

高速公路蒸发池设计改革模式

仇佩华

(长安大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 从建设“节约型社会”的观点出发, 提出将高速公路上传统的开敞式蒸发池设计模式改为地埋式蓄水窖, 充分集蓄利用雨水资源, 以灌溉道路两侧农田内的经济作物或路域内绿化植物。这不仅可变废为宝, 也改变了道路蒸发池的不雅景观。文中提出了一个容积为 147 m^3 的窖窖和沉沙池结构设计图。

关键词: 高速公路; 蒸发池; 地埋式水窖; 沉沙池; 雨水资源

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)02-0075-03

中图分类号: S273.1

Design Innovation of Evaporation Tanks for Expressways

QIU Pei-hua

(Chang'an University, College of Civil Engineering, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China)

Abstract: From the view point of building an “economical society”, this paper proposes that a traditional open evaporation tank for expressway construction changes to a buried storage tank so as to make full use of rainwater for irrigation of roadside fields or plants along the expressways. This may not only convert waste water to useful resources, but also improve the inelegant landscape resulted from open evaporation tanks. The paper also provides structural drawings of the desilting basin and the storage tank with volume of 147 m^3 .

Keywords: expressway; evaporation tank; buried storage tank; desilting basin; rainwater

节约用水, 是党和政府提出建设“节约型社会”的伟大战略部署的核心内容之一。我国是一个水资源严重短缺的国家, 人均水资源量 $2\ 200\text{ m}^3$, 仅为世界平均水平的 $1/4$, 列世界第 109 位, 是全球 13 个人均水资源贫乏的国家之一。

干旱缺水已成为制约我国工农业持续发展的重要因素。当前, 我国一方面水资源匮乏, 工农业和城镇生活用水频频告急; 另一方面, 用水浪费现象却又普遍存在。譬如, 目前高速公路在处理道路雨水径流时, 普遍采用修建蒸发池的模式, 将路面雨水径流汇集到道路两侧或立交绿岛的蒸发池中, 任之蒸发, 弃而不用。这不仅是一种浪费, 也使公路沿线的自然景观受到人为破坏。本文提议将开敞式蒸发池设计成地埋式储水窖, 将收集的道路雨水径流, 再经过节水灌溉系统(如滴灌、微喷灌、喷灌、小管出流和坑灌等), 灌溉附近农田经济作物或路域内的防眩林和其它绿化植物, 变废为宝。

1 高速公路路面集蓄雨水的潜力

1.1 高速公路雨水集蓄利用的可行性

针对我国水资源供需矛盾日益尖锐的严峻形势, 2005 年 4 月 21 日, 国家发展和改革委员会、科技部、

水利部、建设部和农业部组织制定了《中国节水技术政策大纲》, 大纲中提出了要大力发展雨水集蓄利用的技术。

高速公路为双向四车道, 沥青质碾压路面, 上行线和下行线一般各宽 12 m , 路面横向比降 2% , 是理想的雨水集流面。据试验观测, 其集流效率为 $65\% \sim 70\%$ 。一般而言, 在 500 mm 降水地区, 除去 $\leq 5\text{ mm}$ 的无效降水之外, 产流降雨在 420 mm 左右, 每 1 km 高速公路理论上可集蓄雨水 $6\ 552 \sim 7\ 056\text{ m}^3$ 。陕西省高速公路布局呈“米”字形构架。目前省内黄土高原地区在建高速公路有国道主干线 GZ35 过境段(吴堡至王圈梁)、GZ40 过境段(禹门口至闫良)、西部大通道包北线过境段(陕蒙界至黄陵)、银汉线过境段(凤翔路口至咸阳)等 4 条, 线路全长 996 km (不含建成路段), 集流面积 $2.39 \times 10^7\text{ m}^2$ 。据分析, 陕西省黄土高原地区多年平均降水量 571.7 mm , 产流降雨量约 474.5 mm , 区内在建高速公路建成后每年可集蓄雨水 $7.71 \times 10^6\text{ m}^3$, 如果用其滴灌苹果, 设灌水定额 $120\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 每年灌水 3 次, 则可灌苹果 $2.14 \times 10^4\text{ hm}^2$, 是一笔宝贵的水资源。

