

新疆三屯河灌区渠道防渗防冻胀技术应用

一、灌区基本情况概述

1、灌区概况

三屯河灌区位于新疆天山北麓中段，准噶尔盆地南缘，地理位置界于东经 $86^{\circ} 24' 33''$ — $87^{\circ} 37'$ ，北纬 $43^{\circ} 6' 30''$ — $45^{\circ} 20'$ 之间。东与头屯河灌区接壤，西与呼图壁河灌区相邻，南以天山的阿斯克达板山与和静等县为界，北靠古尔班通古特沙漠与塔城地区的和布克赛尔县和阿尔泰地区的福海县相接。辖区南北长 260 公里，东西宽约 31 公里，总面积 8044KM^2 。

三屯河发源于天山北坡中段的天格尔峰，海拔 4562 米。主要支流有大、小三屯河，集水面积 1636KM^2 ，河长 103KM，多年平均径流量 3.58 亿 M^3 。

三屯河灌区地势较复杂，南部山区、中部平原、北部沙漠三大部分。灌区水资源较为贫乏，地表水主要产于山区，由大气降水和冰雪融水混合补给三屯河，年径流量 3.58 亿 M^3 ，年地表水可供量 27077 万立方米；三屯河流域地下水补给量为 2.55 亿 M^3 ，可开采量为 2.05 亿 M^3 ，已开采为 1.76 亿 M^3 ；年可供水量 43777 万立方米。

2、气候特征

三屯河流域地处欧亚大陆腹地，准噶尔盆地南缘，远离海洋。其气候特点是四季分明，夏季干旱炎热，冬季寒冷漫长，春季温度变化剧烈，冷空气活动频繁，秋季降温迅速，天气晴朗。降水量年际变化大，季节性分配不均匀，多集中在春、夏两季。光照充足，热量丰富，气温的年较差、日较差大。

(1) 气温

南部海拔 3600m 以上高山区年平均温度在 -5°C 以下。中低山区的年平均气温 5.5°C 。平原区多年平均气温为 6.1°C ，沙漠区多年平均气温为 5.7°C 。最大冻土深 1.0—1.2m。

三屯河流域气温的年内变化非常明显，全年以 1 月最冷，七月最热。

(2) 降水

三屯河流域高山区平均年降水量在 600mm 以上，中低山区平均年降水量 400~500mm，中部平原区平均年降水量 180mm，北部沙漠区平均年降水量小于 150mm。流域内降水不但稀少，而且南北分布极为不均，南部山区年降水达 534.3mm，而北部地区仅为 127.5mm，相差比 4:1。

(3) 蒸发

平原地区年蒸发量 2390mm, 沙漠边缘年蒸发量 2600mm, 南部山区年蒸发量最小, 仅 1587. 0mm,

3、水文

(1) 径流量

三屯河的主要支流有大、小三屯河, 在努尔加牧业村附近汇合, 其上游有孔沙拉沟、庙尔沟、板房沟、头道水、二道水等支流汇合后形成三屯河主流。碾盘庄水文站以上集水面积 1636km², 河长 103km, 河道纵坡 17. 3‰。三屯河多年平均径流量为 3. 58 亿 m³。

地表水资源年内分配不均, 三屯河灌区的地表水资源主要集中在夏季 6—8 月。占全年来水量的 67. 9%: 4—5 月占 13%; 9—10 月占 15. 9%; 11~3 月占 3. 2%。但年际变化相对稳定, 河流年径流量最大与最小值变化在 1. 6—1. 9 之间, 年变差系数 C_v 在 0. 13—1. 14 之间, 变化很小, 因而年径流量的保证率高, 对供水需求十分有利。

(2) 泥沙

三屯河流域内海拔高、气温低、3500m 以上覆盖着冰川永久积雪, 所以河源上段产沙不多; 在中山区地段, 降水量大, 并多暴雨洪水, 河道坡降大, 汇流迅速, 是径流的主要形成区, 也是重要的产沙区; 低山区海拔较低, 植被差, 发生暴雨洪水时, 地面冲刷及塌岸严重, 有时发生泥石流, 也是严重的产沙区。三屯河的森林覆盖率只占流域的 6. 9%, 因而年平均含沙量也较大, 碾盘庄站多年平均含沙量为 2. 13kg / m³, 多年平均输沙率 24. 1kg / s, 多年平均输沙模数 463 万 t / km²。

三屯河输沙量年内分配极不均匀, 高输沙量主要集中在汛期。多年分析表明, 5—8 月输沙量占年输沙量的 94% 以上。三屯河碾盘庄站输沙量年际变化也较大, 它的最大与最小比值差是 167. 1, 最大年输沙量是 1988 年, 输沙量 176 万 t / 年, 最小年输沙量是 1986 年, 输沙量是 8. 88 万 t / 年, 最大与最小比值是 19. 8。

(3) 洪水

三屯河洪峰流量的最大特点是峰高量小, 较大的洪峰多为局部性暴雨形成, 其次是雨雪混合型洪水。从年最大洪峰流量出现的时间看, 主要是 5—8 月份。其中, 出现在 7 月份的机率最高为 63%; 出现在 6 月和 8 月分别为 18% 和 16%; 5 月份出现的机率最少, 只有 3%。20 年、50 年、100 年、一遇洪峰流量各为 490m³ / s、686m³ / s、807m³ / s。

4、地形、地貌

三屯河出山口发育六级基座阶地，切割深度 136m，中部切割深度 5—7m，下部切割深度 0.5—1m。上部河床宽约 100—150m，中部河床宽约 350—400m，下部在乌—伊公路附近，河道呈掌状散流。

三屯河河床中无常年性水流，仅在泄洪时有水，河床岩性为卵石、砾石、沙砾石、沙层等，松散、透水性好。

三屯河流域灌区位于三屯河与头屯河西部冲洪积扇组成的山前倾斜平原区，其地势从南向北由前山的 15‰降至沙漠边缘的 0.2‰—0.1‰，地势平坦。

5、社会经济状况

三屯河灌区属国家大型灌区，灌区内辖昌吉市四镇三乡、一个办事处和农六师的军户农场、共青团农场及昌吉监狱等单位。灌区为多民族聚居地区，总人口 38.36 万人(包括辖区内兵团人口)，农业人口 15.8 万人，占灌区总人口的 55.6%，境内地势南高北低，灌区内宜农面积 110 万亩，耕地面积 88 万亩，有效灌溉面积 74.6 万亩，主要作物有：小麦、玉米、棉花、瓜菜、番茄、甜菜、葡萄等；以粮食和经济作物为主，经济作物主要以棉花和番茄为主。粮食作物 31.8 万亩，占灌溉面积的 25.8%，经济作物占 59.24%。灌区内的昌吉市是新疆昌吉回族自治州的州府所在地，是昌吉州的政治、经济、文化中心。

6、工程概况

三屯河灌区骨干工程有三屯河水库蓄水工程一座，为中型水库。正已完成除险加固的小(1)型水库六座，引水工程两座：东干渠首和西干渠首；输水工程两座：东干渠和西干渠。

灌区内干渠以下的渠道有三级：支渠、斗渠、农渠。其中支渠 12 条，62.17km，斗渠 667.18km，农渠 1132.3km。合计 1799.48km。闸门 521 座，桥涵 125 座，量水堰 83 座。

末级渠道防渗率 43%，断面形式为梯形、U 型，采用浆砌石、砼板预制、砼现浇防渗形式，渠系配套完好率 30%。

二、灌区渠道防渗防冻胀技术措施应用情况

渠道防渗工程现状：

三屯河灌区经过近 40 年的建设，水利工程得到了持续发展，尤其是三屯河灌区 1999 年纳入全国重点改造灌区之后，工程续建配套与节水改造速度明显加快。2000—2010 年之间，三屯河灌区已顺利完成七期节水改造项目，并结束了近 10 年

的三屯河水库除险加固工程建设,累计完成投资5604.44万元,其中国家投资3800万元,三屯河流域管理处配套1804.44万元。现已基本建成以三屯河水库为中心、以东西两大引水枢纽为主体的灌区配套工程。水库设计库容3500万立方米,目前最高蓄水量3049万立方米;建设配套的东、西两岸输水工程和永久性桥、涵闸、渡槽1893座;灌溉系统配套,比例均衡。有干、支、斗、农四级渠道。有效利用率62%,渠系完好率仅60%左右。

在灌区内已建成正规的条田,林带和田间道路;已建设完成了1799.48km的三级防渗渠道和农用机井800多眼。该工程已成为昌吉市社会经济可持续发展的骨干工程。

灌区不同类型渠道防渗防冻胀技术措施的应用情况及其效:

近年来,随着灌区续建配套与节水改造项目的实施,渠道防渗工程技术得到了进一步的推广和应用,改变了灌区渠道工程面貌,提高了渠系水的利用率。根据实际运行观察,由于受冻融因素的影响,防渗工程不同程度地出现水平裂缝、预制板鼓起等现象,尤其是在低温冰冻持续时间长情况下,冻胀破坏更为严重,加速了防渗工程的老化进程。因此,从设计、渠道断面形式、施工等技术方面研究,采取一定的技术措施,消除冻胀因素对渠道防渗工程的危害,延长防渗工程的使用寿命

