

文章编号: 1000-0585(1999)04-0342-07

# 雅鲁藏布大峡谷河床瀑布的发现及其特征和成因

杨逸畴

(中国科学院地理研究所, 北京 100101)

**摘要:** 在中国人首次徒步穿越和全程考察世界最大峡谷过程中, 发现了四大河床瀑布群。该文回顾了大峡谷河床瀑布的历史记述, 总结了新发现的四大瀑布群具有群体性、多变性和年青性的三大基本特点; 分析了瀑布形成的原因, 指出它是在特定的构造和地形环境下, 巨大的水动力作用选择和造就了河床差异的地貌-瀑布群的自然奇观。

**关键词:** 人类首次; 徒步穿越; 河床瀑布

**中图分类号:** N8 **文献标识码:** A

大峡谷是中国西藏雅鲁藏布江下游大拐弯峡谷的简称。1994年4月中国科学家在长期实地考察的基础上, 经过综合性的论证和对比, 发现雅鲁藏布大峡谷是世界第一大峡谷。1998年10月, 中国国务院正式批准世界最大峡谷科学定名为雅鲁藏布大峡谷。1998年10~12月, 中国人首次完成了对世界最大峡谷的徒步穿越和多学科的科学考察, 进一步从测绘、水文、地貌等方面综合论证和对比, 再次确认大峡谷为世界之最。同时, 科学考察取得重大成果, 有所发现和创新, 被中国科学院和中国工程院两院院士评为1998年中国十大科技进展新闻之一。其中大峡谷核心无人区河段河床瀑布群的证实和发现是考察队重点考察和获得的重大成果之一。

## 1 历史的记述

雅鲁藏布大峡谷河床上究竟有无大瀑布存在, 历史上曾引起诸多科学家和探险家的关注, 可说是魂牵梦系。最早, 本世纪初英国皇家地理学会会员F·M·贝利上尉在他所著的《尼泊尔西藏之行》中<sup>[1]</sup>, 就记载着自马岗的一条小路往江边走, 看到了峡谷河床一处彩虹瀑布, 起个浑名叫彩色瀑布, 拍有一张黑白的照片。显然, 这是峡谷腹地白马狗熊以下河床上的瀑布。嗣后, 到20年代, 英国植物学家F·K·沃德在他所写的《藏东南考察记》中记述<sup>[2]</sup>, 在白马狗熊以下峡谷河床见到了大瀑布, 高5~6 m, 有彩虹, 起名为虹霞瀑布。

收稿日期: 1999-05-24; 修订日期: 1999-10-09

基金项目: 中国科学院资环局重点支持项目 (KZ952-J1-03)

作者简介: 杨逸畴 (1935-), 男, 江苏常州武进人, 中国科学院地理研究所研究员, 长期从事青藏高原和雅鲁藏布大峡谷科学考察, 主要从事地貌和环境考察研究, 是雅鲁藏布大峡谷为世界之最的发现人和论证者之一。发表学术论文60余篇, 专著文集10部。

从此，大峡谷中有虹霞瀑布而名声大振。沃德还从远处拍了一张黑白照片为之留真；并且在访问当地蒙巴人（即今门巴人）时都说在博藏布（今帕隆藏布）汇口以上 6 km 处还有一处瀑布，高约 8~10 m，说是藏布江上最大的瀑布，叫藏布瀑布。他还作了河道地图，对这两处瀑布作了定位和高程标记<sup>[3]</sup>。

70 年代，中国科学院青藏高原综合科学考察队的关志华、杨逸畴等第一次进入大峡谷作多学科的综合科学考察，1973 年他们从下游的希让逆江而上到达峡谷拐弯的顶端扎曲。1974 年从米林县的派区进峡到达峡谷腹地的白马狗熊（唯对白马狗熊到扎曲、甘代间这百公里河段未能作沿江考察），考察中见到峡谷中有多处跌水急滩，但未见到河床瀑布。他们作了多次实地访问，当地门巴、珞巴和藏族人都说，1950 年以前大峡谷腹心的确有过河床瀑布，并有瀑布的详细描述。但是在 1950 年 8 月 15 日墨脱 8.5 级大地震之后，山河面貌为之剧变，峡谷中大瀑布亦不复存在，他们此后就没有再去过<sup>[4]</sup>。

