

# 尼泊尔加德满都谷地出水口的抗灾建设

Rajesh Shrestha\*, Khet Raj Daha<sup>1</sup>

尼泊尔 拉利特布尔 蓝毗尼国际科学技术学院灾害风险工程与管理系

**摘要:** 加德满都谷地是古代通过 Chobar 峡谷的巴格玛蒂河将湖水排干而形成的。加德满都山谷表面内的基岩由粘土沉积物组成, 即 Kalimati (尼泊尔语中的黑色土壤) 粘土, 也称为致密不可渗透的黑色泥浆。这种土壤非常肥沃。山谷中的人们熟练地利用地理结构和自然资源来提高文明程度, 这从传统的供水系统或 hiti (尼泊尔的 Dhunge Dhara) 系统中可以看出。它也被称为水喷口或雨喷口。这项研究在 2020 年 1 月至 6 月期间进行。从不同来源收集了论文、手册、报告和数据库等已发表文献, 并进行了深入研究。研究发现, 加德满都和拉利特布尔的人口正在迅速增加, 但饮用水的来源正在逐渐减少。过去, Dhunge Dhara 为社区提供饮用水, 因为加德满都和拉利特布尔地区共有 237 个 Dhunge Dhara。在加德满都谷地, 由于道路、建筑、塔楼等各种工程基础设施的发展, 导致了喷水量的减少。同样, 城市化的快速增长也发生在喷水量的附近。因此, 地下水不可能再补给。雨水直接通过废水管流入河流。过去, 有一条名为拉吉库洛 (国王在加德满都山谷修建的运河) 的灌溉渠, 这些渠有效地补充了地下水。由于山谷被改造成混凝土城市, 导致希提附近的地下水补给停止。因此, 在 Dhunge Dhara 的喷水口中没有水。该研究建议, 必须通过地方、省和中央政府的倡议, 保护山谷中的传统 Dhunge Dhara。

**关键词:** Dhunge Dhara; 拉吉库洛; 地下水补给; 水法和政策

## Disaster Resilient Construction of Water Spouts in Kathmandu Valley of Nepal

Rajesh Shrestha\*, Khet Raj Daha<sup>1</sup>

Department of Disaster Risk Engineering and Management, Lumbini International Academy of Science and Technology, Lalitpur, Nepal

**Abstract:** The Kathmandu valley was formed by draining the lake through Bagmati River of the Chobar gorge in the ancient time. The bedrock inside the surface of Kathmandu valley consists of clay sediment i.e Kalimati (It means the black soil in Nepali) clay which is also called the dense impenetrable black mud. This type of soil is very fertile. The people of the valley utilized the geographic structure and the natural resources with skill to enhance civilization, which is shown from the traditional water supply or the hiti (Dhunge Dhara in Nepali) system. It is also called the water spout or rainspout. This study was conducted during the period from January to June 2020. Published literature such as paper, manuals, reports, and database were collected from different sources and went on thoroughly. The study found that the population of Kathmandu and Lalitpur is increasing rapidly but the source of drinking water is decreasing gradually. In the past, Dhunge Dhara was feeding the communities for drinking water as there are all together 237 Dhunge Dhara in Kathmandu and Lalitpur area. In the Kathmandu Valley, the source of water spouts decline is due to the development of various engineering infrastructures such as roads, buildings, towers, and so on. Similarly, rapid growth of urbanization took place near the source of water spouts. As a result, there could not be the chance of ground water recharge. The water from the rainfall flows directly through the waste pipe to the river. In the past, there were irrigation canals called Rajkulo (Canal made by the King in the Kathmandu Valley), these canals effectively recharged the ground water. As the valley is converted into the city of concrete, it causes stoppage of ground water recharge near the hiti. Consequently, there is no water in the water spouts i.e. in Dhunge Dhara. The study would like to suggest that the traditional Dhunge Dhara in the valley must be preserved through the initiation of the local, provincial and central government.

**Keywords:** Dhunge Dhara; Rajkulo; Ground water recharge; Water law and policies

### 1. 引言

水是生命生存的重要元素, 在我们的日常生活中起着非常重要的作用。我们生活在含有约 2.5% 淡水的地

球上。地球上的水总是处于运动状态, 这是一个自然过程, 也称为水循环或水文循环, 它描述了水在陆地表面上、上方和下方的连续运动。此外, 它还描述了我们地

球的大气层中充满了水。约 90% 的水是由水体蒸发产生的，其中 10% 的水是植物蒸腾过程产生的。云是大气水的来源。根据国家海洋和大气管理局<sup>[1]</sup>，大气中水的体积 ( $V_w$ ) 约为  $12900 \text{ km}^3$ ，约为地球水总体积的 0.001%。

从大气中滴落的含有可溶性矿物质的软水称为雨水。它是地球上非常干净和安全的水<sup>[2]</sup>。在过去的 20 世纪 60 年代，有足够的水源，山谷、水井和抽水机都没有任何短缺，所有这些都是可以使用的。但现在，瓶装水被认为是纯净的水，它实际上来自雨水。所有来自水龙头、水井、河流或湖水的水都来自雨水。从天上掉下来的雨水以矿泉水的形式渗入地下，这种矿泉水被称为地下水，是安全的饮用水源。若它变成废物，那么它就被称为废水，通过河流流向大海。雨水可以防止洪水和干旱，减少河流污染和防止地下水，还可以减少城市的热岛效应<sup>[3]</sup>。

加德满都谷地是古代通过 Chobar 峡谷的巴格玛蒂河将湖水排干而形成的。加德满都山谷表面内的基岩由粘土沉积物组成，即钾质粘土，也称为致密不可渗透的黑泥，非常肥沃。山谷中的人们熟练地利用地理结构和自然资源来提高文明程度，这从传统的供水系统或英语中的 hiti (Dhunge Dhara, 尼泊尔语) 系统中可以看出，它也被称为水嘴或雨嘴。尼泊尔是我们发现各种水上建筑的国家，其中 hiti 在设计和技术上最为复杂。拉杰库洛、水井和池塘是希提人的主要水源，还有 ghats (河边火葬场) 和 jahdu (饮用水箱)。这些 hiti 和拉吉库洛是这个山谷中的传统供水系统，开始于 Licchavi 时期，并在 Malla 时期进一步发展<sup>[4]</sup>。为了灌溉村庄的稻田，修建了拉吉库洛，而 hiti 是为了方便城市的饮用水，这也与特殊的节日和仪式有关。由于当地社区的强大，这些系统在拉利特布尔得以幸存，因为他们迫切需要水，而在加德满都，这些系统几乎处于失去状态<sup>[5]</sup>。