(一)、灌溉渠道工程防渗技术应用形式

灌区干、支、斗、农渠数量较多,流量大小各异。因此,选择合理的断面形式,既可减少工程量,缩短工期,降低成本,改善水流条件,减少淤积,同时又可减轻冻胀破坏,延长工程寿命。

1、渠道衬砌断面形式的选择

(1)“U”形渠槽衬砌断面形式,宜在斗农渠及小断面支渠(设计流量小于 $1.0\text{m}^3/\text{s}$)上推广应用。目前,已有这种形式的小断面“U”形衬砌机,机械化施工程度较高,质量有保证。附施工照片





(2) 混凝土弧形坡脚梯形断面或弧底梯形断面形式，宜在分干、支渠(设计流量 $1.0 \sim 10\text{m}^3/\text{s}$) 上推广应用。

(3) 对分干、干渠设计流量在 $10\text{m}^3/\text{s}$ 以上渠道宜用梯形或平底弧角梯形断面。

2、渠道衬砌结构形式的选择

在三屯河灌区渠道防渗工程主要结构形式有砌石、预制砼板、现浇砼板、U形衬砌等几种形式，其不同结构的抗冻胀性能表现为：

(1). 砌石渠道：主要应用于干渠和支渠

砌石防渗按结构分为护面式和档土墙式两种，按材料及砌筑方法分为干砌卵石、干砌块石、浆砌块石和浆砌石板等。本灌区主要采用浆砌卵石，它的优点是沿山渠道和石料丰富地区就地取材、抗冲击流速大，耐磨性能强，抗冻能力强，具有较强的稳定渠道作用。缺点是不宜采用机械化施工，施工质量较难控制。

(2). 预制砼板：主要应用于斗、农渠

预制砼板它的接缝多，砼板之间的缝隙用砂浆连接，受施工技术和质量的影响，接缝处易产生裂缝，这样使渠水由此渗入板下，增加了基土水分，遇到冬季低温气候，基土冻胀，接缝首先破坏，砼板发生鼓胀、折裂等破坏现象。

（3）. 现浇砼板：主要应用于干、支渠

它比预制砼板抗冻性强，主要原因是现浇板施工缝少，整体性强；另外现场浇筑砼，通过振动，砼与基土结合较好。自 2000 年实施大型灌区节水改造以来的三屯河的渠道工程建设先后采用了渠底座浆干砌卵石灌浆，边坡现浇混凝土板与复合土工膜与现浇混凝土板的衬砌结构方式。如西干渠、阿魏滩渠、生态渠、佃坝渠

（4）. U 形衬砌：主要应用于渡槽、斗、农渠

这种断面与梯形断面相比，不仅具有湿周短、水利条件好、流速快、输沙能力强、省工省料省地等优点，而且还能改善渠道坡脚附近冻胀产生的应力集中情况，使冻胀应力在渠道横断面上分布较为均匀，可适应较大的冻胀力和融沉变位，使用寿命较长。如跨河渡槽（附永进渡槽照片）



(二)、渠道防渗施工技术

1. 施工程序:

测量放样→旧渠拆除→渠基开挖及填筑→排水暗管埋设→渠道基础轮廓找平夯实→戈壁垫层填筑轮廓找平夯实→复合土工膜的铺设→现浇混凝土板衬砌→伸缩缝处理→混凝土养护。

2. 施工方法:

渠道基础开挖采用 1m^3 挖掘机开挖, 人工辅助找平渠道轮廓线, 填方需分层填筑, 分层厚度对于戈壁料不大于 20cm , 对于黄土不大于 15cm , 采用 1t 夯板夯实。混凝土拌合采用 0.3m^3 搅拌机拌合, 5t 自卸车运输。衬砌时先渠底后渠坡, 采用跳仓法浇筑。衬砌完后采用聚氨酯防水油膏灌缝。质量检查按有关规范规程执行。

3. 施工要点

在施工中, 针对渠道工程的技术特点, 实行专业化施工, 流水作业, 平行作业, 相应配置专用机械, 如: 挖掘机、推土机、振动碾、砼搅拌机、起吊设备、砼振捣设备等, 所有机械设备都要依据技术规范的要求配置, 力求更大程度的机械化施工, 提高工效, 加快工程进展速度。按照业主和监理工程师的统一部署, 按施工进度计划均衡的组织施工, 以确保施工质量和进度。

4. 混凝土冬季施工方法:

初冬、初春期间混凝土、浆砌石、土方填筑等项工程的施工都受气温的制约, 施工时应随时注意每天的气温变化。在日平均气温稳定(指气温连续保持 5 天或 5 天以上)在 5°C 以下或最低温度稳定在 -3°C 以下时不应进行露天浇筑混凝土和浆砌石施工, 应按低温季节混凝土的施工方法进行施工(按《水工混凝土施工规范》(SDJ-207-82)), 已浇筑的混凝土的强度应不低于 $100\text{kg}/\text{cm}^2$, 未达到这个强度的混凝土均需采取保温、防冻措施进行保养。

(三)、灌区渠道防渗、防冻胀破坏的技术措施

渠道衬砌体并不是被冻坏的，而是经受不住渠床基土的冻胀变形，特别是不均匀的冻胀变形而形成的。因而，要解决衬砌渠道的冻胀破坏问题，首先必须解决渠床基土的冻胀变形。造成渠床基土冻胀变形的三个基本因素（负温、冻胀性土壤、充足的补给水源）是相互联系，缺一不可，只要减少或削弱其中任何一因素，都会收到防止或减缓冻胀的效果。根据这一原理，我们对引起渠床基土冻胀的三个基本因素进行排除：

1. 保温法

渠道防渗衬砌防冻胀问题，应以“防”为主，不能与大自然规律对抗，长时间的持续负温是造成渠床基土冻胀的先决条件。采用良好的保温材料，阻止或削弱渠床基土与外界的热交换，减少基土温度的下降幅度，可以达到减少冻结深度，防止冻胀破坏的效果。

当混凝土衬砌板无保温板时，渠道基土在负温下可能冻结，特别是混凝土为现浇时，混凝土板下铺设聚苯乙烯塑料泡沫板后，混凝土板的伸缩将不受约束，混凝土板随温度变化可自由伸缩变形，不易开裂。

2. 置换法

又称换土法。冻胀土壤的存在是促进渠床基土冻胀的首要因素。若能把渠床冻结深度以内（至少是冻结深度的 80%）的冻结性土壤更换为非冻胀性土壤，如沙砾料等，在同样的温度和水分条件下，渠基土的冻胀变形就会减小，从而降低冻胀对渠道刚性衬砌的破坏程度，避免温度裂缝出现，即可达到防止渠床基土冻胀的目的。在灌区的续建配套改造中，由于工期在初冬、初春期间，气温较低，渠床为冻土快，昼夜温差较大，采用晚上塑模覆盖保温，白天开挖换土，实践应用很好。

3. 排水法

由于补给充足的地下水、土壤水以及毛灌水为渠床基土冻胀破坏的进一步发生提供了有利条件。所以减少渠床基土土壤冻结表层的水分补给，也是防止冻胀破坏的有效方法之一。

降低挖方渠道的地下水位。尤其是在两岸是农田的高挖方段，多采用此法。当挖方渠道的地下水位较高时，不但容易产生冻胀破坏，而且衬砌层下的扬压力也可使衬砌层破坏。降低地下水位的有效方法是排水法，对于地下水位较高的挖

方渠道，衬砌、防渗、排水措施缺一不可。

（四）、渠道防渗防冻胀技术应用取得的成效：

渠道防渗工程是有效降低渠道输水损失，节约用水，高效利用水资源，提高渠道水的利用率的有效途径，也是增强渠道行水安全的主要措施。在我灌区水资源短缺的情况下，大力开展渠道防渗工程显得十分必要。

1.工程建设特点。近年来，三屯河灌区渠道衬砌工程取得了一定的成效，总结工程建设特点主要有以下几个方面。（1）设计、施工、运行有统一的管理，严格按国家技术标准执行，依靠科技进步，采用新技术、新工艺、工程质量良好、效果突出。（2）防渗效果要求高，干渠及支渠全部采用了板膜复合结构。（3）对防渗渠道的基础要求较为严格。一般回填土的压实系数要求不小于 0.95。

2.工程成效。提高了渠系水利用系数。渠道衬砌后，一是降低了渠道糙率，提高了输水能力，二是采用混凝土刚性材料防渗以后，防止了杂草生长，减少了这些天然植被的耗水量，提高了灌溉水的利用率。