为了防止路面雨水径流对高速公路路基的冲刷, 现今, 设计者一般都在主线的两侧一定范围内布设开

敞式蒸发池,将汇集的雨水径流加以蒸发。蒸发池为方斗形,浆砌片石建造,每个容积约 145 m^3 ,分布密度为 $1\sim 1.7$ 个/ km 。如西安至咸阳机场高速公路,线路全长 24.52 km ,设计有蒸发池 24 个,穿越渭北旱塬的禹闫高速公路(禹门口至闫良),线路长 177 km ,布设蒸发池 267 个,永寿至长武、凤翔路口高速公路,线路长 98 km ,沿线设计有蒸发池 166 个,密度 1.69 个/ km ,其具体分布见表 1。

表 1 永寿至陕甘界凤翔路口高速公路蒸发池分布情况

区 间	蒸发池		蒸发池周边农 田种植作物
	数量/ 个	密度/ (个· km^{-1})	
K40+000~K63+ 100(野儿沟)	51	2.21	长武塬,苹果园
K68+000~K87+ 000(彬县立交)	44	2.32	泾河谷地,梨园、日光温室
K98+000~K130+ 000	71	2.22	永寿塬、苹果园 及日光温室

因此,如能将蒸发池改为地埋式储水窖,不仅可以解决路边果园,日光温室及一些农作物的灌溉,提高作物的产量和品质,而且可节约土地,改变开敞式蒸发池对沿线自然景观的破坏。另外,集蓄的雨水,也可用来浇灌高速公路路域内的绿化植物。

1.2 陕西黄土高原降雨产流潜力

陕西黄土高原水资源十分短缺,据统计,陕北和关中水资源总量 $1.28\times 10^{10}\text{ m}^3$,全区人均、亩均水资源 529 m^3 和 229 m^3 ,分别为全国平均水平的 24% 和 11.3% ,远远低于国际公认的最低需水线(人均年拥有水资源 1000 m^3)水准,是全国最缺水区域之一, 90% 以上的农田为雨养农业区。受季风影响,陕西黄土高原降水大体由东南向西北递减,因而其降雨产流的潜力也呈现由西北向东南递增的趋势。区内 $\leq 5\text{ mm}$ 的无效降水介于 $69.7\sim 103.1\text{ mm}$ 之间,约占年降水总量的 $14.6\%\sim 21.7\%$ (见表 2)。 $\geq 5\text{ mm}$ 的多年平均降水量为 $268.6\sim 512.9\text{ mm}$,每 100 m^2 沥青混凝土地坪每年可汇集雨水 $18.3\sim 34.9\text{ m}^3$ 。这对解决公路沿线苹果等经济作物关键期(如苹果开花座果期和果实膨大期)的补水灌溉,以及高速公路路域内绿化植物的灌溉将具有重要意义。

2 水窖形选择与断面结构设计

2.1 水窖断面设计

黄土高原的水窖有井窖(亦称瓶窖)和窑窖 2 种。井窖容积较小,一般蓄水 $20\sim 50\text{ m}^3$ 。窑窖形状和农民居住的窑洞相似,施工容易,蓄水量大,坚固耐用。

表 2 陕西黄土高原雨水集蓄潜力

县名	多年均降 水总量/ mm	多年均 $\leq 5\text{ mm}$ 年 降水量/ mm	多年均 $\geq 5\text{ mm}$ 年 降水量/ mm	$\leq 5\text{ mm}$ 年降水占 总降水的 比例/ $\%$	每 100 m^2 沥青砼地 坪可汇集 雨水/ m^3
定边	335.9	67.3	268.6	20.0	18.3
靖边	389.2	69.7	319.5	17.9	21.7
横山	409.5	73.1	336.4	21.7	22.9
榆林	415.6	73.6	341.8	17.8	23.2
神木	458.6	76.9	381.7	16.8	26.0
府谷	442.3	70.7	371.4	16.0	25.3
绥德	491.2	82.1	409.1	16.7	27.8
清涧	479.2	85.0	394.2	17.7	26.8
吴旗	497.2	94.6	402.6	19.0	27.4
志丹	524.7	86.9	477.8	16.6	29.8
子长	517.9	79.9	438.0	15.4	29.8
延安	557.3	81.1	476.2	14.6	32.4
洛川	615.2	102.6	512.9	16.6	34.9
长武	569.2	96.2	473.4	16.9	32.2
淳化	593.5	103.1	490.4	17.4	33.3
富平	542.5	86.9	455.6	16.0	31.0
合阳	553.6	85.3	468.5	15.4	31.9