## 2. 喷水孔问题

加德满都谷地是尼泊尔历史上重要的谷地。它也被称为尼泊尔山谷，该山谷有 130 处重要的历史遗迹，包括印度教徒和佛教徒的朝圣圣地。尼泊尔高度发达，人口约 150 万，其中包括拉利特布尔、基蒂布尔、马德亚布尔 - 蒂米和巴克塔普尔。在加德满都和拉利特布尔，只有 153 处天然水资源在运行，38 处未运行，40 处不存在<sup>[6]</sup>。有两个主要的拉吉库洛向拉利特布尔和加德满都供水。这些拉吉库洛的主要来源是 Tikahairab 的上游，该上游从 Lele 河和 Naldu 河引水<sup>[7]</sup>。拉利特布尔的大部分 hitis 仅是城市贫民的水源。大量农民仍然依靠雨水灌溉土地。hitis 的主要来源是位于其周围的地下泉水，通过地下供水和排水系统连接，该系统使用天然砂滤系统净化水。山谷表面含有致密的黑色泥质基岩，这阻碍了进入非常深的地下水，因此在特定位置修建了池塘网络，以积聚雨水并补给浅层蓄水层<sup>[8]</sup>。

市政供水系统无法为城市地区提供饮用水。大多数

人仍然依赖传统的供水系统，如 hitis、水井等。无计划的建筑建设和现代地下结构的建设导致了拉吉库洛受损，也影响了古代系统，从而导致有助于补充 hitis 的池塘流失。加德满都和拉利特布尔地区的喷水量开始迅速减少，拉吉库洛导致的池塘受到污染<sup>[9]</sup>。由于正在进行的快速建设项目，加德满都的大部分 hitis 都在下降，甚至没有使用。这些城市使用的饮用水来源是公共供水、水井、泉水和溪水。它缺乏废水和粪便污泥的处理设施。最后，废水通过巴格马蒂河排放。巴格马蒂河的水质含有较多的有机污染物，加德满都的饮用水水质较差，因为它含有镁含量较少的 E 油，但 PH 值保持不变<sup>[9]</sup>。拉利特布尔地区的大多数人依赖池塘水和 hitis；我们不知道那水源的污染程度。如今，世界人口与日俱增。因此，城市化、水污染和森林砍伐也迅速增加，导致世界淡水资源减少。世界卫生组织得出的结论是，约 9 亿人缺乏安全饮用水，25 亿人缺乏适当的卫生设施，数百万人死于与水有关的疾病，数十亿美元的损失来自与水相关的灾害。抗灾能力是指个人、社会团体、组织和国家做好准备，从灾害和冲击中进行调整和恢复。它决定了组织自己从过去的灾难中学习并帮助减少未来风险的能力程度<sup>[10]</sup>。

加德满都谷地由八条河流划分，其中巴格马蒂河是该谷地的主要河流。Bishnumati、Dhobi khola、Manohara khola (河流)、Hanumante khola 和 Tukucha khola 是其组成部分。这些河流发源于海拔 1500 至 3000 米的山区。加德满都谷地面积  $899 \text{ km}^2$ ，人口密度约  $2793/\text{km}^2$ 。尼泊尔有五个主要气候区，其中加德满都位于温暖的温度区。加德满都谷地记录的最高降雨量约为 1400mm，湿度为 75%<sup>[11]</sup>。

拉利特布尔是尼泊尔仅次于加德满都和博卡拉的第三大城市，博卡拉也被称为 Pātan、Yala 和 Manigal，以其丰富的文化遗产而闻名。它的总面积为 15.43 平方公里，人口约 468132。它也被称为美术之城。它由大量的神圣建筑、寺庙、宝塔、斯图帕斯和什赫拉斯、修道院、数学和柴蒂亚组成。帕坦·杜尔巴广场是加德满都谷地的七大遗产之一。从最近的调查中发现，最大 33% 的需水量来自 NWSC 供应，7% 来自私人水井，3% 来自邻居水井，10% 来自公共井，10% 来自油轮供应，3% 来自雨水，7% 来自 NWSC 收集罐，27% 来自传统石喷。加德满都有 176 个石喷口，拉利特布尔有 61 个，加德满都谷地的巴克塔普尔有 152 个。因此，加德满都山谷共发现 389 个石喷口<sup>[12]</sup>。

## 3. Hitis (Dhunge Dhara) 的定义和历史

Hiti 在尼泊尔语中也被称为 Dhunge Dhara，在英语中被称为 Stone spout，它由石头和一个渠化的喷水口组成，用作水龙头，并附有一个神殿。它以对称的方式设计，并从垂直的墙壁上显现出来。它自 15 世纪以来就存在于加德满都谷地<sup>[13]</sup>。这些 hitis 是由 Lichavi (加德满都

的 former nulls) 简单地系统化并赋予其艺术造型的。然而, 它的形态与利奇哈维时期一样, 但随着时间的推移, 它的名称发生了变化。在那个时候, 这些 Dhunge Dhara 也被称为 Kirti, 意思是功德。作为一种习俗, 那些建造 Dhara (喷泉) 的人会得到奖赏, 因为饮用水是人类生活中最重要的物品之一。大约 95% 的 Dhunge Dhara 集中在这个山谷。根据加德满都城镇发展项目的调查数据, 1982 年有 117 个 Dhunge Dhara。帕坦有 40 个 Dhunge-Dhara, 其中约 80% 仍在运行。同样, 在巴克塔普尔也有 103 个这样的 Dhunge Dhara。其中大部分 Dhunge Dhara 建于中世纪<sup>[13]</sup>。