1）、冻胀程度低，维修费用少

采取抗冻胀技术的渠道，冻胀破坏的程度明显较轻，渠道破坏的面积较小，所需的工程维修费用少。

2）、延长工程寿命，节约重建费用

采用了防冻胀技术的渠道，优化了渠道的受力结构，提高了渠道的抗冻、防渗能力，延长了工程的使用寿命，工程的使用寿命比较从前延长了 2-3 倍，节约重建费用。

3）、节约维修时间、保证灌溉用水

为确保工农业全年的正常引、输、供，三屯河渠道工程的维修一般安排在春灌前和秋灌后，春灌前的维修多数是因冻胀所引起的破坏，这段时间较短，工程多数属抢修，但采取抗冻胀技术的渠道，因为破坏程度轻，维修面积小，有效的节约了时间，确保了农业灌溉的及时供水。

三、典型渠道（渠段）防渗防冻胀技术措施案例分析

以灌区已经实施完成节水改造的渠道（或渠段）为对象，选择了 4 处典型渠道（渠段）防渗工程作为案例分析，围绕典型防渗工程涉及的渠道基本情况、土壤地质条件，防渗防冻胀技术措施、工程结构型式及材料、防渗防冻胀效果等进行总结和评价，同时提供典型渠道（渠段）防渗工程横断面结构图（每处典型工

程一张)及防渗工程实景照片若干张。

案例一：西干渠 0+000~1+225、1+450~5+075 段渠道改造工程案例

本防渗工程涉及的渠道基本情况、土壤地质条件，防渗防冻胀技术措施、工程结构型式及材料、防渗防冻胀效果

A、工程概况

西干渠改造工程是在 2000 年改造的 5+000-14+675 基础上从 5 公里以上至渠首段(0+000-1+225、1+450-5+075)段，改造 4.85km。原过水能力 $25\text{m}^3/\text{s}$ ，改造后的设计流量 $33\text{m}^3/\text{s}$ ，可满足下游灌溉要求。

B、工程实施

工程于 2003 年 11 月 10 日开工，2004 年 5 月 10 日竣工，历时 180 天，工程按计划完工。

C、渠道防渗防冻胀技术措施的应用情况及其效果

1、地形、地貌

本次工程项目均分布在三屯河冲洪积扇区，地形向北微倾，坡降 7~13‰，地形总体呈微波状起伏。

三屯河出山口发育六级基座阶地，切割深度 136m，中部切割深度 5—7m，下部切割深度 0.5—1m。上部河床宽约 100—150m，中部河床宽约 350—400m，下部在乌—伊公路附近，河道呈掌状散流。

三屯河河床中无常年性水流，仅在泄洪时有水，河床岩性为卵石、砾石、沙砾石、沙层等，松散、透水性好。

2、工程地质条件

项目区内出露的地层均为新生代沉积物，前山丘陵区由第三系昌吉组构成，平面上呈条带状分布，出露范围很小，广阔的山前倾斜平原则由第四系巨厚的松散堆积物组成，据物探资料，第四系松散堆积物厚度达 600—1200m，沉积中心在近山前的阿魏滩一带，沉积厚度向北逐渐变薄。岩性主要为青灰色、灰白色的卵石、沙砾石、砾石夹沙层，透镜体、含漂砾，最大砾径大于 30cm，一般砾径 0.5~2cm，其中卵石含量 30%—50%，砾石含量 50%—30%，砂的含量 20%左右。在垂直方向表现为上部颗粒粗大，下部变细，密实程度也自上而下有所增大。在水平方向二从南向北沉积颗粒逐渐变细，岩性也由单一大厚度砂砾石、卵砾石层过渡为沙砾石与含砾亚砂土、亚砂土及砂层互层的多层结构。项目区内覆盖有 0.5—0.8m 厚的亚砂土层。

项目区的地基持力层为分布广、厚度大的硬层(砂卵石层)，地下水埋深大(大于 80re)，渗流条件好，属强透水地层。

3、西干渠改造工程概况

三屯河西干渠位于三屯河水库下游，河床西岸，昌吉市以西 20 公里处，担负着昌吉市下游 72 万亩农田的灌溉输水任务，是昌吉市农业生产的一条主要灌溉输水干渠，该干渠的输水能力的大小及运行状况的好坏直接影响到昌吉市的农业生产。

4、渠道选线

西干渠改造主要是对已损坏的衬砌和建筑物在原渠上进行改造和重建，不再另选新线。

5、渠道纵坡

本次改造基本沿老渠线行走，渠道纵坡基本上与原渠道纵坡一致。纵坡在 2‰—11‰之间。

6、渠道横断面设计

A、渠道水力参数的选定

西干渠 0+000—1+225 原断面为梯形断面，下部深 1.0m 为卵石灌浆，上部深 3.0m 渠坡为砼衬砌；1+450—5+075 段原断面为卵石灌浆弧形渠底，现浇砼渠坡的梯弧形断面，经自治区水利厅水文总站两次组织专家评审，确定本期两段均改造为弧形坡脚梯形断面。即在现渠底上重砌卵石渠底，渠坡在原坡上重浇砼板。为此，渠道纵坡的设计和渠道横断面设计水力参数的选定都以现测纵、横断面为依据。

①边坡系数

保持现有边坡系数不变，设计时按纵坡分段将每 25m 实测的边坡系数累计平均值为设计边坡系数。

②糙率

根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB50288-99)干砌卵石灌浆渠底糙率 n_1 : 0.035，现浇砼板糙率 $n_2=0.017$ ，整个断面糙率采用加权平均值，即 $n=(n_1 \times \text{砌石周长} + n_2 \times \text{木砼周长}) / (\text{砌石周长} + \text{砼周长})$ 。

③弧形坡脚梯形断面的弧口宽

根据每 25m 实测的弦长作为新设计断面的弧口宽。

7、抗冻胀设计

据《中国地震动参数区划图》(GB18306—2001) (1, / 400 万 2001 版)显示，西干渠布置区地震基本烈度为 VIII 度区，地震动峰值加速度为 0.29。

又据 2003 年 3 月新疆生产建设兵团勘测设计院编制的《<新疆昌吉三屯河灌区续建配套、节水改造工程工程地质勘察报告>>》，西干渠 0+000—5+075 段沿线处于三屯河西岸一级阶地，土质属非冻胀性土，工程地质条件好。地下水埋深大于 80m，大大超过 3m，冻胀量小，可不进行抗冻胀计算，在设计上采用了弧形坡

脚梯形断面，增强了渠道的防冻胀性能。

8、渠道衬砌及结构设计

①堤顶宽度：堤顶不考虑行车，宽度确定为 2m。

②渠堤外坡：根据土质和流量，采用 1: 1. 5。

③渠道衬砌：渠底采用座浆干砌卵石灌浆，砂浆采用 C20F200W6 细石砼，砌石厚 $\geq 30\text{cm}$ ；渠坡采用 C20F200W6 砼现浇，衬砌厚下口 13cm—E 7cm；渠口采用宽 30cm、厚 6cm 现浇 C15F100 砼压沿板。

④伸缩缝：规范规定现浇砼渠道每隔 5—8m 设纵、横伸缩缝一道，本渠横向砼坡长每侧最长才 4. 5m，因此不设纵向伸缩缝，横向伸缩缝考虑原渠道为每 2. 5m 一道，本次设计仍采用 2. 5m 一道，以便保持新旧砼板的整体性，缝宽 2cm，采用聚胺脂灌缝。

9、施工技术要求

1). 设计在原渠道断面上进行改造，渠底采用 C20F200W6 细石混凝土坐浆干砌卵石灌浆衬砌，厚度 $\geq 30\text{cm}$ ；边坡采用现浇二级配 C20F200W6 混凝土衬砌，板厚上口 8cm，下口 12cm；. 渠道两边沿口用 C15. F100 混凝土现浇压沿板，板厚 6c m，宽 30cm。由于各段渠道边坡、口宽不一，施工时采用平缓过渡连接。

2). 已破坏变形的渠坡处理

凡是发生破坏变形、局部隆起的渠坡，均采用揭除原混凝土板，挖出边坡上 0. 5 米厚的土层，替换为河床戈壁料，分层夯实填筑，干容重达到 $2. 0\text{r} / \text{m}^3$ ，人工整修成型后，再浇筑混凝土。

另外，新加高的渠堤，填筑干容重要达到 $1. 8\text{t} / \text{m}^3$ 。

3). 新、老混凝土结合面处理

在渠堤边坡原衬砌板基本完好的，或经监理工程师认为不需要进行挖除替换的渠堤，原混凝土板可作为新浇筑混凝土的基底面。

新、老混凝土结合面处理采用表面凿毛，技术要求如下：

原渠道混凝土衬砌板表面凿毛，可采用人工凿毛，凿毛深度控制在 1-2cm。凿毛应均匀，不得漏凿，不得将原混凝土板打裂。凿毛后应清除凿毛面的残渣和灰尘，浇筑混凝土前用水冲洗干净和使板面湿润。在浇筑砼之前，先刷一层水泥砂浆，便于新老砼的结合。

4). 伸缩缝处理

伸缩缝采用聚胺脂砂浆填缝。聚胺酯砂浆填缝施工方法：

(1) 聚胺酯砂浆的配合比：A: B: 粗砂: 绿豆砂=1: 2: 6: 4(重量比)

