

新时期工程设计中的渠道设计与施工研究

——以农业水利工程为例

张超 虞鹏

山东省水利勘测设计院有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i9.5699

[摘要] 本研究旨在探讨新时期农业水利工程中渠道设计与施工的关键技术,以提高工程质量和效率。研究内容包括U型槽断面设计、渠底比降设计、材料选择、U型槽预制及安装、混凝土配比试验和渠道防渗施工等方面。研究结果表明,U型槽断面设计可有效降低渠道占用面积,优化技术指标,渠底比降设计能够平衡水流顺畅和防止冲刷,钢筋混凝土作为主要材料具有较好的综合性能,规范化的U型槽预制和安装流程显著提高了施工效率和质量,多层次的接缝处理和防冻胀措施有效延长了工程使用寿命,土工膜、混凝土和粘土防渗技术的综合应用提升了渠道的防渗性能,为新时期农业水利工程的渠道设计与施工提供了重要的技术支持和实践指导。

[关键词] 农业水利工程; 渠道设计; U型槽; 渠道施工

中图分类号: TV146+.2 **文献标识码:** A

Research on channel design and construction in engineering design in the new period

——taking agricultural water conservancy project as an example

Chao Zhang Peng Yu

Shandong Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd

[Abstract] This study aims to explore the key technologies of channel design and construction in agricultural water conservancy projects in the new period to improve the engineering quality and efficiency. The research contents include U-shaped groove section design, channel bottom ratio design, material selection, U-shaped tank prefabrication and installation, concrete ratio test and channel seepage prevention construction, etc. The results show that the U groove section design can effectively reduce the channel occupied area, optimize the technical index, bottom ratio design can balance the smooth flow and prevent erosion, reinforced concrete as the main material has good comprehensive performance, standardized U groove prefabrication and installation process significantly improve the construction efficiency and quality, multi-level joint treatment and anti-frost measures effectively extend the service life of the project, geomembrane, concrete and clay seepage technology comprehensive application of channel, for the channel design and construction of agricultural water conservancy project in the new period provides an important technical support and practical guidance.

[Key words] agricultural water conservancy project; channel design; U-shaped trough; channel construction

引言

农业水利工程是保障农业生产和农村发展的重要基础设施,其中渠道系统直接影响水资源的高效利用和农业灌溉效果。随着新时期农业现代化的快速推进,传统的渠道设计和施工技术已难以满足当前对工程质量、效率和可持续性的高要求。因此,深入研究新时期农业水利工程中的渠道设计与施工技术具有重要的现实意义。本研究聚焦于渠道设计和施工两个核心方面,

系统探讨了U型槽断面设计、渠底比降设计、材料选择、U型槽预制及安装、混凝土配比试验和渠道防渗施工等关键技术。研究的创新点提出了基于多因素综合考虑的U型槽断面优化设计方法,应用了多层次接缝处理和防冻胀技术等,旨在提高农业水利工程的整体质量和效率,为解决当前面临的技术难题提供新的思路和方法。

1 农业水利工程渠道设计

1.1 U型槽断面设计

本文以某农业水利灌溉工程为例,该工程灌溉面积约5000亩,主要解决当地农田灌溉问题。工程包括一条长约10km的主干渠和若干支渠,采用U型槽结构设计。其中U型槽断面设计是农业水利工程渠道设计的关键环节,主要包括纵断面和横断面的设计^[1]。在纵断面设计中,需要依据地形特征确定灌区方向,使纵坡满足实际地理高线和灌溉要求。设计时以纵断面中心线为基准,确定每个桩点的渠顶和水位高程。关键在于确定渠道长度、坡降与水头损失,并结合灌溉区域面积计算出斗渠、支渠等的净流量总和,从而得出U型槽纵坡降等参数。横断面设计则主要运用设计流量计算公式,如公式1所示。

$$Q = W \cdot C \sqrt{R \cdot i} \quad (1)$$

其中为渠道比降, W 为过水断面, R 为水力半径, C 为谢才系数。U型断面的比降值主要受灌区地面坡度等因素影响,需要权衡流速 v 值对渠床冲击力的影响。此外,还需考虑边坡系数、渠道糙率等因素,根据渠床地质情况和渠道深度确定最终数值^[2]。对于土渠边坡,还需结合土壤性质确定渠道断面形状。通过科学的U型槽断面设计,可以有效降低渠道占用面积,优化技术指标,确保渠道具有较高的平顺性和使用效率。