hitis 的主要来源是由马拉国王建造的拉吉库洛 (运河)。它从山麓开始, 向位于巴克塔普尔和拉利特布尔市区各个部分的喷泉供水。这些拉吉库洛仍然存在于自然界。一些希特勒有自己独立的水源。这些 hitis 积聚了雨水从地表渗透出来的地下水。大多数 hitis 是由石头制成的, 但在加德满都皇家宫殿内, 中世纪的帕坦和巴克塔普尔是镀金的, 由皇家赞助人建造, 例如加德满都的 Sundhara、帕坦和巴克塔普尔<sup>[14]</sup>。加德满都山谷的 hitis 有不同的形状和大小, 但大多数是正方形或长方形。Sundhara 是其他 Dhunge Dhara 中最大的一座, 也是沙阿时期建造的同类建筑中最好的一座。Manga hiti 是公元 570A 年最古老的 hiti。D、从工艺的角度来看, Tusha hiti 由帕坦国王 Siddhi Narsing Malla 建造的 72 座石雕装饰丰富。同样, 莫汉·卡利希提 (Mohan Kali hiti) 有 40 幅由普拉塔普·马拉 (Pratap Malla) 国王于公元 1652 年建造的不同神灵的图像<sup>[14]</sup>。

### 3.1. Dhunge Dhara 的水源

Dhunge Dhara 或 hiti 是传统的石头饮水喷泉。这是一条复杂的石雕水道, 水从地下水源不间断地流过。它是加德满都山谷传统饮用水供应的一部分。它由池塘、运河 (拉吉库洛) 和雨水支撑, 以持续供应饮用水。

#### 3.1.1. 拉吉库洛 (皇家运河)

Dhunge Dhara 不仅由雨水补给, 也由皇家运河补给。皇家运河用于将山麓的溪流、泉水或池塘中的水引至 Dhunge Dhara 的人工池塘<sup>[15]</sup>。1678 年, 马拉国王修建了国家运河, 为位于巴克塔普尔和帕坦的石喷口供水<sup>[16]</sup>。有三条运河; 加德满都的布迪坎塔运河、巴克塔普尔的巴格索里运河和帕坦的蒂卡哈拉布运河。这些运河为城市中的 31 个池塘补给水, 并为灌溉系统供水<sup>[17]</sup>。巴克塔普尔的 Dhunge Dhara 和帕坦的 Dhunge Dhara 几乎有一半通过皇家运河<sup>[18]</sup>。

#### 3.1.2 池塘

充满水的区域称为池塘。它要么是自然形成的, 要么是人工形成的, 比湖泊小。这些池塘也被命名为努瓦里的普赫和尼泊尔的博卡里, 它们在基拉塔王国时期被建造为加德满都山谷的水源。池塘通过雨水和皇家运河进行补给<sup>[19]</sup>。在利查维时期, 池塘被用作石制

喷泉, 并被挖井用于饮用水。在加德满都, Lainchour Pokhari (池塘)、Rani Pokhari 和 Ikha Pukhu (池塘) 用作喷水口。在帕坦, Nhu Pukhu、Paleswan Pukhu 和 Jywalkhyo Pukhu 被用来为 Dhunge Dhara 充电。同样, 在 Bhaktapur、Siddha Pokhari、Kamal Binayak Pukhu 和 Nā Pukhu 用于地下水补给和 Dhunge Dhara<sup>[20]</sup>。

在某些情况下, 池塘相互连接; 当一个池塘完全充满水时, 溢流流向另一个池塘, 依此类推。这样, 在旱季形成了水体网络作为水源<sup>[21]</sup>。有一次, 加德满都山谷共有 90 个池塘, 其中巴克塔普尔有 30 个池塘, 加德满都有 21 个池塘, 帕坦有 39 个池塘。根据加德满都谷地供水管理委员会 (KVWSMB) 的调查数据, 加德满都谷地 10 个城市共记录了 233 个池塘<sup>[22]</sup>。

### 3.1.3 雨水

作为雨水降落并从土壤中收集可溶性物质的水称为雨水。通常情况下, 大量雨水从屋顶和道路的排水沟中流失。雨水保护地面或地表, 并补充地下水和池塘。作为 Dhunge Dhara 饮用水来源的池塘实际上被雨水填满<sup>[23]</sup>。

### 3.2. Dhunge Dhara 的基本架构

Dhunge Dhara 基本上位于加德满都山谷, 由于自然水流 (在 Newari Bhasha 也被称为 hitigah), Dhunge Dhara 位于街道下方的底部。底座采用石头和砖块设计, 地板由石板覆盖, 而底座的底部和侧面则通过涂上一层特殊类型的黑色泥浆 (Newari Bhasha 的 Kacha) 防水, 以防止渗水<sup>[24]</sup>。大多数 Hitis 有一到三个喷口, 有些有四个和五个喷口, 还有一些有九个、十二个、二十二个和一百零八十个喷口。例如, 巴拉朱的百色达拉有 22 个喷口, 穆克蒂纳寺的穆克蒂达拉有 108 个喷口<sup>[25, 14]</sup>。

Dhunge Dhara 的底部被一堵矮墙包围, 这有助于防止地表径流进入。根据 Dhunge Dhara 的深度和整体尺寸, 可以通过一个或多个石阶到达基座。除了石头, 还有其他材料, 如铜、金、黄铜和木材。它们中的大多数具有神话中的马卡拉 (makara) 的形状, 也被称为 hitimanga。它包含鳄鱼的鼻子、大象的躯干、野猪的象牙和耳朵以及孔雀的尾巴<sup>[26]</sup>。Dhunge Dhara 的上方有一座供奉某位特定神灵的神殿, 其下方有一尊基拉塔雕塑。Dhunge Dhara 的过滤系统由砾石、沙子、lapsi (英语: Choerospondias 腋窝) 和木炭制成, 可以在水进入喷口之前过滤水<sup>[27]</sup>。Dhunge Dhara 前面有一个小水池, 用来收集从中流出的水, 然后消失在一个排水沟中, 然后将其引向另一个喷水口、农田或池塘。但有些时候, 第一次使用的水会通过其他几个喷水口, 例如, 在帕坦的瓦沙希提, 水首先流向阿姆里特·希提, 然后流向达图希提, 最后流经布因查希提<sup>[28]</sup>。类似地, 在一些 Dhunge Dharas, 其水直接排入池塘, 例如 Bhaktapur 的 Nag Pokhari hiti, 而也有一个池塘, 其墙壁上集成了喷水口, 例如帕坦的 Bhandrakhal Pokhali。Dhunge Dhara 的大部

