气，快速和缓冲排气，既可节省投资，又可获得良好的水锤防护效果，这是目前使用较多也会是将来使用较广的措施之一。

2 当发现管线沿线低凹节点最高水锤峰值超过 $1.3 \sim 1.5$ 倍最高稳态压力且超过管材的公称压力时，应在这些低凹节点附近设置合适尺寸和数量的水击泄放阀，就地、就近且及时地泄压。在负水锤幅度被有效削减之后，其反射回来的正水锤幅度也将会被自然地削减，而不需要止回阀缓闭内泄水（导致水泵反转和管线放空）降压。如果净高差较大且距离较短（摩阻衰减很小）而反射的正水锤峰值较高，且超过最高稳态压力的 1.3 倍，则需要在止回阀后或出水母管上设置合适口径和数量的水击泄放阀以外泄水（而非内泄水从而导致水泵反转的）方式予以削减。故水击泄放阀可以作为防护停泵水锤升压幅度超标的后保护措施。

3 异常凸出的中途高凸节点，可能存在顽固的瞬态负压。其瞬态负压防护措施除了远距离的位于泵站的具有全局性影响的降压预防措施之外，还可以考虑就地、就近采用具有高吸微排功能的补气型注汽微排阀、补水型的位于高凸节点上或其上游附近的小型调压塔或小型水池等局部性的后保护措施；但应考虑这些局部性措施在补气或补水上的时间滞后性及其保护距离的有限性，并结合技术经济比较综合确定。

中途高凸节点调压塔补水型局部后保护负水锤防护措施的有效性，还有赖于管线末端阀门的配合关阀。对某些不算特别凸起的中途高凸节点，适当降低其位置高程，也能够收到缩小负压的防护效果。降低沿线高凸节点位置高程对稳态水泵扬程选择和可能的末端调节阀参数选择有影响，而对瞬态负压的影响较小。

4 多级串联加压输水管线系统，上级管线的出水池就是下级管线的吸水池。稳态水力计算时应考虑级间水力匹配及级间富裕水头的利用，级间水池也可以被设计成单向调压塔形式，尽量提高管系的自动化运行和调节水平及其经济效益。瞬态水锤分析应考虑多级同时断电停泵；或单级断电停泵对上、下游管线及其泵站的延时停泵要求；其中，有效容积的级间水池应考虑其水位变化对上、下游管线停泵水锤的影响，而不应该将其当作容量无限大即水位恒定的水库处理。

7.3.3 启泵水锤防护应包括下列主要内容：

- 1 根据管道产生启泵水锤的可能性，分析水锤的类型及危害程度，确定防护措施；
- 2 制定水泵的正常开启与切换、检修后再次充水、突然停泵后再次启动等工况下，水泵与阀门的联合的运行操作程序；
- 3 对误操作可能产生的启泵水锤，应在水泵出口处安装具有缓闭功能进排气阀等水锤控制装置。

【条文说明】7.3.3 由于启泵水锤主要是含气型断流水锤，其防护方法应针对管道合理排气为重点，其主要控制方法及关键措施在于管道系统的合理排气。适当抑制通气阀大孔口的高速排气能力，实现启泵期间的适速排气。用于检修后再次充水，突然停泵后再次启动时防止启泵水锤的排气阀，应具有合适的排气能力，较大流量排气过程的末期应具有缓闭或缓冲功能；且在输水管道系统中存在水气相间或有多多个不连续气囊时，也能够适量连续排气并最终缓慢关闭，避免产生大孔口关阀水锤即水柱弥合水锤。由T型异径三通组成的通气阀安装颈/集气颈将有利于高速排气孔口在排气末期的延时缓闭，从而避免产生通气阀关阀水锤，必要时宜设置专用的充水水泵。