如聚胺酯过稠，可按每公斤 A 料重量掺加 0. 25~0. 4K9 稀释剂，建议稀释剂选用二甲苯。粗沙和绿豆砂温度应高于 5°C 。

(2) 聚胺酯、二甲苯均属易燃物品，在存放及使用过程中应远离火源。

(3) 要求粗砂与绿豆砂的含泥量小于 1 %。

(4) 工序及要求

涂刷表面必须保持干净、干燥。

因伸缩缝旁的砼浇筑后无法完全干燥，在清理干净后，须刷一道砼界面处理剂，配比为乳液：水泥=4：5。待砼界面处理剂干后，用聚胺酯砂浆填缝，施工缝内的聚胺酯砂浆必须密实，密实的方法可用木条挤缝，用榔头砸实，聚胺酯砂浆表面应与两侧的砼表面齐平。

伸缩缝填满后，放置 6 小时以上，再涂刷一遍聚胺酯，聚胺酯配比为 A：B=1：2，供使用时参考（根据工地具体情况可略作调整），聚胺酯涂层要与两侧砼搭接宽度保证在 2cm 以上。

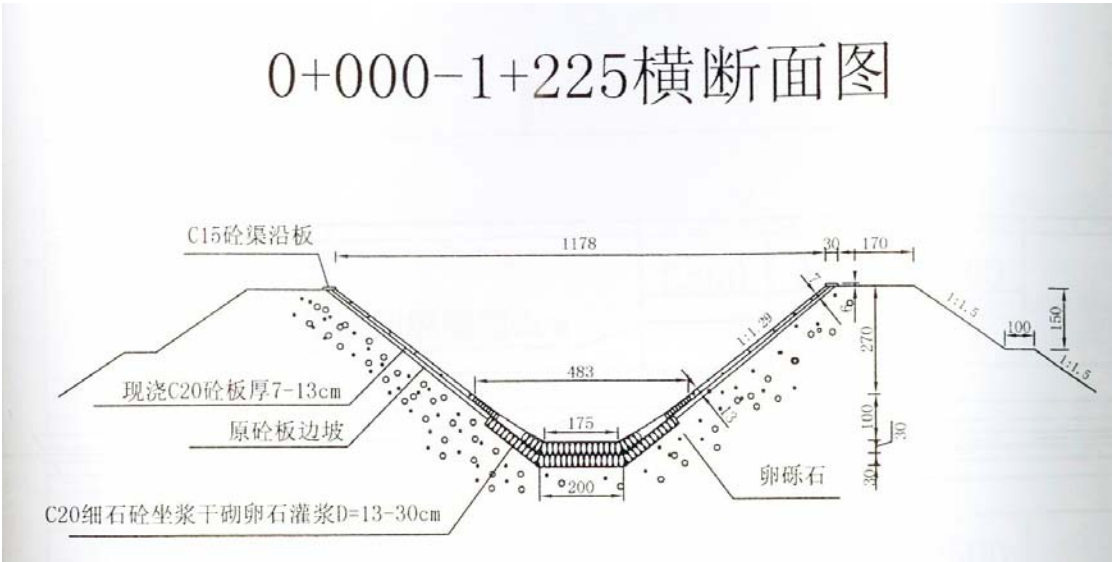
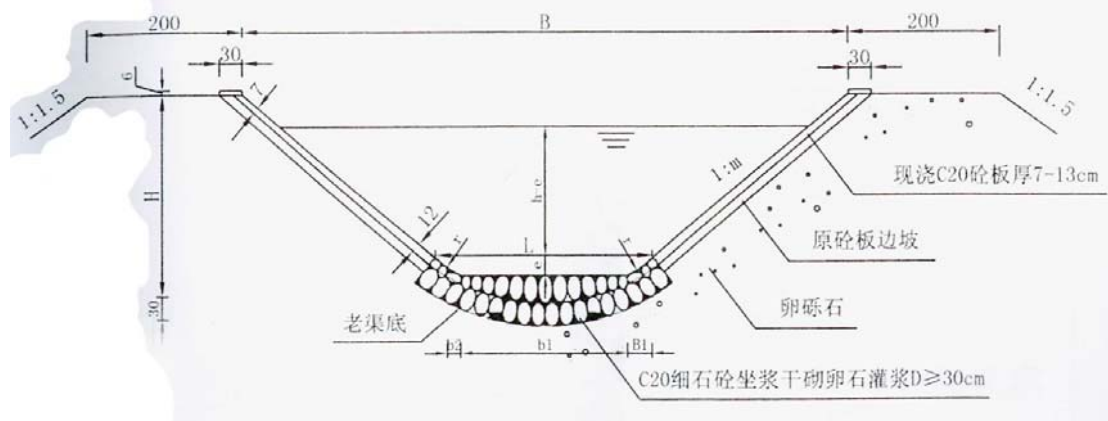


图
1

表

1+450-5+075横断面图



图表 2
附照片



照片 1—1



照片 1—2



照片 1—3（时间：2010 年 9 月 1 日）

案例二：三屯河西干渠 9 公里渠道防渗防冻胀工程案例：

本防渗工程涉及的渠道基本情况、土壤地质条件，防渗防冻胀技术措施、工

程结构型式及材料、防渗防冻胀效果

A、工程概况

三屯河西干渠首位于三屯河水库下游，昌吉市市中心以西 20 公里的三屯河西岸，全长 20.8 公里，担负着三屯河水库下游农田的灌溉输水任务，是昌吉市农业生产的一条主要灌溉输水干渠，该干渠的输水能力的大小及运行状况的好坏直接影响到昌吉市的农业生产。

三屯河西干渠建于 1961 年，原设计流量为 $50\text{m}^3/\text{s}$ ，灌区改造前的过水流量只能达到 $20\text{m}^3/\text{s}$ ，原西干渠的 0+000-13+000 段为浆砌卵石弧形渠底，边板为现浇砼板，渠深 2.4m，上口宽 8m。13+000-20+800 段为现浇现浇砼板衬砌梯形渠道，渠深 1.8m，上口宽 6.5m，底宽 2m。设计灌溉面积为 50 万亩，而实际灌溉面积仅为 38.4 万亩。

西干渠运行已有四十余年，渠道已经老化，影响了渠道的正常运行，渠道利用系数较低。途中，虽经过多次局部修缮，耗费大量资金，仍未根本解决问题。仍然存在以下问题：1、由于渠道纵坡较大，因此，渠底浆砌卵石已遭到水流的冲刷破坏，个别区域的浆砌卵石渠底石头已松动或被磨平。2、渠道的混凝土边板年久失修，部分边板已经表面分化剥落，甚至被水流冲坏。3、由于局部混凝土边板后的强冻胀作用，造成渠道边板裂缝、隆起、断裂、塌陷，凸凹不平，直接影响渠道的过流能力。4、渠道纵坡变化频繁，水流状态较紊乱，对渠道的运行不利。以上几个因素增大了混凝土板的糙率，降低了渠道防渗及输水能力，加速了渠道的破坏，形成恶性循环。

B、工程实施情况

本案例的西干渠衬砌改造工程是对渠道磨损破坏较严重的的 5+080-14+675 段渠道衬砌改造。改造段原过水能力 $25\text{m}^3/\text{s}$ ，改造后的设计流量 $33\text{m}^3/\text{s}$ ，可满足下游灌溉要求。

由于西干渠改造工程不得影响灌区的农田灌溉，因此安排在冬季停水期间进行衬砌改造，工程于 2000 年元月 5 日开工，2000 年 4 月 10 日竣工。

C、渠道防渗防冻胀技术措施的应用情况及其效果

1、改造仍按原渠道断面进行施工，在原渠道浆砌卵石和现浇砼板表面衬砌新混凝土。考虑到 9+701.4 以上渠道流量大、流速大、渠底磨损严重的现状，在渠底采用现浇二级配 C50 石英砂混凝土进行衬砌，边坡采用现浇二级配 C20 混凝土。

土衬砌。

2、在渠道两边沿边口增加了混凝土浇筑的沿口边墙,墙高 0.15m,墙厚 0.2m。由于各段渠道口宽不一,沿口边墙放线时采用平缓过渡连接。

3、已冻胀破坏渠堤边坡的处理

凡是发生冻胀破坏局部隆起的渠堤,均采用揭除原混凝土板,挖出边坡上 0.5m 厚的土层,替换为河床戈壁料,分层夯实填筑,干容重不得小于 19KN/m^3 ,人工整修成型后,再浇筑混凝土。

对于新填筑的渠堤,填筑干容重不得小于 17KN/m^3 。

4、新、老混凝土接合面处理

对于渠堤边坡原衬砌板基本完好的,或者监理工程师认为不需要进行挖除替换的渠堤,原混凝土板可作为新浇筑混凝土的基底面。

新、老混凝土结合面处理采用表面凿毛方法,技术要求如下:

原渠道混凝土衬砌表面凿毛,可采用人工凿毛,凿毛深度控制在 1-2cm。凿毛应均匀,不得漏凿,不得将原混凝土板打裂。凿毛后应清除凿毛表面的残渣和灰尘,浇筑混凝土前应洒水湿润表面。