分与公共避难所（也称为 Dharmasala）密切相关。庇护所要么是独立的，要么与 Dhunge Dhara 的墙壁相连。例如，帕坦的 Manga hiti 和巴克塔普尔的 Bhimsen hiti 可以被采用 [29]。

### 3.3.Hiti 的使用

Hiti 不仅用于正常的家庭用途，还用于工作以及该地区的宗教和文化活动。可以看出，Hiti 用于不同的用途，如饮用、烹饪和洗衣布。据信，Dhunge Dhara 的大部分都具有治疗作用。例如，加德满都 Sundhara 的水被认为对关节炎有好处 [30]。在消防队无法前往的建筑密集的城市发生火灾时，Hiti 也被用作灾难响应。帕坦的 Kontihiti 就是一个例子 [31]。它也用来缓解游客的口渴。

### 4. 尼泊尔的水政策、法律和法规

卫生相关政策始于 2050 年。之后，2055BS 的供水和卫生设施全面政策午餐。《饮用水条例 2055》（1997 年）包含尼泊尔供水部门政策。来自尼泊尔水援助组织，按时间顺序排列的尼泊尔相关法律摘要 [32]。

SN	Act or Regulation	Areas Addressed
1.	Essential Commodity Protection Act 1955 (2012BS)	Deems drinking water an essential commodity and strictly protects drinking water. Prohibits any unauthorized use or misuse, stealing, damaging etc. of drinking water.
2.	Muluki Ain 1963 (2020BS)	Sets out the order of priority of use of water for irrigation. Regulates traditional farmer managed irrigation systems.
3.	Solid Waste Management and Resource Mobilization Center Act 1987 (2044 BS)	Establishes the Solid Waste Management and Resource Mobilization Center as the responsible authority for the management of solid waste.
4.	Solid Waste (Management and Resource Mobilization) Regulation 1989 (2046 BS)	Deals with the pollution of water by solid waste. Deals with the collection, transportation and disposal of solid waste. Deals with the provision of public toilets and bath houses.
5.	Nepal Water Supply Corporation Act 1989 (2046 BS)	Establishes the Nepal Water Supply Corporation as the Perpetual, autonomous government controlled corporation responsible for the supply of drinking water. Prohibits certain acts and provides penalties (punishment for violation).
6.	The Constitution of the kingdom of Nepal 1990 (2047 BS)	Guarantees the right to life and property. Provides for the acquisition of property under certain circumstances and for compensation. The umbrella Act governing water resource management.
7.	Water Resource Acts 1992 (2049 BS)	Declares the order of priority of water use. Vests ownership of water in the state. Provides for the formation of water user associations and establishes a system of licensing. Prohibits water pollution. Governs the use of water for hydropower production. Establishes a system of licensing.
8.	Electricity Acts 1992 (2049 BS)	Sets out the powers, functions and duties of a license holder. Provides certain financial incentives for license holders. Sets out the powers of the government.
9.	Industrial Enterprises Acts 1992 (2049 BS)	Requires permission for the extension and diversification of environmentally sensitive industries. Provides financial incentives for industrial enterprises that minimize harmful effects on the environment.
10.	Water Resource Regulation 1993 (2050 BS)	The umbrella Regulation governing water resource management. Sets out the procedure to register a Water User Association and to obtain a license. Establishes the District Water Resource Committee. Sets out the rights and obligations of Water User Associations and license holders.

SN	Act or Regulation	Areas Addressed
11.	Electricity Regulation 1993 (2050BS)	Deals with the acquisition of house and land and compensation. Sets out the procedure for obtaining a license. Deals with the acquisition of house, land and compensation. Sets out the powers, functions and duties of license holders.
12.	Environment Protection Act 1996 (2053BS)	Requires certain persons/bodies to conduct an EIA or IEE. Deals with the prevention and control of pollution.
13.	Environment Protection Regulation 1997 (2054BS)	Lists the water related projects required to conduct an EIA or IEE. Deals with the control of water pollution and pollution control certificate. Regulates the use of drinking water.
14.	Drinking Water Regulation 1998 (2055BS)	Provides for the formation of Drinking Water User Associations and sets out the procedure for registration. Deals with licensing of use drinking water. Deals with the control of water pollution and maintenance of quality standards for drinking water. Sets out the conditions of service utilization by consumers. If provides for the acquisition of houses and land and compensation. Establishes a decentralized governance structure.
15.	Local Self Governance Act 1999 (2055BS)	Sets out the powers, functions and duties of the VDC, Municipality and DDC in relation to water and sanitation. Sets out which natural resources are assets of local bodies and empowers local bodies to levy a natural resource tax.
16.	Local Self Governance Regulation 1999 (2056BS)	Sets out the power, function and duties of VDC, Municipality and DDC in relation to water and sanitation. Establishes the procedure for the formulation of the water related plan and project implementation. Deals with Irrigation Water User Associations and the transfer of projects to Irrigation Water User Associations.
17.	Irrigation Regulation 2000 (2056BS)	Provides for a joint management system by HMGN and Irrigation Water User Association. Deals with Irrigation and River Control Committee. Sets out the conditions of service utilization. Sets out the obligations of user of irrigation and provides for service charges. Deals with the protection, repair and maintenance of irrigation systems.