7.3.4 重力输水系统宜在检修阀后宜设置进排气阀。

【条文说明】7.3.4 重力输水管线检修阀关闭后，易产生管道负压吸瘪的情况，宜设置进排气阀进行补气，避免管道产生真空变形。

8. 监测与智慧管控

8.1 一般规定

8.1.1 输水管道工程的监测和自动化控制水平，应根据输水工程的规模、特点、管理和维护水平等因素确定。地势复杂、存在多级加压或减压的输水管道工程应设置监测与控制系统。

【条文说明】8.1.1 以往设计的输水管道一般管理水平较低，无法进行监测和控制。为了保证输水管道的安全运行，对于地势复杂、存在多级加压或减压的输水管道应考虑设置必要的监测和控制系统。可根据输水系统的复杂程度、规模、环境条件、经济等因素确定监测和控制系统的水平。

重要节点宜考虑设置水力参数监测点。如泵站出水母管、沿途最高的高凸节点（通气阀节点）、水击泄放阀节点、减压调流阀节点，既监测管系的水力参数，同时监控重要设备的动作状态及其瞬态响应特性。鼓励或推荐使用智慧型水力元件，将水力元件作为管系的一个方便的状态监控点。

8.1.2 在同一输水管道系统中，监测仪表和控制系统的选型应统一。

【条文说明】8.1.2 本条款是对监测仪表和控制系统的选型的规定。在同一输水管道系统中，应使控制设备和仪表的品种、规格，尽可能取得统一，以便于维护管理。

8.1.3 监测与控制系统的供电电源应安全可靠、易出现故障部位的设备应设备用。

【条文说明】8.1.3 本条款是对监测与控制系统安全性的规定。供电宜从市网取得，当从市网取电困难时，供电可采用太阳能加蓄电池等方式供电。对于易出现故障和关键的控制设备应有备用。除根据生产操作要求考虑事故状态下的电源备用外，还应应对控制和通讯设备，用于泵站的电子计算机、可编程序控制器、备用信道等，可根据其重要程度选取在线热备或冗余设备。

8.1.4 在条件允许的情况下，可使用输水管道内的水作为水力控制阀门的水源。

【条文说明】8.1.4 在供电不方便的部位，当其他条件允许时，可利用输水管道内的水压力作为水力控制阀门的动力。

8.2 监测及通讯

8.2.1 应对输水管（渠）始末端、泵站进出口及管线分流点的流量、压力等参数进行监测。

【条文说明】8.2.1 当输水流量需求变化大而又无调节水池时，输水流量超限会导致事故或资源损失，应对输水流量、压力进行检测及控制。为了便于发现事故和漏失水量，应对输水管道首末端流量，进行监测，并要求有一定的监测精度。

8.2.2 输水管（渠）始末端、泵站应设置浊度、pH、余氯等水质指标监测设施。

【条文说明】8.2.2 本条款是对长距离输水管（渠）设置水质安全监测设施的规定。水质监测指标应包括浊度、pH、余氯等。当水源有微污染情况下，宜在水源地管道入口增设 COD、氨氮等必要的水质监测设施。

8.2.3 通信及数据传输方式应结合自动控制系统的要求确定，传输方式可采用互联网、物联网、云计算等技术。

【条文说明】8.2.3 输水系统的通讯和数据传输方式应与自动控制系统相协调，并符合当地的实际情况，采用互联网、物联网、云计算等技术。根据工程的重要性，通讯同时采用光纤通讯及无线通讯两种方式，互为备用。

8.2.4 应预留与智慧水务管理平台数据共享和业务联动的通讯接口。根据通讯方式和数据传输距离，可设置通讯中继站。

【条文说明】8.2.4 输水管道工程建设过程中，应充分考虑信息化建设的需求，根据工程的具体情况设置控制中心，采集取水、输水、水厂及配水系统的运行数据。具备将数据传送至上级管理平台，纳入智慧城市大数据库的功能。管道敷设和物联网采集应做到同步设计，同步施工。如不能同步施工，宜优先采用无需破管减少开孔的物联网设备安装方式。