注:取径流系数为 0.68。

考虑到高速公路集流面积较大,来水量较多,因而选用窑窖,其断面结构形式如图 1。窑窖由集流渠,拦污栅,沉沙池、储水窖和井台等部分组成。图 1 为一蓄水容积为 147 m^3 的窑窖结构断面。窑窖储水部分为一横断面为梯形的长条槽,槽底宽 3 m ,上底宽 4 m ,深 3.5 m ,槽长 12 m ,采用 M7.5 水泥砂浆浆砌片石修筑, M10 水泥砂浆内抹面防渗。

窖顶为拱形,浆砌片石或砖砌成或 C15 素混凝土建造。窖脖及井台砖砌,井台高出农田地坪 0.5 m 。为增大储水窖侧墙的稳定性的,其断面设计成梯形,边坡比为 $7:1$ 。

2.2 沉沙池设计

以往,黄土高原开挖的水窖,对沉沙池的设计没有引起足够的重视。沉沙池的结构尺寸取值及形式选择缺乏科学依据,致使沉沙池发挥的作用不理想,因而水窖淤积严重,清淤工程量大。

对于渠道而言,沉沙池的长度、宽度和深度应根据渠道中挟带泥砂的含量、颗粒大小、水流速度和在一定期间内的可能淤积量而定。一般可按下列经验公式确定:

沉沙池长度:

$$L_p = (4\sim 5)h \quad (1)$$

沉沙池宽度:

$$B \geq (1\sim 2)b \quad (2)$$

沉沙池低于渠底的深度:

$$T \geq 0.5D + \delta + 20 \quad (3)$$

式中: h —— 渠道水深 (cm); b —— 渠底宽度 (cm);
 D —— 倒虹吸管内径 (cm); δ —— 管壁厚度 (cm)。

由于水窖沉沙池的特殊工作环境, 来水渠中水浅 (≤ 10 cm), 渠底窄, 来水暴涨暴落, 因而用(1) — (3) 式算出的数值很小, 不符合实际情况。

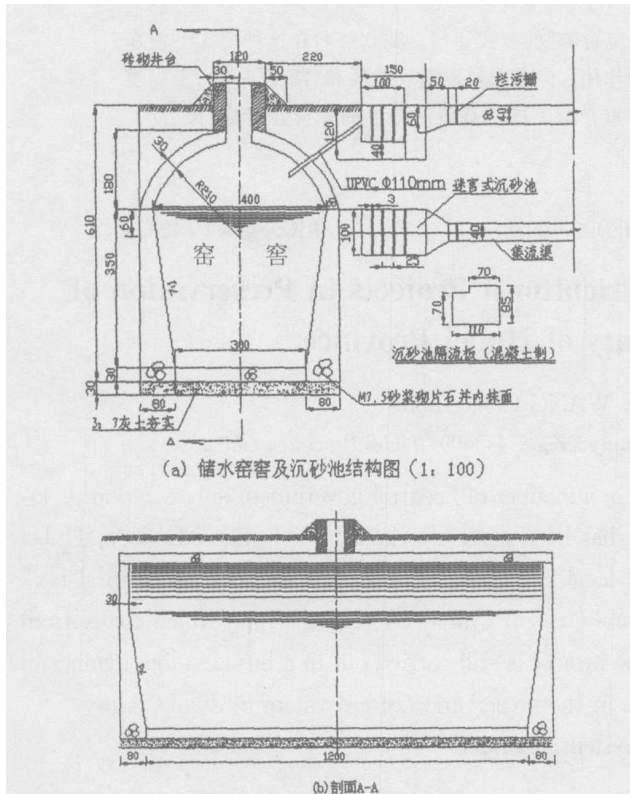


图1 窖窖结构设计图

蒋定生等曾对水窖沉沙池结构形式进行过专门试验。在供试的3种沉沙池(迷宫式、矩形和梯形单厢式和旋流式)中, 以迷宫式沉沙池效果最佳, 其对黄绵土、垆土和土等3种土壤形成的泥沙沉淀率均各为90.4%, 86.9%和84.4%。为此, 本文论述的沉沙池采用迷宫式。沉沙池宽100 cm, 长150 cm, 迷宫室底比来水渠底低40 cm。沉沙池首端设有深120 cm, 宽100 cm, 长50 cm的静水室, 籍以降低来水流速, 使沉沙在静水室中快速沉降。尔后, 流速较小的挟沙水流在4个迷宫室中缓缓绕流, 将沉沙卸载, 分别沉落于4个迷宫室中, 清水注入窖窖。为削弱集流渠中雨水径流流速, 将集流渠末端断面设计成扩散喇叭形, 断面突然扩大, 骤然降低水流流速, 从而降低水流挟沙力, 使50%以上的泥沙率先沉降在静水室中。

2.3 拱顶合理轴线与矢跨比设计

窖窖拱圈为超静定结构。因为超静定结构的内力与变形有关, 所以计算超静定拱之前, 须事先确定

拱轴线方程和截面变化规律。常有的拱轴线形式有悬链线、抛物线、圆弧及多心圆等。可以证明, 在计算超静定拱时若忽略轴向变形影响, 则其合理拱轴线与相应三铰拱的相同。但若考虑轴向变形, 则由于拱轴受压缩短影响, 超静定拱中心将产生附加内力而出现弯矩, 但其数值通常不大。因此, 在初步计算时, 常采用相应三铰拱的合理轴线作为超静定拱的轴线, 然后根据计算结果加以修改调整, 以尽量减小弯矩, 但在超静定拱中要使所有截面弯矩都为零是难以做到的。

今设计的储水窖窖, 拱顶上为填土, 填土厚度为变值, 因而拱顶上的荷载不是均布荷载。设填土及拱圈的平均容重为 γ , 则拱的竖向分布荷载为 $q = q_c + \gamma y$ 。这时拱的合理轴线可按悬链线来设计, 即

$$y = \frac{q_c}{\gamma} \left(ch \sqrt{\frac{\gamma}{H}} x - 1 \right) \quad (4)$$

式中: q_c —— 拱顶处的荷载集度; H —— 拱在竖向荷载作用下的水平推力。

黄土高原群众开挖的蓄水窖窖拱轴线基本为圆弧形, 矢跨比一般为1:2, 跨度3~4 m, 矢高1.5~2.5 m, 运行状况良好。拱圈采用浆砌片石, 厚度为30 cm。为简单起见, 本文蓄水窖窖的拱圈轴线采用圆弧形, 拱跨4 m, 矢高1.5 m, 矢跨比为1:2.67。

3 结 论

(1) 从建设“节约型社会”的观点出发, 本文提议将高速公路上传统的开敞式集雨蒸发池设计模式, 改为地理式集雨水窖, 将高速公路上的雨水径流收集存储, 以灌溉路侧农田内的经济作物, 或者是高速公路路域内的绿化植物, 诸如防眩林、立交绿岛内绿化植物, 高陡边坡上的植物等。并提出了一个容积为147 m³的储水窖窖结构设计图。

(2) 沥青质碾压路面上产生的雨水径流, 是否含有碍人体健康的有害物质, 尚未见有报道。不过这种径流, 在经过沉淀、储存以及灌溉土层的过滤自净之后, 有害物质是否还会被植物根系吸收而向谷物、果品、蔬菜中富集残留, 尚需进一步开展试验研究。

[参 考 文 献]

- [1] 崔永鹏, 蒋定生. 水土保持工程学[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1998.
- [2] 武汉水利电力学院水力学教研室编. 水力计算手册[M]. 北京: 水力电力出版社, 1983.
- [3] 蒋定生, 等. 水窖沉沙池结构与试验研究[J]. 农业工程学报, 2001(5).
- [4] 龙驭球, 包世华. 结构力学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1988.