(Source: Water Aid Nepal, 2005)

表 1. 按时间顺序排列的尼泊尔相关法律摘要。

### 5. 水资源

尼泊尔是水资源第二丰富的国家。尼泊尔有五种不同类型的水资源，以积雪、河流、泉水、湖泊和地下水的形式存在。尼泊尔的可再生水资源约为每年 237Km<sup>3</sup>，其中地表水资源为每年 225km<sup>3</sup>，地下水资源为每年 12km<sup>3</sup>，2001 年人均可用水量为每年 9600m<sup>3</sup>[33]。加德满都谷地由两个主要蓄水层组成，为当地居民提供饮用水。它们是浅含水层和深层含水层。上层含水层位于 50 m

深处，由夹层淤泥和粘土组成，特别是在帕坦和希米地区 [34]。厚度为 200 米的含水层位于加德满都谷地西部，该含水层包含上层含水层，在该粘土含水层下方有一个深层含水层，供市政当局、酒店和私人公司使用。加德满都谷地东北部存在深层含水层补给。预计补给率为 13000 至 40000m<sup>3</sup>/天。但平均每天 1095 至 3285m<sup>3</sup>是由于尼泊尔供水公司目前的取水量 [35]。如今，新建的建筑与日俱增，这导致了喷水口干涸。由于这座建筑，较深的地基会封闭水流，并在施工过程中损坏渠道。来自地面和花园的雨水补给成为密封。地下水开采和深钻孔也会导致 Dhunge Dhara 的水干涸。道路的扩张和建设也会破坏水道，导致 Dhunge Dhara 干涸 [36]。

加德满都五种不同类型水资源的细菌污染、重金属污染和水的适宜性见表（表 2） [37]。

Bacterial Contamination in the five types of water resources			
Source	No. of Samples	E. Coli	Coliform
Dug well	37	86%	100%
Shallow aquifer tube well	38	55%	100%
Municipal Sources	19	76%	94%
Dhunge Dhara	16	73%	100%
Deep aquifer tube well	5	40%	100%

Source: (Hydrogeology Journal, 2008).

Heavy metal Contamination in the five types of drinking water resources			
Source	No. of Samples	Arsenic (µg/L)	Mercury (µg/L)
Dug well	16	0%	6.3%
Shallow aquifer tube well	23	0%	8.7%
Municipal Sources	12	0%	0%
Dhunge Dhara	13	0%	0%
Deep aquifer tube well	6	50%	33%

Source: (Hydrogeology Journal, 2008).

The number of samples above the limit was based on the WHO standard of 10 and 1 (µg/L) for arsenic and mercury, respectively.			
Comparison of water described as suitable for drinking and water described as not suitable for drinking			
Source	No. of Samples	Perception	
		Suitable for Drinking	Not suitable for Drinking
Deep wells	2	1	1
Dhunge Dhara	15	15	0
Dug Wells	35	20	15
Shallow aquifer Tube Well	36	14	22
Municipal Sources	3	3	0

Source: (Hydrogeology Journal, 2008).

表 2. 水资源中的细菌污染。尼泊尔不同地区的取水率不同。见表（表 3）。

Institution	Abstraction Rate (mld)	
	Year 2002	Year 2009
KUKL	42	36
Government/Institutions	5.36	10
Banks and Others	5.37	30
Hotels	6.53	8
Total	59.26	84 (includes 13 from spring water)

Source: (WEPA, 2010).

表 3. 尼泊尔的取水率。

加德满都的 KUKL、政府机构、油轮、酒店和其他机构的取水率与日俱增。

### 6. 加德满都谷地的一些法律和监管问题

地下水开采的现状引发了与加德满都谷地地下水资源管理和相关的若干法律问题。其中一些突出显示如下：

1. 饮用水是该国任何水资源的首要用途（《水资源法》，2049 年；第 7 节）。根据这一规定，城市、社区和家庭的地下水使用者应优先于工业或商业用途，但越来越多的地下水是从由工业和商业机构运营的高容量私人深管井中提取的，这对家庭使用者产生了不利影响（WRA, 2049；第 4.3 节）。这给该法案中的“有益用水”

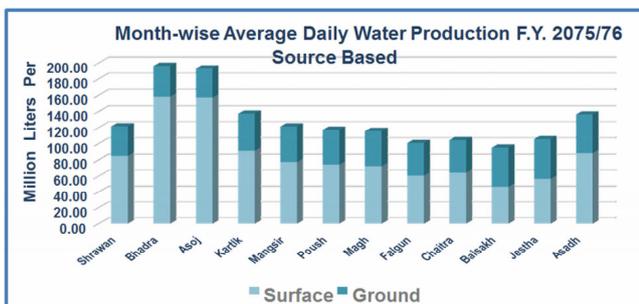
条款带来了问题。

2. 传统水源（如 Dhunge Dharas 和天然泉水）的干涸剥夺了这些传统水源用户的优先使用权（WRA, 2049; 第 4.3 节）。同样，小型家庭水井运营商对其财产下方的地下水享有合法使用权，但由于地下水位低于其井深和抽水能力时，其水井功能失常，因此遭受损失（WRA, 2049 BS; 第 4.2.e 节）。

根据《供水管理委员会法案 2063 BS (2006)》（第 7.c）18，加德满都谷地供水管理委员会已开始向谷地的深管井运营商颁发许可证，无论开采的地下水是否用于饮用水或其他用途。以井深为标准，深度小于 100 m 的井的许可费固定为 10000 卢比，深度大于 100 m 的则为 20000 卢比。目前，KVWSMB 尚未决定该费用是按年收取还是一次性注册费。KVWSMV 已向 KUKL 颁发了 78 口管井的运营许可证，这些管井由尼泊尔供水公司（NWS）根据 KVWSMV 和 KUKL 之间的管理合同移交。KUKL 根据协议向 KVWSMB 支付年费，但没有明确区分该费用是用于利用（地下水）资源还是用于利用现有供水基础设施<sup>[38]</sup>。

### 7. 抗灾建设

水不安全、环境卫生和个人卫生差是欠发达国家的主要问题，造成水的供需失衡。城市化增加了与水有关的灾害的可能性，因为这些城市的水、环境卫生和个人卫生系统设计、应用和维护不完善<sup>[39]</sup>。因为讲卫生系统包含人类的基本需求，这是经济发展的主要动力。管理良好水资源的能力可以支持经济部门的生产力，也有助于生态系统的健康<sup>[40]</sup>。在自然和人为危害的情况下，供水系统的弹性失效可能会对公众健康和幸福造成负面影响。最近的研究侧重于这些挑战，并提出了改进技术和发展水和卫生系统长期恢复能力机构的建议<sup>[41]</sup>。此外，自然灾害阻碍了人类发展，从而导致贫困。提高城市 WASH 系统的复原力是可持续发展国家安全问题的关键<sup>[42]</sup>。加德满都谷地是一个容易发生灾害的地区，由于城市化，该地区目前面临长期的水资源不安全<sup>[43]</sup>。地震还阻碍了这个山谷中现有的 WASH 系统。大规模的灾害可能导致与水有关的疾病流行<sup>[44]</sup>。



Source: (KUKL, 2020).

