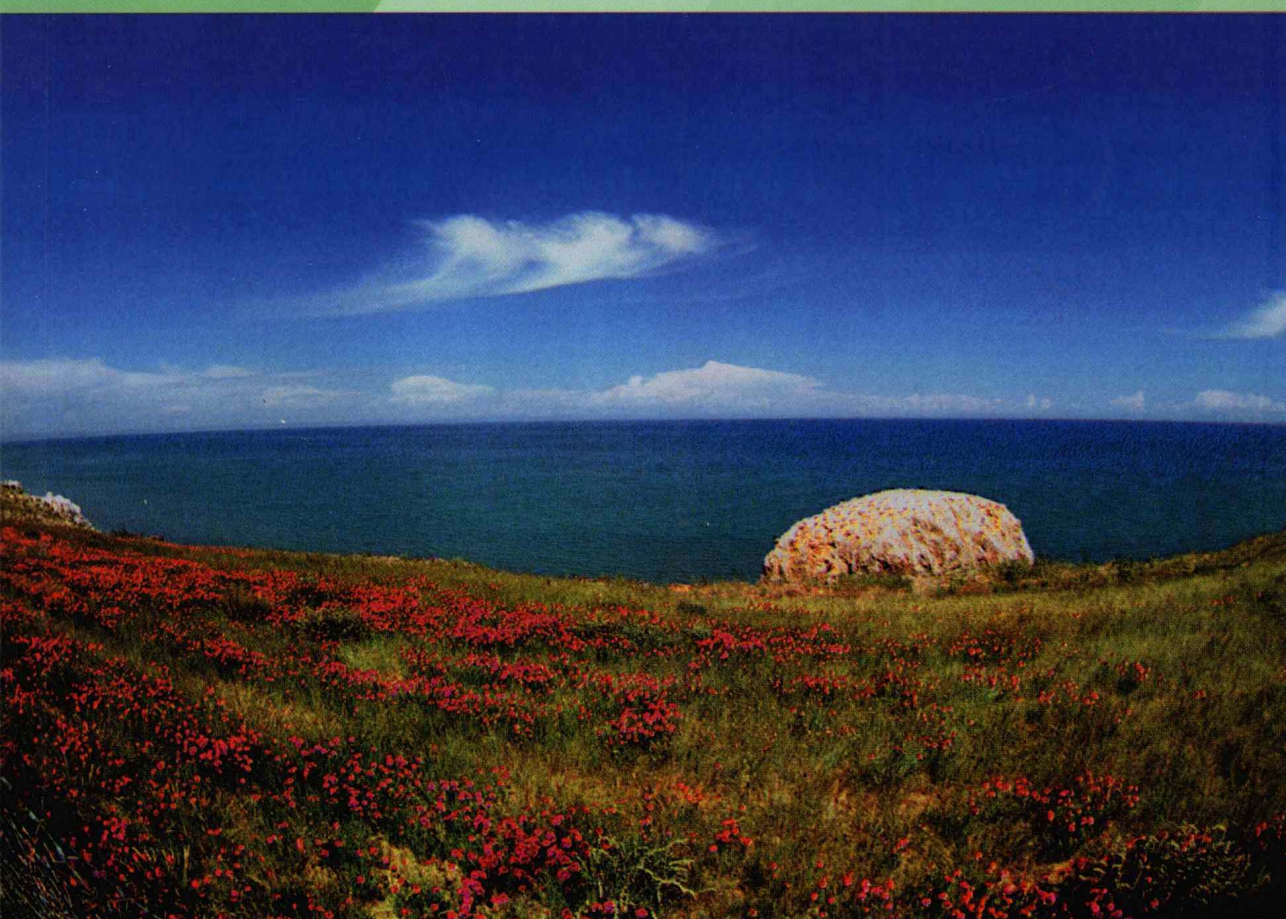


青海省科学技术著作出版基金资助出版

# 青海高原训练 的理论与实践

Theory and Practice of  
the Altitude Training in Qinghai

马福海 王发斌 樊蓉芸 主编



人民体育出版社

青海省科学技术著作出版基金资助出版

# 青海高原训练的理论与实践

Theory and Practice of  
the Altitude Training in Qinghai

马福海 王发斌 樊蓉芸 主编

人民体育出版社

图书在版编目 ( C I P ) 数据

青海高原训练的理论与实践/马福海,王发斌,樊蓉  
芸主编. —北京:人民体育出版社, 2008  
ISBN 978-7-5009-3443-1

I. 青… II. ①马…②王…③樊… III. 高原训练—研究—  
青海省 IV. G808.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 2008 ) 第 060554 号

\*

人民体育出版社出版发行  
青海雅丰彩色印刷有限责任公司印刷  
新华书店经销

\*

710×1000 1/16 开本 18.5 印张 320 千字  
2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷  
印数:1—3 000 册