通讯和数据传输中继站可设在输水管道管理所、泵站，以便于利用公用设施和维护管理。

8.2.5 数据信号速率应根据数据传输量及水锤控制要求确定，但不宜低于 19200bps，误码率应低于 10^{-6} 。

【条文说明】8.2.5 本条款是对数据信号传输速率的规定。

8.2.6 输水管道应配备事故抢修、巡回检查和日常维修的通信设备。大型泵站内生产区、辅助生产区应设联络电话。

【条文说明】8.2.6 为了方便输水管道事故抢修、巡回检查、日常维修和投产时的

通信联络，可配备移动电话等通信设备。在泵站等生产和管理设施内，应按有关标准配备通信装置。

8.3 自动化控制

8.3.1 应设置具有兼容性的控制平台，对输水设备进行远程控制。

【条文说明】8.3.1 本条款规定了输水管(渠)道的监测和通讯系统应具有集中监测、远程控制功能。控制平台应对输水管道运行工况进行远程监控，将数据上传至上级管理平台，并可实现与其他管理平台的对接。

8.3.2 宜设置输水管(渠)道系统异常工况和紧急事故的报警、自动停运和关闭的控制装置。

【条文说明】8.3.2 为减少输水管(渠)道系统异常工况和紧急事故造成的损失，在监测和控制系统中可包括报警和紧急停运功能。可根据管道压力变化，控制水泵、电动阀门、调流调压阀、爆管关断阀、超压泄压阀等设备的开关。

8.3.3 输水系统的压力和流量控制应符合以下要求：

- 1 重力输水系统的压力和流量宜采用压力调节阀自动控制。
- 2 加压输水系统的压力和流量宜采用水泵调速方式自动调节。
- 3 重力及压力联合输水系统宜采用水泵调速、调流调压阀、减压阀等设施协同控制。

【条文说明】8.3.3 本条款是对输水系统的压力和流量控制的规定。当重力输水压差较大时，宜采用重力多级减压联合调度方式实现。加压输水的流量和压力调节，多采用增减加压水泵台数的方法实现，如果流量、压力变化较大，可通过技术经济综合比较选用调速水泵机组方式调节。

8.3.4 叠压泵站应设置进出压力控制装置。

【条文说明】8.3.4 为保证叠压泵站输水安全运行，必须对泵站进、出压力进行调节。进泵压力不得低于设定值，出站压力不得高于管道的最高允许操作压力。进泵站压力超过低限会使泵产生气蚀。进站压力过高会损坏水泵和管道。国内外已越来越多地将自动式压力超限泄压阀用于保护。泄压阀动作的压力设定值应根据突然停电、阀门误动作等产生水锤时，进站压力最高值和泄压系统的设定值进行调节。

8.3.5 水泵机组保护装置的设置应符合以下规定：

- 1 大型水泵机组应设置轴承温度、电动机定子温度、电机绕组温度等超限联锁停运

控制装置及振动检测、冷却水温及润滑、液压等辅助系统的监视和报警装置，并应采集信号实现超限报警和联锁停车；

2 中型水泵宜设置轴承温度、电动机定子温度、电机绕组温度等超限联锁停运控制装置，并应采集信号实现超限报警和联锁停车。

【条文说明】8.3.5 本条款是对水泵机组保护装置设置的规定。其中中型水泵机组一般指功率 500kW~800kW 的水泵机组，大型水泵机组一般指功率大于 800kW 的水泵机组。

8.4 智慧管理

8.4.1 宜构建长距离输水管线设施智能化管理平台。

【条文说明】8.4.1 本条款是对构建智能化管理平台的规定。可利用大数据、物联网、云计算等技术手段，实现远程监控、信息采集、系统智能调度、事故智慧预警等功能，为设施运行维护管理、事故预防提供辅助决策。