5、混凝土的拌合与浇筑

混凝土的施工按《水工混凝土施工规范》(SDJ207-82)的要求执行。

混凝土 28 天龄期的强度应达到设计强度,水灰比、塌落度应通过试验确定。为保证混凝土的强度,在设计混凝土配合比时,应考虑到施工质量的不均匀性,混凝土配置强度应等于设计标号乘以系数 K, $K=1.22$ 。具体的数据有施工单位通过试验来确定,并经监理工程师认可。

在施工前,施工单位必须结合工程的混凝土配合比情况,检验拌合设备的性能。在整个混凝土生产过程中,拌合设备也必须经常进行检验,包括混凝土拌合物的均匀性、拌合时间、衡量器的准确性、机器及叶片的磨损程度等。

在施工过程中必须严格按监理工程师认可的混凝土配料单进行配料。入机拌合量不得超过厂家所规定的拌合机容量。

若需在混凝土中掺加外加剂(诸如加气剂、早强剂、减水剂、缓凝剂、速凝剂等)时,其使用及掺量必须通过试验确定。施工单位在使用之前必须将每一种混凝土外加剂的名称、来源、样品、以及鉴定外加剂品质的资料和掺量的试验成果报告递交监理工程师,征得其同意后方可实施。

混凝土入仓温度控制在 15℃ 以上，养护温度控制在 1℃ 以上。

混凝土的养护可采用人工洒水养护，一般混凝土浇筑完毕后 24 小时开始洒水，水温大于 10℃，渠底部分应用草帘覆盖洒水。

6、施工缝处理

(1) 边坡施工缝处理

边坡施工缝处理采用防水油膏填缝，其施工工艺按《聚氯乙烯防水油膏应用技术规程》(SJ139-94) 执行。

渠底横向缝及两侧纵缝采用聚氨酯砂浆填缝。

聚氨酯砂浆填缝施工方法为：

1) 聚氨酯砂浆的配合比：

A: B: 粗砂: 绿豆砂=1: 2: 6: 4 (重量比)

如聚氨酯过稠，可按每公斤 A 料重量掺加 0.25-0.4kg 稀释剂，建议稀释剂选用二甲苯。粗砂和绿豆砂温度应高于 5℃。

2) 聚氨酯、二甲苯均属易燃物品，在存放及使用过程中应远离火源。

3) 要求粗砂与绿豆砂的含泥量不小于 1%

4) 工序及要求

涂刷表面必须保持干净、干燥。用聚氨酯砂浆填缝时，施工缝内的聚氨酯砂浆必须密实，密实的方法可用木条齐缝，用榔头砸实，其聚氨酯砂浆表面应与两侧的砼表面齐平。

施工缝填满后，放置 6 小时以上，再涂刷一遍聚氨酯，聚氨酯配合比为 A: B=1:

2，聚氨酯涂层要与两侧砼搭接宽度保证 2cm 以上。

(2) 苯板要求

苯板必须使用 2cm 厚中密度苯板。根据缝深度不同，苯板可分为两层叠加镶缝，上部苯板条宽 5cm，底部苯板条宽度根据板厚不同，可做成两头宽度不同的板条，上、下苯板条之间、相邻板条之间可用 8 号铁丝插接。混凝土浇筑完成后，揭除上层板条，即可保证施工缝内的聚氨酯砂浆达到设计宽度和深度。

7、混凝土施工及外观质量要求

相邻两块板高差允许偏差 $\pm 3\text{mm}$;

混凝土板的平整度用 2m 直尺检查，允许偏差 $\pm 5\text{mm}$;

渠道断面尺寸允许偏差 $\pm 20\text{mm}$;

施工缝宽度允许偏差 $\pm 2\text{mm}$;

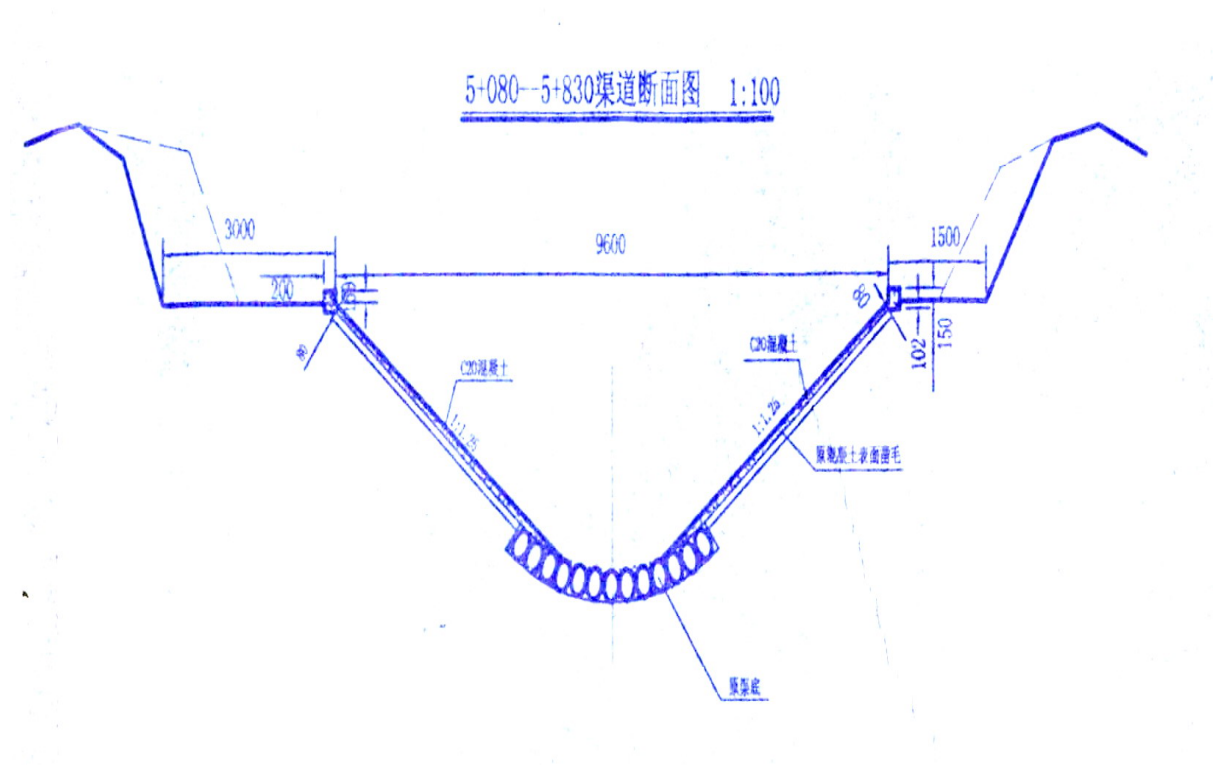
标高允许偏差 $\pm 10\text{mm}$;

混凝土表面应洁净、无乳皮、无积渣和杂物，无麻面、无裂缝。

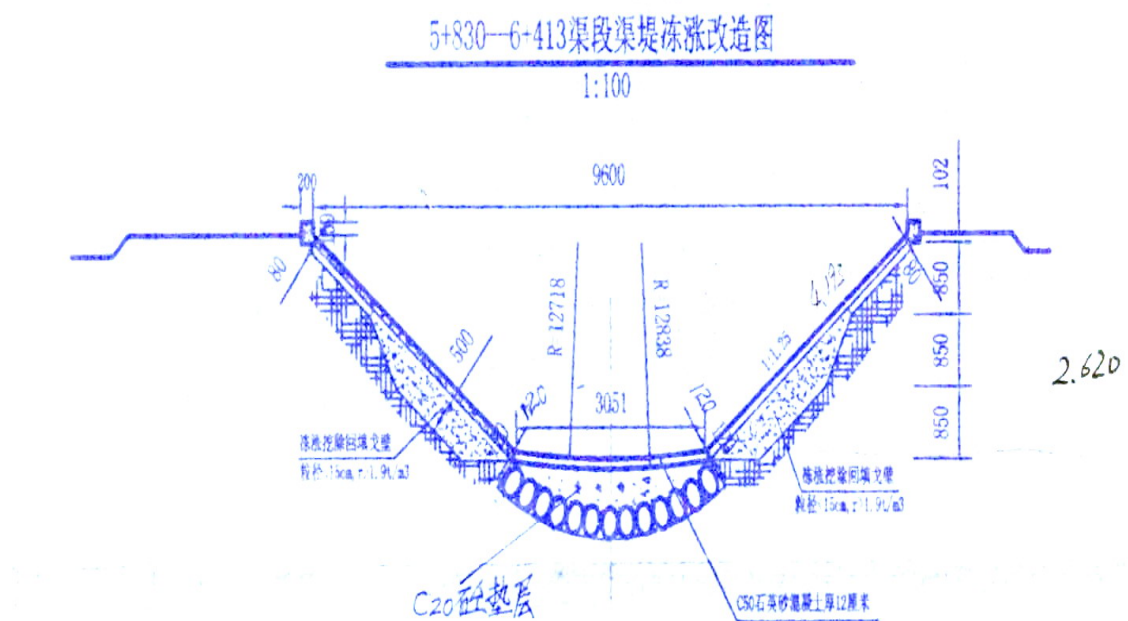
8、增引节水效益分析

西干渠 14.675km 干渠改造后，一是渠道过水能力由原来的 $20\text{ m}^3/\text{s}$ 增加到了 $33\text{m}^3/\text{s}$ ；二是干渠水利用系数由原来的 0.77 上升到 0.9，按 2004 年实际引水量 1.39 亿方计算，实现节水 1807 万方，并大大提高了渠道的引水能力；三是工程建成后，工程维修费用大幅度下降，已由原来每年的 25 - 50 万元下降到 5 万元左右。