1982~1984 年中国科学院登山科学考察队组织的南迦巴瓦峰登山科学考察，首次对大峡谷进行了资源与环境的全面综合考察，但对大峡谷核心无人区河段也未能涉足，河床上有瀑布仍是空白存疑。

1994 年 4 月，中国科学院的杨逸畴、高登义、李渤生通过论证对比，发现了雅鲁藏布大峡谷为世界第一大河流峡谷<sup>[5]</sup>，曾明确指出大峡谷核心河段尚有近百公里为无人涉足过

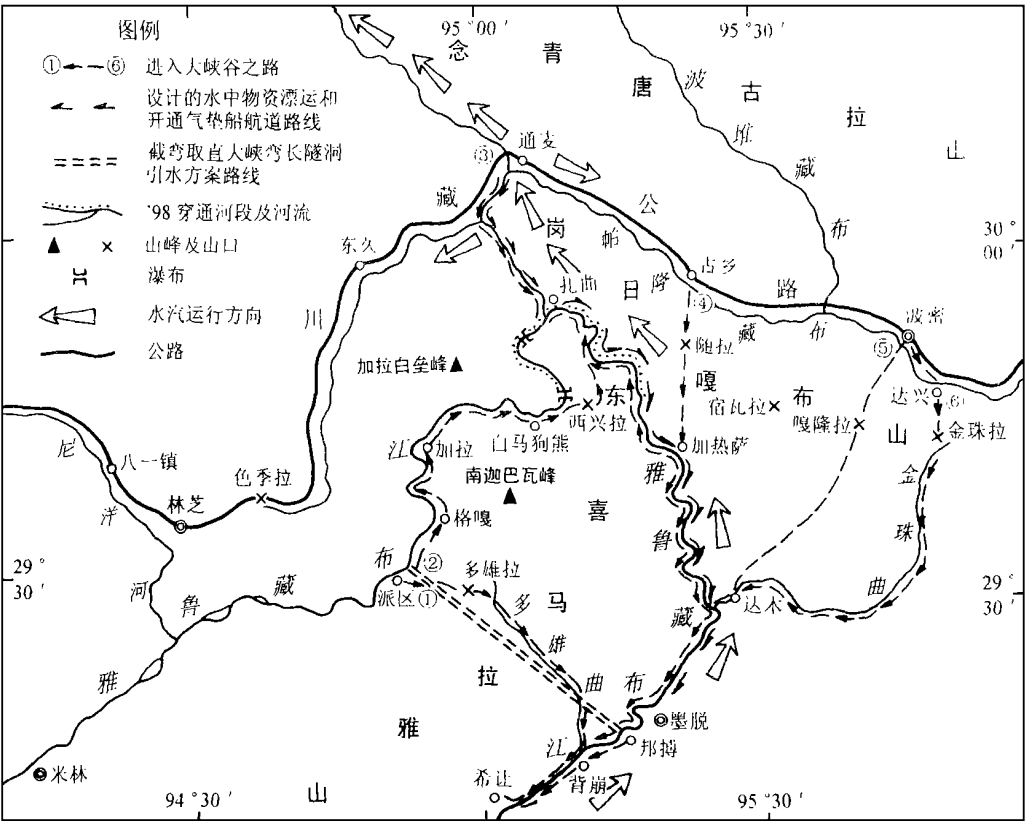


图 1 大峡谷考察路线图

Fig.1 Route of investigate the Great Canyon

的空白区。因此,提出了由中国科学探险协会主办,组织和筹划 20 世纪末由中国人徒步穿越世界最大峡谷,并进行多学科综合科学考察的设想,并把它视为中国人实现《科教兴国》的一次伟大实践。经过几年的筹划,历尽磨难,此行终于在 1998 年秋冬得以实现。

在这里必须指出,在 1998 年以前,杨逸畴主编《神奇的雅鲁藏布江大峡谷》一书时<sup>[6]</sup>,得知解放军画报社的著名摄影家车夫同志曾于 1986 年到大峡谷上空拍摄过,他亲眼见到过峡谷腹心河床上的瀑布,并提供了空摄照片。笔者当时指出照片上确有两处大的河床瀑布存在,并把该照片用在书中。