\*

ISBN 978-7-5009-3443-1

定价:40.00 元

---

社址:北京市崇文区体育馆路 8 号(天坛公园东门)  
电话:67151482(发行部) 邮编:100061  
传真:67151483 邮购:67143708  
(购买本社图书,如遇有缺损页可与发行部联系)

# 《青海高原训练的理论与实践》编写组

主 编：马福海 王发斌 樊蓉芸

编写组成员：马福海 樊蓉芸 祁继良 马生霞 代 玲

# 序

耸立在地球上的高山和高原,构成了特殊的地理单元,从而形成独特的自然景观和生态系统。人类在与大自然的斗争中,既感受到了这一极度环境的影响,又深感它存在的重要。据 WHO(1996)的统计,全世界居住在海拔 2500 米以上的人数为 1.4 亿,加之全世界每年有 4000 余万人去到高山和高原地区,总计有 1.8 亿人蒙受高原低氧的影响。

高原环境对人类的影响涉及大气物理、地球化学和生态等多种因素。大气压低、低氧、低温、低湿、太阳辐射强等因素往往综合作用于人体,其中低氧(hypoxia)是关键性的因素。高原环境随海拔增高,大气压和氧分压下降,导致吸入气氧分压下降而引起人体的低氧血症(hypoxemia),即我们习惯所说的“缺氧”。

显著的高原低氧环境(海拔 3500~4000 米以上)会引起人体生理功能障碍或病理生理变化即低氧损伤,如劳动能力受限,最大摄氧能力( $VO_{2max}$ )下降和无氧代谢阈值(AT)降低,体力活动和劳动能力降低等,会导致人体精神体力全面衰退(高原衰退 high altitude deterioration),生命质量明显降低。另外由于人体对高原环境的习服(acclimatization)—适应(adaptation)失败,各型急、慢性高原病(high altitude disease)的发生,如高原肺水肿、高原脑水肿、高原心脏病,不但发病率高而且都是危及生命的。

低氧,就是高原对人类的挑战。

但是,高原低氧既有对人体损伤的一面,又有对健康有利的一面,这与在高原低氧环境下人体获得习服和适应或预适应(pre-acclimatization)的生理变化有关。因为人体具有深刻的柔韧性和强大的适应潜力,通过习服—适应,调动体内的生理功能活动,从而提高心、肺、血液功能,增强了氧的利用,改善新陈代谢,往往给机体带来有益的效应。适度高原(海拔 1500~3000 米)的轻度缺氧对人体起到了一种“激活”生理功能的作用,因此,高原低氧也会给健康带来

有益影响。

利用高山气候或低压舱模拟治疗、康复某些疾病,如高血压、冠心病、糖尿病、肥胖症、支气管哮喘、再生障碍性贫血等收到较好效果,而且上述疾病在高原地区发病率相对较低。人体在高原低氧环境下生命周期延长,世界三大长寿区即高加索(阿塞拜疆和阿布哈兹)、东喜马拉雅罕萨(克什米尔及我国新疆南部)和安第斯(厄瓜多尔)均在高山地区。我国青藏高原长寿老人居全国第3位。这与在高原发育延迟、性成熟期延缓、环境优美、空气清新、绿色食物及心脑血管疾病和恶性肿瘤低发病率有关。

另外高原人或在高原居住可以提高人体对低氧的耐力。近年来一些训练有素的登山运动员可不吸氧而登上珠峰顶。特别是号称“登山之虎”的藏族及其支系夏尔巴人(Sherpa)在高原有强大劳动能力,这是由于他们有完善的氧传送系统,即能提取更多的氧,但只消耗较少的氧而能做更大的功。1968年在墨西哥城(海拔2240米)举行的第19届奥运会上爆发出大新闻,所有耐力项目的金、银、铜牌都被高原运动员夺得了。这一事件引起了体育界的高度关注和导致“高原训练”(altitude training)的产生。就是让平原运动员到高原进行体育训练,通过低氧刺激复合强化体能,来提高低氧耐力,从而提高运动成绩。在海拔2000~2500米这样的高度经适应性训练后,能产生一系列生理变化,如红细胞适度增多以提高血液携氧能力,运动状态下增加潮气量及肺泡血流量,改善肺通气和血流的比率,增加肺弥散功能,使周围血流重新分配,并降低心率,提高心脏每搏量,提高对氧气的利用率和增强对低氧运动耐力,使运动成绩大大提高。因此,运动生理上已普遍应用高原训练。受到高原训练的启发,在一些国家和地区,如瑞士和我国台湾等,已利用高山气候加身体锻炼(海拔2000~3000米),来提高心、肺功能和健康水平,开展“高山疗养”和“高原健康旅游”。应当说高原训练的理论在高原医学领域得到了借鉴和运用。