附西干渠改造的防渗工程横断面结构图及防渗工程实景照片若干张。



图表 3



图表 4

附

照

片



照片 2—1



照片 2—2



照片 2—3（时间：2010 年 9 月 1 日）

案例三：生态渠 21+000~30+493 段防渗防冻胀扩建改造工程案例：

本案例涉及的渠道基本情况、土壤地质条件，防渗防冻胀技术措施、工程结构型式及材料：

A、工程概况

生态渠工程位于三屯河西干渠末端的大西渠镇境内，设计流量 $6\text{m}^3/\text{s}$ ，全长 16380 米，整个明渠分 21+000—30+493 和 30+493—37+380 两段，本案例为 21+000—30+493 段，工程长度 9493 米。渠型采用梯形渠道，衬砌形式选用两布一膜复合土工膜加现浇混凝土板的型式。

B、工程实施情况

该工程于 2001 年 9 月底开始进行公开招标，2001 年 10 月 15 日正式开工，2002 年 4 月 13 日全部竣工。

项目区多年平均气温为 6.1°C ，一般年份三月二十日气温上升到 0°C 以上，4 月平均气温在 11.3°C — 11.4°C 。从当年的 2 月 25 日至 3 月 20 日期间平均气温大多在 0°C 以下，气温较低，为了保证工程在 4 月中旬能够顺利完工，安排在冬季主要进行拆除旧渠道和备料及土方工程，3 月底开始进行渠道混凝土衬砌的施工。

C、土壤地质条件

由于渠道渠基均为粉土或粉质粘土，具有一定的持水性，渠道地下水位在渠底以下 2.0—3.5m，原渠道没有设置必要的防冻胀措施，因此造成渠道混凝土边板冻胀破坏严重，直接影响渠道的过流和防渗能力。

该渠道的主要工程地质问题是地基软化问题和冬季渠道的冻胀问题。要解决这一问题，必须将土体中的毛细水截断，加速上部土体的固结，以达到防止或减少渠道冬季冻胀的目的。

D、渠道防渗防冻胀技术措施的应用情况及其效果

1、防渗防冻胀技术措施、工程结构型式及材料：

渠道的湿周是最易发生冻胀的部位，所以改造将湿周范围内的土体挖出 0.3m，用砂石垫层置换，并夯实回填，回填后的干密度要达到 $2.1\text{g}/\text{cm}^3$ ，压实系数达到 0.95，渠道填方部分分层夯实，填筑干密度 $\geq 1.6\text{g}/\text{cm}^3$ ，分层厚度 15—20cm。

此次改造考虑到上游西干渠首新建排沙漏斗的投入运行，减少了泥沙对渠道的磨损，渠道纵坡按原渠底纵坡个别地方加以调整为 2/1000—5.3/1000 之间，底宽为 1.0—1.1m，边坡系数 $m=1.5$ ，最大水深 1.20m，渠道上口宽 6.0—6.6m，渠内

最大流速 2.77m/s. 故渠道底部采用 80cm 厚, 混凝土强度 C30, 抗冻标号 F300 现浇混凝土板衬砌, 边板采用 60-80cm 厚 C20F200 现浇混凝土板衬砌, 其中水上部分为 60mm, 水下部分为 80mm, 下铺 0.5mm 复合土工膜防渗防冻胀。要求渠基的填土压实系数不小于 0.95, 现浇混凝土衬砌板每 2.0m 沿纵向设伸缩缝, 缝内灌聚氨酯防水油膏。为防止冻胀, 渠道混凝土板以下设 30-50cm 厚戈壁垫层以及沿混凝土板底部和戈壁垫层以上设置 0.5cm 厚复合土工膜, 以利于上放下排, 其特点一是达到了防渗效果, 二是阻断了毛细水上升, 再在渠床 3.0m 以外, 每隔约 500m 设置排水管和渗水井, 将渗水通过暗管集中导出渠床, 以避免渠道的冻胀问题。

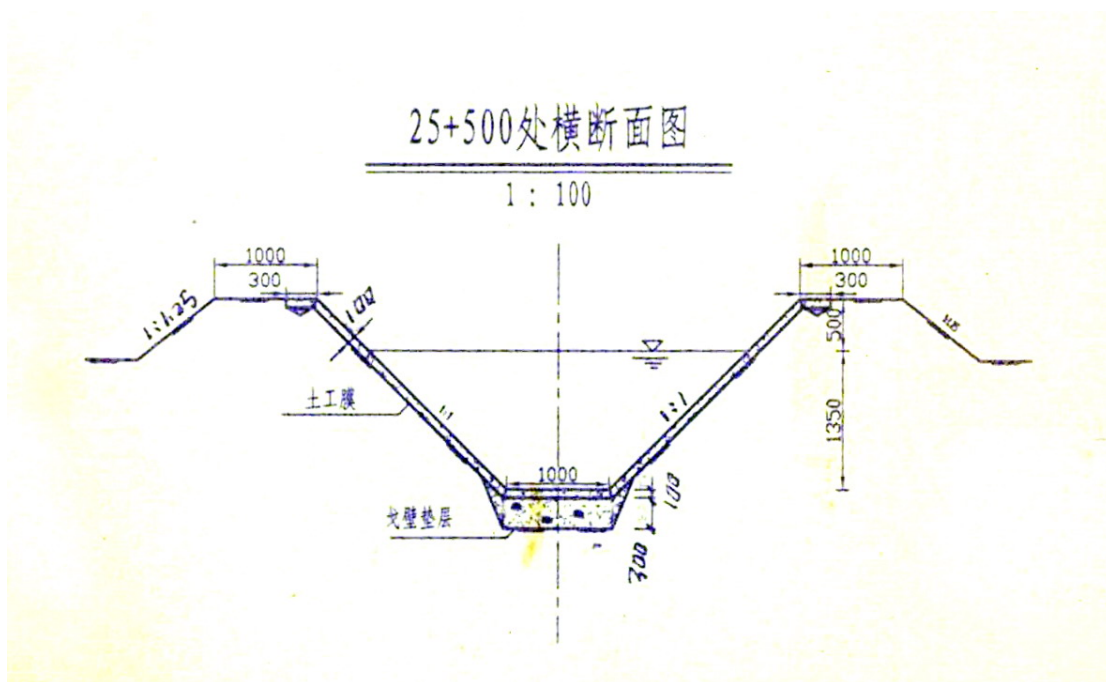
2、防渗防冻胀效益分析:

此渠道改建后自 2002 年运行至今近九年时间, 渠道运行良好, 输水能力强, 防渗效果好, 渠道冻胀破坏现象明显减少, 渠道现状附照片

3、生态效益

三屯河灌区生态环境脆弱, 通过本工程的实施, 可提高水的利用率, 通过对水资源的合理配置和“两高一优”的农业生产体系的建立, 调剂出足量的水专门用于生态经济(包括人工林的用水), 改变农业对水的占有量, 使农业用水不再挤占生态用水, 该工程具有较好的生态效益。

三期工程完工后, 年增引节水 4880 万方。根据水土资源平衡分析结果, 灌区地下水开采量从现状年的 1.75 亿 m^3 降到 1.68 亿 m^3 , 每年可减少地下水开采量 0.07 亿 m^3 , 按每亩生态灌溉定额 190 m^3 计, 相应地保护了老龙河地区 26 万亩生态面积, 从而遏制了地下水开采, 防止了农业用水挤占环境用水, 靠牺牲环境用水谋求一时的经济发展, 从而导致生态环境的大范围急剧恶化的现象。



图表 5

附

照

片



照片 3—1



照片 3—2、3（时间：2010 年 9 月 1 日）

（四）案例四：阿魏滩渠 0+000 ~ 7+318 段渠道改造案例；

1、工程概况

阿魏滩渠建于1989年，全长9.3km，采用4cm厚预制砼板衬砌，经磨损、风蚀、衬砌面已面目全非，原设计流量 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ ，现过水不到 $0.8\text{m}^3/\text{s}$ 。本次改造主要是对已损坏严重的前段7.318km衬砌全部拆除，在原渠床上重新进行衬砌，并保留良好的配套建筑物不动。