1998 年,由中国科学家、新闻界和企业界联手合作,上半年春季进行了大峡谷的预考察。当时李渤生、关志华等人到达了大峡谷拐弯顶端附近的门仲村,访问了解到由门仲村往上游四天路程的大峡谷河床上有大瀑布存在。近年来一些外国人还几次在当地猎人带领下窥探过。下半年秋季,大峡谷探险考察队兵分四路,从不同方向的四条路线,去徒步穿越和科学考察。在实现徒步穿越考察中,峡谷核心无人区空白河段是最困难的重点保障区,其中瀑布的考察又是重点中的重点项目。这实实在在是一次科学探险史上的伟大壮举,是足以载入史册的,由中国人在 20 世纪末实施的一次伟大爱国主义行动。

## 2 河床瀑布群的发现

从来没有人徒步穿越和考察过的大峡谷无人区核心河段,从西兴拉往下到帕隆藏布汇入口之间,河道长不过 20 余 km,但却是整个大峡谷中最为险峻和奇特的河段。这段河床平均坡降达 9.6‰;在西兴拉往下藏布巴东瀑布群出现的 2.9 km 河段河床坡降竟达到 75.6‰的极值。在这样短的距离内河床还作好几处的急拐弯,其中有 S 形的拐弯,也有直角状的拐弯。拐弯的河槽全部深深的切入基岩,山嘴交错,实测最狭处只有 35 m 宽,在石槽峡谷中,急流奔腾,在河床拐弯的转折地方,往往出现瀑布和瀑布群系列。在这里,科学工作者根据实地所见,第一次提出了大峡谷中瀑布群的概念,即瀑布的出现是一连串的一组群体,往往在短距离内有一个最大的主体瀑布,其上下又有一系列小的瀑布和跌水跌阶相串联,是谓瀑布群。这段峡谷中集中分布着四大瀑布群,这也是新的科学发现。根据实测,从上游到下游出现的四大瀑布群的主体瀑布依次是:

藏布巴东瀑布 (北纬 29°46'25",东经 95°11'0.5"),分两股跌落,左侧者高 33.36 m,右侧者高 21.04 m,总宽 117 m,海拔 2 140 m。

藏布巴东瀑布 (北纬 29°46'34",东经 95°10'40"),亦称白浪瀑布,高 35 m,宽 62.57 m,距大峡湾顶端帕隆藏布汇入口 20 km 河床上。

秋古都龙瀑布,(北纬 29°49'00",东经 95°06'20"),瀑布高 15 m,宽 40 m,海拔 1 890 m,距大峡湾顶端帕隆藏布汇入口 14.6 km 河床上。

绒扎瀑布(北纬 29°51'10",东经 95°05'01"),瀑布高 30 m,宽 70 m,海拔 1 680 m,距大峡湾顶端帕隆藏布汇入口 6 km 河床上。

在大峡谷中白马狗熊以下河床上,本世纪初的英国人贝利和 20 年代的沃德(F·K,ward)曾提到的“彩色瀑布”或“虹霞瀑布”,这次考察证实已经消失,遗址只剩下四处跌水残留。这一瀑布很可能是在 1950 年 8 月 15 日发生的 8.5 级墨脱大地震中遭到破坏的。

### 3 河床瀑布的基本特点

大峡谷水系范围内瀑布很多且各不一样。它们由流水和地质及地形等相结合，出现有干流河床瀑布、支流沟床瀑布和跌水及坡面上悬挂的瀑布等。也有湖水跌落，冰融水跌落而成的瀑布，更有大小河道上的众多跌水，仅是比起瀑布来规模要小而已。这里要论及的是雅鲁藏布大峡谷主河床上的瀑布。经沿江全程徒步穿越考察表明，瀑布主要出现在峡谷从西兴拉以下到帕隆藏布汇入口之间的无人区核心河段内，构成大峡谷内独具特色的自然奇观和资源。它有下列基本特点：