8.4.2 应引入 SCADA 系统对基础信息进行采集。

【条文说明】8.4.2 本条款是对自动化阶段信息采集的规定。主要体现在基础信息的自动化采集上，引入 SCADA 系统，集电气自动控制、仪表技术、通讯技术、计算机技术于一体，逐步实现阀门、泵站等的自动化控制，自动采集和传输水质、水压和流量等运行数据。

8.4.3 应利用计算机技术对输水系统集约化管理。

【条文说明】8.4.3 本条款是对信息化阶段集约化管理的规定。基于 SCADA 系统将输水系统的各类在线仪表、设备所反映的生产运行数据进行采集、传输、信息共享，利用计算机技术对这些数据进行筛选、分析，将运行管理人员关注的重点数据直观展现，辅助运维完成运行监控管理、设备维护、报表记录、数据分析等工作，辅助输水系统的运行，实现输水系统的集约化管理。

8.4.4 智慧管理系统应包含以下主要内容：

- 1 水锤在线监测及故障诊断分析系统；
- 2 爆管泄漏预警、识别、定位、统计及分析系统；
- 3 管道及附属设施监测及安全分析评估系统；
- 4 水质安全管理系统。

【条文说明】8.4.4 本条款是对智慧管理系统的规定。

- 1 对于单一水源供水系统及事故多发点，宜设置水锤安全监测系统。需要建设一个基于管道水锤（压力瞬变）安全防护在线监测系统，专门用于水锤过程监测，并对水锤防护设备有效性进行调测与评价。如可采用采集频率 $\geq 64\text{Hz}$ 的高频压力传感器，传输装置宜有精度 ≤ 0.001 秒的同步时钟。
- 2 智慧管控系统对输水系统事故进行主动预警、快速识别、精准定位、统计及分析的规定。利用智能设备、传感器等全面感知输水管线信息；运用网络、通信、交互、集成等技术打通信息孤岛和业务隔阂；深入结合大数据、云计算、仿真建模等技术，预测分析供水管线流量计压力的趋势变化；运用数据挖掘、专家库、行为分析等人工智能技术，强化系统运行管理的科学性和前瞻性，并对某些事故进行预处理，实现自主决策，变被动为主动；再结合移动化运营管理模式，真正成为高效率、高可靠的新一代智慧输水系统。
- 3 管道及附属设施监测及安全分析评估系统；根据管道压力及噪声强度变化对管道压力及排气阀的安全运行状况进行监测分析、并做安全风险评估。
- 4 对长距离输水管（渠）设置水质安全监测设施的规定。水质监测指标应包括浊度、pH、余氯等。当水源有微污染情况下，宜在水源地管道入口增设 COD、氨氮等必要的水质监测设施。

9 施工及验收

9.1 一般规定

9.1.1 从事长距离输水管道工程的施工单位应具备相应的施工资质，施工人员应具备相应的资格。

9.1.2 施工前，应熟悉图纸并根据建设单位提供的施工界域内地下管线等构筑物资料、工程水文地质资料，组织有关施工技术管理人员沿线调查，组织图纸会审、设计交底和技术交底。

9.1.3 应依据设计文件和标准规范，编制施工组织设计及专项施工方案，并经过规定程序审批后执行。

9.1.4 施工前，应对工程所用材料及设备的出厂合格证、质量证明书、以及材质证明书进行检查，当对其质量有疑问时应进行检验。

9.1.5 应在管道沿线设置标志桩及警示牌，并保存相应记录。

【条文说明】9.1.5 应在管道沿线装设里程桩、转角桩、标志桩、测试桩及警示牌，在穿越道路、公路、铁路、河流、湖泊、鱼塘等特殊区域应适当加密，做到通视良好、标示清晰。并应在交工前进行维护，不应损坏或丢失。里程桩、转角桩、标志桩及警示牌的安装位置应准确，并应保存相应记录。