号称“世界屋脊”的我国青藏高原是世界上面积最大(250万平方公里)、海拔最高(平均4000米以上)和相对人口最多(1200万以上)的高原。由于青藏高原具有不同的高山地理、地貌和完整的高原生态系统,为我们提供了最理想的高原天然实验室。在研究人类对高原低氧环境习服—适应中,不同高原人群(世居和移居)的低氧适应问题意义重大,它涉及高原环境与人类进化、遗传、生长发育、生理功能和疾病状态等一系列问题。从这个意义上讲,青藏高原作为人类和医学地理学的研究对象已引起世界性的关注。

从上世纪 80 年代开始,“高原训练”在青藏高原东北隅的青海得到了长足发展。适宜的海拔高度,优越的自然生态环境,为开展高原训练提供了良好的条件。近年来随着经济的发展和竞技体育的发展,青海高原训练的条件越来越完善,参与高原训练的运动员越来越多,高原训练实践经验与理论的不成熟,高原训练成功的比率明显增加。如从 1992 年巴塞罗那到 2004 年雅典的 4 届奥运会中,我国总共获得过 5 块田径金牌,除了刘翔,其余 4 位金牌得主陈跃玲、王军霞、王丽萍和邢慧娜都曾在青海多巴高原训练基地强化训练。应当说青海高原训练对我国竞技体育的发展起到了积极的作用,愈来愈受到国内外体育界的关注和重视,同时也积累了诸多的实践经验。

本书是多年来青海高原训练的理论研究与实践经验的总结,作者均为长期从事高原训练或高原运动医学的专家。本人曾作为特聘顾问,参加了如 1993 年“中日竞走多巴高原训练合作研究”等多项课题的研究工作。时隔 15 年,青海省体育科研所的发展已今非昔比,不仅从高原训练的生理及分子适应机制以及方法学等方面,对高原训练、高练低住、高住低练、高平原交替训练、高高交替训练以及高原比赛进行了探索,取得了诸多的研究成果,对今后开展高原训练研究和实践具有重要的参考价值;而且其实验室建设也已具规模,为省部级的高原训练研究“重点实验室”和“科技工作站”,承担不同项目国家队备战 2008 奥运会青海高原训练的科技服务工作;同时也培养了一批青海省优秀专家、青海省自然科学与工程技术学科带头人、国家体育总局高原训练专家等高水平的科技人才,为推动高原训练的理论和实践起到了积极的作用,在我国高原训练研究和运用领域占有重要的地位。

尽管如此,高原训练仍是一个涉及运动生理学、医学生物学等多学科的复杂问题,还有许多未知需要去探索。希望广大科研人员充分利用青藏高原的地理优势,进一步探讨高原训练的奥秘以及人类低氧适应等问题,使本书起到“抛砖引玉”的作用,为高原训练的发展以及高原经济建设和社会发展作出积极贡献。

中国工程院院士

2008 年 6 月 20 日

# 前 言

高原训练是指在适宜的自然高原地区或人工模拟高原条件下进行有针对性的低氧训练,从而提高专项运动能力的一种训练方法。高原训练最早开始于上世纪 50 年代中期。1968 年由于第 19 届奥运会在海拔 2240 米的墨西哥市举行,许多参赛国考虑到从平原到高原比赛,身体机能状况必然受到高原低氧条件的制约,以致影响运动能力的正常发挥,为取得在高原比赛的适应性准备,一些国家纷纷选择相同的海拔高度(1500~2000 米)进行适应性训练,赛前多数国家又提前到墨西哥城进行的高原适应性训练。从此,掀起了高原训练的“热潮”。就目前来看,高原训练是提高体能类项目运动能力的一种重要的辅助训练手段已经是大家公认的事实,也成为了各国研究人员的研究热点和一些项目顶尖运动员争金夺银的“重要武器”。