#### 3.1 相对集中分布的群体性，建立了瀑布群的概念

大峡谷核心无人区河段从西兴拉往下到大峡谷大拐弯的顶端、支流帕隆藏布汇入口之间，不过短短的 20 余 km 峡谷河段（仅占全峡谷 504.6 km，河段长度的 1/25），却集中分布着全部的河床大瀑布，小的跌水、急滩湍流相联，不计其数。在这样短距离内，峡谷河道作多处急拐弯，有突然的直角形拐弯，有 S 形的急拐弯。全程（指西兴拉到帕隆藏布汇入口之间）河床坡降达到 21.3‰，甚至出现西兴拉以下 2.9 km 河段坡降达到 75‰的地理极值。嵌入基岩的河床宽不过 35 m，洪枯水位高差达到 21 m，总之，这里是大峡谷最陡急险峻的河段，一些地理极值在世界河流史上也是无与伦比的。就在峡谷河床突然作奇特转折的部位往往出现大的河床瀑布，以大的河床瀑布为主体，其上下在短距离内还出现了一系列的小瀑布和跌水，叠阶相串，因此建立了大峡谷中瀑布群的概念。大峡谷这河段中就有四大主体瀑布及其相应的四大瀑布群，可以说，在多年平均流量 1 800 多 m<sup>3</sup>/s 的巨大水量，奔流在宽不过 35 m 的峡谷基岩河槽中，平均河床坡降达到 24‰的急陡河床上，这样短距离作急拐弯的河段，要出现这样多、规模这样大的河床瀑布，在中国的大河上是独一无二的，在世界峡谷河道上也是罕见的自然奇观。

#### 3.2 多变性

峡谷河床的瀑布决定于流水作用于特定的地质（包括构造、岩性和地壳运动性质）、地形间的藕合及其现阶段的表现。特别在这样巨大水力作用下的峡谷。处于强烈上升为主的地壳运动的世界最大峡谷的陡急多拐弯的河床，出现瀑布已不容易，集中出现大瀑布群并被保存下来、更不容易。从水动力作用的原理，从河流发育的溯源侵蚀的原理来推测，几乎是想像不到能出现如此大规模的自然奇观的。但它毕竟是客观存在，于是我总结出了它具有多变性的特点。大峡谷河床瀑布的多变性在于它分布部位的变化性和从历史上到现在已了解到的有关大峡谷瀑布资料的前后对比和证实。而现实的瀑布皆作瀑布群的形式出现，大小相串、群体出现，似乎证实了它的变化性的特点。前者是基于对瀑布存在峡谷有这样大的水力作为侵蚀的动力条件，有年上升量达到 30 mm 的强烈现代地壳运动性质作底衬，决定了河床瀑布从形成到消亡，中间要经历许多变化，和在溯源侵蚀作用下，新生和衰老、前进和后退（新生）都可能在几年、几十年的短时间内发生和完成，它是快速的变动之中的现阶段表现；后者如从 1902 年英国探险家 F·M 贝利和 1920 年英国植物学家 F·K 沃德所见到的大峡谷瀑布，今天皆已消失，无从考证和对比，访问当地少数民族关于瀑布的情况也是说不太清楚，似乎也印证了在峡谷中河床瀑布的变化性特征。

关于瀑布的变化性还要补充一点，就是现在这段峡谷的洪枯水位高差达 21 m 之多，因

此,在洪水期和枯水期,瀑布表现出的规模和形态也会有很大的差异的。1998年考察和测量到的特征数据,都是11月分枯水期的结果,可以想像出水位一下暴涨20余m的洪水期,峡谷河床瀑布又能出现什么样的景观呢?!这也应当是属于峡谷河床瀑布多变化性的特点范围之一。