9.1.6 进行水压试验时应有防护措施，确保人员、交通通行和附近设施的安全。

【条文说明】9.1.6 本条款是对水压实验作业人员、周边通行人员及设施安全的规定。

9.1.7 管道施工及验收应参照现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 执行。

9.2 施工

9.2.1 应根据长距离输水管道的管径、数量、间距、埋深及相邻构筑物及施工条件等，确定施工作业带的宽度。

【条文说明】9.2.1 穿跨越河流、沟渠、公路、铁路，地下水丰富或管沟挖深超过5m的地段及拖管车调头处，可根据实际需要，适当增加占地宽度。山区非机械化施工及人工凿岩地段可根据地形、地貌条件酌情减少占地宽度。

9.2.2 施工前应确定埋地管线、地下光电缆及其他地下构筑物的位置，并做好拆改

迁或保护方案。

【条文说明】9.2.2 应确定埋地管线、地下光电缆及其他地下构筑物的位置。应事先将施工计划通知受影响的地下构筑物的使用者或所有者,便于需要时到现场监护。开挖管沟前,应向施工人员说明地下设施的分布情况。在地下设施两侧 5 m 范围内,应采用人工开挖,并应对挖出的地下设施采取保护措施。对于重要地下设施,开挖前应征得其管理部门同意,必要时应在其监督下开挖。

9.2.3 施工期间应妥善安排,安排好交通和临近居民的活动。应减少对周围的损坏,并应保护好公众的安全。

9.2.4 管道穿跨越工程施工前,应编制专项施工方案,并获得穿跨越许可。

9.2.5 施工放线应满足设计要求及土地使用者要求。

9.2.6 施工便道应具有足够的承载能力,路面宽度宜大于 4m,经过地下管道、线缆、沟渠等地下构筑物或设施时,应采取保护措施。

【条文说明】9.2.6 施工便道应平坦,具有足够的承载能力,能保证施工车辆和设备的行驶安全。施工便道路面宽度宜大于 4m,并与公路平缓接通,每 2km 宜设置 1 个会车处,弯道和会车处的路面宽度宜大于 10m,弯道的转弯半径宜大于 18m。施工便道经过地下管道、线缆、沟渠等地下构筑物或设施时,应采取保护措施。

9.2.7 材料存放场地及进出场道路上方应无架空电力线,施工机具和设备应满足与架空电力线路安全距离要求。

【条文说明】9.2.7 材料存放场地应平整、无石块,地面不应积水。存放场地应保持 1%~2%的坡度,并应设有排水沟。应在存放场地内修筑汽车与吊车进出场的道路,场地上方应无架空电力线,施工机具和设备应满足与架空电力线路安全距离要求。

施工机具和设备与架空电力线路安全距离

电力线路电压/kV	<1	1~35	60	110	220	330	n
安全距离/m	>1.5	>3	>5.1	>5.6	>6.7	>7.8	>0.01 (n-50)+5

9.2.8 塑料管材的存放应采取防紫外线措施、防腐管道现场露天存放时间不宜超过 3 个月。

【条文说明】9.2.8 本条款是对管材存放的规定。PE、PVC 等塑料管材可采取覆盖

等防紫外线措施，防腐管道运抵施工现场后，露天存放时间超过 3 个月时应采取防护措施。

9.2.9 在耕作区开挖管沟时，应将表层耕作土与下层土分别堆放，下层土应放置在靠近管沟一侧。耕作土地段的管沟应分层回填，应将表面耕作土置于最上层。

【条文说明】 9.2.9 本条款是对在耕作区开挖时取土及回填顺序的要求。考虑到土壤肥力恢复，有利于植被的生长，减少水土流失，同时对管道保护有利。

9.2.10 陡坡地段管沟回填宜采取袋装土分段回填。

【条文说明】 9.2.10 本条款是对陡坡地段管沟回填的要求。当管沟坡度较大时，管沟内回填物易下滑，细土易流失。为防止回填土下滑或细土流失，根据土壤特性，在管沟内分段设截水墙或采取其他措施是合适的。