几十年来,高原训练的实践和理论研究在国际上得到迅速发展,高原训练的各个领域都涌现出了一大批研究成果。这些成果极大地拓宽了人们在高原训练领域研究的视野。如高原训练模式的研究,由传统的平原—高原—平原交叉训练,发展到平原—高原—高原、高原—高原—平原或高原—高原—高原的交叉训练,并出现了一些新的训练手段及模拟训练方法(高住低练训练法、间歇性低氧训练、低压舱训练、呼吸低氧混合气体、模拟高原训练场馆、可调氧分压式睡舱等)。另外,高原训练的目的,也由过去的主要是为了提高有氧代谢能力,拓展到了提高运动员整体体能、适应能力与健康状态等方面的研究,由于这些研究成果,参与高原训练的项目也已由原来的一些主要周期性、耐力性运动项目,如中长跑、马拉松、竞走、游泳等,发展到几乎包括了所有的奥运会项目。

自 2008 年北京奥运会申办成功后,国家体育总局为备战一系列世界大赛和 2008 年北京奥运会,在高原训练上给予了前所未有的重视,投入了巨大的财力和物力。并对昆明、多巴等高原训练基地进行了投资改造,全面提升了我我国高原训练基地的训练、后勤接待、科研康复等方面的条件。高原训练也在备战 2008 年北京奥运会工作得到了广泛地重视和应用,为高原训练的发展赢得了更好的机遇。

青海省位于世界屋脊——中国青藏高原东北部,平均海拔在 3000 米以上,最高海拔在 6860 米,最低海拔在 1600 米,比海平面缺氧 20%~40%,地势西高东低,形成了显著的地区差异。青海特殊的自然环境及得天独厚的地理环境为我们开展高原训

练提供了十分优越的条件,也拥有西宁、多巴、青海湖等从 2260~3200 米不同海拔高度的阶梯式高原训练基地,经过多年建设,已具备了较好的训练设施和接待条件,可提供 20 余项运动项目的训练。自上世纪 80 年代以来,吸引着马拉松、中长跑、铁人三项、游泳、水球、竞走、自行车、柔道、摔跤、足球、射击、射箭等不同项目运动员前来训练,积累了较为丰富的高原训练经验,取得了较好成绩,并在国内外引起了较大反响。据不完全统计,截止目前,在青海多巴高原训练基地训练过的中国运动员,在奥运会、世界以及洲际等各类大赛中共取得了近 50 个冠军,26 人 54 次平破世界记录及创造亚洲最好成绩,尤其是我国田径项目在奥运会上取得的 5 块金牌中,其中中长跑、竞走取得的 4 块金牌就是赛前在青海多巴基地进行了高原训练。青海作为高原训练的一个理想地点,愈来愈受到国内外体育界的关注和重视。

在青海高原训练实践成功的基础上,自上世纪 80 年代以来,我省科研和医务工作者充分利用高原地理优势,对前来青海高原训练的国内外运动员以及我省运动员进行了多方面的研究。包括高原训练、高练低住、高住低练、高平原交替训练,以及高原比赛及其对运动员身体机能和运动能力影响及变化规律进行了研究与探索,取得了大量的生理、生化的系列参数,为指导高原训练以及在高海拔地区参加比赛提供了科学的量化指标,为我国及我省运动员在国内外大赛中取得优异成绩起到了积极的作用。

为了进一步提高对高原训练认识,更好地运用和把握高原训练规律性,提高高原训练的效果,我们特地搜集、整理和总结了有关青海高原训练的环境和训练条件以及研究成果,编写了这本“青海高原训练的理论与实践”,希望能对广大教练员、运动员、科研医务人员开展高原训练实践和研究提供一些参考与帮助。

本书由八部分构成,均为我所承担的国家自然科学基金、国家体育总局、青海省等有关高原训练和低氧训练的研究课题。前三章为青海省科技厅 2004 年重点科技攻关课题“青海高原训练系统研究”(2004N141)的部分研究内容;“中日竞走多巴高原训练合作研究”是 1993 年中日间进行的首次较大规模的高原训练的合作研究,是受中华全国体育总会科教部的委托,由青海省体委承担,青海省体育科研所完成的国家体委委级课题计划,获国家体委科技进步二等奖;“高平原交替训练的研究”是 1996 年承担的国家体育总局和青海省科技厅课题;“高高交替训练的研究”属 1997 年国家体育总局课题(97044);“高住低练的研究”是 2002 年我所与青海省医学院合作的国家自然科学基金“世居高原运动员间歇性低氧训练的生理及分子适应机制的研究”课题(30140011)的主要研究内容,其研究水平在同等领域内达国际先进水平;“高原比赛的研究”是 1999 年对由国家体育总局自行车击剑中心、青海省体育局在高海拔地区主办的“青藏高原(西宁—拉萨)自行车拉力赛可行性研究”课题的主要研究成果,属国家体育总局课题,这也是国内外首次对高海拔地区自行车比赛进行