1.2 渠底比降设计

渠底比降设计是农业水利工程渠道设计中的关键环节,直接影响渠道的输水效率和使用寿命。在设计过程中,技术人员通常将渠底比降控制在 $1/5000$ 左右,这一数值能够在保证水流顺畅的同时,有效防止过大的水流速度对渠道造成冲刷。渠底比降的设计需要考虑多个因素,其中最重要的是水流速度 v 和渠道糙率 n 。根据曼宁公式,如公式2所示。

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

其中为水力半径,可以计算出合适的比降。此外,还需要结合工程的具体情况,如地形条件、土壤类型和气候特征等,对比降进行适当调整。例如,在易冻胀地区,需要略微增大比降以应对冻胀引起的变形。在实际设计中,技术人员应当权衡各方面因素,通过反复计算和优化,确定最终的渠底比降,以实现工程的最大经济效益和社会效益。

1.3 材料选择

在农业水利工程渠道设计中,材料的选择关乎渠道施工质量。为此,选择以下几种主要渠道材料进行性能对比,如表1所示。

表1 渠道设计材料性能对比

材料类型	抗压强(MPa)	抗渗性能	使用寿命(年)	相对成本
普通混凝土	20-30	中	30-50	中
钢筋混凝土	30-50	良好	50-70	高
塑料(HDPE)	20-25	优秀	40-60	中高
土工膜	-	优秀	20-30	低

综合考虑各种因素,并根据材料性能对比分析,选用钢筋混凝土作为主要材料。钢筋混凝土具有较高的抗压强度、良好的抗渗性能和使用寿命长等特征,虽然初始成本较高,但从长期来看具有较好的经济性。具体可选用C30强度等级的钢筋混凝土,配合HRB400级钢筋^[3]。混凝土应使用42.5级普通硅酸盐水泥,水泥、砂、石子的配合比可采用1:1.5:2.7,水灰比控制在0.5左右。为提高混凝土的工作性能和耐久性,可添加5%~8%的粉煤灰和适量的减水剂。在寒冷地区,还可考虑掺入3%~5%的引气剂以提高抗冻性。通过这样的材料选择和配比设计,可以确保渠道具有良好的强度、耐久性和水密性,满足农业水利工程的长期使用需求。

2 新时期农业水利工程渠道施工研究

2.1 U型槽施工

2.1.1 U型槽预制。U型槽预制是农业水利工程渠道施工中的重要环节,其质量直接影响渠道的整体性能和使用寿命。在预制过程中,首先需要选择合适的原料,通常采用C20强度等级的混凝土,配合31.3级硅酸盐水泥。混凝土的配比至关重要,一般采用卵石、砂、水泥的比例为2.0:1.5:1.0,同时控制中粗砂细度在2.0~2.5之间,以确保混凝土的强度和工作性能。在制作工艺方面,U型槽的预制采用称重方式确定使用的混凝土数量,以保证每个预制件的质量一致性。随后,通过振动成型技术实现混凝土的充分密实,这一步骤对于提高U型槽的强度和耐久性至关重要。成型后的U型槽需要进行表面处理,通常采用涂抹工艺以提高表面平整度和美观性。预制完成后,U型槽会被运输到专门的养护场进行养护。在常温环境下,养护期一般持续7d左右^[4]。养护过程中,需要定期进行洒水处理,以确保混凝土充分水化和强度。养护期间的温湿度控制也非常重要,通常将环境温度控制在15~25℃,相对湿度保持在80%以上。