图 1.KUKL 的日产量。

不同的学科使用不同的弹性定义。在社会系统的背景下，韧性被定义为“暴露于危险的系统、社区或社会

及时有效地抵御、吸收、适应和恢复危险的能力”<sup>[45]</sup>。研究表明，60%的家庭在大地震后认识到其水系统的“恢复力”。拥有自己水井或自来水的家庭拥有更具弹性的供水系统。需要进行进一步的研究，以根据社会经济状况评估自然灾害抵御能力的差异。政府和决策者应制定城市供水政策和灾害计划，以提高其在长期缺水期间的复原力<sup>[46]</sup>。

当地水管理系统（IWMS）在尼泊尔巴克塔普尔市实施。传统的水系统在级联用水和集水系统方面是高效和合理的。它是历史定居点的运输和重用实践。该研究强调，在巴克塔普尔市，IWMS 的复兴是可能的<sup>[47]</sup>。

### 8. 水资源问题及对策

#### 8.1 全球水资源问题及应对措施

大约 71% 的地球表面被水覆盖，96.5% 的地球水以海洋的形式作为盐水。68% 的淡水以冰和冰川的形式存在，30% 的淡水以地下水形式存在，只有 1% 的水是人们从河流中使用的新鲜地表水<sup>[48]</sup>。美国约有 66% 的人口使用地表水系统，其中 34% 的人使用地下水供应系统<sup>[49]</sup>。南美洲有足够的人均和人均水资源。然而，由于采矿和农业等高用水需求行业，城市化和经济快速增长加剧了水资源短缺。水资源短缺、污染、最贫穷和退休劳动力的用水负担能力是影响美国饮用水供应和卫生的主要问题。节约用水始于联邦水意识计划的帮助。废水处理的再利用也在增加。废水排放污染也在很大程度上得到控制。美国的水消耗率是中欧的两倍。水资源开发、结构防洪、集中式饮用水和废水处理是 20 世纪美国水资源管理者面临的主要挑战。但现在他们专注于土地利用的管理，以防止地下水污染和污染径流，恢复水生生态系统，促进生态系统服务的提供<sup>[50]</sup>。

在丹麦，或有评估调查方法用于水质改善。欧盟最近实施的水质立法正在解决河口和沿海水域富营养化的潜在问题。他们制定了改善 Randers 峡湾生态状况的行动计划，以减少其富营养化的效益和成本<sup>[51]</sup>。

南非也存在地下水干旱问题。抗旱勘探计划、常规监测的普遍缺乏以及对地下水系统进行长期分析和评估的需要是南非的主要困难<sup>[52]</sup>。

由于气候变化及其对水资源安全的影响，中国也面临着国家可持续发展的战略问题。气候变化及其对水循环的影响的研究揭示了气候变化与水科学之间的关系。有限的水资源和气候变化也影响着挑战和机遇。水循环成分对水文事件中的不确定性进行定量分析和预测。水资源脆弱性研究和水资源安全保障是两个重要工具<sup>[53]</sup>。未来，通过使用有助于提高用水率、水资源和环境的管理和保护以及加强节水技术研究的科技工具，提高运河系统和农田水的利用率<sup>[54]</sup>。

在印度，由于地表和地下水资源的无计划开发，城市和工业废物的随意处置以及农业投入的应用，导致水质恶化，水管理和保护问题。由于印度的人类活动，如

种植模式、土地利用模式、灌溉和排水等, 农业气候和水文循环发生了变化<sup>[55]</sup>。

尽管澳大利亚是一个水资源极为丰富的大陆, 但热带北部的人民相对丰富, 而南部的人民相对缺乏水资源, 此外, 这两个地区都受到潮湿和干燥的季节性气候条件的影响。在南部, 过度分配地表水和地下水供应, 增加灌溉者、城市、工业和采矿用户的用水, 从而影响河流和环境的健康<sup>[56]</sup>。

### 8.2. 区域水资源问题

尼泊尔是供水最充足的国家之一, 不丹和马尔代夫是亚洲地区三个最不发达国家, 但安全饮用水和排泄物处理设施可能严重不足<sup>[57]</sup>。有一个饮用水和卫生设施的国际监测系统, 它使人们了解需要, 为政策、执行和研究提供信息, 以改善服务。千年发展目标的目标是在全球范围内减轻全球疾病负担, 提高生活质量。《千年发展目标》提供了关于确定监测获取途径的优势和局限性的信息。世界卫生组织(WHO)和联合国儿童基金会(UNICEF)都制定了联合监测计划, 以分析家庭调查数据和随时间推移的线性回归模型, 从而得出饮用水和卫生设施方面的国家和国际可比见解。该方法不关注水的质量和获取的公平性, 但提供了关于饮用水和卫生设施国际监测的影响和未来方向的信息<sup>[58]</sup>。世界上约有11亿人正在遭受安全饮用水的困扰。每小时约有400名5岁以下儿童死亡, 原因是饮用水受到生物污染。必须审查饮用水质量的一般准则和全球问题, 以及适用于提高发展中国家饮用水水质的各种水处理技术<sup>[59]</sup>。

由于2004年发生了巨大海啸, 马尔代夫政府需要通过海水淡化和反渗透工厂为46个岛屿提供补充供水系统。大约90%的家庭用水依赖雨水作为主要饮用水来源, 30%的人口因饮用水短缺而减少<sup>[60]</sup>。

在泰国东北部的农村地区, 大多数村民都会把水装在单独的容器里, 用于如厕、洗碗和做饭等家务活。粪便细菌污染的水是由于储存水污染的交叉污染和水处理机制, 用于开展卫生干预研究<sup>[61]</sup>。

在斯里兰卡西南部, 考虑的安全水源是管网供应、公共水龙头和私人水井。大约72%的家庭认为公共水龙头是安全的, 有些家庭在公共水井、河流、湖泊和溪流上使用。私人连接、公共水龙头、邻居、私人水井和供应商的水和清洁度测试令人满意。在斯里兰卡, 大多数家庭在煮沸或过滤水后饮用水<sup>[62]</sup>。