的研究。

本书反映了近年来有关青海高原训练的主要研究成果,凝结了我省高原训练专家与科研人员、教练员诸多心血与汗水。鉴于高原训练正处于快速发展阶段,其研究结果难免存在一些不足。对此,恳请专家、学者能给予指正,并衷心希望提出批评与建议。

本书在编写和出版过程中得到了国家体育总局科教司、青海省科技厅、青海省体育局、国家体育总局体育科学研究所的领导和专家的大力支持。借本书出版之机,我代表项目组全体成员向所有支持和帮助过我们的单位和个人,向我们曾经参考、引用和取材的有关文献的作者、专家,向曾经工作和学习在青海体育科研系统的前辈、老师们致以崇高的敬意和衷心的感谢!

谨以此书献给 2008 北京奥运会!

编者

2008 年 7 月 18 日

# 目 录

## 第一章 青海高原地理人文概况

- 1 地理位置 ..... (3)
- 2 气候条件 ..... (5)
- 3 自然资源 ..... (7)
- 4 青海高原民族文化 ..... (8)
- 参考文献 ..... (9)

## 第二章 青海高原训练简介

- 1 高原训练的基本情况 ..... (13)
- 2 我国高原训练简介 ..... (17)
- 3 青海高原训练简介 ..... (19)
- 参考文献 ..... (27)

## 第三章 青海高原训练的条件

- 1 青海高原训练的海拔高度条件 ..... (31)
- 2 青海高原训练的气候条件 ..... (34)
- 3 青海高原训练的训练条件 ..... (37)
- 参考文献 ..... (51)

## 第四章 中日竞走多巴高原训练合作研究

- 1 中日竞走运动员高原训练的生理机能及运动能力的研究 ..... (55)
- 2 高原训练对竞走运动员心脏功能的影响 ..... (86)
- 3 中日竞走运动员高原训练期间递增负荷运动实验和运动能力的研究  
..... (93)

- 4 中日竞走运动员高原训练期间心率变化的分析 ..... (105)
- 5 高原训练对中日竞走运动员肺通气功能的影响 ..... (114)
- 6 高原训练对中日竞走运动员血5项值的影响 ..... (119)
- 7 中日竞走运动员高原训练尿8项值的变化与分析 ..... (126)
- 8 对中日竞走运动员在高原训练期间血气变化的观察 ..... (134)
- 9 中日竞走运动员身体形态比较及高原训练对体重、体脂的影响 ..... (145)
- 10 高原训练期间血清酶活性的变化 ..... (152)

## 第五章 高原—平原交替训练的研究

- 1 世居高原中长跑运动员不同海拔地区交替训练的研究 ..... (159)
- 2 世居高原中长跑运动员进行海拔2260米和2634米交替训练期间生理机能的的研究 ..... (167)
- 3 高原中长跑运动员高原平原交替训练期间生理指标的研究 ..... (174)
- 4 世居高原男子中长跑运动员在高平原交替训练期间肺功能的研究 ..... (178)
- 5 不同海拔高度交替训练对高原中长跑运动员血5项值的影响 ..... (184)
- 6 高原运动员高平原训练期间尿液分析 ..... (188)

## 第六章 高原—高原交替训练的研究

- 1 高原女子中长跑运动员海拔2260~3150米地区交替训练的研究 ..... (195)
- 2 海拔2260~3150米交替训练期间世居高原女子中长跑运动员肺功能的研究 ..... (204)
- 3 高原运动员不同海拔高度训练对血象值的影响 ..... (209)
- 4 海拔2260米~3150米交替训练对女子中长跑运动员心理负荷的影响 ..... (214)