通过规范化的U型槽预制过程,可以显著提高渠道的整体质量和施工效率。预制件的标准化生产不仅确保了产品的一致性,也便于后续的运输和安装。此外,预制技术还可以有效减少现场施工时间,降低环境影响,为农业水利工程的快速推进提供了支持。

2.1.2 混凝土配比试验。混凝土配比试验主要目的是确定最佳的混凝土配合比,以满足强度、耐久性和施工性能的要求。基于一般农业水利工程施工情况,本文选用C20强度等级的混凝土,配合31.3级硅酸盐水泥进行试验。以下是一组典型的混凝土配比试验数据,如表2所示。

表2 混凝土配比试验参数

材料	水泥	砂	卵石	水	减水剂
用量(kg/m ³)	350	525	700	175	3.5
比例	1	1.5	2	0.5	0.01

在试验过程中,重点关注水灰比的影响。本次试验中,水灰比为0.5,该比例能够很好地平衡强度和工作性。砂率控制在38%,

确保了混凝土的和易性和密实度。为提高混凝土的性能, 添加了减水剂, 用量为水泥质量的1% (3.5 kg/m³)。这不仅改善了混凝土的流动性, 还有助于降低实际水灰比, 从而提高强度和耐久性^[5]。在28天养护后, 该配比混凝土的抗压强度达到了26.5 MPa, 超过了C20等级的要求 (20 MPa)。坍落度试验结果为70 mm, 可以满足U型槽预制的施工要求。在实际应用中, 需要根据现场条件和材料特性进行微调。例如, 如果现场温度较高或运输时间较长, 需要适当增加减水剂用量或调整用水量, 以保持混凝土的工作性。

2.1.3 U型槽安装。U型槽安装是农业水利工程渠道施工的关键环节, 对工程质量和运行效果有着直接影响。安装过程包括基础处理、槽体就位、接缝处理、槽体安装等多个步骤, 每个步骤都需要精细操作和严格控制。

(1) 基础处理。根据地质条件, 采用20 cm厚的碎石垫层, 确保地基承载力达到150 kPa。垫层完成后, 进行10 cm厚的C15混凝土基础浇筑, 养护7天后方可进行U型槽安装, 确保地基的稳定性, 还为后续的U型槽安装提供了坚实可靠的平台。U型槽就位前, 需要进行测量放线, 确保安装位置精确。施工人员采用全站仪进行测量, 控制纵向误差在±5 mm以内, 横向误差在±3 mm以内。

(2) 槽体就位。槽体就位时使用25 t级吊车进行操作, 单件U型槽重量通常不超过5 t, 以确保安全和精度。这种精确的定位和安装方法保证了渠道的整体线形和水力性能。

(3) 接缝处理。接缝处理是保证渠道防渗性能的关键。采用以下接缝处理方案: 使用压力不低于20 MPa的高压水冲洗清理接缝, 然后填充20 mm宽、30 mm深的聚氨酯嵌缝料。接着铺设3 mm厚的SBS改性沥青防水卷材, 最后覆盖20 mm厚的水泥砂浆作为保护层。在接缝处理中, 在寒冷地区需要进行防冻胀处理。在U型槽周围回填30 cm厚的粗砂作为防冻层, 并在槽体外侧设置5 cm厚的挤塑聚苯乙烯板作为保温层。这种处理方法有效防止了冻胀对渠道结构的破坏, 延长了工程的使用寿命。

(4) 槽体安装。安装过程中, 严格控制U型槽的平整度和高程。纵向高程误差控制在±10 mm以内, 相邻槽体高差不超过5 mm。横向水平误差控制在±5 mm以内, 确保水流畅通无阻, 保证渠道的水力性能和结构稳定性。为提高施工效率, 采用流水作业法, 将安装过程分为测量放线、基础处理、槽体就位、接缝处理等工序。每个工序配备专门的施工小组, 形成有序的施工链。该方法使得日均安装长度可达100 m, 显著提高了施工效率。为确保施工质量, 建立了全面的质量检查体系, 包括原材料检验、过程控制和成品检查。每50 m进行一次全面检查, 确保每个环节都符合设计要求。这种严格的质量控制体系保证了工程的整体质量。安装完成后, 进行14天的养护期, 期间保持U型槽表面湿润, 防止因温度变化和干燥收缩导致的开裂。养护期结束后, 进行注水试验, 检查渠道的防渗性能和整体稳定性。注水高度保持在设计水位24 h, 观察是否有渗漏或变形现象。