9.2.11 对于回填后可能遭受洪水冲刷或浸泡的管沟，应采取压实管沟、引流或压砂袋等防冲刷、防管道漂浮的措施。

【条文说明】 9.2.11 本条款是对回填后可能遭受洪水冲刷或浸泡的管沟的防护要求。

9.2.12 石方地段的管线路由爆破挖沟时，应避免对公众及周围设施的安全造成影响。

9.2.13 顶管、顶进箱涵或水平定向钻穿越方式施工应按照国家现行标准《热力机械顶管技术标准》CJJ/T284、《给水排水工程顶管技术规程》CECS246 执行。

9.2.14 当在公路、铁路或居民区附近开挖管沟时，应设置警告牌、信号灯、护栏等安全措施。

【条文说明】 9.2.14 本条款是对在公路、铁路或居民区附近开挖管沟安全设施的要求。

9.2.15 进入管廊的输水管线应符合综合管廊吊装要求。

【条文说明】 9.2.15 入廊管线单节管道长度应满足吊装孔的尺寸及管廊内吊钩最大承重要求。

9.3 验收

9.3.1 工程所用的管材、管道附件、构（配）件和主要原材料等产品进入施工现场时必须进行进场验收并妥善保管。进场验收时应检查每批产品的订购合同、质量合

格证书、性能检验报告、使用说明书、进口产品的商检报告及证件等，并按国家有关标准规定进行复验，验收合格后方可使用。

【条文说明】9.3.1 本条为强制性条文，规定工程所用的管材、管件、构(配)件和主要原材料等产品应执行进场验收制和复验制，验收合格后方可使用。

9.3.2 管道安装、土方回填等完成后，应进行整体水压试验。水压试验前应编制工作方案，水压试验后应编制试验报告。

【条文说明】9.3.2 长距离输水管道安装、接口水压试验、土方回填等工序完成后，管道应进行包含管道附属设施、管道附件等的整体水压实验，夏季进行水压实验的管道，应在冬季对管道附件法兰进行检查加固。

1 水压试验工作方案主要包括以下内容：

- 1) 工程基本情况；
- 2) 水压试验分段；
- 3) 水源及充、排水方案；
- 4) 试验压力及合格标准；
- 5) 试验仪器设备、试验设计和人员配置；
- 6) 试验操作流程；
- 7) 试验进度计划；
- 8) 安全操作及应急预案。

2 水压试验完成后应编制水压试验报告，报告主要包括以下内容：

- 1) 试验目的和任务；
- 2) 工程基本情况；
- 3) 试验组织和过程；
- 4) 试验结果及成果分析；
- 5) 结论及建议。

9.3.3 整体水压试验应结合工程布置、工作压力、管道材质、试验条件等因素综合确定，采用相邻两座检修阀井之间的管段为一个试验段，一个试验段长度不宜大于10km，水压试验宜从管线最高点向最低点依次逐段进行。

【条文说明】9.3.3 本条款是对整体水压试验长度的规定。

9.3.4 管道采用两种或以上管材时，宜按不同管材进行试验。不具备分别试验条件必须组合试验时，应采用不同管材试验控制最严的标准进行试验。

【条文说明】9.3.4 本条款是对不同管材整体试压的规定。

9.3.5 水压试验应包括预试验及主试验两个阶段，试压合格后，应对管道进行清洗及消毒。

【条文说明】9.3.5 水压试验具体要求参照《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 执行。试压合格后，应将管段内积水清扫干净，山区清扫时应采取背压等措施，清扫出的污物应排放到规定区域，清扫应以不再排出游离水为合格。