### 8.3. 国家水资源问题

由于尼泊尔基础设施薄弱, 人口增长率高, 实现全民用水和卫生设施这六项国家可持续发展目标面临挑战。马兰奇供水项目一期工程完工后, 预计2016年加德满都谷地的可用水资源和生活用水需求为每天1.02亿升。如果该项目在一段时间内完成, 到2023-2025年将不会出现缺水。这表明该项目对山谷的水安全做出了重大贡献。还有缓解方案, 如雨水收集、地下水和地表水

资源的使用以及水需求侧管理<sup>[63]</sup>。

根据联合国儿童基金会的数据, 尼泊尔约有1080万人缺乏改善的卫生设施, 350万人无法获得基本的供水服务。过去几十年来, 尼泊尔在扩大用水和卫生设施方面取得了重大进展, 并克服了贫困、困难地形和冲突等诸多挑战。在所有水源中, 有71%的水源水质较差, 最贫穷的五分之一人口使用的91%的水被大肠杆菌污染。只有25%的供水完全正常<sup>[64]</sup>。

尼泊尔发生大地震后, 修复供水系统具有挑战性。几乎一半的水系统被地震摧毁, 导致许多人在两个月内无法获得饮用水。根据Upatyaka Khanepani有限公司(KUKL)的初步评估报告, 加德满都山谷的水系统和网络摧毁并干涸了14个地区的水源, 给山谷的饮用水项目造成价值2.1亿卢比的损失。地震之前, 山谷里的人们也面临着每天8500万升的长期缺水。在加德满都谷地, 共有11318个水利项目在运行, 其中4530个项目因地震而受损, 945个项目由于地震而停止。Sindhuli、Sindhupalchowk和Kavre的破坏最严重<sup>[65]</sup>。

Lakuribhanjyang位于拉利特布尔区, 距离加德满都22公里, 由脆弱的Tamang群体组成。地震影响了村庄, 其水源和供水遭到破坏, 妇女和女孩步行取水, 不安全饮用。缺乏意识和缺水。FRANK为位于山脊顶部的Lakuribhanjyang的25户家庭提供安全用水。非政府组织合作伙伴修复了旧水管, 重建了水源, 然后为25户家庭提供了安全饮用水。它与社区合作, 提高对脏水、不良卫生习惯和露天排便带来的风险的认识, 以将风险降至最低<sup>[66]</sup>。Siddhipur水处理厂(SWTP)位于拉利特布尔, 由联合国人居署、水援助与环境与公共卫生组织(ENPHO)资助, 其主要目标是通过适当的处理来调节饮用水。它可以使用管式沉降器、慢砂滤池和氯化技术处理Godavari河的水。之后, 它被提供给社区的1350户家庭<sup>[67]</sup>。

巴克塔普尔的大部分水资源都用于商业用途。当地有各种商业供水公司, 以矿泉水、瓶装水和桶装水的形式供水, 当地人无法获得饮用水。巴克塔普尔缺乏适当的饮用水储备和分配系统。KUKL无法预留和铺设饮用水分配管道。当地人有几个饮用水小项目, 但管理不善。世界展望巴克塔普尔ADP为532户家庭的饮用水项目提供支持。该项目在当地非政府组织尼泊尔ARSOW的参与下完成。他们成立了一个当地水用户委员会, 负责维护饮用水收集和分配, 每月收集60尼泊尔卢比, 作为确保系统的维护基金<sup>[68]</sup>。

每年雨季, 博卡拉的居民都会面对浑浊的饮用水。在过去的30年里, 他们要求尼泊尔水务公司的水处理厂提供清洁的饮用水。在日本政府的帮助下, 他们不得不在博卡拉建立一座净水厂, 该厂将在四年内建成。人们被迫从商业供水公司购买水, 因为水与沙子和泥浆混合在一起流经该市39000个水龙头。尼泊尔水务公司从

马尔迪河取水, 并将其收集在 Bindhyabasini 的水箱中, 然后分配给消费者。它每天从马尔迪河向当地人供应大约 4 万亿升的水, 但每天需要 5 万亿升水。由于缺乏资金, 管道扩建项目已经停止。它开始在博卡拉安装 DI 管道, 以满足该市日益增长的饮用水需求<sup>[69]</sup>。

#### 8.4. 当地水资源问题

尼泊尔在全球水资源方面位居前列。不幸的是, 缺水问题是一个主要问题。加德满都谷地的人口以 4.7% 的速度与日俱增。每天的需水量为 3.6 亿升, 但旱季的供水量仅为 9000 万升, 雨季的供水量为 1.4 亿升。现在, 加德满都山谷每天有 70% 的家庭使用自来水作为主要水源, 其中 14% 的家庭使用罐车水作为主要水源。与自来水相比, 罐车水的溢价约为 15%。自 1970 年代以来, 加德满都开始抽取地下水, 此后抽取率与日俱增。这位专家表示, 如果在这样的地下水位计中抽取地下水, 100 年后就不会有地下水了。研究数据表明, 80% 的自来水中含有大肠杆菌, 不适合直接饮用, 也不适合在井水和钻井水中饮用, 还有铁和浊度, 使水不适合饮用和烹饪。马兰奇水项目是加德满都山谷度假区水危机的希望<sup>[70]</sup>。

加德满都 Upatyaka Khanepani 有限公司 (KUKL) 是承担和管理加德满都山谷供水和卫生系统的主要公司。它以可靠的价格为客户提供定量、定性和可靠的服务。它还负责饮用水供应和废水服务的运营和管理。马兰奇供水项目是该公司的下属项目, 旨在解决加德满都谷地的缺水问题。KUKL 有 10 个分支机构负责饮用水供应的生产和运营, 其中 Tripureshwor 分支机构负责加德满都市和 Nagarjun 市的饮用水供应, 而拉利特布尔分支机构负责 Karyabinayak、Mahalaxmi、Goidawari 和 Laitpur 副都会城市的饮用水<sup>[71]</sup>。

#### 9. 结论

这项研究只关注希蒂的近期状况。研究发现, 加德满都和拉利特布尔的人口正在迅速增加, 但饮用水的来源正在逐渐减少。过去, Dhunge Dhara 为社区提供饮用水, 因为加德满都和拉利特布尔地区共有 237 个 Dhunge Dhara。在加德满都谷地, 由于道路、建筑、塔楼等各种工程基础设施的发展, 导致了喷水量的减少。同样, 城市化的快速增长也发生在喷水量的附近。因此, 地下水不可能再补给。雨水直接通过废水管流入河流。在过去, 有一条叫做拉吉库洛的灌溉渠, 这些渠有效地补充了地下水。由于山谷被改造成混凝土城市, 导致希提附近的地下水补给停止。因此, 在 Dhunge Dhara 的喷水口中没有水。该研究建议, 必须通过地方、省和中央政府的倡议, 保护山谷中的传统 Dhunge Dhara。

#### 参考文献

[1] USGS, “The Fundamentals of the Water Cycle,” 2018. <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science->

school.