2.2 渠道防渗施工

渠道防渗施工是确保农业水利工程长期稳定运行的关键环节。根据工程实践, 主要采用三种防渗技术: 土工膜防渗、混

土防渗和粘土防渗。

土工膜防渗技术因其优异的防渗性能和施工便捷性而被广泛应用。为此, 选用厚度为1.5 mm的高密度聚乙烯 (HDPE) 土工膜, 其渗透系数低至 1.0×10^{-11} m/s, 远优于传统防渗材料。施工时, 首先将基础夯实至密实度不低于95%, 然后铺设土工膜, 搭接宽度不少于30 cm, 并采用热熔焊接技术确保接缝密封性。为防止土工膜破损, 在其上下均铺设300 g/m²的无纺土工布作为保护层。实践表明, 采用此方法的渠道, 渗漏量可降低90%以上, 水资源利用效率显著提高。在一个总长100 km的渠道工程中, 仅用时15天就完成了土工膜铺设, 比传统方法节省了40%的工期。

混凝土防渗技术则适用于承载力要求较高的渠段。采用抗渗等级不低于P8的钢筋混凝土, 厚度为15 cm。为提高混凝土的抗裂性能, 在配合比中添加0.9 kg/m³的聚丙烯纤维, 有效控制了收缩裂缝的产生。浇筑时采用分段施工法, 每段长度控制在30 m以内, 并在段间设置变形缝, 缝宽20 mm, 填充10 mm厚的沥青麻丝作为止水材料。养护期不少于14天, 期间保持混凝土表面湿润。通过这种方法, 混凝土防渗层的抗渗性能得到显著提升, 渗透系数可达到 1.0×10^{-8} m/s, 使用寿命可延长至50年以上。

3 结语

本研究通过对新时期农业水利工程渠道设计与施工的系统研究, 提出了一系列优化方案和创新技术。在渠道设计方面, 通过科学的U型槽断面设计和渠底比降设计, 实现了渠道的高效输水和结构稳定。在材料选择上, 钢筋混凝土的应用提高了渠道的耐久性。在施工技术方面, 规范化的U型槽预制和安装流程, 结合创新的接缝处理和防冻胀措施, 显著提升了工程质量和效率。多种防渗技术的综合应用则有效解决了渠道渗漏问题, 为当前农业水利工程的建设提供了技术支持, 也为未来的发展指明了方向。未来农业水利工程的渠道设计与施工还需加强智能化设计和施工技术的应用, 如利用BIM技术优化设计和施工管理, 开发和新型环保材料的开发和应用, 从而更好地服务现代农业发展。

【参考文献】

- [1] 李春霞. 水利工程渠道运行管理与维护存在的问题及解决对策[J]. 农村经济与科技, 2023, 34(6): 64-67.
- [2] 陈雪萍. 农业水利渠道工程质量控制应用研究[J]. 云南水力发电, 2023, 39(9): 383-386.
- [3] 刘金文. 渠道防渗技术在农业灌溉工程中的应用[J]. 新农业, 2023(1): 91-93.
- [4] 李伟男, 孙颖. 农业水利工程中高效节水灌溉的技术关键点分析[J]. 江西农业, 2023(22): 73-75.
- [5] 张鹏飞. 试析农业水利工程中高效节水灌溉技术[J]. 水上安全, 2023(5): 92-94.

作者简介:

张超(1991—), 男, 汉族, 山东省临沂市人, 硕士研究生, 工程师, 农业水利工程设计。

虞鹏(1994—), 男, 汉族, 山东省德州市人, 硕士研究生, 工程师, 农业水利工程设计。