9.3.6 验收前宜采用 CCTV 等方法，对管线的结构性缺陷及功能性缺陷进行检测。

【条文说明】9.3.6 本条款是对管道验收前针对管道施工内部缺陷检测的规定。具体方法应符合国家现行行业标准《城镇供水管网漏水探测技术规程》CJJ159 的规定。

10 输水系统运行和维护

10.1 一般规定

10.1.1 输水管道系统应制定充水启动运行操作规程，初次充水启动应在有经验的运行人员指导下进行。

【条文说明】10.1.1 压力输水管道的充水启动应编制运行操作规程，应在系统水锤分析的基础上，由具有丰富理论和实践经验的专家，联合设计运行人员共同制定启动运行操作规程，运行操作规程的编制要考虑输水管道稳定流、非稳定流各种工况，并结合输水管道高差、距离长短、布置形式、管流形态和管道各种附件的动作性能等因素。由于充水启动过程中流速、压力等流动参数处于调节渐变过程，意外影响因素很多，对于较复杂管道和大型管道的充水启动，有必要请有经验的专家进行现场指导。

10.1.2 输水管道充水时，应控制流速，并保证排气顺畅。

【条文说明】10.1.2 保证输水管道安全充水启动的关键是排气顺畅，要求管道上所安装的排气阀做到无论管道处于何种流态，都能够打开大、小排气口高速排气。在水气相间时，仅微量排气是不能满足较大管径输水管道充水启动要求的。

10.1.3 当管路系统复杂或调节流量很大时，宜经过水力计算或水锤分析确定相关的操作规程。

【条文说明】10.1.3 本条款是对复杂管路和流量调节进行水力计算的规定。采用多台水泵并联方式加压的输水管道，在进行流量调节时，应注意增加或减少工作水泵的操作方式，并制定缓开缓闭水泵出口阀门的操作规程。当设有调速装置时，可采用增减水泵转速调节。多级加压输水管路，应按最大输水流量及调节规律选择水泵型号和台数，并应计算在非设计流量工况运行时，各泵站之间的流量差。必要时，在连接水池前设置能够调节流量的调节阀或相应的流量控制装置平衡上、下游流量。

10.1.4 当较长时间停运且考虑输水管道防冻时，可放空管内存水。在一般情况下不宜放空管道。

【条文说明】10.1.4 本条款是对管道长时间停运的规定。

10.1.5 每年应至少检查一次空气阀是否泄漏，必要时应更换磨损部件和弹性阀座。

所有空气阀应至少每年打开和冲洗一次。

【条文说明】10.1.5 本条款是对空气阀检修维护频次的规定。

10.1.6 通过系统验收的管线，应对 GIS 信息系统同步更新。

10.1.7 现有预应力钢套筒混凝土管正常投入运行 5 年后，应对预应力钢丝进行首次断丝检测，根据检测结果确定后续连续检测断丝频数。

【条文说明】10.1.7 针对正在运行的预应力钢套筒混凝土管，应定期进行断丝检测，减少由于管材缺陷带来的危害，具体方法应符合现行国家标准《预应力钢筒混凝土管防腐技术》GB35490 的规定。

10.2 有压重力输水管道运行要求

10.2.1 重力管道初次充水启动时，应符合以下要求：

- 1 末端出口为管道最低点时，应采用末端出口阀门完全或部分关闭启动。
- 2 含有倒虹吸式管段时，宜开启管路末端阀门至管路末端出水后，关闭阀门继续充水。
- 3 充水完成后，应缓慢开启末端阀门，直至系统稳定运行。

【条文说明】10.2.1 重力管道充水的关键是控制充水速度和管道排气，本条款是对重力管道启动的规定：

（1）管道末端阀门的开启，有利于释放意外超压，但过量放水也会增长充水时间，故末端阀门的开关和开启度应结合管路情况适时改变。管道是否已充满水，一般可通过排气阀是否终止排气进行判断。但充水速度过慢，排气不畅的管道即使排气阀终止排气，仍可能在很多部位大量存气，使水难以充满管道，留下安全隐患。

从管道起端以可控较小流量和较小压差向输水管充水；建议采用起端较小口径的充水专用调节阀控制空管充水；充水过程中应小心控制充水流速，并观察沿线排气阀排气状态，使排气孔口逐渐建立压差，并达到 30kPa~35kPa 左右，让管道下游的空气背压自动阻碍充水水柱，使之缓慢流动；至所有排气阀终止排气，且管道已充满水为止。