[2] H. Mifflin, “Rainwater definition and meaning | Collins English Dictionary,” 2010.

[3] IWA Publishing, “Rainwater,” 2016. <https://www.iwapublishing.com/news/rainwater-why-it-safe>

[4] R. Becker, “Water Conduits in the Kathmandu Valley, 2 Vols. by Raimund O. A. Becker-Ritterspach: New Hard Cover (1995) First Edition. | Vikram Jain Books,” 1995. <https://www.abebooks.com/first-edition/Water-ConduitsKathmandu-Valley-2-Vols/22855612365/bd>.

[5] UHN, “Water Movement in Patan: With reference to Traditional Stone Spout in Nepal | UNHabitat,” 2007. <http://unhabitat.org.np/?publications=water-movement-inpatan-with-reference-to-traditional-stone-spout-in-nepal>.

[6] NGOFUWS, “Homepage | WASH Matters,” 2006. <https://washmatters.wateraid.org/>.

[7] P. R. Joshi, “Feasibility Study of Rajkulo: Rehabilitation of Patan’s Traditional Water Supply Network, Final Report: Patan Conservation and Development Programme.,” UDLE/GTZ, 1993.

[8] H. R. Joshi and S. D. Shrestha, “Feasibility of recharging aquifer through rainwater in Patan,” Bulletin of the Department of Geology, Tribhuvan University, 2008.

[9] M. D. Acharya, “Progress of Water Environment Governance in Nepal,” p. 24, 2019.

[10] UNISDR, “the capacity of a system, community or society potentially exposed to hazards to adapt, by resisting or changing in order to reach and maintain an acceptable level of functioning and structure,” Hyogo Framework of Action, 2005.

[11] N. Vista, “Nepal Bureau of Standards, Weather Meteorology Nepal Bureau of Standards, Weather Meteorology,” 2009.

[12] Lukinbeal, “Traditional Infrastructure, Modern Flows: Cultural Politics of Development in the Kathmandu Valley, Nepal,” Association of Pacific Coast Geographies, 2014, [http://apcgweb.org/sites/default/files/editor\\_uploads/files/pacificaf14.pdf](http://apcgweb.org/sites/default/files/editor_uploads/files/pacificaf14.pdf).

[13] R. Shrestha, “Bhaktapur Nagar ma Dhunge Dhara ko Aitihisik Mahatwo,” Bhaktapur Campus, M. A, 1984.

[14] R. Pradhan, “Dhunge Dhara: A Case Study of the Three Cities of Kathmandu Valley,” pp. 10–14, 1990.

[15] G. Khaniya, “Traditional Water Management Practices. A Case Study Of Bhaktapur City,” 2005.

[16] M. Aryal, “Reviving Patans royal canal,” Nepali Times, 2005.

[17] UHN, “Traditional Water management and Machhendranath Festival.,” 2019.

- [18] O. A. Raimund and R. Becker, "Water Conduits in the Kathmandu Valley," 1995.
- [19] M. Tripathi, "A comparative evaluation of stone spout management systems in heritage and non-heritage areas of Kathmandu Valley, Nepal," Thesis, Lincoln University, 2016.
- [20] Padma Sunder Joshi, "Traditional Ponds-The Water Urbanism of Newar Civilization," 2018.
- [21] S. Phuyal, "The women of Bhajya Pukhu," 2018.
- [22] P. Khatri, "Kathmandu water spouts, lost and found cases." 2019.
- [23] GNME, "Government of Nepal Ministry of Environment, Science and Technology Final Report Historical and Environmental Study of Rani Pokhari Submitted," 2012.
- [24] S. R. Tiwari, "The Pit Conduit Water Supply System of Kathmandu," 2016.
- [25] S. Shrestha, "Dhungedhara: A Nepali Technology to Supply Water," 2015.
- [26] Hiti Manga, "Hiti Manga-The Mythical Creature," 2018.
- [27] A. Joshi, "Off the deep end," Kathmandu Post, 2017.
- [28] A. Snyder, "Shortage in the Mountains of Plenty: Water Supply in Mountain and Hill Cities throughout the HinduKush Himalayan Region," Borlaug-Ruan International Internship, ICIMOD, Lalitpur, Nepal and The World Food Prize Foundation, Des Moines, Iowa, 2014.
- [29] S. Koirala, "Study of Architecture Style and Construction Technologies of Public Rest House-Pati with Discussion of Case-MATAYA PHALCHA," Department of Architecture, Tribhuvan University, Kathmandu, 2018.
- [30] R. Becker and O. A. Raimund, "Dhunge-Dharas in the Kathmandu Valley. Continuity and Development of Architectural Design," Ancient Nepal, 1996.
- [31] Rits-DMUCH, "Disaster Risk Management for the Historic City of Patan, Nepal," Ritsumeikan University, Kyoto, Japan and Institute of Engineering, Tribhuvan University, Kathmandu, Nepal, 2012.
- [32] Water Aid Nepal, "Water Laws in Nepal Laws Relating to Drinking Water, Sanitation, Irrigation, Hydropower and Water Pollution." 2005.
- [33] WEPA, "State of water: Nepal," 2010. <http://www.wepadb.net/policies/state/nepal/state.htm>.
- [34] M. Yoshida and Y. Igarashi, "Neogene to Quaternary lacustrine sediments in the Kathmandu Valley, Nepal," J Nepal Geol Soc, vol. 4, pp. 73-100, 1984.