### 3.3 年青性

这是指现阶段所看到的瀑布,它们形成的年纪都是很年青的。其实这个年青性的特征是与上述的多变性紧密联系在一起的。能够印证的例子是贝利和沃德当年所看到的瀑布,经1950年墨脱大地震后都已消失,1998年徒步穿越考察时看到原沃德描述的虹霞瀑布河床部位,仅是见到从对岸加拉白垒峰下来一条巨大的古冰川U形谷地,谷口的冰川泥石流直冲峡谷底部,在河床底部出现四处跌水作为原虹霞瀑布的残留而已。而西兴拉以下峡谷河床大瀑布,据访问,当地老百姓也都说许多是从未见过的(包括对那些出入过无人区峡谷的猎人们)。于是我们就有理由设想,其中一些河床瀑布应该是1950年特大地震后经过改造或新产生的吧!那么算计起来到我们1998年看到时,也不过是近50年的年纪,作为一种地质地貌体,它们实在是很年青的。我采访了1998年中实地考察瀑布的高登义、张文敬、李渤生、季建清等科学家,他们也都一致认为,这些瀑布是很年青的,不过就是几十年的年纪。而这里的强烈地壳运动,多地震、山崩、滑塌、冰川泥石流以及如此巨大的水量(水动力作用),也科学地证实现现在看到的大峡谷河床瀑布,从形成到现在,是很年青的。归总起来,大峡谷河床瀑布的群体性、多变性和年青性的特点是互相联系,互为印证的。

## 4 河床瀑布成因分析

瀑布的形成,特别是大峡谷河床瀑布的形成,应该是内外营力相互作用下导致地形差异所表现出河流水作用的一种阶段性河床地貌的表现。其形成因子的作用应该是综合性的,是很复杂的。当然在分析其形成因子中,会有起主导的或次要的分别。同时也可说是在一系列特定条件的综合因子作用下,在某一时间阶段上的一种必然表现。大峡谷河床瀑布,就是在这样短距离、高坡降、大水量的情况下,流水水动力作用选择一定的地质构造部位能量释放的一种必然表现形式。也是河流发育溯源侵蚀在现阶段时段内、在特定的地形部位的一种必然表现形式。于是也就决定了前面所分析的河床瀑布必然会反映出的一些基本特点。

瀑布形成的外营力是流水的作用,内营力是构造性质的差异、软硬岩性所造成的差异或外来堆积物质所造成河床地形上起伏的差异等作用。瀑布就是在流水选择性侵蚀的情况下,出现的一种通过地形差异所表现出来的一种水流表现形式上的差异和景观上的差异。

落实到大峡谷腹心河床段瀑布的形成,在上面分析的它的综合因子作用和必然出现的基础上,确切地说瀑布群的形成是各不相同的,都要通过很详细的工作,作具体的分析。如西兴拉到帕隆藏布汇入口20余km的河床上:

(1) 短距离内河道作S形或直角形的急拐弯转折,于是大的主体瀑布和相对集中的瀑布群首先最容易出现在河床S形拐弯的弯部和直角形转折的弯部这种地形突然转折变化、应力相对容易集中作用的部位,如最大(落差)的藏布巴东 号、 号瀑布就出现在河床S形拐弯的拐部部位。

(2) 短距离内峡谷基岩河床深槽形态发生束放变化的转折部位, 出现大的瀑布, 如绒扎瀑布就是从相对较宽的河床到突然收窄的河床跌落下去进入更深更狭的基岩河槽的; 同时任何巨瀑下面必有深潭, 它必然也会改变河床谷地的形态和水流作用的性质, 这也是相辅相成的一种差异, 应该说也是参与了瀑布地形的形成过程的。如藏布巴东瀑布跌落下去就形成一个大的三角形的瀑槽, 瀑水在其中急速回旋翻滚, 形成一三角形池及其中牛奶状乳白色的水流再跌落下去的。

(3) 从藏布巴东 号瀑布出现部位的卫星影像图分析, 这里的变质岩系近东西走向, 两岸产状是连续的, 瀑布的出现主要应考虑是由于河床的急拐弯和束放导致应力相对集中作用所出现的差异; 在绒扎瀑布, 据张文敬教授介绍, 瀑布的出现与其坐落在横向岩层中石英岩脉这样坚硬岩性地层的出现有关系。

(4) 至于藏布巴东 号瀑布, 即大峡谷中最大瀑布(高 35 m)以下一系列小规模瀑布和跌水的出现, 又与河床有许多大块崩塌堆积的堵塞有关。整个大峡谷中一些河床小瀑布与跌水险滩, 许多都与河岸山体崩塌及强大的支沟泥石流堆积于干流主河床上, 局部改变了河床坡降造成的差异也是有关系的。