阿魏滩渠改造长度7.38公里，本次改造后流量 $1.68\text{m}^3/\text{s}$ 。

2、工程设计技术要点

1)、渠道纵坡

渠床经过衬砌后，抗冲能力增大，设计中在现有纵坡基础上尽量采取较陡的纵坡，以加大流速，减少淤积，减小断面尺寸，提高自流灌溉能力和抗冻胀能力。改造后渠道纵坡在0.5‰—2.6‰之间。

2)、渠道横断面

(1)渠道横断面型式及结构

阿魏滩渠0+000—6+90段采用弧形渠底梯形渠坡的梯弧型断面，渠底采用干砌卵石C20F200W6细石砼灌浆，渠坡采用C20F200W6现浇砼板衬砌；后段6+900—7+318采用C20F200W6现浇砼板衬砌的梯形断面。

(2)渠道水力参数中边坡系数的选定

根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB50288—99)及渠道沿线工程地质情况，确定渠道边坡系数仍采用1.25。

3)、渠道抗冻胀设计

(1)阿魏滩渠工程地质条件

据《中国地震动参数区划图》(GB18306—2001)(1/400万2001版)显示，阿魏滩渠工程区地震基本烈度为Ⅷ度区，地震动峰值加速度为0.29。又据工程地质勘察报告，阿魏滩渠渠线分布于三屯河山前洪积平原之上，地形平坦开阔，地势南高北低，向北西倾斜。渠道沿线地层上部(0—1.1m)为低液限粘土，下部为卵砾石。低液限粘土：厚0.5—1.1m，天然含水量17.0%，液限29.7%，塑限18.0%，塑性指数11.7，土粒比重2.67，水溶盐含量1.2%—2.1%，土层主要为驱硫酸盐渍土。卵砾石层：土层之下均为卵砾石层。一般粒径35—50mm，最大粒径260mm，稍密。该层颗粒组成为：巨粒含量36.9%—44.2%，粗粒含量55.0—62.6%，细粒含量0.5—0.8%，其中粒径0.075—0.005mm的J与0.5—0.8%，属非冻胀性土：天然含水量3.8%，天然密度 $2.229/\text{cm}^3$ ，最大干密度 $2.219/\text{cm}^3$ ，不均匀系数75.5，曲率系数1.98，其承载力标准值300KPa，变形模量35KPa。该层沉积厚度大，分布连续，地下水埋深大于80m。

(2)抗冻胀计算和防冻胀措施

阿魏滩渠沿线表土 1.1m 厚以内为冻胀性土层，以下为非冻胀性土层，设计渠底大部坐于非冻胀性的戈壁卵石层上，且地下水埋深大大超过 3m，冻胀量小，可不进行抗冻胀计算。

(3) 为确保安全，除采用抗冻胀性能好的梯弧形断面外，还必须采用以下防冻胀措施：

① 凡渠底未坐在戈壁卵石层的渠段，因土层较薄，一律将冻胀性土层挖掉，置换成戈壁砾石，并要求压实干容重达到 2.0 t/m^3 。

② 渠坡铺戈壁垫层，厚度坡顶 15cm，坡底 20cm。

4)、渠道衬砌及结构

① 堤项宽度：堤项不考虑行车，宽度确定为 1.5m。渠堤外坡：采用 1:1.5。

② 渠道衬砌：二 F 砌卵石灌浆渠底砌石厚 $\geq 20\text{cm}$ ，现浇 C20F200W6 砼渠底厚 10cm；渠坡均采用现浇 C20F200W6 砼，板厚 7cm；渠口压沿板采用宽 25cm、厚 5cm 现浇 C15F100 砼。

③ 伸缩缝：规范规定现浇砼渠道每隔 5—8m 设纵、横伸缩缝一道，本渠因断面小，不设纵向伸缩缝，横向伸缩缝每 2.5m 一道，缝宽 2cm，用聚胺脂填缝。

5)、施工技术要求

A、设计仍按原渠道断面进行改造，6+900 以前渠底采用 C20F200W6 砼现浇，6+900 以后渠底采用 C20F200W6 细石砼坐浆干砌卵石灌浆衬砌；边坡采用现浇 C20F200W6 砼板衬砌，板厚 7cm；渠口压沿板采用 C15. F100 砼现浇，板厚 5cm，宽 25cm。由于各段渠道边坡口宽不一，要采用平缓过渡连接。

B、回填戈壁垫层应符合以下要求：

(1) 垫层中小于 0.05mm 粒径的颗粒含量不得大于 6%。

(2) 垫层夯实干容重应达到 2.0 t/m^3 。

另外，新填筑的渠堤，填筑干容重不得小于自然干容重。

C、干砌卵石灌浆的施工要求

(1) 干砌卵石前先要用 C20F200W6 细石砼座浆，厚 5cm，然后在浆上砌石，边铺边砌。

(2) 干砌卵石要求砌紧靠实、砌平错缝、整齐稳固。

(3) 卵石长边要垂直基底，小头朝上，大头朝 F，不得前俯后仰，左歪右斜；砌时每行每列要错缝，六面紧靠，只许有三角缝，不得有四角眼，不能用乱插花和鸡抱蛋的方法砌筑。

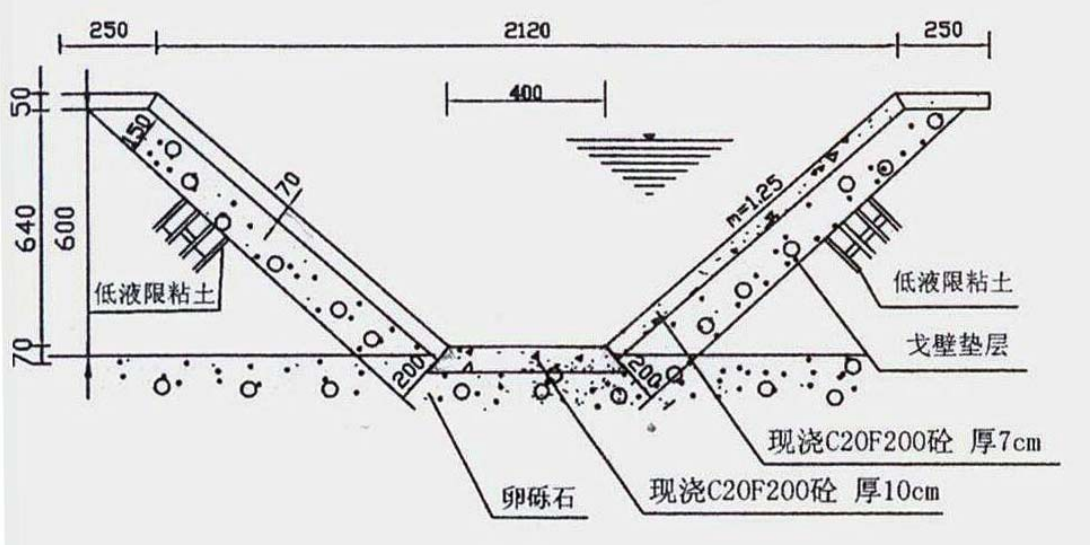
(4) 干砌卵石完成后，即可灌细石砼，先铺细石砼厚 3—5cm，再用平面振动器由渠中心向两边徐徐振动，边振边加砼，并辅以人工用钢钎捣固，直至砼灌至卵石与卵石接触点的中部稍上为上。

D、混凝土的施工要求

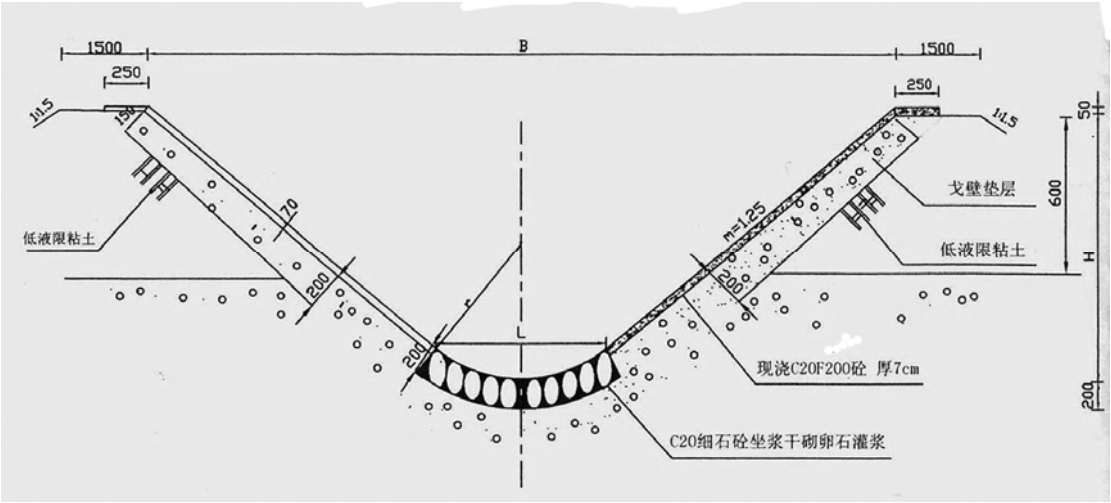
混凝土的施工应按《水工混凝土施工规范》(SDJ207—82)和渠道防渗工程技术规范(SL18—9i)的要求执行。