## 第七章 高住低练的研究

- 1 世居高原运动员间歇性低氧训练的生理及分子适应机制的研究 ..... (221)
- 2 高住低练对世居高原运动员运动能力的影响 ..... (233)
- 3 间歇性低氧训练对世居高原运动员肺功能的影响 ..... (241)

|                                               |       |
|-----------------------------------------------|-------|
| 4 世居高原中长跑运动员“高住—低训”对血管内皮生长因子、促红细胞生成素的影响 ..... | (247) |
|-----------------------------------------------|-------|

## 第八章 高原比赛的研究

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 1 高原比赛中的有关问题的研究 .....                | (259) |
| 2 1999年青藏高原自行车拉力赛期间运动员生理机能研究报告 ..... | (264) |
| 3 青藏高原自行车拉力赛对运动员血象值的影响 .....         | (271) |
| 4 青藏高原自行车拉力赛对运动员心脏功能的影响 .....        | (274) |
| 5 青藏高原自行车拉力赛对运动员身体成分的影响 .....        | (278) |



第一章

青海高原地理人文概况



## 1 地理位置

青海省位于祖国的西部,雄踞“世界屋脊”青藏高原的东北部,有国内最大的内陆咸水湖——青海湖而得名,简称青。人口547.7万(2006),省会西宁。地理位置介于北纬 $31^{\circ}39' \sim 39^{\circ}17'$ ,东经 $89^{\circ}35' \sim 103^{\circ}04'$ 之间,东西长约1200公里,南北宽约800公里,面积72万平方公里,占全国总面积的1/13,仅次于新疆、西藏、内蒙古,居全国第四位。青海省东部、北部邻甘肃省,东南部毗邻四川省,南部、西南部与西藏自治区接壤,西北部同新疆维吾尔自治区相接,是连接西藏、新疆与内地的纽带<sup>[1]</sup>。境内地域辽阔、地势高拔、山绿林茂、雪峰凌霄、森林草原、河流峡谷、山川壮丽,几大山脉之间,镶嵌着高原、盆地和谷地,省域河流、湖泊众多,河床落差大,造就了青海高原的原始、丰富、奇特的自然景观及特殊地理、气候环境<sup>[2]</sup>。

青海省全省均属高原范围之内。地形复杂,地貌多样。省域境内平均海拔在3000米以上,最高点昆仑山的布喀达坂峰海拔为6860米,最低点在民和下川口村,海拔为1650米,比海平面缺氧达20%~40%。地势自西向东倾斜降低,西部极为高峻,东部相对低平。其地形可分为祁连山地、柴达木盆地和青南高原3个自然区域。青南高原超过4000米,面积占全省的一半以上,河湟谷地海拔较低,多在2000米左右。在总面积中,平地占30.1%,丘陵占18.7%,山地占51.2%;海拔高度在3000米以下的面积占26.3%,3000~5000米的面积占67%,5000米以上占5%,水域面积占1.7%。海拔5000米以上的山脉和谷地大都终年积雪,广布冰川。主要山脉有昆仑山、祁连山、唐古拉山、阿尔金山等,它们大多数呈从西北向东南的走向,相对于高原外的地面他们陡然而起,上升很多。高原上还有很多冰川、高山湖泊和高山沼泽。地球上中低纬度地区的冰川主要集中在高原上,青藏高原冰川覆盖面积约4.7万平方公里,占全国冰川总面积80%以上。由于自然条件差异大,以日月山为分界线,日月山以西是牧业区,共69万平方公里,占全省面积的96%;日月山以东是农业区,共3万平方公里,占全省面积的4%。西北部的柴达木盆地是中国最高的内陆大盆地,因自然资源丰富而被称为“聚宝盆”。

青海是长江、黄河、澜沧江的发源地,且处于高原,故有“三江源”和“中华水塔”之美誉。这里的高山大川之间河流密布,湖泊与沼泽众多,是国内海拔最高、湿地面积最大、分布最为集中的地区之一。目前,青海高原上包括高原湖泊、河流湿地、沼泽化草甸湿地三种类型在内的天然湿地资源,面积达500多万公顷(1公顷=0.01平方公里),是仅次于西藏的国内第二大湿地资源分布区。由于有大面积湿地,这里的野生动植物资源也十分丰富。据了解,分布栖息在青海高原各类湿地中的脊椎动物就有123种,其中相当一部分是国家重点保护的珍稀物种。青海高原所处的地理位置和特

殊的自然环境及得天独厚的地理环境,造就了恢弘壮丽的自然景观,形成了显著的地区差异,使全省地形地貌显现出变化多姿、雄浑而神秘的特点,也为高原训练提供了十分优越的地理条件。