(5) 笔者和地质学博士后季建清讨论了大峡谷及其河床瀑布的成因, 他告诉我, 大拐弯峡谷的复杂构造弧弯在不同板块之间, 这里出现的是花岗质的构造糜棱岩带, 通过裂变径迹的测年, 这里 15 万年以来上升量达到 30 mm/a, 是地球上最强烈的上升地区之一<sup>[7]</sup>; 在这里地幔物质上涌, 是“高温、低密、低磁、负重力、多地震、强构造运动”的地球“热点”地区<sup>[8]</sup>。总之, 这里地壳(物质)的变形是十分强烈的(在大峡谷瀑布群所在区, 变形在地体上留有許多构造变形的证据)。大峡谷核心无人区段就有因变形(无论快速或缓慢的)产生大规模山体的滑塌移动进入峡谷中, 堵塞和改变了河床地形, 大的瀑布群出现与此有关。

总之, 探讨大峡谷河床瀑布的形成首先是在内外营力作用的综合分析基础上, 对具体瀑布作具体分析, 更要特别强调的是在这样世界最大峡谷中有这样巨大的水力作用和强烈构造运动作用的地区, 瀑布的变化性, 也就决定了大峡谷瀑布必然的年青性和群体性的出现特征。这也就体现了峡谷瀑布形成上的复杂性。

雅鲁藏布大峡谷无人区核心河段年平均流量为 1 800 m<sup>3</sup>/S 之多, 单位河段水能蕴藏量达到 13.64 万 kW/km, 为世界同类大河之最。这样巨大的水量, 在这样深狭的世界最大峡谷中奔流, 集中在这样急拐弯的短距离陡坡降的河床内, 出现四大瀑布群, 无论从景观和资源的角 度, 它在中国的大河峡谷中是独一无二的自然奇观, 在世界大河峡谷中也是罕见的自然景观和组合。它们作为珍贵的自然资源, 为祖国壮美山河又添新景, 并在河流动力地貌研究, 及水力和旅游开发方面具有重要意义和价值。

## 参考文献:

- [1] F·M 贝利. 春雨译. 无护照西藏之行. 西藏社会科学院资料情报研究所编印[M], 1983. 89.
- [2] F·K 沃德(ward). The Riddle of the Tsongpa Gorges[M], 1926. 232~250.
- [3] 徐近之. 编著. 青藏自然地理资料(地文部分)[M]. 北京: 科学出版社. 1960. 43
- [4] 杨逸畴. 雅鲁藏布下游大拐弯峡谷的地貌特征和成因[J]. 地理研究, 1982, 1(1): 46.
- [5] 杨逸畴, 高登义, 李渤生. 20 世纪末一次重大的地理发现——雅鲁藏布大峡谷为世界之最的论证[J]. 地理研究, 1996, 15(4): 1~2.

[ 6] 杨逸畴 主编. 神奇的雅鲁藏布江大峡谷[ M ]. 海燕出版社, 1997. 21.  
[ 7] 钟大赉, 丁林. 青藏高原隆起过程及其机制探讨[ J]. 中国科学( D 辑), 1996, 26( 4): 290 ~ 291.  
[ 8] 汤懋苍 等. 雅鲁藏布江 “大峡谷 ”是地球 “热点 ”的证据[ J]. 中国科学( D 辑), 1998, 28( 5): 463.

The discovery of Yalu Zangbo Great Canyon and  
the researches on its characteristics and  
the cause of its formation

YANG Yi-chou

( Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** In the first time passing through of the Great Canyon in the world and the investigating on its whole course by chinese scientists, some important results were obtained. Four great groups of waterfalls were discovered. The historical records of the Great Canyon were reviewed. Three basic characteristics of the newly discovered four groups of waterfalls were genralized. The analysis on the cause of the formation of the Great Canyon indicates that they have different river bed geomorphology caused by the selection and creation of great waterpower act and they are one of the marvellous natural phenomena in the world.

**Key words:** the first time in human history; passing through by walk; river bed waterfall