E、伸缩缝处理、

伸缩缝采用聚胺脂砂浆填缝。聚胺酯砂浆填缝施工方法同西干渠。



图表 6



图表 7

附照片



照片 4—1、2



照片 4—3（时间：2010 年 9 月 1 日）

四、防渗防冻胀技术措施应用的体会和经验

总结归纳灌区开展渠道防渗防冻胀技术应用中的成功经验,包括渠道防渗工程设计、施工技术、运行管理等方面的经验。

渠道防渗衬砌工程防治冻胀危害的主要措施

（一）、工程措施:

在北疆灌区,冻害对防渗衬砌渠道危害极大,影响渠道工程的使用寿命和使用效果。基土冻胀是衬砌破坏的首要因素,防渗效果又与冻胀破坏密切相关。衬砌渠道防治冻害主要是回避冻胀和削减冻胀两种措施。北疆灌区由于特殊的地理位置和气候条件,回避冻胀是不可能的,必须采用有效措施减少冻胀量,也就是将渠床基土的最大冻胀量消减到衬砌结构允许的变化范围内。

1. 严格技术设计:要改变认为渠道防渗设计简单的错误观点,要求必须把技术设计和施工设计两大环节,在设计中要按规范标准,对采用的防渗措施有充足的论证,对所处地区的水、土、温条件,尤其是当地的冻结条件、经济效益、

已有的工程经验做出科学分析，让设计建立在科学依据的基础上，对工程施工条件和方法等做出全面安排，确保工程质量。

2. 防渗衬砌渠道结构形式的选择：对衬砌渠道结构形式的设计，要从抵抗冻胀角度出发，由砼预制板改为砼现浇板，这种衬砌设计观点对于基土水分不高的填方渠段可以解决问题。而对于采取措施也难以降低渠道基土水分的挖方渠段，仍不能彻底解决问题，这就要按照“适应、消减、局部抵抗”的设计观点，从降低基土水分，提高基土温度，增加砌体刚度三个方面考虑。通过近年来的实践和探索，在阴坡渠段防渗抗冻效果较好的衬砌结构形式是：

(1) 板膜复合形式。在砼板下铺设防渗膜料，膜料主要采用复合土工布膜。其中心目的是以膜来防止衬砌板不可避免的出现各种裂缝而造成的大量渗漏。这种形式适用于地下水位低的填方渠段。

(2) 预制砼槽形板。这种形式适用于地下水位较低的一般渠段。

3. 渠道断面形式的选择

渠道断面形式的好坏与防渗抗冻密切相关。对干渠类渠道应尽量采用弧脚梯形渠断面。对支渠类渠道应尽量采用弧底梯形渠断面。条件具备者最好用 U 行断面。

(1) U 形渠槽衬砌断面形式，宜在小断面支渠（流量在 $0.5—2.5\text{m}^3/\text{s}$ ）和斗渠、分渠上推广应用。

(2) 砼弧底梯形断面衬砌形式，宜在设计流量为 $2.5—10\text{m}^3/\text{s}$ 的干、支渠推广应用。

(3) 对于干、支渠设计流量为 $10—50\text{m}^3/\text{s}$ 的渠段，应以梯形和平底弧角梯形断面为主，对阴坡的衬砌材料以空心板为宜。

(二)、管理措施

1、严把施工质量关

施工质量的好坏，直接关系到混凝土板的防渗效果和耐久性，因此在施工建设期间，为进一步确保施工质量，采取了如下几方面的管理措施：

①项目法人组建各单项工程技术组与监理同时进驻工地，对工程实施全面系统的管理，各道工序按报验程序严格把关。

②为保证施工质量和工期，要求施工单位成立由主要领导为负责人的施工指挥机构，并在施工现场设置项目部，落实管理人员层层责任制，制定奖惩办法，明确企业主管领导为施工第一责任人，项目经理为现场第一责任人。

③由于项目多是旧渠改建，施工工期较短，为使工程顺利完工，确保农业用水不受影响，在施工第一现场设立项目建设部，人员分别由业主、建设、监理、设代、检测等各方专职代表组成，吃住在工地，责任落实到个人，各负其责，以便能够及时解决在施工过程中出现的各种问题。实践证明项目部在施工过程中充分发挥了核心指导作用，提高了工作效率，加快了工程进度，确保了工程质量。

2、加强运行管理

①春、秋灌时间的调控

合理确定每年冬前停灌和开春灌溉的时间，对防止渠道冻胀也是至关重要的，根据三屯河灌区的实际情况，一般冬前停灌时间选在 11 月上旬以前，开春灌溉时间在 4 月中旬为宜。

②渠道的检查

渠道及其建筑物检查观察是掌握工程动态，保证工程安全运用的一个重要手段，不仅是制定维修养护方案的基础，也是渠道工程技术管理的重要任务。

三屯河灌区的渠道工程在运行过程中通过经常检查、定期检查、特别检查几种方式来随时发现异情以便及时、尽早在工程危情、险情出现的萌芽期把问题排除和解决好。

每年放水前、停水后各配水站工程管理人员，定期对渠道工程的渠顶、渠坡、渠底进行全面检查，重点检查渠道工程的裂缝、冲刷、隆起、冻胀等变化损坏情况，上报工程科后及时采取措施进行维修，以确保渠道的正常行水。

③渠道的及时维修

在大型灌区未续建配套以前，工程维修分为经常性维修养护和大修，自 2000 年至今，大型灌区的渠道工程逐年得到了配套，改造过的渠道维修主要侧重于经常

性维修养护，工程的维修主要是根据经常性检查发现的冻胀缺陷和问题，进行日常保养维护和局部修补。

（三）、渠道防渗防冻胀技术应用的经验交流

根据多年的经验和实践效果的分析，在渠道防渗、防冻工程中因地制宜地采用下列先进的技术措施：一是板的结构形式。为了进一步提高防渗防冻效果，一定要采用板膜复合形式，用膜来防止衬砌板各种裂缝而造成的大量渗漏；二是渠道断面形式。渠道断面形式的好坏与防渗冻密切相关。

1.现浇混凝土板采用苯板填塞施工缝可以节约放水材料的用量。苯板具有很强的伸缩性，将苯板置于伸缩性的底部，上敷聚氨酯砂浆，即达到了保护伸缩性以及适应变形的目的，又节约了材料。

2.采用苯板填缝，必须配合可以冷施工的聚氨酯砂浆灌缝处理，才能保证下部苯板不会被破坏，且聚氨酯砂浆在粘结性、抗老化性、防流淌以及强度上均优于其它防水油膏。

3.北疆天气寒冷，施工铺膜期若在秋季气温较低时，则对膜的柔韧性要求较高，有时会影响膜的焊接质量，因此选材时应充分认识到这一点。

4.复合土工膜防渗性能非常好，设计中应从强度和耐久性两方面来考虑。施工过程中对膜必须加强保护，否则修补较为困难。从施工经验告诉我们膜和膜焊接可以达到设计要求，也较粘结等其它方法可靠。

5.控制好混凝土的坍落度。混凝土的坍落度过大，则边板混凝土浇筑时，易流淌，不易成型。混凝土的坍落度过小，则混凝土浇筑时不易出浆，表面很难收光，费工费时。因此，选择一个合理的混凝土坍落度，对工程建设具有重要意义。

（四）、存在的问题及建议

灌区开展渠道防渗防冻胀技术应用存在的问题，今后开展渠道防渗防冻胀技术推广应用的意见或建议。

1）、存在施工期与灌溉期相重叠的矛盾

因大部分工程为改建工程，季节性较强，施工必须在不影响农作物用水和停止用水后进行，工期紧、任务重、投资有限，加之北疆地区上冻较早，每年有较长的寒冷季节，混凝土防渗渠道在施工中虽然采取了一定的防冻措施，冻融破坏虽有所减轻，但是衬砌防渗渠道仍会发生不同程度的冻胀破坏。

2）、秋、冬灌导致土壤含水量增加

灌区所辖的八个乡镇及三个团场因不同年份大约要在十一月上旬进行秋、冬灌和浇灌林带，这就会自内补给和增加基土的含水量，若遇上冻期提前的年份，对衬砌防渗渠道极为不利。

3、防冻胀的方法和技术尚需进一步提高

渠道防冻胀和提高防渗效果两大问题，经过近年的实践和探索，提出了不同的衬砌板形、不同的板膜复合、板膜与保温材料复合以及弧脚、弧底梯形、U形渠等不同断面形式等，在解决冻害和提高防渗效果上都发挥了很好的作用，使渠道防渗工程技术得到了很大的提高。但渠道防渗工程涉及的因素很多，必须因地制宜，在设计、施工、管理等方面下功夫，同时，要不断创新，在新方法、新工艺、新材料上做文章，从根本上解决渠道防渗工程的抗冻胀问题，提高防渗效果。