（2）当输水管道含有倒虹吸式管段时，虹吸管内排气困难，充水前应开启管路末端阀门，当管路末端出口见水后，关闭或减小末端出水阀门开启度，继续充水至管道

完全充满。

(3) 为避免阀门快速启动引起水流急剧变化，应缓慢开启末端阀门直至系统稳定。

10.2.2 短期停运时，应缓慢关闭管道末端阀门，保持输水管道的满流状态。

【条文说明】10.2.2 重力输水管道短期停运可采用关闭上游进水阀门放空全部管道存水，或关闭下游阀门保持管道充满状态两种操作方式。如果在停水期间管道无压，安全无忧，但在重新启动时，需重新进行充水排气，耗费人力和时间，还易因控制不当发生事故。因此本标准规定采用关闭末端阀门的方式，保持管道充满状态，停水期间，管道承受最大静压力，但重力输水管道设计承压能力大于管道关阀时的最大静水压力，不存在危险，再次启动时，直接开阀即可，方便安全。

10.2.3 流量需要调节时，应符合下列规定：

- 1 采用下游阀门调节；
- 2 应通过水力计算或水锤分析确定阀门调节的方式和速度；
- 3 当输水管道设有末端水池时，宜采用具有缓闭功能的水位控制阀或电动阀等实现自动流量调节。

【条文说明】10.2.3 重力输水管道的流量调节分为上游和下游调节两种方式。上游调节易出现管道水柱中断，发生断流弥合水锤；下游调节也可能产生压力波动，但不是断流水锤，较为安全。

10.3 加压输水管道运行要求

10.3.1 输水管道初次通水的水泵启动充水流速宜控制在 0.3m/s 以下。当输水管道全部充满，沿线所有排气阀停止排气后，再逐渐加大充水流速至最大设计流量。

【条文说明】10.3.1 根据 AirValves: Air-release, Air/vacuum&Combination, 为了尽量减少液体管道系统充水过程中水锤的影响，建议基于整个管道横截面的系统充水速度保持在 0.3m/s 以下，因为当水流到达输水系统远端时突然停止，它可能导致每 0.3m/s 的瞬时压力增加约 345kPa。工程实际经验和相应理论计算，压力输水管道充水时，充水流速控制在 0.3m/s 以下效果较好。太低流速带不走管道存气，不利于管道排气，也使通水时间过长；太高流速可能使管道充水速度大于排气速度，造成气堵，引起压力振荡。

10.3.2 启动水泵时，应控制阀门的开启速度不过快。突然停泵后，再次开启水泵

时应控制输水管道流速，确保输水管道内不存在气囊后，再逐渐加大流速至设计值。

【条文说明】10.3.2 水泵启动充水一般有三种情况，即正常启动，初次通水启动和突然停泵后再次启动。应特别注意突然停泵后再次启动的操作，很多输水管道爆管事故都是在这种情况下发生的。突然停泵过程中产生的降压波往往会使管道中进入大量气体，若按正常情况增加管道流量而忽视管道中存在气体，会使充水速度大于排气速度，就可能产生断流弥合水锤。因此，突然停泵后再次启动应限制充水速度，并检查管道沿线排气阀的排气状态，直至所有排气阀均停止排气或保证管道无气体存在时，再逐步加大充水速度至正常流量，才能保证安全运行。

10.3.3 当离心泵停泵时，应首先关闭泵出水阀门，再停水泵。

【条文说明】10.3.3 输水管水泵停泵，应按正常操作规程的要求做到先关阀，后停泵。一般不应采用直接断电停泵的方法，因为这样做相当于突然断电的非正常停泵，尽管有缓闭式止回阀，但仍不如先关阀、后停泵更利于输水管道安全运行。